

Abschlussbericht EIP-Agri Projekt

Salmo-SaFe

1. Kurzdarstellung (in Alltagssprache)

Interdisziplinäres Konzept (Diagnostik/Fütterung/Vakzination) zur Optimierung der frühen Ferkelentwicklung und Stabilisierung der Bestandsimmunität zwecks effektiver Reduktion der Salmonelleninfektion in bisher auffälligen Ferkelerzeugerbetrieben.

1.1. Ausgangssituation und Bedarf

Salmonellen zählen zu den weltweit wichtigsten bakteriellen Zoonoseerregern, die beim Menschen insbesondere durch den Verzehr kontaminierter Lebensmittel zu Infektionen führen können. Im Gegensatz zur Geflügelhaltung konnten trotz vielfacher Anstrengungen in den Mastschweinebeständen die Salmonellen-Befundrate bislang dort nicht wesentlich verbessert werden (weitgehend gleichbleibende OD%-Werte). Im Schweinebereich wurden in der Vergangenheit fast ausschließlich Hygienemängel im unmittelbaren Umfeld der Mastschweine als Ursache für die höhere Salmonellenprävalenz angesehen. Inzwischen wird aber deutlich, dass der direkte Salmonelleneintrag in Mastställen häufig durch bereits im Ferkelerzeugerstell infizierte Ferkel erfolgt und damit der Ausgangspunkt für einen Großteil der Neuinfektionen in der Mast ist. Dieser Verdacht wird durch vermehrte Salmonellenantikörpernachweise auch in Zucht- und Ferkelerzeugerbeständen gestützt.

In der Region Emsland und Grafschaft Bentheim, in der traditionell die Ferkelerzeugung einen hohen Stellenwert einnimmt, ist im Jahr 2009 die EVH Select GmbH als Zusammenschluss von sechs namhaften Ferkelerzeugergemeinschaften gegründet worden. Die EVH Select GmbH organisiert unter anderem ein Gesundheitsscreenings in ca. 220 angeschlossenen Ferkelerzeugerbetrieben. Hierbei werden nach dem Zufallsprinzip in jedem Betrieb halbjährlich jeweils zehn Blutproben von zur Mast verkaufsfähigen Ferkeln gezogen und auf verschiedene Infektionsparameter, darunter auch Salmonellen, untersucht. Zusätzlich werden seit 2014 stichprobenartig auch die in den Ferkelerzeugerbetrieben neuangelieferten Jungsaunen einem Screening unterzogen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass sowohl bei den verkaufsfertigen Mastferkeln, als auch bei den für die Nachzucht zugekauften Jungsaunen die

Salmonellenbefunde zunehmen. Diese erhöhten Salmonellenbefunde treten auf, obwohl sich die Hygienebedingungen in den Betrieben stetig verbessert haben.

Seit einigen Jahren wird deutlich, dass jegliche Stresszustände, ungezielte Antibiotikaawendungen und vor allem Mängel bei der Fütterung bzw. der Futterzusammensetzung die Anfälligkeit der Schweine für eine Infektion mit Salmonellen fördern. Davon betroffen könnten insbesondere die noch jungen Saug- und Aufzuchtferkel sein, die so leicht zu Salmonellenträgern werden können. Eine weitere Gefahr kommt hinzu: In den letzten Jahren steigen die Wurfgrößen pro Sau unaufhörlich. Es ist bekannt, dass bei einer sehr großen Anzahl geborener Ferkel pro Wurf das durchschnittliche Lebendgewicht pro Ferkel abnimmt. Dies hat zur Folge, dass die betreffenden leichten Ferkel auch äußerst geringe Kolostrummengen aufnehmen, denn einerseits stehen die Höhe der Kolostrumaufnahme und die Körpermasse von Ferkeln in einem linearen Verhältnis (das leichte Ferkel bekommt entsprechend weniger) und andererseits steigt die Kolostrummenge nicht mit steigender Wurfgröße (anders als die Milchleistung). Man kann also davon ausgehen, dass gerade zuletzt geborene, leichte Ferkel sehr geringe Kolostrummengen aufnehmen. Man weiß zudem, dass etwa 15 Stunden nach der Geburt die Kolostrumabgabe beendet ist. Die Laktation beginnt allerdings erst am 2. Tag nach der Geburt. Dies bedeutet, dass es mitunter längere Zeit (mitunter bis zu 24 Stunden) dauern kann, bis den Ferkeln nach der Kolostrumaufnahme ausreichend Energie aus der aufgenommenen Nahrung zur Verfügung steht. Diese energetische Durststrecke wird durch die sehr begrenzten Körperreserven überbrückt. Auch dies ist gerade für die leichtesten Ferkel mit geringen Körperreserven (Glykogen aus Leber und Muskulatur) problematisch und könnte zudem die Anfälligkeit für Infektionen noch einmal erhöhen. Diese geschwächten, möglicherweise mit wenig maternaler Immunität ausgestatteten Tiere stehen in Verdacht, Salmonellen aus dem Abferkelbereich in den Aufzuchtstall zu tragen bzw. könnten generell anfälliger sein für frühe Infektionen jeglicher Art (im Saugferkelbereich oder in der Ferkelaufzucht).

Die Ursachen für die stetig anhaltende Salmonellenbelastung erscheinen somit vielfältig. Die Projektidee war daher, die möglichen Ursachen der frühen Ferkelinfektionen systematisch zu untersuchen, um daraufhin neue Ansätze zur Infektionsminimierung zu entwickeln.

Da die EVH-Select bereits seit 2009 Untersuchungen in Ferkelerzeugerbetrieben durchführt und über die zugehörigen Beratungsringe direkten Zugriff auf Betriebe und Betriebsdaten hat, kam die Idee auf die Salmonellenproblematik in einem EIP-Projekt aufzuarbeiten. Für den tierärztlichen und wissenschaftlichen Aspekt wurden Tierärzte des Schweinegesundheitsdienstes der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und der Tierärztlichen Hochschule Hannover in die Operationelle Gruppe geholt.

1.2. Projektziel und konkrete Aufgabenstellung

Interdisziplinäres Konzept zur Optimierung der frühen Ferkelentwicklung und Stabilisierung der Bestandsimmunität zwecks effektiver Reduktion der Salmonelleninfektion in bisher auffälligen Ferkelerzeugerbetrieben (Salmo-SaFe)

1.3. Mitglieder der OG

Mitglieder der operationellen Gruppe sind entsprechend der Zielsetzung Vertreter der oben genannten Gruppierungen:

1. EVH Select GmbH, Ansprechpartner Ansgar Deermann
2. Vertreter der Ferkelerzeuger, Georg Heye
3. SGD der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Dr. Carolin Holling
4. Beratungs- und Erzeugerringe, Landwirte aus den verschiedenen Ringen
 - Aschendorf e.V.
 - Grafschaft Bentheim
 - Herzlake/Haselünne e.V.
 - Lingen e.V.
5. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover - Institut für Tierernährung, Prof. Dr. Christian Visscher, Dr. Anton Schulte zu Sundern

1.4. Projektgebiet

Das Projektgebiet umfasst die EVH-Screening-Region (Landkreise Emsland, Grafschaft Bentheim und Osnabrück)

1.5. Projektlaufzeit und Dauer

Das EIP-Agri Projekt Salmo-SaFe wurde mit Zuwendungsbescheid vom 18.05.2016 durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen für die Zeit vom 18.05.2016 bis zum 15.08.2019 genehmigt. Auf Antrag OG erfolgte dann am 23.01.2019 eine Verlängerung des Bewilligungszeitraumes bis zum 15.02.2020.

1.6. Budget (Gesamtvolumen und Fördervolumen)

Das bewilligte Fördervolumen für das gesamte Projekt betrug 601.182,86 €. Während des Ablaufs des Projekts wurden für das gesamte Projekt folgende Mittel abgerufen:

OG - Mitglied	abgerufen
1. Ausgaben der Zusammenarbeit	98.240,16 €
1a. EVH-Select GmbH	125.944,97 €
davon Vakzination	42.997,36 €
davon Diagnostik	65.626,53 €
davon Landwirtschaftliche Betriebe	11.000,00 €
2. Landwirtschaftskammer Niedersachsen (SGD)	80.379,49 €
3. Beratungsringe	45.003,25 €
4. Tierärztliche Hochschule Hannover	86.786,80 €
Gesamtausgaben des Projektes	436.354,67 €

1.7. Ablauf des Verfahrens

Das Projekt ist in vier Schwerpunktbereiche aufgeteilt:

- 1.7.1. **Analyse**
- 1.7.2. **Diagnostik**
- 1.7.3. **Fütterung**
- 1.7.4. **Vakzination**

1.7.1 Phase 1 - Analyse:

In dieser Phase des Projektes haben Mitarbeiter der Beratungsringe, der EVH-Select und der Tierärztlichen Hochschule Hannover die in den Mitgliedbetrieben vorhandenen Screeningergebnisse gesichtet und ausgewertet. Es konnten letztlich 86 Ferkelerzeugerbetriebe herausselektiert werden, bei denen sowohl regelmäßige Blutprobenuntersuchungen der Verkaufsferkel durchgeführt worden waren als auch Sauenplanerdaten vorlagen, die einen Bezug zur Bestandsstruktur und zu der biologischen Leistung der Bestände erlaubten (Bestandsgröße, Abferkelrhythmus, Säugedauer, geborene/abgesetzte Ferkel pro Sau und Jahr und Umrauschrage). Ziel dieses Projektteils war es, einen möglichen Zusammenhang zwischen einem höheren Anteil serologisch salmonellenauffälliger Ferkel und der gesteigerten Reproduktionsleistung der Sauen herzustellen.

Aus diesen Daten konnten dann auch Betriebe ausselektiert werden, die wiederholt auffällige Salmonellenfunde (erhöhte OD%-Werte) aufwiesen. Zwölf dieser Ferkelerzeugerbetriebe waren schließlich bereit in der Gruppe „salmonellenauffällig“ am Projekt teilzunehmen. Diesen Beständen wurden dann jeweils ein nichtsalmonelellauffälliger Betrieb gegenübergestellt, der etwa gleiche Bedingungen aufwies (Lage des Betriebes, Bestandsgröße, Leistung, Genetik, Tierarztbetreuung).

1.7.2 Phase 2 - Diagnostik:

Dieser Projektteil beinhaltete den wiederholten Besuch aller teilnehmenden Projektbetriebe durch Tierärzte des Schweinegesundheitsdienstes Niedersachsen und der Tierärztlichen Hochschule Hannover. Bei diesen Bestandsbesuchen wurden laufend Salmonellenproben gezogen und einem Labor (Vaxxinova GmbH, Leipzig) zur Untersuchung zugeleitet. Gleichzeitig fand ein Checkup aller Faktoren, die einen Einfluss auf die Salmonellenbelastung haben könnten sowie eine Beratung zur Reduktion der Salmonellenprävalenz statt. Neben den Bereichen Biosicherheit und Hygiene wurde ein besonderer Schwerpunkt auf das Management bei den Saugferkeln in den ersten Lebenstagen gelegt.

Um eine etwaige Dynamik der Sauen-Antikörpergehalte im Laufe eines Produktionszyklus auszumachen, wurden in dieser Phase zusätzliche serologische Verlaufsuntersuchungen in vier Betrieben (zwei Salmonellen-unauffällige und zwei Salmonellen-auffällige Betriebe) durchgeführt. Dafür wurden in vier Ferkelerzeugerbetrieben jeweils 15 Sauen vier- bis fünfmal im Laufe eines Produktionszyklus auf Antikörpergehalte gegen Salmonellen untersucht.

1.7.3 Phase 3 - Fütterung:

Die Untersuchungen und Versuche zum Einfluss der Fütterung auf eine Frühinfektion der Ferkel wurden auf vier landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt. Im Rahmen dieses Projektabschnittes wurden diverse Proben entnommen, die zu Teilen im Rahmen von Tierversuchen bewerkstelligt wurden (AKZ: 33.19-42502-05-17A107; 33.19-42502-05-17A181).

Aus den Erfahrungen bisheriger wissenschaftlicher Arbeiten am Institut für Tierernährung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover wurde ein entsprechendes Versuchsfutter konzipiert. Dieses Ergänzungsfuttermittel für Sauen (Anwendung im peripartalen Zeitraum) war gekennzeichnet von einer spezifischen Zusammensetzung. Zusätzlich wurde die Futterstruktur modifiziert. Diese Struktur zu erstellen erforderte eine spezifische Vermahlungstechnik; optimal ist eine Kombination aus Vertikalmühle und Walzenstuhl. Diese Technik wird ausschließlich in der gewünschten Art von der Firma Rothkötter Mischfutterwerk GmbH am Produktionsstandort Meppen eingesetzt.

Die Daten aus den Fütterungsversuchen mit Sauen und Ferkeln wurden für die Statistik aufbereitet und ausgewertet.

1.7.4 Phase 4 - Vakzination:

Dieser Projektabschnitt befasste sich mit den Möglichkeiten einer Vakzination gegen Salmonellen in ausgesuchten Betrieben. Die dafür erforderliche Akquirierung von Beständen, in denen eine Impfung gegen *Salmonella* Typhimurium durchgeführt werden sollte, gestaltete sich sehr schwierig. Eine Besonderheit bei der Salmonellenimpfung ist, dass die Ferkelimpfung zweimalig oral per Drench erfolgen muss, während die Sauen wie bei anderen Impfungen üblich subcutan vakziniert werden. Wegen der starken Arbeitsbelastung durch die Ferkelimpfung war keiner der auffälligen Betriebe bereit die Impfung der Saugferkel durchzuführen. Um diesen Teil des Versuches trotzdem durchführen zu können mussten zwei weitere Betriebe in das Projekt aufgenommen werden. Dadurch vergrößerte sich die Versuchsgruppe der Salmonellen-auffälligen Betriebe um zwei auf 14.

Seit August/September 2017 wurden auf den zwei zusätzlich aufgenommenen Betriebe Sauen und Ferkel gegen *Salmonella* Typhimurium mit dem Impfstoff Salmoporc® (IDT Biologika GmbH, Dessau-Roßlau) geimpft. Der Impfstoff enthält als Impfstamm eine genetisch stabile, doppelt attenuierte, Histidin-Adenin-auxotrophe *Salmonella* Typhimurium Mutante. Durch die Impfung von Sauen und Ferkeln soll eine epidemiologisch relevante Reduktion der Salmonellenausscheidung und Persistenz erzielt werden. Durch die Sauenimpfung wird laut Impfstoffhersteller die Ausscheidung von *Salmonella*-Typhimurium-Feldstämmen während der Säugephase reduziert und die Infektionsquelle für die Saugferkel verringert. Ebenso wird ein maternaler, über Kolostrum vermittelter, Schutz als Wirkungsmechanismus diskutiert. Die Impfung der Ferkel soll dann nach Aufbau der aktiven Immunität die Reduktion der Erregerprävalenz und –ausscheidung für eine Dauer von 19 Wochen bis zum Ende der Mast bewirken.

Für die Erfolgskontrolle in diesen Betrieben wurden stichprobenartig bei individuell gekennzeichneten Ferkeln wiederholt Blutproben zum serologischen Nachweis von Antikörpern gegen Salmonellen entnommen. Zudem wurde regelmäßig die Tierumgebung mittels Socken- und Wischproben kulturell auf Salmonellen untersucht.

In weiteren drei Betrieben wurde die Impfung gegen *Salmonella* Typhimurium der Sauen ante partum eingeführt. Nach einmaliger Grundimmunisierung sechs und drei Wochen vor der Geburt, ist in den folgenden Trächtigkeiten eine einmalige Impfung drei Wochen vor der Geburt ausreichend. Zugekaufte Jungsauen wurden ebenfalls in der Eingliederungsphase mittels zweimaliger Impfung im Abstand von drei Wochen grundimmunisiert. In den Folgemonaten

wurde auch in diesen Betrieben stichprobenartig 15 Ferkel aus jeder Abferkelgruppe vor dem Verkauf auf Antikörpergehalte gegen Salmonellen beprobt.

1.8. Zusammenfassung der Ergebnisse *(in Deutsch und Englisch),*

1.8.1 Durch die Auswertung von biologischen Leistungsdaten aus den Sauenplanern und Salmonellenseroprävalenzen aus den Gesundheitsscreenings konnte nachgewiesen werden, dass leistungsstarke Ferkelerzeuger mit sehr guten Reproduktionszahlen bei der vergleichenden Betrachtung nicht zu den Salmonellen-unauffälligsten Betrieben gehören. So setzten Betriebe in der Kategorie mit der geringsten Salmonellenseroprävalenz durchschnittlich ein Ferkel weniger ab, als die Betriebe in der nächst höheren Kategorie.

1.8.2 Die im Feldversuch durchgeführten Untersuchungen auf zwölf Salmonellen-unauffälligen und zwölf Salmonellen-auffälligen Ferkelerzeugerbetrieben wiesen nach, dass in Salmonellen-auffälligen Betrieben die leichtesten Ferkel eines Wurfs signifikant ($p \leq 0,0339$) schlechter mit Kolostrum versorgt waren als die leichtesten Ferkel in Salmonellen-auffälligen Betrieben.

1.8.3 Die mittels Versuchsfutter optimierte Sauenration zum Zeitpunkt der Geburt konnte die Kolostrumversorgung der Ferkel der Versuchsgruppe signifikant verbessern. Ein vermuteter Effekt einer guten Kolostrumversorgung auf die Salmonellenseroprävalenz in der Ferkelaufzucht konnte aber nicht nachgewiesen werden. Der Einsatz von Natriumdiformiat, dem Natriumsalz der Ameisensäure, in Fütterung von Ferkeln zeigte keine einheitlichen Ergebnisse auf die Salmonellenseroprävalenz.

1.8.4 Obwohl die interne Biosicherheit in Salmonellen-auffälligen Betrieben mit einer höheren Seroprävalenz von Salmonellen bei Aufzuchtferkeln signifikant besser war als in unauffälligen Betrieben, konnte in Salmonellen-auffälligen Betrieben eine signifikant höhere Nachweisrate von *Salmonella* ssp. in Umgebungsproben nachgewiesen werden. Neben einer unzureichenden Hygiene ist auch ein direkter oder indirekter Effekt des Einsatzes von Antibiotika auf die Salmonellenprävalenz möglich.

1.8.5 Die alleinige Etablierung der Sauenimpfung gegen *Salmonella* Typhimurium führte in den hier untersuchten Ferkelerzeugerbeständen zu keiner längerfristigen Reduktion der Seroprävalenz von Salmonellen bei Ferkeln am Ende der Ferkelaufzucht. Bei der Impfung von Ferkeln und Sauen wiesen die geimpften Ferkel und Mastschweine im Gegensatz zu den in Anschluss an den Impfzeitraum beprobten, nicht geimpften Ferkeln, hohe *Salmonella*-LPS-

Antikörpergehalte auf, die eine Risikobewertung im Rahmen serologischer Monitoringprogramme unmöglich machen.

Ausführliche Information siehe Anhang

(Englisch)

1.8.1 The evaluation of biological performance data from the computer supported sow planning and Salmonella seroprevalences from the health screenings showed that high-performing piglet producers with an above-average fertility performance are not among the most Salmonella-inconspicuous farms when compared. On average, farms in the category with the lowest prevalence of Salmonella weaned one piglet less than farms in the next higher category.

1.8.2 The field trial on twelve Salmonella-inconspicuous and twelve Salmonella-conspicuous piglet producer showed that in Salmonella-conspicuous holdings the lightest piglets in a litter were significantly ($p \leq 0,0339$) worse supplied with colostrum than the lightest piglets in Salmonella-conspicuous holdings.

1.8.3 The sow ration at birth optimised by means of the experimental feed was able to significantly improve the colostrum supply of the piglets in the experimental group. However, a presumed effect of a good colostrum supply on the Salmonella seroprevalence in piglet rearing could not be proven. The use of sodium diformate, the sodium salt of formic acid, in piglet feeding did not show uniform results on Salmonella seroprevalence.

1.8.4 Although Salmonella-conspicuous farms showed significantly higher efforts of internal biosecurity, the detection rate of Salmonella in environmental samples was also significantly higher than in Salmonella inconspicuous farms. Apart from hygienic aspects, a higher antimicrobial usage during the rearing period could directly or indirectly influence the prevalence of Salmonella.

1.8.5 The vaccination of sows against Salmonella Typhimurium did not show long-term effects on the seroprevalence of Salmonella in piglets at the end of the rearing period. In contrast to unvaccinated pigs, which were sampled after the vaccination period, vaccination of sows and piglets revealed in high OD-values of piglets and fattening pigs. Consequently a risk evaluation based on serological monitoring programmes is not further possible.

2. Eingehende Darstellung

2.1. Verwendung der Zuwendung

Die geplanten Arbeitspakete der OG Mitglieder werden in 2.1.1.1 und die tatsächliche Durchgeführten in 2.1.1.2 dargestellt. Die wichtigsten finanziellen Positionen zeigt die Tabelle in 2.1.2

2.1.1. Gegenüberstellung der Planung und der tatsächlich durchgeführten und abgeschlossenen Teilschritte

2.1.1.1 geplante Arbeitspakete

		EVH - EIP- Projekt: Salmo-Safe (ursprünglicher Zeitplan)												Jan 19	Feb 19	Mrz 19	Apr 19	Ma 19																			
Mitglied	Arbeitspaket	Jun 16	Jul 16	Aug 16	Sep 16	Ok 16	Nov 16	Dez 16	Jan 17	Feb 17	Mrz 17	Apr 17	Ma 17	Jun 17	Jul 17	Aug 17	Sep 17	Ok 17	Nov 17	Dez 17	Jan 18	Feb 18	Mrz 18	Apr 18	Ma 18	Jun 18	Jul 18	Aug 18	Sep 18	Ok 18	Nov 18	Dez 18	Jan 19	Feb 19	Mrz 19	Apr 19	Ma 19
Koordinator	alles	Koordination																				Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc.															
LO1 (EVH) BR EL & NOH extern	Datenanalyse (alle Screeningergebnisse sichten und mit anderen Unters.-Ergebnissen u. ständige Erfassung aller Daten (Problempunkte, Maßnahmen im Bestand, Untersuchungsergebnisse etc. in Datenbank	Datenanalyse des erweiterten Screenings																				Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc.															
	Betriebsbesuche Datenerf. Betriebsbesuche Auswertung, Bericht etc	Betriebsbesuche unter Federführung des SGD-TA mit Analyse der Problempunkte vor Ort, Erstellung eines Maßnahmenplans und Durchführungskontrolle																				Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc.															
	Betriebsbesuche Auswertung, Bericht etc	erweitertes EVH-Screening (Leitung SGD-Tierarzt, unter Mitarbeit der Hausärzte/Praxen, etc. T3/3a)																				Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc.															
	Betriebsbesuche Auswertung, Bericht etc	Erhebungen zur Sauenfütterung und Kolostrumversorgung der Ferkel in besonders auffälligen Betrieben (Dissertation ?)																				Auswertung, Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc															
LO3 (LWK)	erw. Datenerhebung Betriebsbesuche Vakzination Sauen / Auswertung, Bericht etc	erweitertes EVH-Screening (Leitung SGD-Tierarzt, unter Mitarbeit der Hausärzte/Praxen, etc. T3/3a)																				Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc.															
	Betriebsbesuche Auswertung, Bericht etc	Betriebsbesuche mit Analyse der Problempunkte vor Ort, Erstellung eines Maßnahmenplans und Durchführungskontrolle																				Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc.															
	Betriebsbesuche Auswertung, Bericht etc	Vakzination der Sauen in 5 Betrieben, zusätzlich Vakzination der Ferkel in 2 Betrieben																				Abschlussberichterstellung, Veröffentlichung etc.															

2.1.2. Darstellung der wichtigsten finanziellen Positionen

Nettoausgabeplan:

OG Mitglied	bewilligt durch Zuwendungsbescheid in Euro	Beantragt
1. Ausgaben der Zusammenarbeit gesamt	93.683,40	98.240,16
davon Personalausgaben	66.816,00	83.141,50
Öffentlichkeitsarbeit	12.300,00	1.064,04
Reisekosten	4.545,00	4.144,66
Verwaltungspauschale	10.022,40	9.889,96
1a. EVH Select GmbH gesamt	144.793,00	125.944,97
davon Untersuchungen, Analysen, Tests	51.213,00	67.115,83
Aufwandsentschädigung Landwirte	63.990,00	11.000,00
Material und Bedarfsartikel	10.230,00	45.164,14
Patente, Rechte, Lizenzen	19.360,00	2.665,00
2. LWK Niedersachsen (SGD)	63.638,00	80.379,49
davon Personalausgaben	55.300,00	70.447,11
Reisekosten	3.238,00	6.390,90
Material u Bedarfsmittel	5.100,00	3.541,48
3. Beratungsringe	190.832,00	45.003,25
davon Personalausgaben	180.000,00	42.964,23
Reisekosten	10.832,00	2.039,02
4. Tierärztliche Hochschule Hannover	108.236,46	86.786,80
davon Personalausgaben	43.316,46	36.711,85
Studien, Analysen, Tests Untersuchungen	30.000,00	11.127,24
Reisekosten	6.270,00	8.919,72
Bedarfsmittel, Material	28.650,00	30.027,99
Gesamtsumme:	601.182,86	436.354,67

2.2. Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn

2.2.1 Ausgangssituation

Bei Betrachtung der bundesweiten Erhebungen zu Ursachen der Salmonellenbedingten Durchfallerkrankungen beim Menschen, fällt in den letzten Jahren eine für die Schweinehaltung sehr prekäre Entwicklung ins Auge: Der Anteil von Durchfallerkrankungen der auf den Verzehr von Schweinefleisch / Produkten vom Schwein zurückzuführen ist, steigt deutlich. Gleichzeitig ist der mit dem Konsum von Geflügelfleischprodukten in Verbindung stehende Anteil derartiger Erkrankungen des Menschen deutlich zurückgegangen. Dieser ist mittlerweile geringer, als der auf den Verzehr von Schweinefleisch zurückzuführende Anteil. Der Grund für diese Entwicklung ist möglicherweise auf die intensiven Bemühungen der Geflügelbranche zurückzuführen, alle Maßnahmen zur Salmonellenreduktion entlang in der gesamten Kette der Produktion miteinander zu verzahnen. Auf Ebene der Tierhaltung werden einige dieser mit Erfolg etablierten Maßnahmen auch bereits in der Schweineproduktion umgesetzt, einige andere wie zum Beispiel die präventiven Impfungen sind bisher primär nur bei klinischen Problemen zum Einsatz gekommen.

Handlungsbedarf ergab sich auch dadurch, dass die Auswertungen des QS-Salmonellenmonitorings in Schweinemastbetrieben zeigten, dass es seit einigen Jahren keine weiteren Verbesserungen der Salmonellensituation in den Schweinemastbetrieben gab und beim Ländervergleich Niedersachsen mit einem Kategorie III – Anteil von > 7 % über den Bundesdurchschnitt lag.

2.2.2 Projektaufgabenstellung

2.2.2.1 Gibt es erkennbare Zusammenhänge zwischen den

Salmonellenuntersuchungsergebnissen bei Verkaufsferkeln und den biologischen Leistungszahlen in den Herkunftsbetrieben?

2.2.2.2 Hat die Kolostrumversorgung der Saugferkel einen entscheidenden Einfluss auf die Salmonellengefährdung des einzelnen Tieres und darüber hinaus auf die Ferkel des Bestandes insgesamt?

2.2.2.3 Inwieweit können Fütterungsmaßnahmen bei Sauen ante partum und bei Ferkeln nach dem Absetzen die Salmonelleninfektionsgefahr beeinflussen?

2.2.2.4 Welchen Stellenwert haben Hygiene- und Managementmaßnahmen im Ferkelerzeugerbestand?

2.2.2.5 Ist die Vakzination der Sauen alleine oder in Verbindung mit der zweimaligen Ferkelimpfung eine sinnvolle Ergänzung bei der Salmonellen-Prophylaxe?

2.3. Ergebnisse der OG

2.3.1 Zusammenarbeit in der OG

Im Rahmen der Projektdurchführung fanden regelmäßig (ein- bis zweimonatiger Abstand) Besprechungen aller Mitglieder der OG statt, bei denen einerseits über den Stand der jeweiligen Arbeitsschritte berichtet wurde, andererseits die nächsten Schritte diskutiert und aufeinander abgestimmt wurden. Ein Großteil der durchgeführten Bestandsbesuche haben die Tierärzte des Schweinegesundheitsdienstes und der Tierärztlichen Hochschule zusammen mit den jeweiligen Ringberatern geplant und auch durchgeführt. Darüber hinaus waren die Haustierärzte jederzeit in alle Projektaktivitäten der Betriebe eingebunden bzw. darüber informiert.

Der Projektteil „Vakzination“ wurde in enger Abstimmung mit Vertretern des Impfstoffherstellers durchgeführt.

2.3.2 Mehrwert des Projektes

In dem Projekt Salmo-SaFe wurde erstmals im größeren Rahmen untersucht, inwieweit Salmonelleninfektionen bereits im Ferkelerzeugerbestand ein Problem darstellen und welche Faktoren dieses Geschehen begünstigen. Mittels intensiver Diagnostik der Saugferkel (gleich nach der Geburt bis zur Mastreife) wurde die Infektionsdynamik der Saugferkel erforscht, um dann einen möglichen Einfluss einer speziellen Diätfütterung bei den hochtragenden Sauen und den abgesetzten Ferkeln zu untersuchen.

Darüber hinaus wurde überprüft, inwieweit der Einsatz eines kommerziellen Salmonellenimpfstoffes bei Sauen und Ferkeln einen wirksamen Salmonellenschutz bieten kann und ob dieser Schutz dann auch in der nachfolgenden Mastperiode anhält.

2.3.3 Weitere Zusammenarbeit der OG Mitglieder

Es ist geplant, dass in den nächsten Jahren die mittel- und längerfristigen Auswirkungen der Projektmaßnahmen weiter beobachtet werden. Interessant erscheint insbesondere, ob die durchgeführten Salmonellenimpfmaßnahmen die Salmonelleninfektionsgefahr in den Impfbeständen nachhaltig senken.

Die Mitglieder der OG werden sich auch künftig in unregelmäßigen Abständen treffen um diese und weitere neue Erkenntnisse zu diskutieren.

2.4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

2.4.1 Zielerreichung

Die im Vorfeld abgesteckten Ziele, konnten im Großen und Ganzen erreicht werden. Für die erfolgreiche Durchführung der Fütterungsversuche war die schon im Vorfeld geplante Auswertung der Screening- und Sauenplanerergebnisse zwingend notwendig. Die von vielen Landwirten, Beratern und Tierärzten gemachte Beobachtung, dass eine hohe Salmonellenseroprävalenz nicht unbedingt für eher leistungsschwächere Betriebe ein Problem darstellt, konnte in dieser Form erstmals nachgewiesen werden. Serologisch völlig unauffällige Betriebe hatten numerisch die niedrigsten Leistungskennzahlen. Die Untersuchungen zeigten zudem, dass hinsichtlich der Kolostrumversorgung Lücken in auffälligen Betrieben bestehen, die in vieler Hinsicht ein Problem darstellen können. Die geprüften Fütterungsansätze zur Förderung der Kolostrumversorgung verliefen positiv, d.h. die Kolostrumversorgung konnte grundsätzlich verbessert werden. Ein nachdauernder Effekt auf die serologische Salmonellenprävalenz am Ende der Ferkelaufzucht in auffälligen Betrieben war allerdings nicht mehr nachzuweisen. Die Fütterungsversuche direkt in der Ferkelaufzucht zeigten auf den ersten Blick widersprüchliche Ergebnisse. So konnten die eingesetzten Futtersäuren in der Ferkelfütterung in zwei Betrieben bei standardisiertem Vorgehen der Applikation ihre Wirksamkeit beweisen. In einem Versuchsbetrieb war der Einsatz der Futtersäuren im Nachhinein nicht zu bewerten, weil mit der Fütterung an sich (häufiges Betreten der Buchten) die Übertragung innerhalb der Tiergruppen höchstwahrscheinlich massiv forciert wurde. Diese Beobachtung ist sehr wertvoll, weil sie die Grenzen einzelner Maßnahmen – wie z.B. ein Einsatz von Futtersäuren – deutlich aufzeigt und daher die Notwendigkeit der Umsetzung vieler ineinandergreifender Bausteine der Bekämpfung betont. Anhand der Ergebnisse der Erhebung der Biosicherheit und der Untersuchung von Umgebungsproben auf Salmonellen wird deutlich, dass die Auswahl und Klassifizierung der Betriebe im ersten Schritt der Untersuchung die angestrebten Ziele erreicht hat. Je einem Salmonellen-auffälligen Betrieb sollte ein Salmonellen-unauffälliger Betrieb zugeordnet werden, der dem auffälligen Betrieb bezüglich der Parameter Hygiene, Management, Leistung und Betriebsgröße und tierärztliche Bestandsbetreuung ähnelt. Trotz dieser Ähnlichkeiten konnte bestätigt werden, dass die serologisch basierte Klassifizierung „Salmonellen-auffällig“ wie angenommen mit einer höheren Nachweisrate von Salmonellen in der Umgebung einhergeht, während in den serologisch unauffälligen Vergleichsbetrieben signifikant weniger Salmonellen nachgewiesen werden konnten. Die Ergebnisse zum Einsatz von Antibiotika in auffälligen und unauffälligen Betrieben sowie die Untersuchungen zur Infektionsdynamik von Salmonellen in Sauenherden lassen

zwar keine abschließende Bewertung zu, geben jedoch wichtige Anhaltspunkte für weiterführende Untersuchungen.

Die alleinige Etablierung der Sauenimpfung führte in den hier untersuchten Ferkelerzeugerbeständen zu keiner längerfristigen Reduktion der Seroprävalenz von Salmonellen bei Ferkeln am Ende der Ferkelaufzucht. Insbesondere bei einer hohen Nachweisrate von Salmonellen in der Ferkelaufzucht sind neben der Sauenimpfung zusätzliche Maßnahmen (z. B. Hygiene, Diätetik) zwingend erforderlich.

Bei der Impfung von Ferkeln und Sauen wiesen die geimpften Ferkel und Mastschweine im Gegensatz zu den in Anschluss an den Impfzeitraum beprobten, nicht geimpften Ferkeln, hohe Salmonella-LPS-Antikörpergehalte auf. Die Nachhaltigkeit dieser scheinbaren Reduktion der Salmonellenseroprävalenz konnte im Rahmen der Studie nicht untersucht werden. Eine tierärztliche Empfehlung zur Impfung von Sauen und Ferkeln gegen Salmonella Typhimurum sollte in Herden mit subklinischen Salmonelleninfektionen unter Berücksichtigung von Impfkosten und den Folgen der deutschen Schweine-Salmonellen-Verordnung für den landwirtschaftlichen Betrieb gut abgewogen werden. Möglicherweise können Kenntnisse über Anzahl und Art der herdenspezifischen Salmonellenstämme durch umfassende Untersuchungen der Tierumgebung im Vorfeld der Impfung bei der Folgenabschätzung helfen.

2.4.2 Abweichungen zwischen Planung und Ergebnis

Der Stellenwert von Fütterung und Management für die Kolostrumversorgung war darstellbar im Rahmen der Arbeiten, ebenso die Verbesserung der Biestmilchversorgung durch Fütterungsmaßnahmen. Die Effekte dieser Maßnahmen reichen allein allerdings nicht aus, substantiell eine Lösung des Salmonellenproblems in auffälligen Betrieben kurzfristig zu verbessern. Die Fütterungsansätze sind daher nicht „der Baustein“ eines Lösungskonzeptes, sondern „ein Baustein“ unter mehreren. Dies war im Grunde genommen auch so im Gesamtkonzept hinterlegt, weil neben den Fütterungsansätzen, die potentiellen Effekte einer Impfung, einer intensiven Beratung und dem kollegialen Hinsichtlich der Impfung gegen Salmonella Typhimurium konnten die Möglichkeiten und Grenzen im Projekt dargestellt werden. Die Ergebnisse sind jedoch unter Berücksichtigung vieler betriebsspezifischer Faktoren, z. B. der Umsetzung weiterer Maßnahmen gegen Salmonellen, zu betrachten. Problematisch war die Akquirierung von Impfbetrieben, da insbesondere die Impfung der Ferkel per Drench einen hohen Arbeitsaufwand darstellt und langfristig etablierte Behandlungskonzepte von Saugferkeln an die Impfzeitpunkte angepasst werden mussten.

Insgesamt variierte die Bereitschaft der landwirtschaftlichen Betriebe zur Mitarbeit im Projekt stark in Abhängigkeit des Problembewusstseins und der bisherigen Auswirkungen der erhöhten Salmonellenbelastung auf die Vermarktungsfähigkeit der Ferkel.

2.4.3 Projektverlauf

Von Oktober 2016 bis Februar 2017 wurden alle 24 teilnehmenden Projektbetriebe erstmalig durch einen Tierarzt des Instituts für Tierernährung der Tierärztlichen Hochschule Hannover sowie eine Tierärztin des Schweinegesundheitsdienstes der LWK Niedersachsen untersucht. Bei den Bestandsuntersuchungen wurden Blutproben von Sauen- und Ferkeln entnommen, Daten zu Biosicherheit, Management und Fütterung erhoben sowie Maßnahmen zur Reduktion von Salmonellen festgelegt. Im weiteren Verlauf des Projektes wurden alle Betriebe je nach Einbindung in die weiterführenden Untersuchungen zur Optimierung der Fütterung bzw. Effektivität der Impfung in regelmäßigen Abständen durch einen Tierarzt/eine Tierärztin besucht.

Mit der Impfung gegen Salmonella Typhimurium (SALMPORC, IDT Biologika GmbH, Dessau-Roßlau) wurde im August/September 2017 begonnen. Die Impfung wurde durch die bestandsbetreuenden Tierärzte bzw. unter deren Aufsicht und Anleitung durch die Landwirte durchgeführt. Der Impfzeitraum erstreckte sich in den Betrieben, in denen sowohl Sauen als auch Ferkel geimpft worden waren bis Oktober 2018 bzw. Mai 2019. In den Betrieben, in denen nur Sauen gegen Salmonella Typhimurium geimpft wurden, wurde die Impfung bis Juni 2019 durchgeführt. Die Betriebe wurden, dem Produktionsrhythmus entsprechend, in drei- bzw. vierwöchigen Abständen durch eine Tierärztin des Schweinegesundheitsdienstes aufgesucht, um Proben zur Beurteilung der Effektivität der Impfung zu nehmen. Der Beprobungszeitraum erstreckte sich bis zum Verkauf der letzten geimpften Ferkel bzw. Mastschweine. Detaillierte Informationen können der Anlage zum Teilbereich „Vakzination von Sauen bzw. Sauen und Ferkeln gegen Salmonella Typhimurium“ entnommen werden.

Die abschließende Auswertung der Ergebnisse erstreckte sich von Oktober 2019 bis Januar 2020.

2.4.4 Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Themen

Die Landwirtschaft insgesamt, insbesondere aber die Ferkelerzeugung steht in massivster Konkurrenz zu den europäischen Produzenten aus unseren Nachbarländern Dänemark und den Niederlanden. Mastbetriebe in Deutschland können auf dem Markt frei wählen,

welcher Herkunft die Tiere mit ihren Wunschspezifikationen sein sollen. Salmonellen-auffällige Ferkel sind grundsätzlich schwer zu vermarkten. Es gilt das Problem zu lösen in auffälligen Beständen, gleichzeitig aber auch das Wissen zu konzentrieren in der Region, dass es verhindert, dass Betriebe erstmals auffällig werden (Salmonellenprävention als Stichwort). Diesem Ziel, insbesondere dem letztgenannten Aspekt konnten die OG durch die gemeinsame Arbeit in der Region ein gutes Stück nähergekommen. Gerade die epidemiologischen Untersuchungen (Direktnachweis von Salmonellen, exemplarisch genannt, die häufigen Nachweise direkt in der Ferkelaufzucht) und Auswertungen vorhandener Datensätze haben wertvolle Informationen geliefert, die direkt in Beratungsleistung integriert werden können bzw. bereits integriert worden sind. Die Maßnahmen aus dem Bereich der Fütterung und der Immunprophylaxe wurden geprüft und geben aufgrund ihres großen Umfanges valide Hinweise, welche Maßnahmen für welchen Betrieb geeignet sind. Realistisch wird in den meisten auffällig gewordenen Beständen in Zukunft eine Verknüpfung der Maßnahmen stattfinden müssen. Diese Empfehlung lässt sich klar aus den Ergebnissen herleiten, da jede Maßnahme für sich auch nur eine begrenzte Wirksamkeit entfalten kann. Die Arbeiten zur Verbesserung der Kolostrumversorgung und der Ernährung und Entwicklung der Ferkel insgesamt konnten neben dem Aspekt hinsichtlich Salmonellenprävention sicherlich auch wertvolle Hinweise für eine tiergerechtere Haltung von Schweinen geben. Bei den derzeitigen Leistungen in den Beständen ist jede Verbesserung in der Versorgung der kleinsten und schwächsten Ferkel in den ersten Lebenstagen aktiver Tierschutz. Die Bedeutung der Kolostrumversorgung und Ansätze zu deren Verbesserung konnten aufgezeigt werden.

2.4.5 Nebenergebnisse

Die Ergebnisse aus dem Projektteil der Impfung von Sauen und Ferkeln gegen Salmonella Typhimurium haben gezeigt, dass eine tierärztliche Empfehlung zur Impfung von Sauen und Ferkeln gegen Salmonella Typhimurium in Herden mit subklinischen Salmonelleninfektionen unter Berücksichtigung von Impfkosten und den Folgen der deutschen Schweine-Salmonellen-Verordnung für den landwirtschaftlichen Betrieb gut abgewogen werden muss. Dabei muss die konsequente Umsetzung von Biosicherheitsmaßnahmen gewährleistet sein. Möglicherweise können auch Kenntnisse über Anzahl und Art der herdenspezifischen Salmonellenstämme durch umfassende Untersuchungen der Tierumgebung im Vorfeld der Impfung bei der Einschätzung helfen, in wie weit der alleinige Einsatz des Impfstoffes gegen Salmonella Typhimurium zielführend ist, bzw. ob einer Erweiterung des Impfkonzepthes durch bestandsspezifische Vakzine gegen weitere Serotypen den Impfzeitraum verkürzen können.

2.4.6 Arbeiten, die zu keiner Lösung/zu keinem Ergebnis geführt haben

Im Rahmen des Projektes wurden allen Salmonellen-auffälligen Betrieben betriebspezifische Beratungsempfehlungen zur Reduktion von Salmonellen vermittelt. Die Umsetzung der Maßnahmen variierte je nach Problembewusstsein und den bisherigen Konsequenzen der höheren Salmonellenbelastung auf die Vermarktung der Ferkel. Da eine Vielzahl von Faktoren aus den Bereichen Biosicherheit, Fütterung, Vakzination, Management und Tierzukauf einen erheblichen Einfluss auf die Salmonellenbelastung von Ferkelerzeugerbeständen haben können, lässt sich anhand der Untersuchungen nicht feststellen, welchen Beitrag die Beratung zur Salmonellenreduktion in den einzelnen Beständen geleistet hat.

2.4.7 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Die Ergebnisse aus dem Projekt zeigen, dass in Salmonellen-auffälligen Beständen einzelne Maßnahmen kaum zu einer nachhaltigen Besserung der Salmonellenproblematik führen. Einmal mehr wird deutlich, dass eine anhaltende Besserung der Salmonellensituation nur zu erwarten ist, wenn die verschiedenen Einflussfaktoren in Gänze optimiert werden. Dazu gehören konsequente Hygieneverbesserungen im Betrieb und im Umfeld des Betriebes genauso, wie alle Maßnahmen, die zur Gesundheitsstabilität beitragen. Deshalb kommt auch der optimalen Kolostrumversorgung aller neugeborenen Ferkel und damit die Fütterung der hochtragenden Sauen eine besondere Bedeutung zu. Der Einsatz eines kommerziellen Salmonellenimpfstoffes als weiterer Baustein zur Salmonellenreduzierung muss für den Einzelbetrieb auch unter Arbeits- und Kostengesichtspunkten genau abgewogen werden. Obwohl der im Projekt gesehene impfbedingte Antikörperanstieg als Schutz gegen neue Salmonelleninfektionen angesehen werden kann, ist dieser bei der momentanen Bewertung gleichbedeutend mit einer Einstufung in einer schlechteren Salmonellenklassifizierung.

2.5. Verwertung und Nutzung der Ergebnisse

Die Erkenntnisse aus dem Projekt werden in die bisherigen Beratungsempfehlungen der Tiergesundheitsdienste integriert und auch weiterhin in Vorträgen und Publikationen in Fachzeitschriften für Tierärzte, Berater und Landwirte zugänglich gemacht. Zudem werden die Ergebnisse für die Weiterentwicklung der Reduktion Salmonellen bei Schweinen in Niedersachsen und bundesweit genutzt und fließen in die Beratung

politischer Gremien und Organisationen im Rahmen der Planung weiterer öffentlicher Projekte oder der Optimierung des Salmonellen-Monitorings ein.

2.6. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Die Ergebnisse liefern mehrere Optionen für eine Anschlussfähigkeit, sowohl in wirtschaftlicher, als auch in wissenschaftlicher Hinsicht.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen lassen sich klare Empfehlungen herleiten, was die Salmonellenbekämpfung in den einzelnen Betrieben angeht. Die Komplexität der Ansätze (Verknüpfung von Management, Hygiene-, Fütterungs- und Vakzinationsmaßnahmen) muss für jeden Betrieb maßgeschneidert im Reduzierungskonzept Berücksichtigung finden. Größte Herausforderung aus wirtschaftlicher Sicht ist dabei die Erarbeitung des ökonomisch effizientesten Weges für den einzelnen Betriebes. Die einzelnen Maßnahmen an sich sind schon mit deutlichen finanziellen Aufwendungen verbunden. Im Rahmen der erfolgreichen Eingrenzung der Salmonellenbelastung in den einzelnen Betrieben ist daher sicherzustellen, dass der Kanon der Maßnahmen aus betriebswirtschaftlicher Hinsicht aufeinander abgestimmt ist, die Zeiträume der kostenintensiven Maßnahmen auf ein notwendiges Minimum reduziert werden, ohne dass die Wirksamkeit leidet. Diese in Zukunft notwendige einzelbetriebliche Wirtschaftlichkeitsanalyse der Maßnahmen war nicht Teil des Projektes, wird aber in Zukunft notwendig sein.

In Bezug auf die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit ergeben sich aus den Ergebnissen der Untersuchungen ebenfalls Arbeitsaufträge. Die Versuchshypothese einer positiven Korrelation zwischen Salmonellenprävalenz und Leistung auf Einzelbetriebsebene konnte in Teilen nachgewiesen werden. Die leistungsstärksten Ferkelproduzenten waren in der vorliegenden Studie nicht die Betriebe mit der geringsten Salmonellenseroprävalenz in der Ferkelaufzucht. Gleichzeitig zeigte sich, dass im Vergleich von auffälligen und unauffälligen Betrieben, bei den Salmonellen-auffälligen Betrieben die Kolostrumversorgung der leichtesten Ferkel eines Wurfes signifikant schlechter war ($p < 0,0339$), als bei der Gruppe der leichtesten Ferkel in den Salmonellen-unauffälligen Betrieben. Hier sind im Rahmen des Projektes Ansätze gefunden worden, die Kolostrumversorgung zu verbessern. Das Konzept eines Ergänzungsfutters ist gut, aber in der Praxis mit einem gewissen Mehraufwand und auch zusätzlichen Kosten verbunden. Es ist also zu prüfen, ob der positive Effekt aus den Untersuchungen auch durch einfachere Fütterungskonzepte erreicht werden kann.

Aus den Untersuchungen im Rahmen des Projektes und dem EVH Screening, dessen Daten an sich auch in Teilen Grundlage des Projektes Salmo-SaFe waren, kristallisiert sich zusammenfassend heraus, dass (I) zugekaufte Jungsauen mitunter serologisch

Salmonellen-auffällig sind. , (II) Konzepte für die Optimierung der Kolostrum- und Milchversorgung für die Ferkel in großen Würfen hilfreich sind und (III) in der Ferkelaufzucht (hier häufig auch kultureller Salmonellennachweis) konkrete Salmonellenreduzierungsmaßnahmen (Kombination aus Hygiene-, Prophylaxe- und Fütterungsmaßnahmen) durchgeführt werden sollten. Darüber hinaus ergaben die serologisch vergleichenden Untersuchungen bei Sauen, dass in Salmonellen-auffälligen Beständen die serologischen Ergebnisse bei jungen Sauen tendenziell stärker streuten. Daraus lässt eine gewisse Dringlichkeit herleiten, nach der die Phase der Integration von Jungsau in die Bestände ein weiterer Risikofaktor ist. Das Institut für Tierernährung als wissenschaftlicher Partner in der OG hat dies zum Anlass genommen, eine Notwendigkeit zur weiteren Bearbeitung der Thematik im Rahmen eines sogenannten DIP-Projektes zu formulieren. Dieser Antrag ist von der entsprechenden verwaltenden Einrichtung (BLE) zur Hauptantragstellung aufgerufen worden (zum Oktober 2019). Mit einer Bewilligung ist nach derzeitigem Kenntnisstand zum späten Frühjahr 2020 zu rechnen.

2.7. Kommunikations- und Disseminationskonzept

Darstellung in welcher Weise die Ergebnisse kommuniziert oder verbreitet wurden, ggf. mit Verweis auf Veröffentlichungen und Angabe der Quellen. Grundsätzliche Schlussfolgerungen (ggf. Fazit zur Eignung von EIP-Förderung zur Generierung von Innovation und Schließung von Lücken zwischen Praxis und Wissenschaft) und eventuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der EIP AGRI.

Veröffentlichungen:

Holling C, Schulte zu Sundern A: Mehr Salmonellen bei großen Würfen? **Top Agrar 5/2018 S.10-12.**

Schulte zu Sundern A, Rohn K, Holling C, Deermann A, Schulte-Wülwer J, Visscher C: Einfluss einer gesteigerten Fruchtbarkeitsleistung auf die Salmonellenseroprävalenz von Aufzuchtferkeln in schweinehaltenden Betrieben. **Der Praktische Tierarzt 98, Heft 10/2017, 1060–1068.**

Schulte zu Sundern A, Holling C, Rohn K, Deermann A, Schulte-Wülwer J, Visscher C: Relationship between colostrum supply of suckling piglets and Salmonella prevalence in piglet rearing. **Porcine Health Management 2018, 4,9.**

Buch JM, Visscher C, Schulte zu Sundern A, Schulte-Wülwer J, Deermann A, Holling C: Prevalence of Salmonella by serological and direct detection methods in piglets from

inconspicuous, conspicuous and vaccinated sow herds. **Animals 2020, 10, 29.**

72. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie

Göttingen, 13. – 15. März 2018

A. SCHULTE ZU SUNDERN, K. ROHN, C. HOLLING, A. DEERMANN, J. SCHULTE-WUELWER u. C. VISSCHER

Colostrum supply in suckling piglets in herds with different serological Salmonella prevalence in piglet rearing Proc. Soc. Nutr. Physiol. 26, S: 139

10th European Symposium of Porcine Health Management

Barcelona, 9. – 11. Mai 2018

A. SCHULTE ZU SUNDERN, K. ROHN, C. HOLLING, A. DEERMANN, J. SCHULTE-WUELWER u. C. VISSCHER

Relationships between colostrum supply of suckling piglets and Salmonella prevalence in piglet rearing Proc. Europ. Symp. Proc. Health Manag. S. 162

Poster: 13th SafePork Conference

Berlin, 26. – 29. August 2019

A. SCHULTE ZU SUNDERN, C. HOLLING, K. ROHN, A. DEERMANN, J. SCHULTE-WUELWER u. C. VISSCHER

Colostrum supply of suckling piglets and Salmonella seroprevalence in piglet rearing – Is there a relationship? Proc. SafePork 2019, S. 149

Vorträge:

Holling C: Salmo-SaFe (Salmonellen - Sauenhaltung und Ferkelaufzucht): **Meeting der IDT Biologika GmbH** mit den Schweinegesundheitsdiensten, 11. Mai 2017 in Kassel.

Holling C: Salmo-SaFe (Salmonellen - Sauenhaltung und Ferkelaufzucht): **28. Internationale SGD Tagung**, 22.-24. Mai 2017 in Erfurt.

Holling C: Salmo-SaFe (Salmonellen - Sauenhaltung und Ferkelaufzucht): **Follow Up Workshop der IDT Biologika GmbH** „Salmonellen beim Schwein“, 28. Juni 2017 in Hamm.

Holling C: Kurzvorstellung des Projekts Salmo-SaFe: **Mitgliederversammlung der**

Erzeugergemeinschaft für Qualitätsferkel in der Grafschaft Bentheim w. V., 27. November 2017 in Nordhorn.

Holling C: Effect of maternal vaccination against Salmonella Typhimurium in three piglet producing farms: **Wörlitzer Tierkolleg**, 9.-10. Oktober 2018 in Wörlitz.

Holling C: Aktuelles aus der Arbeit des Schweinegesundheitsdienstes: **MSD Landwirte-Akademie**, 12. März 2019 in Vechta.

Holling C: Salmo-SaFe (Salmonellen - Sauenhaltung und Ferkelaufzucht) – ein aktueller Stand: **29. Internationale SGD Tagung**, 27.-29. Mai 2019 in Cloppenburg.

Holling C: Reduktion von Salmonelleninfektionen – neue Ansätze aus dem Projekt SalmoSaFe: **LWK Beraterschulung „Schweinemast der Zukunft“**, 09. September 2019 in Oldenburg.

Holling C: Erkenntnisse zur Salmonellenbelastung in Ferkelerzeugerbetrieben unter Berücksichtigung von Biosicherheit und Impfung: **Abschlussveranstaltung SalmoSaFe für Landwirte und Tierärzte**, 22. Januar 2020 in Herzlake

Schulte zu Sundern A, Visscher C: Salmonellenreduktion mit Hilfe der Fütterung – Grenzen und Möglichkeiten: **Abschlussveranstaltung SalmoSaFe für Landwirte und Tierärzte**, 22. Januar 2020 in Herzlake

**Anlage zum Abschlussbericht: Teilbereich „Analyse, Diagnostik und Fütterung“
Schulte zu Sundern¹, A.; Holling, C.²; Deermann³, A.; Schulte-Wülwer³, J.; Visscher¹, C.**

¹ Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover.

² LWK Niedersachsen, FB 3.5 Tiergesundheitsdienste, Sedanstr. 4, 26121 Oldenburg.

³ EVH Select GmbH, An der Feuerwache 14, 49716 Meppen.

1 Versuchshintergrund und Zielsetzung

In der Geflügelhaltung zeigte der Gedanke „from stable to table“ bereits Erfolg. Anstatt den Fokus auf die Mäster und Schlachtung zu setzen, werden in der Geflügelhaltung die Zuchtbetriebe mit einbezogen. Sinkende Fallzahlen Salmonellen-bedingter Magen-Darm-Erkrankungen des Menschen sind im Wesentlichen auf die oben genannten Erfolge zurückzuführen. In der Schweinehaltung sind noch wesentliche Anstrengungen erforderlich, insbesondere in der Ferkelerzeugung, die in den letzten Jahren eine massive Leistungssteigerung erfahren hat. Diese Entwicklung bleibt möglicherweise nicht ohne Folgen. So ist bekannt, dass die Anzahl ausgetragener Früchte negativ mit dem Geburtsgewicht und der Anzahl untergewichtiger Ferkel (< 1kg) korreliert. Dies könnte eine Ursache für die von vielen praktizierenden Tierärzten gemachten Beobachtung sein: Leistungsstarke Ferkelproduzenten erscheinen in ihrer Salmonellenprävalenz häufig auffällig, obwohl das Management es nicht erwarten lassen würde. Daraus ergab sich verschiedene Fragestellungen:

1. Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Reproduktionsleistung der Sauen und der Salmonellenprävalenz bei verkaufsfertigen Ferkeln?
2. Unterscheiden sich Sauen hinsichtlich der Reproduktionsleistung in Salmonellen-unauffälligen bzw. Salmonellen-auffälligen Betrieben?
3. Können diätetische Ansätze, d.h. bestimmte Fütterungskonzepte das Salmonellenvorkommen in auffälligen Betrieben reduzieren.

Das Projekt soll neue Erkenntnisse zu Möglichkeiten und Grenzen der Fütterung zur Salmonellenreduktion im Schweinebestand liefern.

2 Versuchsaufbau

Der Projektteil „Analyse, Diagnostik und Fütterung“, der von der Operationellen Gruppe OG „Institut für Tierernährung“ der Tierärztlichen Hochschule Hannover bearbeitet worden ist, teilt sich im Wesentlichen in drei Teilbereiche auf.

1. Analyse und Auswertung von vorhandenen Daten

2. Auswahl von geeigneten Projektbetrieben und Vorversuche
3. Fütterungsversuche

Die Ergebnisse der jeweiligen Teilbereiche wurden jeweils in wissenschaftlichen Fachzeitschriften publiziert oder sind zur Publikation eingereicht.

2.1 Analyse und Auswertung von vorhandenen Daten

Im Vorfeld der geplanten Fütterungsversuche waren bereits zahlreiche Daten vorhanden. Diese stammten im Wesentlichen von der EVH Select GmbH. Diese wurde als ein Zusammenschluss mehrerer niedersächsischer Ferkelerzeugergemeinschaften gegründet und etablierte schon vor mehreren Jahren ein Gesundheitsscreening. Damit kamen sie dem Wunsch vieler Mäster nach, die verlässliche Daten zum Gesundheitsstatus der zugekauften Ferkel forderten. Die teilnehmenden Ferkelerzeuger nehmen seitdem halbjährlich an diesem Gesundheitsscreening freiwillig teil. In diesem Screening, das an verkaufsfertigen Ferkeln durchgeführt wird, werden auch Informationen zum Salmonellenstatus gewonnen. Gleichzeitig unterstützen die Ferkelerzeugergemeinschaften und Beratungsringe viele Betriebe in der Führung ihrer Sauenplaner und werten kontinuierlich die Daten vergleichend aus. Die betriebliche und überbetriebliche Auswertung der Sauenplaner ist bereits Standard und gilt für viele Betriebe als wichtiges Mittel zur Überprüfung des eigenen Managements. Bisher fand aber keine vergleichende Auswertung mit den Daten des Gesundheitsscreening statt. Das Projekt konnte nun erstmals die auf den einzelnen Betrieben gesammelten Daten zum Salmonellenstatus mit den Daten des Sauenplaners vergleichen. Dies war besonders im Hinblick auf die von vielen praktizierenden Tierärzten gemachte Beobachtung interessant, dass leistungsstarke Betriebe (Anzahl lebend und abgesetzter Ferkel pro Sau) häufig in ihrer Salmonellenprävalenz auffällig erscheinen, obwohl es deren Management nicht erwarten lassen würde. Bei leistungsschwächeren Betrieben ist in vielen Fällen eine gegensätzliche Beobachtung zu machen. Dies ließ im ersten Abschnitt unserer Versuche die Frage zu, ob es einen Zusammenhang zwischen Reproduktionsleistung und Salmonellenseroprävalenz an verkaufsfertigen Ferkeln gibt. Die Auswertung der Daten zeigte, dass beim Vergleich von leistungsstarken mit leistungsschwachen Ferkelerzeugern, leistungsstarke Ferkelerzeuger tatsächlich in ihrer Salmonellenseroprävalenz auffällig erscheinen. Diese Erkenntnis beeinflusste die Fragestellung der im zweiten Abschnitt durchgeführten Vorversuche und die Auswahl der Projektbetriebe. Die Ergebnisse des ersten Abschnitts wurden unter anderem unter dem Titel „**Einfluss einer gesteigerten Fruchtbarkeitsleistung auf die Salmonellenseroprävalenz von Aufzuchtferkeln in schweinehaltenden Betrieben**“ - Der Praktische Tierarzt 98, Heft 10/2017, Seiten 1060–1068, publiziert. Siehe Anhang.

2.2 Auswahl von geeigneten Projektbetrieben und Vorversuche

Die unter 2.1 durchgeführten Analysen lieferten Hinweise, dass leistungsstarke Betriebe, bezogen auf die Anzahl lebend und abgesetzter Ferkel, relativ häufig eine hohe Salmonellenseroprävalenz aufweisen, obwohl es deren Management nicht vermuten lassen würde. Im zweiten Schritt sollten nun Ursachen für diese Erkenntnis gefunden und passende Versuchsbetriebe für die folgenden Fütterungsversuche ausgewählt werden. Hierfür wurden aus den von den Beratungsringen gebündelten Ferkelerzeugern zwölf Betriebe ausgewählt, die seit mehreren Jahren in dem unter 2.1 genannten Gesundheitsscreening als salmonellenauffällig gelten. Passend zu diesen zwölf Betrieben wurden zwölf Betriebe ausgewählt, die in Bestandsgröße und Management vergleichbar waren, aber hinsichtlich ihrer Salmonellenseroprävalenz an verkaufsfertigen Ferkeln als unauffällig galten. Alle Betriebe (n=24) wurden einmalig zwei Tage nach ihrem Hauptabferkeltag besucht und umfassend analysiert. Neben einem Fragebogen, der Punkte zum Management, Fütterung und Hygiene enthielt, wurden Sauen und Ferkel hinsichtlich ihrer Salmonellenseroprävalenz beprobt. Des Weiteren wurde die Kolostrumversorgung der neugeborenen Ferkel quantitativ untersucht. Die genannten Untersuchungen zeigten, dass sich die Salmonellen-unauffälligen und Salmonellen-auffälligen Betriebe hinsichtlich der Kolostrumversorgung unterscheiden. Die leichtesten Ferkel in den Salmonellen-auffälligen Betrieben waren signifikant schlechter mit Kolostrum versorgt, als die leichtesten Ferkel in den Salmonellen-unauffälligen Betrieben. Die Ergebnisse des zweiten Abschnitts wurden unter anderem unter dem Titel **„Relationships between colostrum supply of suckling piglets and *Salmonella* prevalence in piglet rearing“** - *Porc Health Manag* 4, 9 (2018) doi:10.1186/s40813-018-0085-6 publiziert.

2.3 Fütterungsversuche

Die durchgeführten Fütterungsversuche lassen sich in zwei Teile aufteilen. Zum einen stand die Fütterung der Sau zum Zeitpunkt der Abferkelung im Fokus. Zum anderen die Fütterung der Ferkel vom Absetzen bis zum Verkauf. In den im Vorfeld durchgeführten Feldstudien konnten Hinweise gefunden werden, dass die Kolostrumversorgung ein kritischer Faktor in Betrieben sein kann, die in vorherigen Screenings durch eine hohe Salmonellenseroprävalenz an verkaufsfertigen Ferkeln aufgefallen sind. Daraus ergab sich das Ziel die Kolostrumproduktion der Sau durch Futteroptimierung zu erhöhen und durch die Verbesserung der Kolostrumversorgung die Ferkel vor einer Infektion mit Salmonellen besser zu schützen. Für die Feldstudie wurden auf Grundlage der Vorversuche (vgl. 2.1 und 2.2) vier Salmonellen-auffällige Betriebe ausgewählt. In diesen vier Betrieben wurden in jeweils sechs Durchgängen je 16 Sauen einer Abferkelgruppe für einen Fütterungsversuch

ausgewählt. Die eine Hälfte (n=8) der Sauen wurde mit der Einstallung in den Abferkelstall unter Einhaltung der betriebsüblichen Futterkurve mit dem konventionellen Futter gefüttert. Die andere Hälfte (n=8) erhielt vom Zeitpunkt der Einstallung in den Abferkelstall bis zwei Tage p.p. zusätzlich zum konventionellen Futter täglich 1,25 kg eines Versuchsfutters on Top. Am zweiten Lebenstag der Ferkel erfolgte eine Blutprobenentnahme an jeweils zwei leichten und zwei schweren Ferkeln eines Wurfes und eine individuelle Kennzeichnung mittels Ohrmarken. Eine erneute Beprobung erfolgt am Ende der Aufzucht (25 kg). Die Blutproben wurden mittels ELISA hinsichtlich Salmonella LPS - Antikörper untersucht. Zur Abschätzung der Kolostrumversorgung wurde die Immunocrit-Methode angewendet. Bei der Betrachtung von Kontroll- und Versuchsgruppe lässt sich erkennen, dass die Tiere in der Versuchsgruppe signifikant besser mit Kolostrum versorgt waren als die Tiere der Kontrollgruppe (Tabelle 1). Dieses Ergebnis deutet daraufhin, dass es in der Sauenfütterung zum Zeitpunkt der Abferkelung noch unausgeschöpftes Potential gibt. Besonders im Hinblick auf immer größere Würfe könnte eine optimierte Fütterung der Sauen die Kolostrumversorgung der Ferkel steigern. Des Weiteren gab es einen signifikanten Unterschied in der Salmonellenseroprävalenz zum Zeitpunkt der Geburt (gemessen in OD %). Der Unterschied lässt sich dadurch erklären, dass dieser Wert so früh post partum direkt abhängig ist von der Menge des von dem Ferkel aufgenommenen Kolostrums. Dadurch, dass die Tiere in der Versuchsgruppe signifikant besser mit Kolostrum versorgt waren (vgl. Immunocrit) , war auch die Menge aufgenommener Salmonellenantikörper höher (vgl. OD in %). Dieser Zusammenhang war signifikant ($r=0.40935$).

Tabelle 1: Vergleich von Kontroll- und Versuchsgruppe hinsichtlich Kolostrumversorgung und Salmonellenantikörper

	Gesamt	
	Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Immunocrit	0,1227	0,1279
OD (%)	25,446	29,871
OD-Ende der Aufzucht (%)	9,7160	10,8181

Die im Vorfeld aufgestellte These, dass es eine Beziehung zwischen Kolostrumversorgung und der Salmonellenprävalenz zum Ende der Aufzucht gibt, konnte in unseren Versuch nicht nachgewiesen werden ($r=0,00934$). So war der Unterschied der Salmonellenseroprävalenz zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe zum Ende der Aufzucht, trotz Unterschieden in der Kolostrumversorgung, nicht signifikant. Mögliche Effekte scheinen nicht ausreichend zu sein, um Individuen längerfristig, das heißt in diesem Fall bis zum Ende der Aufzucht, vor einer Salmonelleninfektion zu schützen. Andere Managementfaktoren (Hygiene, Medikamenteneinsatz usw.) scheinen weitaus bedeutender für das Salmonellengeschehen im Bestand. Die Ergebnisse dieses Versuchs sind zur Publikation eingereicht.

Der zweite Fütterungsversuch hatte einen anderen Ansatzpunkt und bezog sich auf die Fütterung in der Ferkelaufzucht. Hierfür wurde in drei Betrieben ein zugelassener Futtermittelzusatzstoff erprobt. Hierbei handelt es sich um Natriumdiformiat, welches einem Natriumsalz der Ameisensäure entspricht. Diese wirkt ähnlich wie die weitverbreitete und häufig im Zusammenhang mit Salmonellen eingesetzte Ameisensäure, deren hemmende Wirkung auf das Salmonellenwachstum im Schwein bekannt, aber auch begrenzt ist. Das Natriumdiformiat soll im Vergleich zur konventionellen Ameisensäure in höherer Konzentration im Dickdarm, dem Hauptreservoir der Salmonellen im Schwein, anfluten, wirken und die Salmonellenausscheidung reduzieren. Der Versuch wurde in drei Ferkelerzeugerbetrieben durchgeführt. Das Versuchsdesign war den ausgewählten Betrieben angepasst. Auf zwei Betrieben (Betrieb C+D) wurden erst drei Kontrolldurchgänge konventionell gefüttert. Darauf folgten drei Versuchsdurchgänge. In diesen erhielten die Ferkel über das zugekaufte Futter Natriumdiformiat über das letzte Drittel der Ferkelaufzucht. In einem Versuchsbetrieb (Betrieb A) konnten Kontroll- und Versuchsdurchgänge parallel durchgeführt werden. Die Futterzuteilung erfolgte in diesem Falle aber nicht vom Füttersilo aus automatisch zum Trog, sondern von Hand durch den Tierhalter. In diesem Fall musste der Tierhalter zum Befüllen des Futterautomaten die Bucht mindestens einmal am Tag betreten. Zum Ende der Aufzucht erfolgte die Blutprobenentnahme und die Ermittlung der Salmonellenantikörper mittels ELISA in allen drei Betrieben.

Die Ergebnisse dieses Fütterungsversuchs waren widersprüchlich. In den Betrieben C und D konnte in den Versuchsdurchgängen mit Natriumdiformiat eine signifikante Reduktion der Salmonellenseroprävalenz erreicht werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Versuchsergebnisse zum Fütterungsversuch in der Ferkelaufzucht

	Betrieb A		Betrieb C		Betrieb D	
	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch
n =	114	150	142	149	148	156
Ø OD (%) [Ende der Aufzucht]	3,42 (± 8,88)	17,94 (± 22,53)	13,07 (± 16,28)	7,69 (± 12,26)	17,33 (± 21,90)	8,60 (± 14,79)
Ferkel (25kg) OD > 10 %	8	71	61	29	74	39
Anteil Ferkel (25kg) OD > 10 % (%)	7	47	43	19	50	25

In dem Betrieb A, in dem der Tierhalter die Tiere von Hand füttern musste, war der Effekt entgegengesetzte. Die Tiere der Versuchsgruppe wiesen eine deutlich höhere Salmonellenseroprävalenz auf als die Tiere ohne Natriumdiformiat. Über die Ursachen dieser widersprüchlichen Ergebnisse kann nur gemutmaßt werden, aber wahrscheinlich führte das ständige Betreten der Buchten zum Befüllen der Futterautomaten zu einem vermehrten Eintrag und einer permanenten Übertragung von Salmonellen. Es sind weitere Versuche zum Einsatz von Natriumdiformiat notwendig, um den breiten Einsatz zu rechtfertigen.

Anlage zum Abschlussbericht: Teilbereich „Vakzination von Sauen bzw. Sauen und Ferkeln gegen *Salmonella* Typhimurium“

Holling, C.¹; Buch, J.M.²; Schulte zu Sundern², A.; Deermann³, A.; Schulte-Wülwer, J.³; Visscher, C.²

¹LWK Niedersachsen, FB 3.5 Tiergesundheitsdienste, Hermann-Ehlers-Str. 15, 26160 Bad Zwischenahn-Wehnen

²Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung, Bischofsholerdamm 15, 30173 Hannover

³EVH Select GmbH, An der Feuerwache 14, 49716 Meppen

1 Versuchshintergrund und Zielsetzung

Salmonellen sind in Schweinebeständen ubiquitär verbreitet. Während Schweine nur selten klinisch erkranken, ist die Salmonellose in Deutschland und auch europaweit die zweithäufigste bakteriell bedingte Zoonose beim Menschen. Die Übertragung erfolgt insbesondere über kontaminiertes Geflügel-, Schweine-, und Rindfleisch sowie Eier. Die Strategie zur Bekämpfung und Überwachung der Salmonellensituation in Deutschland in der Lebensmittelkette Schwein basiert auf einer stichprobenartigen, serologischen Untersuchung von Fleischsaftproben am Schlachthof auf Grundlage der Schweine-Salmonellen-Verordnung (2007). Die Probenentnahme und Auswertung dieses Salmonellenmonitorings erfolgt durch die QS Qualität und Sicherheit GmbH, Bonn. Die Betriebe werden in Risikoklassen (Kategorie I-III) eingeteilt. Obwohl Betriebe in Kategorie III verpflichtet sind, Maßnahmen gegen Salmonellen zu ergreifen und Vermarktungsnachteile entstehen können, konnte der Anteil „salmonellen-auffälliger“ Mastbetriebe trotz intensiver Bemühungen nicht weiter reduziert werden (Rostalski, 2015). Nach bisherigen Erfahrungen stellt mitunter der Zukauf von bereits infizierten Mastläufern aus der Ferkelerzeugung ein Risiko für einen Salmonelleneintrag in den Mastbestand dar, was durch eine hohe Anzahl serologisch positiver Salmonellenbefunde in Zucht- und Ferkelerzeugerbeständen bestätigt werden kann. Aus diesem Grund wird eine Ausweitung der Salmonellenbekämpfung auf die Zucht und Ferkelerzeugung, ähnlich wie in der Geflügelbranche, als wichtig erachtet (Rostalski, 2015; BVL, 2016).

Seit Jahren zählen konsequent durchgeführte Hygienekonzepte und diätetische Maßnahmen zu den wichtigsten Strategien in der Salmonellenbekämpfung.

Insbesondere in Zucht- und Ferkelerzeugerbetrieben, die mit der Zeit gewachsen und baulich erweitert worden sind, muss jedoch berücksichtigt werden, dass konsequente Rein-Raus-Verfahren und Hygienemaßnahmen aufgrund der baulichen Gegebenheiten (Kreuzungswege) und der kontinuierlichen Belegung einzelner Stallbereiche (Wartestall, Deckzentrum) oftmals nur eingeschränkt durchführbar sind.

Eine Ergänzung etablierter Konzepte zur Reduktion von Salmonellen in Schweinebeständen soll der Einsatz von Impfstoffen gegen Salmonellen bieten. Zum Zeitpunkt der

Projektdurchführung war in Deutschland nur der Impfstoff SALMOPORC des Herstellers IDT Biologika GmbH, Dessau-Roßlau (seit Sommer 2019: Ceva Santé Animale, Libourne, France) zugelassen und verkehrsfähig. Der Impfstoff enthält als Impfstamm eine genetisch stabile, doppelt attenuierte, Histidin-Adenin-auxotrophe *Salmonella* Typhimurium Mutante. Durch die Impfung von Sauen und Ferkeln soll eine epidemiologisch relevante Reduktion der Salmonellenausscheidung und Persistenz erzielt werden. Durch die Sauenimpfung wird laut Impfstoffhersteller die Ausscheidung von *Salmonella* Typhimurium-Feldstämmen während der Säugephase reduziert und die Infektionsquelle für die Saugferkel verringert. Ebenso wird ein maternaler, über Kolostrum vermittelter Schutz als Wirkungsmechanismus diskutiert. Die Impfung der Ferkel soll dann nach Aufbau der aktiven Immunität die Reduktion der Erregerprävalenz und -ausscheidung für eine Dauer von 19 Wochen bis zum Ende der Mast bewirken (Ceva Santé Animale, 2020).

Inwieweit eine Impfung von Sauen bzw. Sauen und Ferkeln gegen *Salmonella* Typhimurium bestehende Konzepte zur Salmonellenbekämpfung sinnvoll ergänzen kann, soll die vorliegende Praxisstudie unter zeigen.

2 Versuchsaufbau

Im Versuch wurden zwei verschiedene Impfkonzepete untersucht.

4. Impfung von Sauen und Ferkeln gegen *Salmonella* Typhimurium (2 Betriebe)
5. Impfung von Sauen gegen *Salmonella* Typhimurium (3 Betriebe)

Bei der Auswahl der Betriebe wurden zunächst die zwölf Salmonellen-auffälligen aus dem Gesamtprojekt berücksichtigt. Auswahlkriterien waren der Nachweis von *Salmonella* Typhimurium im Bestand sowie die Bereitschaft zur Durchführung der Impfung. Bei der kombinierten Sauen- und Ferkelimpfung war die Produktion im geschlossenen System bzw. die Kooperation fest angebundener Mastbetriebe ein weiteres, wichtiges Kriterium. Da sich nur drei Betriebe für die Erprobung der Sauenimpfung zur Verfügung gestellt haben, konnten hier keine weiteren Auswahlkriterien aufgestellt werden. Für die Untersuchung der Sauen- und Ferkelimpfung konnten keine Projektbetriebe gewonnen werden, da es sich größtenteils um reine Ferkelerzeuger mit Ferkelvermarktung handelte. Nach intensiver Suche konnten dennoch zwei weitere Betriebe akquiriert werden. Insbesondere der mit der Ferkelimpfung verbundene, sehr hohe Arbeitsaufwand führte dazu, dass sich viele Betriebe gegen die Versuchsteilnahme entschieden haben.

Die Impfstoffkosten wurden vollständig durch Projektmittel finanziert.

2.1 Vakzination von Sauen und Ferkeln gegen *Salmonella* Typhimurium

Die Effektivität der Impfung von Sauen und Ferkeln gegen *Salmonella* Typhimurium wurde in zwei Betrieben untersucht, die nicht von Beginn an im Gesamtprojekt involviert waren. Beide Betriebe betreiben Ferkelerzeugung und Schweinemast im geschlossenen System. Zusätzlich zur Impfung der Sauen (s. 2.2) wurden alle Ferkel in der ersten Lebenswoche sowie in der dritten Lebenswoche oral geimpft, indem den Ferkeln jeweils eine Impfdosis per Drench ins Maul verabreicht wurde. Da die korrekte Impfstoffanwendung erfordert, dass die Tiere fünf Tage vor bis fünf Tage nach der Impfung nicht antibiotisch behandelt werden, wurden während dieser Zeit nur unumgängliche Einzeltierbehandlungen durchgeführt. Im Fall von unerwarteten Krankheitseinbrüchen wurde der Impfzeitpunkt in einzelnen Gruppen an die erforderlichen antibiotischen Behandlungen angepasst und entsprechend verschoben.

Die stichprobenartige Entnahme von Blutproben bei individuell gekennzeichneten Ferkeln zum serologischen Nachweis von Antikörpern gegen Salmonellen begann vier Wochen nach der zweiten Impfung und wurde dann im Abstand von vier bis sechs Wochen bis zum Verkauf der Tiere wiederholt.

Zusätzlich wurden vor Beginn der Impfmaßnahme und ein Jahr nach Beginn der Impfmaßnahme Umgebungsproben (Socken- und Wischproben) aus verschiedenen Stallbereichen (Wartestall/Deckzentrum, Abferkelbereich, Ferkelaufzucht und Mast), sowie in Vorräumen und Bereichen nach Reinigung und Desinfektion entnommen und bakteriologisch auf *Salmonella* ssp. untersucht.

2.1.1 Betrieb A

Der Betrieb A hält 500 Sauen dänischer Genetik und produziert Ferkel (Danzucht x German Genetics) im 4-Wochenrhythmus. Die Ferkelgruppen wurden abwechselnd an die Ferkelaufzuchtställe A-FAZ1 und A-FAZ2 abgegeben, sodass sich nur jeweils eine Altersgruppe an jedem der beiden Ferkelaufzuchtstandorte befand. Die Ferkel aus dem Ferkelaufzuchtstall A-FAZ1 wurden mit 28-30 kg in die Mast A-M1a im gleichen Gebäude umgestallt (Gruppen 3, 7, 15, 17) oder an die Mastbetriebe A-M1b (Gruppen 1, 5, 9, 13, 21) und A-M1c (Gruppen 11, 19) abgegeben, während die Ferkel aus dem Ferkelaufzuchtstall A-FAZ2 in die Mastställe A-M2a (Gruppen 2, 4, 8, 10, 14, 18), A-M2b (Gruppen 12, 16, 20) oder A-M2c (Gruppe 6) umgestallt wurden.

Die Impfung der Sauen und Ferkel wurde im August 2017 begonnen und bis Mai 2019 durchgeführt. Der Zeitraum der Probenentnahmen erstreckte sich von November 2017 bis November 2019.

Aus jeder Ferkelaufzuchtgruppe wurden 25 Ferkel nach zufälliger Auswahl individuell gekennzeichnet und mittels Blutproben auf Antikörpergehalte gegen Salmonellen-spezifische Lipopolysaccharide (*Salmonella*-LPS) untersucht. Die erste Beprobung (OD_1) fand 4 Wochen nach der 2. Impfung in der 3./4. Lebenswoche (Mitte Ferkelaufzucht) statt. Es folgten weitere Beprobungen in der Vormast (OD_2, 8 Wochen nach der 2. Impfung), Mittelmast (OD_3, 58. Masttag) und Endmast (OD_4, 86. Masttag). Ab März 2019 wurde auf die Beprobungen in der Mitte der Ferkelaufzucht (OD_1) und in der Mittelmast (OD_3) verzichtet, da sich aus diesen Proben kein weiterer, erkennbarer Mehrwert für die Gesamtauswertung des Teilversuchs ergeben hätte. Aus den Gruppen 2 und 3 wurden 60 Ferkel aus 15 Würfen und deren Muttersauen am 3. Lebenstag serologisch beprobt. Zwei Proben von Sauen waren nicht auswertbar. Nach Ausstieg aus der Ferkelimpfung wurden noch zwei weitere Ferkelgruppen (Gruppe 22 und 23) serologisch auf *Salmonella*-LPS-Antikörper untersucht.

2.1.2 Betrieb B

Der Betrieb B hält 80 Sauen aus dem Bundes-Hybrid-Zuchtprogramm (BHZP) und produziert im dreiwöchigen Rhythmus Ferkel (BHZP x PIC 408) im geschlossenen System. Die Ferkel werden mit einem Gewicht von 28-30 kg in den eigenen Maststall umgestallt.

Der Impfmaßnahme wurde im August 2017 begonnen und im Oktober 2018 aus wirtschaftlichen Gründen abgebrochen. Der Beprobungszeitraum erstreckte sich von November 2017 bis Januar 2019.

Es wurden aus jeder Altersgruppe 15 zufällig ausgewählte und individuell gekennzeichnete Ferkel mittels Blutproben auf Antikörpergehalte gegen Salmonellen untersucht. Die erste Beprobung (OD_1) fand 4 Wochen nach der 2. Impfung in der 3./4. Lebenswoche (Mitte Ferkelaufzucht) statt. Es folgten weitere Beprobungen in der Vormast (OD_2, 10 Wochen nach der 2. Impfung), Mittelmast (OD_3, 16 Wochen nach der 2. Impfung) und Endmast (OD_4, 22 Wochen nach der 2. Impfung).

2.2 Vakzination von Sauen gegen *Salmonella* Typhimurium

Für die Untersuchung der Sauenimpfung wurden drei Salmonellen-auffällige Ferkelerzeuger aus den Projektbetrieben akquiriert.

Die Sauen wurden zunächst gruppenweise reproduktionsorientiert grundimmunisiert, indem jeweils eine Impfdosis á 1 ml sechs und drei Wochen ante partum subcutan injiziert wurde. In jeder darauffolgenden Trächtigkeit war nach Grundimmunisierung dann nur noch eine Impfung drei Wochen ante partum erforderlich. Jungsaunen, die nach Beginn der Implementierung der

Impfung zugekauft wurden, haben bereits in der Eingliederungsphase zwei Impfungen im dreiwöchigen Abstand erhalten.

Zur Beurteilung der Effektivität der Impfung wurde am Ende der Ferkelaufzucht aus jeder Ferkelgruppe bei zufällig ausgewählten Ferkeln mit einem Gewicht von 28-30 kg eine Blutprobe entnommen und serologisch auf Antikörper gegen Salmonellen untersucht.

Vor Beginn der Impfmaßnahme (Juli 2017), ein Jahr nach Beginn der Impfmaßnahme (Juli 2018) und Anfang 2019 wurden Umgebungsproben (Socken- und Wischproben) aus verschiedenen Stallbereichen (Wartestall/Deckzentrum, Abferkelbereich, Ferkelaufzucht und Mast), sowie in Vorräumen und Bereichen nach Reinigung und Desinfektion entnommen und bakteriologisch auf *Salmonella ssp.* untersucht.

2.2.1 Betrieb C

Der Betrieb C hält ca. 180 Sauen der Genetik Danzucht und produziert im vierwöchigen Rhythmus. Die Ferkel werden in einem separaten Ferkelaufzuchtstall am gleichen Standort aufgezogen und mit ca. 28-30 kg vermarktet. Am Ende der Ferkelaufzucht wurden jeweils 16 zufällig ausgewählte Ferkel beprobt. Zusätzlich wurde 20 Ferkeln der 4. Gruppe aus fünf Würfen und deren Muttersauen am 3. Lebenstag eine Blutprobe entnommen und serologisch auf *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte untersucht. Eine Blutprobe von Sauen war nicht auswertbar. Die Beprobung der Ferkel wurde beim Absetzen nochmal wiederholt.

2.2.2 Betrieb D

Der Betrieb D hält ca. 360 Sauen der Genetik Danzucht an zwei benachbarten Betriebsstandorten und produziert im dreiwöchigen Rhythmus. Die Ferkelaufzucht findet sowohl in einem separaten Ferkelaufzuchtstall als auch in einem Gebäude mit kombinierter Sauenhaltung und Ferkelaufzucht in getrennten Abteilen statt. Die Ferkel werden mit einem Gewicht von 28-30 kg vermarktet. Am Ende der Ferkelaufzucht wurden jeweils 15 zufällig ausgewählte Ferkel beprobt. Zusätzlich wurden 28 Ferkel der Gruppen 4 (n=12, 3 Würfe) und 5 (n=16; 4 Würfe) und deren Muttersauen am 3. Lebenstag Blutproben entnommen und serologisch auf *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte untersucht. Die Beprobung der Ferkel wurde beim Absetzen nochmal wiederholt.

2.2.3 Betrieb E

Der Betrieb E hält ca. 320 Sauen der Genetik BHZP an zwei Betriebsstandorten und produziert im verkürzten Drei-Wochen-Rhythmus. An beiden Betriebsstandorten werden sowohl Sauen als auch Ferkel in einem Gebäude in getrennten Abteilen gehalten. Die Vermarktung der Ferkel erfolgt mit einem Gewicht von 28-30 kg. Am Ende der Ferkelaufzucht wurden jeweils 15 zufällig ausgewählte Ferkel beprobt. Am 3. Lebenstag wurde 16 Ferkeln aus 4 Würfen der Gruppe 9 und deren Muttersauen eine Blutprobe entnommen und serologisch auf *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte untersucht. Die Beprobung der Ferkel wurde beim Absetzen wiederholt.

2.2.4 Vergleich der Betriebe C, D und E mit Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Projektbetrieben (Buch et al., 2020)

Im ersten Schritt des Projektes wurden jeweils zwölf Betriebe auf Basis einer retrospektiven Auswertung von Daten aus einem freiwilligen Gesundheitsscreening für 25-30 kg schwere Ferkel als „Salmonellen-auffällig“ bzw. „Salmonellen-unauffällig“ klassifiziert. Das Gesundheitsscreening wird von der EVH Select GmbH organisiert und umfasst unter anderem die halbjährliche Untersuchung von Blutproben von jeweils zehn Ferkeln auf *Salmonella*-LPS-Antikörper. Proben mit einer optischen Dichte (OD) $\geq 10\%$ wurden als positiv gewertet. Betriebe, deren Ferkel über einen längeren Zeitraum eine vergleichsweise hohe Seroprävalenz aufwiesen, wurden als „Salmonellen-auffällig“ klassifiziert. Die Betriebe C, D, und E gehören zu den 12 Salmonellen-auffälligen Betrieben und wurden zusätzlich für die Erprobung der Impfung von Sauen gegen *Salmonella* Typhimurium akquiriert. Zu den zwölf Salmonellen-auffälligen Betrieben wurden in einem nächsten Schritt weitere 12 „Salmonellen-unauffällige“ Betriebe ausgewählt, die zum einen über einen längeren Zeitraum durch eine niedrige Seroprävalenz im EVH-Gesundheitsscreening aufgefallen sind, zum anderen aber auch bezüglich der Parameter Hygiene, Management, Leistung und Betriebsgröße und tierärztliche Bestandsbetreuung viele Gemeinsamkeiten mit jeweils einem der zwölf Salmonellen-auffälligen Betriebe aufwiesen. Während des gesamten Versuchszeitraums (Anfang 2016 bis Mitte 2019) wurden in den 24 Betrieben etwa halbjährlich Blutproben von 10-15 Ferkel im Rahmen des EVH-Gesundheitsscreening untersucht. Für die Auswertung wurden die Blutproben (n=2641) in die Zeiträume „vor 08/2017“ und „nach 08/2017“ unterteilt, da im August 2018 mit der Vakzination der Sauen in den Betrieben C, D und E begonnen wurde.

2.3 Laboruntersuchungen

Alle Blutproben wurden in einem akkreditierten Labor (Vaxxinoa diagnostics GmbH, Leipzig) mit dem Herdcheck *Salmonella* ELISA (IDEXX Laboratory, Hoofddorp, NL) zur Bestimmung von *Salmonella*-LPS-Antikörpern untersucht. Proben mit einer optischen Dichte (OD) $\geq 10\%$ wurden als positiv gewertet.

Die Umgebungsproben (Socken- und Wischproben) wurden im Institut für Mikrobiologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover oder bei der Vaxxinoa diagnostics GmbH in Leipzig untersucht. Nach einer Voranreicherung mit gepuffertem Peptonwasser für 18 Stunden bei 37°C erfolgten selektive Anreicherungen in Rappaport Vassiliadis Medium (RV, Oxoid, Basingstoke, Hampshire, UK) und Tetrathionat-Brilliangrün-Galle-Medium (TGB, Merck, Darmstadt) für 24 und 48 Stunden. Die Bestätigung verdächtiger Kolonien wurden mit Hilfe einer Subkultivierung auf einem selektiven Anzuchtmedium (Brilliance-*Salmonella*, Thermo Scientific, Wesel) durchgeführt.

2.4 Statistische Auswertung

Die deskriptive Auswertung der einzelbetrieblichen Daten erfolgte mittels Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Für weiterführende statistische Untersuchungen wurde SAS Enterprise Guide (Version 7.1, Fa. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) genutzt (s. auch Buch et al., 2020).

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse zur Vakzination von Sauen und Ferkeln gegen *Salmonella* Typhimurium

3.1.1 Ergebnisse Betrieb A

Bei der Untersuchung von Sauen und Saugferkeln in den ersten drei Tagen nach der Abferkelung zeigten die Sauen im Betrieb A (n=13) durchschnittliche *Salmonella*-LPS-Antikörper Gehalte von 110.07 (± 28.74) % optische Dichte (OD). Die OD-Werte der dazugehörigen Ferkel (n=60) lagen durchschnittlich bei 108.22 (± 47.04) %. Bei zwei Ferkeln lagen die OD-Werte unter 10%.

Die Ergebnisse der serologischen Verlaufsuntersuchungen von Ferkeln und Mastschweinen in Betrieb A sind in Abbildung 1 (a-d) dargestellt. Betrachtet man die durchschnittlichen *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte zu den einzelnen Beprobungszeitpunkten (OD_1-4) über alle geimpften Ferkelgruppen, liegen die OD-Werte in der Mitte der Ferkelaufzucht (OD_1,

n=432) durchschnittlich bei 53.42 (\pm 33,65) %. In der Vormast (OD_2, n=521) beträgt der Mittelwert über alle Gruppen durchschnittlich 38.89 (\pm 44.29) % OD und ist damit durchschnittlich um 14.53 % OD gesunken. Zum Beprobungszeitpunkt in der Mittelmast (OD_3, n=339) liegen die OD-Werte im Mittel bei 51.50 (\pm 31.07) % und sind somit im Vergleich zum vorherigen Beprobungszeitpunkt um durchschnittlich um 12.61 % OD gestiegen. In der Endmast (OD_4, n=454) beträgt der Mittelwert über alle Gruppen 54.69 (\pm 33.81) % OD und ist damit durchschnittlich um 3.19 % OD angestiegen. Unterteilt man den Impfzeitraum in zwei Hälften und betrachtet die Impfgruppen 1-11 im Vergleich zu den Impfgruppen 12-21 können keine signifikanten Unterschiede der OD (%) -Werte zu den einzelnen Beprobungszeitpunkten festgestellt werden. In der Endmast (OD_4) lagen die Anteile der Proben OD \geq 40 % bei 57.09 % in den Gruppen 1-11 (n=247) und bei 63.29 % in den Gruppen 12-21 (n=207). Bei Betrachtung der einzelnen Gruppen weisen nur Gruppen 3, 6, 13 und 14 einen Anteil von < 40 % an Proben OD \geq 40 % auf. Nach Ausstieg aus der Ferkelimpfung wiesen die beprobten Ferkel (Gruppe 22 und 23) zu Beginn der Mast (OD_2, n=50) einen mittleren OD-Wert von 18.69 (\pm 11.84) % und in der Endmast (OD_4, n=54) einen durchschnittlichen OD-Wert von 14.48 (\pm 16.70) % auf. Der Anteil der Proben OD \geq 40 % betrug 5.56 % (n=54).

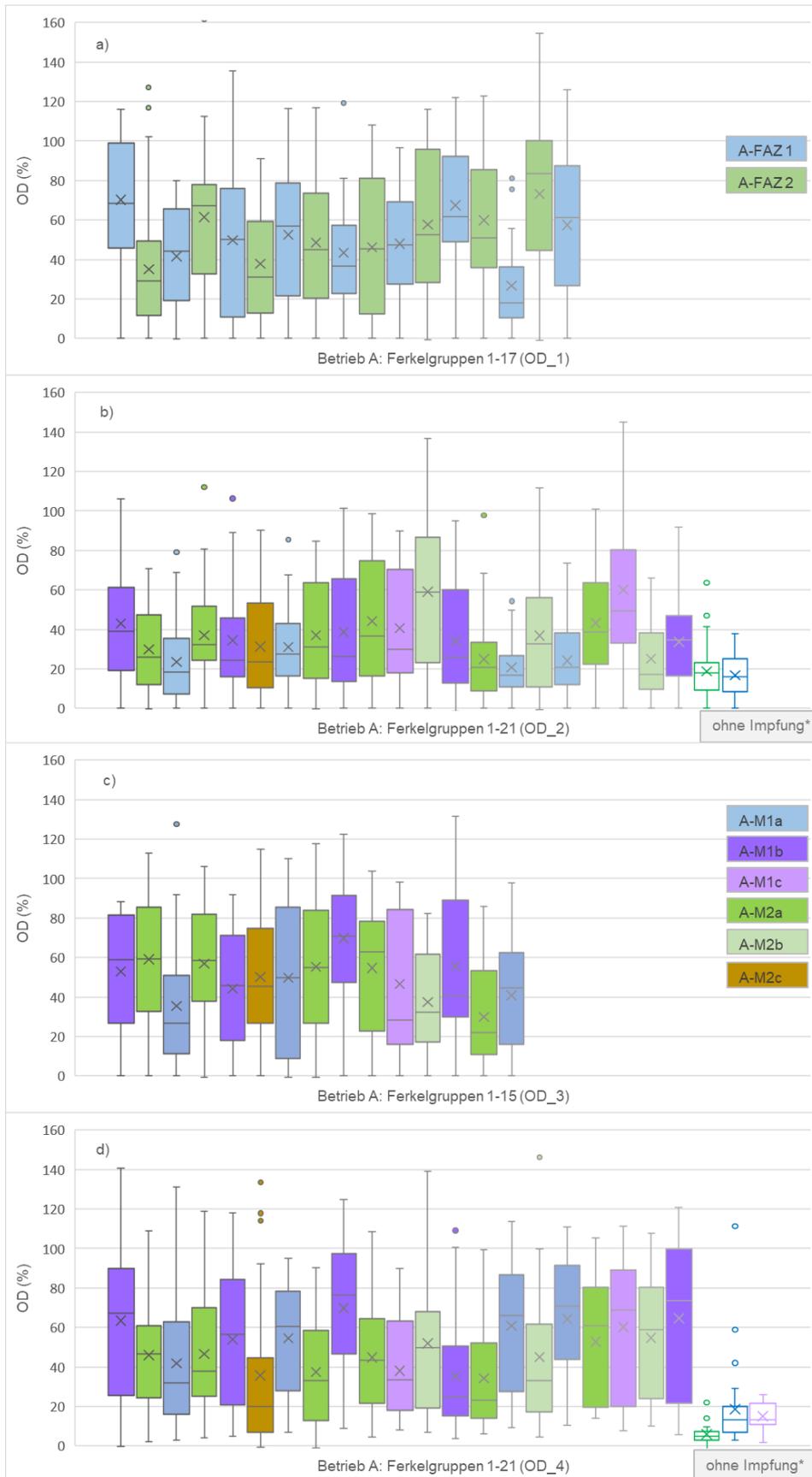


Abbildung 1 (a-d): Ergebnisse der serologischen Untersuchung auf Salmonella-LPS-Antikörper (OD (%) -Werte) der geimpften Ferkel (gefüllt, 25 Tiere pro Gruppe) von 2017 bis 2019 zu verschiedenen Zeitpunkten (a) OD₁: 4 Wochen nach 2. Impfung (Mitte

Ferkelaufzucht), b) OD_2: 8 Wochen nach 2. Impfung (Vormast), c) 58. Masttag (Mittelmast), d) 86. Masttag (Endmast)).*Nach Ausstieg aus der Ferkelimpfung wurden zwei weitere Gruppen nicht geimpfter Ferkel in der Vor- und Endmast in drei Mastställen beprobt (ohne Füllung).

Insgesamt wurden 122 Umgebungsproben bakteriologisch auf *Salmonella* ssp. untersucht (2017: n=40, 2018: n=82). Dabei konnten in 48 Proben (39.34%) Salmonellen-Isolate nachgewiesen werden. In 2017, vor Beginn der Impfung, betrug der Anteil positiver Proben 75.00% (n=30), während zur Zeit der Impfmaßnahme in 2018 mit 21.95 % positiven Proben (n= 18) signifikant weniger Salmonellen nachgewiesen werden konnten ($p < 0.0001$).

Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von Umgebungsproben aus den Produktionsbereichen (Wartestall/Deckzentrum, Abferkelbereich, Ferkelaufzucht und Mast) in Betrieb A sind in Abbildung 2 dargestellt. Bei den als „andere Serovare“ gekennzeichneten Salmonellen-Nachweisen handelt es sich vorwiegend um nicht weiter differenzierte Salmonellen der Gruppe E (2017: n= 6, 2018: n= 13). Zudem konnte *Salmonella* Derby im Bereich Wartestall/Deckzentrum (2017, n=1) sowie ein weiterer, nicht differenzierter Stamm der Gruppe C (Ferkelaufzucht 2018) nachgewiesen werden. Der *Salmonella* Typhimurium – Impfstamm wurde einmalig 2018 im Bereich Wartestall/Deckzentrum nachgewiesen.

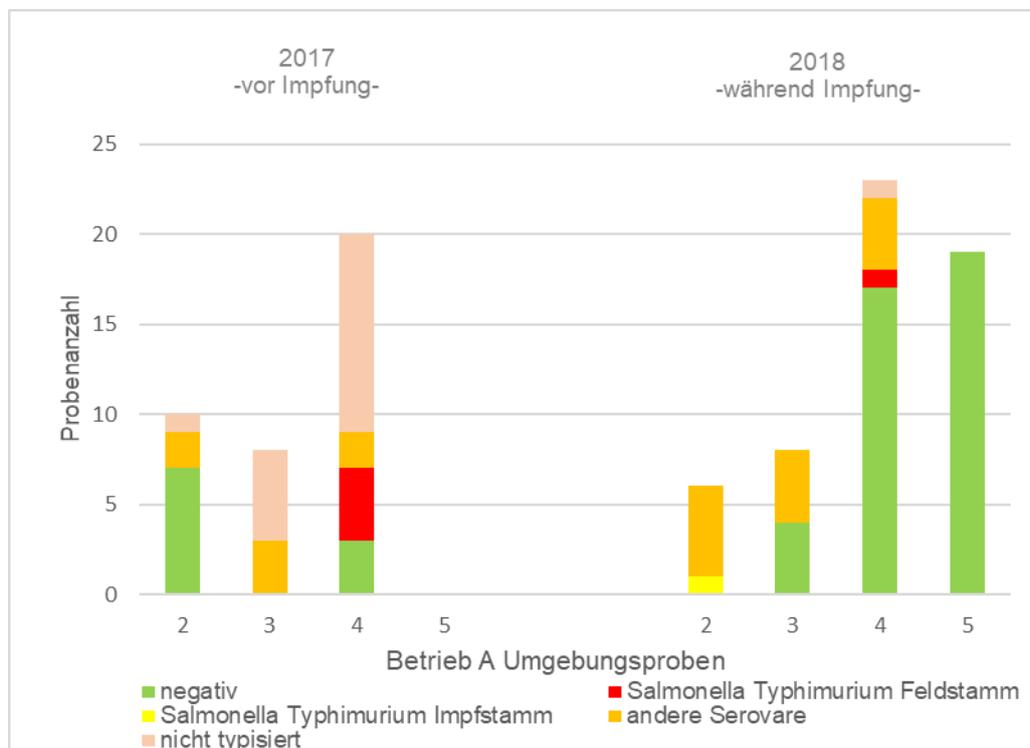


Abbildung 2: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen von Umgebungsproben auf *Salmonella* ssp. vor Beginn der Sauen- und Ferkelimpfung (Juli 2017) und nach einem Jahr während der Impfmaßnahme (Juli 2018) in verschiedenen Produktionsbereichen (2: Wartestall/Deckzentrum, 3: Abferkelbereich, 4: Ferkelaufzucht; 5: Mast) in Betrieb A.

3.1.2 Ergebnisse Betrieb B

Abbildung 3 (a-d) zeigt die Ergebnisse der serologischen Verlaufsuntersuchung von Ferkeln und Mastschweinen in Betrieb B. Über alle geimpften Gruppen betrachtet, liegt der Mittelwert zum ersten Beprobungszeitpunkt (OD_1, n=270) bei 25.64 (\pm 23.58) % OD und steigt zum zweiten Beprobungszeitpunkt in der Vormast (OD_2, n=254) um 36.10 % OD auf 61.74 (\pm 30.67) % OD signifikant an. In der Mittelmast (OD_3) zeigen die Ferkel (n=244) durchschnittliche *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte von 71.14 (\pm 30.40) % OD. Während der Anstieg der durchschnittlichen OD-Werte von der Vor- auf die Mittelmast im Mittel 9.40 % OD beträgt, steigen die OD-Werte zur Endmast (OD_4, n=184) um durchschnittlich 0.42 % OD auf 71.56 (\pm 32.34) an. Bei Unterteilung des Impfzeitraumes in zwei Hälften und einem Vergleich der Impfgruppen 1-9 mit den Impfgruppen 10-17 können keine signifikanten Unterschiede der *Salmonella*-LPS-Antikörper-Gehalte zu den einzelnen Beprobungszeitpunkten festgestellt werden. In der Endmast (OD_4) lagen die Anteile der Proben OD \geq 40 % bei 82.65 % in den Gruppen 1-9 (n=98) und bei 75.58% in den Gruppen 10-17 (n=86). Bei Betrachtung der einzelnen Gruppen liegt der Anteil der Proben OD \geq 40 % in allen Gruppen deutlich über 40 %. Nach Ausstieg aus der Ferkelimpfung wiesen die beprobten Ferkel zu Beginn der Mast (OD_2, n=20) einen mittleren OD-Wert von 11.94 (\pm 16.92) % und in der Endmast (OD_4, n=75) einen durchschnittlichen OD-Wert von 9.10 (\pm 6.89) % auf. Der Anteil der Proben OD \geq 40 % betrug 0.00% (n=75).

Insgesamt wurden 95 Umgebungsproben bakteriologisch auf *Salmonella* ssp. untersucht (2017: n=45, 2018: n=50). Dabei konnten in 7 Proben (7.37 %) Salmonellen-Isolate nachgewiesen werden. In 2017, vor Beginn der Impfung, betrug der Anteil positiver Proben 0.00 % (n=0), während zur Zeit der Impfmaßnahme in 2018 in 14 % der Proben (n= 7) Salmonellen nachgewiesen werden konnten. Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von Umgebungsproben aus den Produktionsbereichen (Wartestall/Deckzentrum, Abferkelbereich, Ferkelaufzucht und Mast) in Betrieb B sind in Abbildung 4 dargestellt. Bei den nachgewiesenen Salmonellen handelt es sich ausschließlich um im Jahr 2018 im Abferkelbereich nachgewiesene *Salmonella* Typhimurium-Impfstämme.

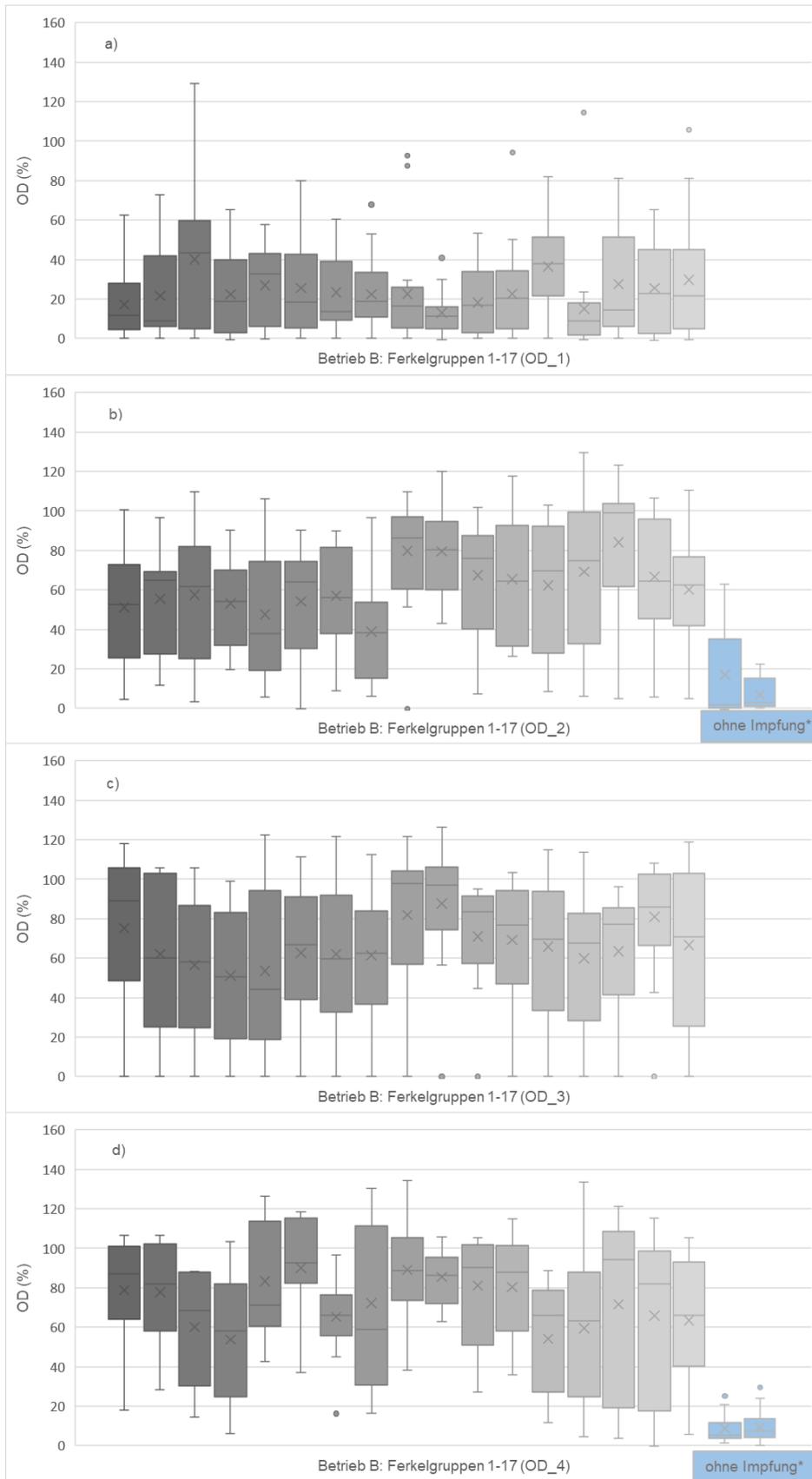


Abbildung 3 (a-d): Ergebnisse der serologischen Untersuchung auf Salmonella-LPS-Antikörper (OD (%) -Werte) der geimpften Ferkel (grau, 15 Tiere pro Gruppe) von 2017 bis 2019 zu verschiedenen Zeitpunkten (a) OD_1: 4 Wochen nach 2. Impfung (Mitte Ferkelaufzucht), b) OD_2: 10 Wochen nach 2. Impfung (Vormast), c) 16 Wochen nach 2.

Impfung (Mittelmast), d) 22 Wochen nach 2. Impfung (Endmast)).*Nach Ausstieg aus der Ferkelimpfung wurden zwei weitere Gruppen nicht geimpfter Ferkel in der Vor- und Endmast beprobt (blau).

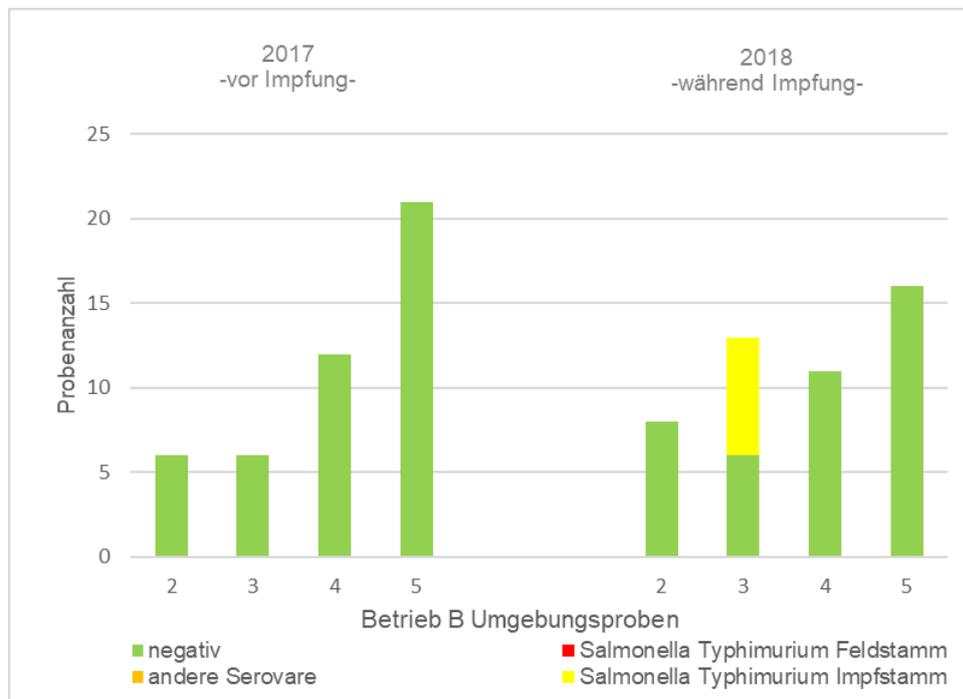


Abbildung 4: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen von Umgebungsproben auf *Salmonella* ssp. vor Beginn der Sauen- und Ferkelimpfung (Juli 2017) und nach einem Jahr während der Impfmaßnahme (Juli 2018) in verschiedenen Produktionsbereichen (2: Wartestall/Deckzentrum, 3: Abferkelbereich, 4: Ferkelaufzucht; 5: Mast) in Betrieb B.

3.2 Ergebnisse zur Vakzination von Sauen gegen *Salmonella* Typhimurium

3.2.1 Ergebnisse Betrieb C

In Betrieb C wurden einmalig 20 Ferkel von insgesamt 5 Sauen am 3. Lebenstag auf *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte untersucht. Der mittlere OD-Wert der Sauen (n=4) lag bei 70.68 (\pm 32.13) %. Die Ferkel wiesen nach der Kolostrumaufnahme einen durchschnittlichen OD-Wert von 84.55 (\pm 36.16) % auf. Bei drei neugeborenen Ferkeln lag der OD-Wert unter 10%. Zum Absetzen ist der durchschnittliche OD-Wert der Ferkel auf 60.98 (\pm 29.92) % gesunken, am Ende der Ferkelaufzucht lag der OD-Wert bei 26.22 (\pm 16.56) % (siehe Abbildung 5, Gruppe 4).

Die Ergebnisse der serologischen Untersuchung auf *Salmonella*-LPS-Antikörper (OD-Werte) von Ferkeln am Ende der Ferkelaufzucht sind in Abbildung 5 für alle Absetzgruppen in chronologischer Reihenfolge dargestellt. Der Mittelwert aller Ferkelproben nach Beginn der

Impfung von Sauen aus 2017 (n=32) betrug 18.59 (\pm 17.01) % OD. Im ersten Halbjahr 2018 (n=96) konnte ein Mittelwert von 19.57 (\pm 21.87) % OD und im zweiten Halbjahr 2018 (n=112) ein Mittelwert von 14.53 (\pm 15.06) % OD über alle Proben ermittelt werden. Bis zum Ende des Beprobungszeitraumes ist der Mittelwert (18.02 \pm 16.35 % OD) aller Proben aus dem ersten Halbjahr 2019 (n=112) wieder angestiegen.

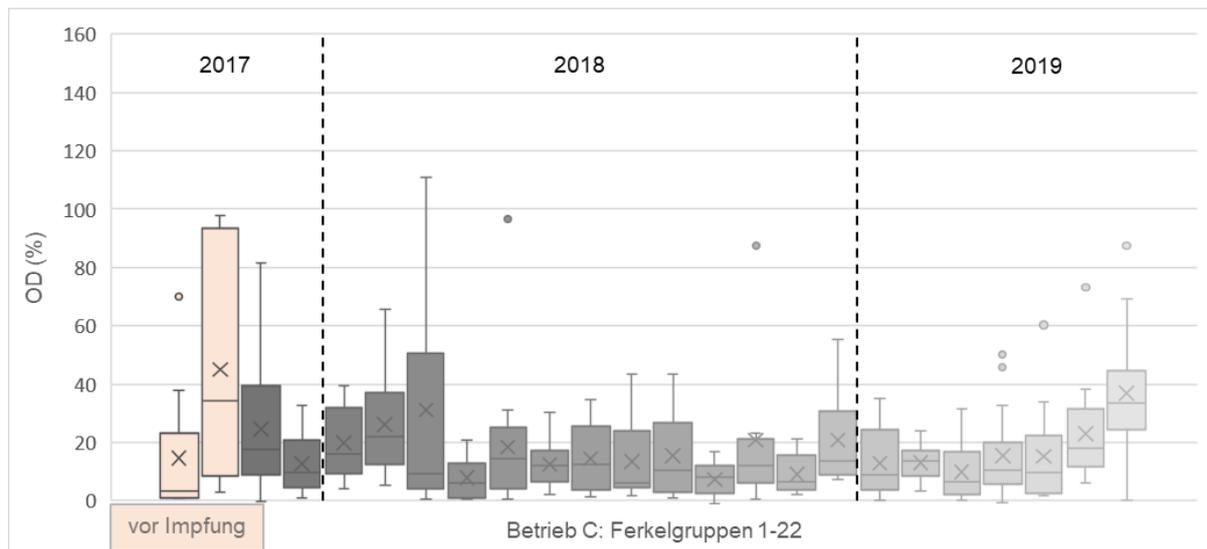


Abbildung 5: Ergebnisse der serologischen Untersuchung auf Salmonella-LPS-Antikörper (OD (%)-Werte) der 28-30 kg- Ferkel von geimpften Sauen (grau, 16 Ferkel pro Gruppe) von 2017 bis 2019 in chronologischer Reihenfolge (Betrieb C). Die letzten beiden Ergebnisse von Beprobungen vor Beginn der Sauenimpfung im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung (10 Ferkel pro Gruppe) sind ebenfalls dargestellt (rot).

Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von Umgebungsproben (Abbildung 6) zeigen, dass sowohl vor Beginn der Sauenimpfung, als auch ein bzw. eineinhalb Jahre nach Beginn der Sauenimpfung *Salmonella* Typhimurium sowie andere bzw. nicht weiter typisierte Serovare in den Bereichen Wartestall/Deckzentrum, Abferkelbereich und Ferkelaufzucht nachgewiesen werden konnten. Bei den als „andere Serovare“ bezeichneten Stämmen handelt es sich um Salmonellen der Gruppe C. Einzelne Stämme wurden als *Salmonella* Rissen identifiziert.

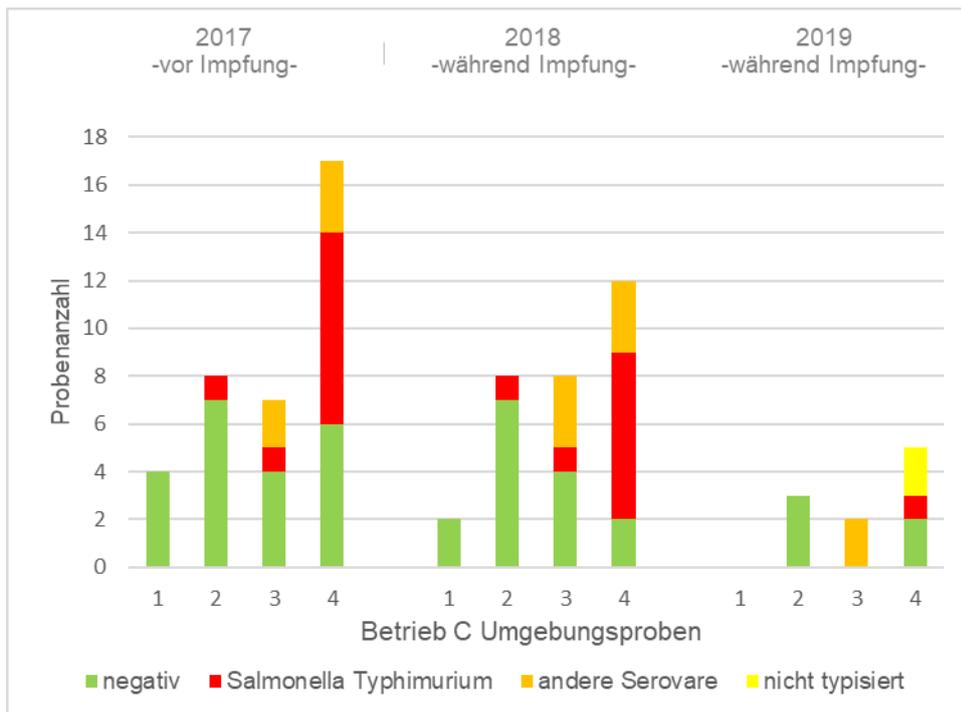


Abbildung 6: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen von Umgebungsproben auf *Salmonella* ssp. vor Beginn der Sauenimpfung (Juli 2017), nach einem Jahr (Juli 2018) und nach etwa eineinhalb Jahren (Anfang 2019) in unterschiedlichen Bereichen des Betriebs C (1: Vorräume, Büros, technische Bereiche; 2: Wartestall/Deckzentrum; 3: Abferkelbereich; 4: Ferkelaufzucht)

3.2.2 Ergebnisse Betrieb D

In Betrieb D wurden 28 Ferkel der Gruppen 4 und 12 von insgesamt 7 Sauen in den ersten Lebenstagen auf *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte untersucht. Der mittlere OD-Wert der Sauen lag bei 110.28 (\pm 18.64) %. Die Ferkel wiesen nach der Kolostrumaufnahme einen durchschnittlichen OD-Wert von 112.07 (\pm 36.54) % auf. Bei einem neugeborenen Ferkeln lag der OD-Wert unter 10%. Zum Absetzen ist der durchschnittliche OD-Wert der Ferkel auf 79.19 (\pm 33.27) % gesunken, am Ende der Ferkelaufzucht lag der OD-Wert im Mittel bei 27.40 (\pm 15.76) %.

Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse der serologischen Untersuchungen von Ferkeln am Ende der Ferkelaufzucht in Betrieb D je Ferkelgruppe in chronologischer Reihenfolge während des Zeitraumes, in dem die Sauen des Bestandes gegen *Salmonella* Typhimurium geimpft wurden. Der Mittelwert der noch in 2017 beprobten Ferkel (n=45) betrug 26.84 (\pm 26.07) % OD. Im ersten Halbjahr 2018 (n=135) konnte ein Mittelwert von 21.32 (\pm 18.91) % OD ermittelt werden, während der Mittelwert im 2. Halbjahr 2018 (n=120) 21.59 (\pm 20.05) % OD betrug. Im ersten Halbjahr 2019 (n=135) konnte mit 29.43 (\pm 28.49) % OD der höchste Mittelwert im Impfzeitraum berechnet werden.

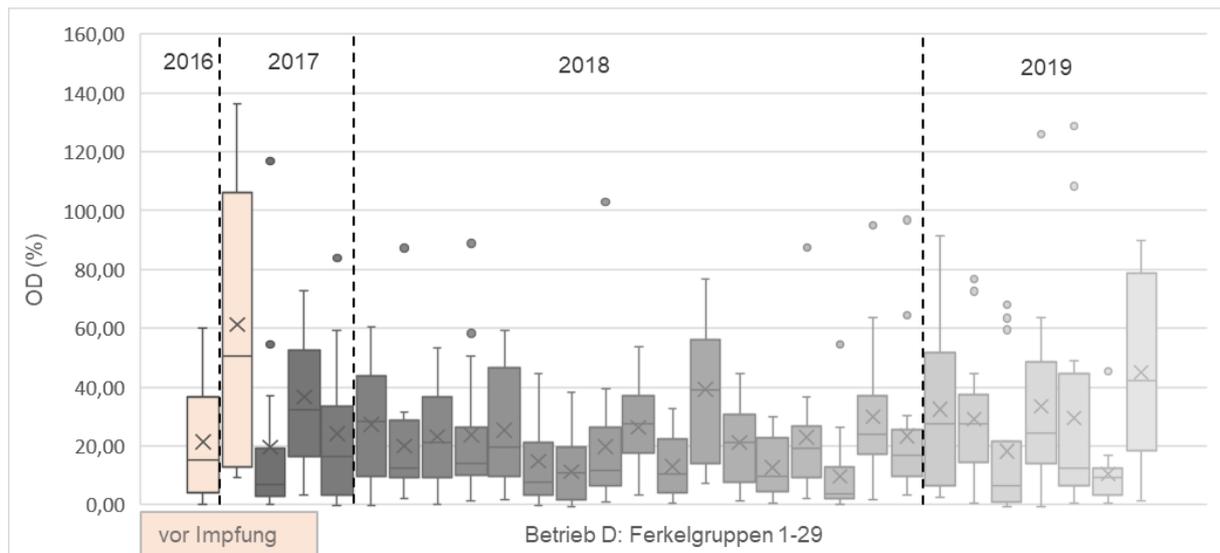


Abbildung 7: Ergebnisse der serologischen Untersuchung auf *Salmonella*-LPS-Antikörper (OD (%)-Werte) der 28-30 kg- Ferkel von geimpften Sauen (grau, 15 Ferkel pro Gruppe) von 2017 bis 2019 in chronologischer Reihenfolge (Betrieb D). Die letzten beiden Ergebnisse von Beprobungen vor Beginn der Sauenimpfung im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung (10 Ferkel pro Gruppe) sind ebenfalls dargestellt (rot).

Die Befunde der bakteriologischen Untersuchung von Umgebungsproben (Abbildung 8) zeigen, dass, sowohl vor Beginn der Sauenimpfung im Juli 2017, als auch etwa ein Jahr nach Beginn der Impfung *Salmonella* Typhimurium-Stämme in Betrieb D nachgewiesen werden konnten. Bei den nicht typisierten Nachweisen handelt es sich um nicht weiterführend untersuchte Stämme der Serogruppe B. Die höchste Nachweisrate von Salmonellen konnte in der Ferkelaufzucht beobachtet werden. Im Bereich „Wartestall/Deckzentrum“ wurden in 2018 und 2019 keine Salmonellen nachgewiesen.

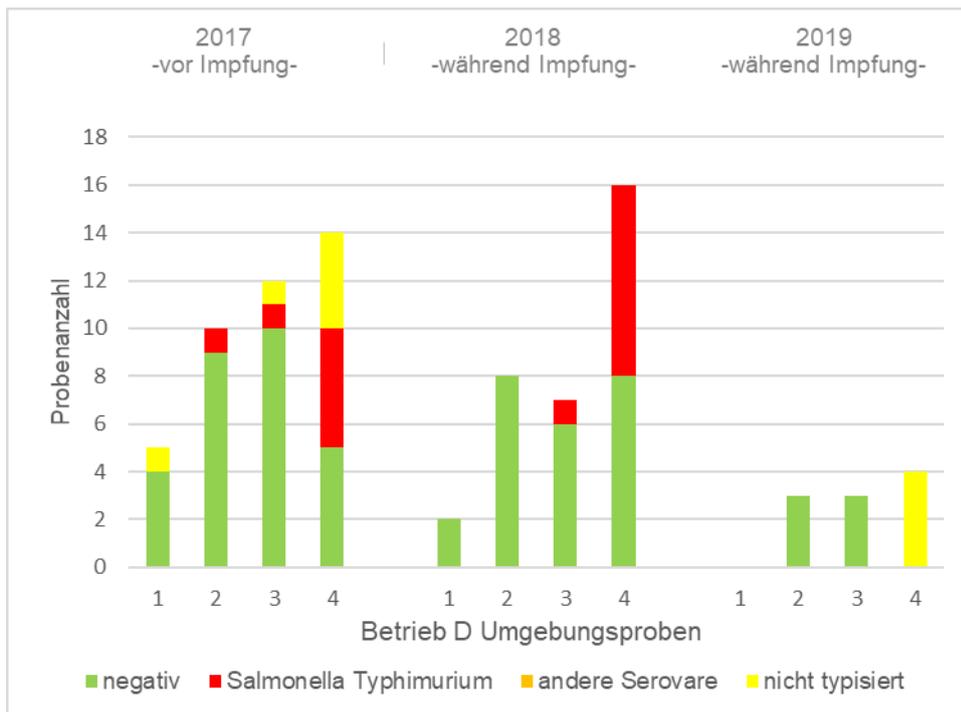


Abbildung 8: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen von Umgebungsproben auf *Salmonella* ssp. vor Beginn der Sauenimpfung (Juli 2017), nach einem Jahr (Juli 2018) und nach etwa eineinhalb Jahren (Anfang 2019) in unterschiedlichen Bereichen des Betriebs D (1: Vorräume, Büros, technische Bereiche; 2: Wartestall/Deckzentrum; 3: Abferkelbereich; 4: Ferkelaufzucht)

3.2.3 Ergebnisse Betrieb E

In Betrieb E wurden einmalig 16 Ferkel von insgesamt 4 Sauen in den ersten Lebenstagen auf *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte untersucht. Der mittlere OD-Wert der Sauen lag bei 80.57(± 28.49) %. Die Ferkel wiesen nach der Kolostrumaufnahme einen durchschnittlichen OD-Wert von 73.13 (± 28.37) % auf. Bei drei neugeborenen Ferkeln lag der OD-Wert unter 10%. Zum Absetzen ist der durchschnittliche OD-Wert der Ferkel auf 38.09 (± 18.30) % gesunken, am Ende der Ferkelaufzucht lag der OD-Wert bei 17.64 (± 23.40) % (siehe Abbildung 9, Gruppe 9).

Eine Übersicht über die OD-Werte der beprobten Ferkel aller Gruppen am Ende der Ferkelaufzucht ist in Abbildung 9 dargestellt. Die Ferkel wiesen im ersten Halbjahr 2018 einen Mittelwert von 14.42 (±19.66) % OD auf. Im zweiten Halbjahr 2019 betrug der Mittelwert 17.30 (±17.30) % OD. Im ersten Halbjahr 2019 ist der Mittelwert auf 25.67 (±25.36) % OD angestiegen.

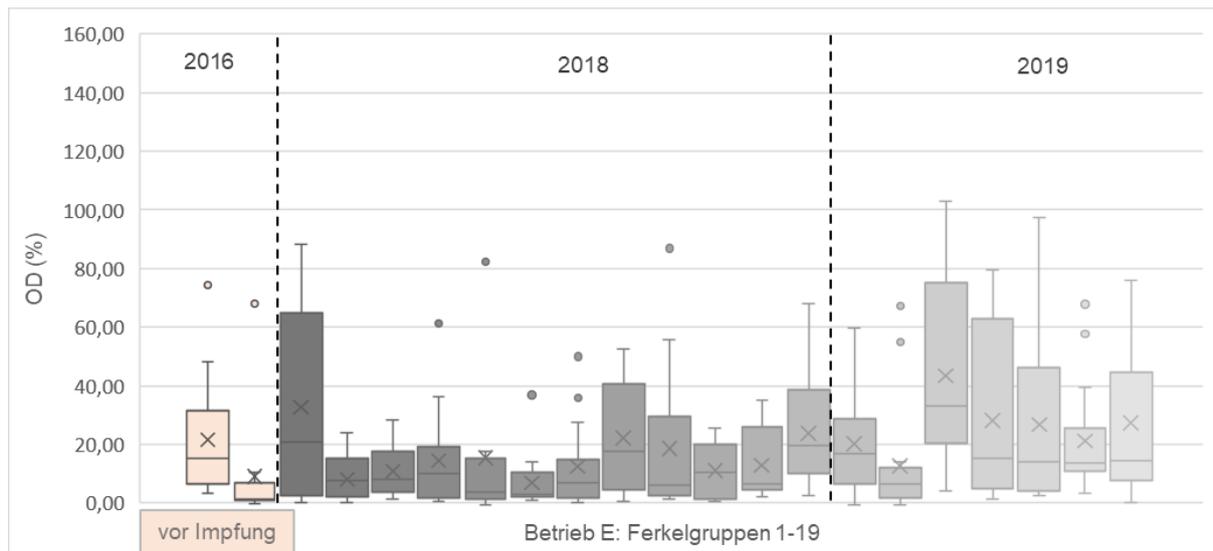


Abbildung 9: Ergebnisse der serologischen Untersuchung auf *Salmonella*-LPS-Antikörper (OD (%)-Werte) der 28-30 kg- Ferkel von geimpften Sauen (grau, 16 Ferkel pro Gruppe) von 2018 bis 2019 in chronologischer Reihenfolge (Betrieb E). Die letzten beiden Ergebnisse von Beprobungen vor Beginn der Sauenimpfung im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung (10 Ferkel pro Gruppe) sind ebenfalls dargestellt (rot).

Bei Betrachtung der Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung der Umgebungsproben fällt auf, dass bei der Beprobung 2018 während des Impfzeitraumes im Bereich der Ferkelaufzucht deutlich weniger *Salmonellen* nachgewiesen werden konnten. 2017 waren 12 von 16 Proben *Salmonella ssp.* positiv. In acht Proben konnte *Salmonella* Typhimurium nachgewiesen werden. Drei Proben wiesen *Salmonellen* der Gruppe C auf und eine Probe enthielt nicht weiter typisierte *Salmonellen* der Gruppe B. Bei einer Beprobung im Jahr 2018 konnten in der Ferkelaufzucht nur in einer von 16 Proben *Salmonellen* nachgewiesen werden. Es handelte sich hierbei um *Salmonella* Typhimurium. Bei den *Salmonellen*nachweisen im Bereich Deckzentrum/Wartestall und Abferkelung wurden die nachgewiesenen Stämme als *Salmonella* Derby identifiziert. Bei einer Beprobung im Jahr 2019 konnten in insgesamt neun Proben keine *Salmonellen* detektiert werden.

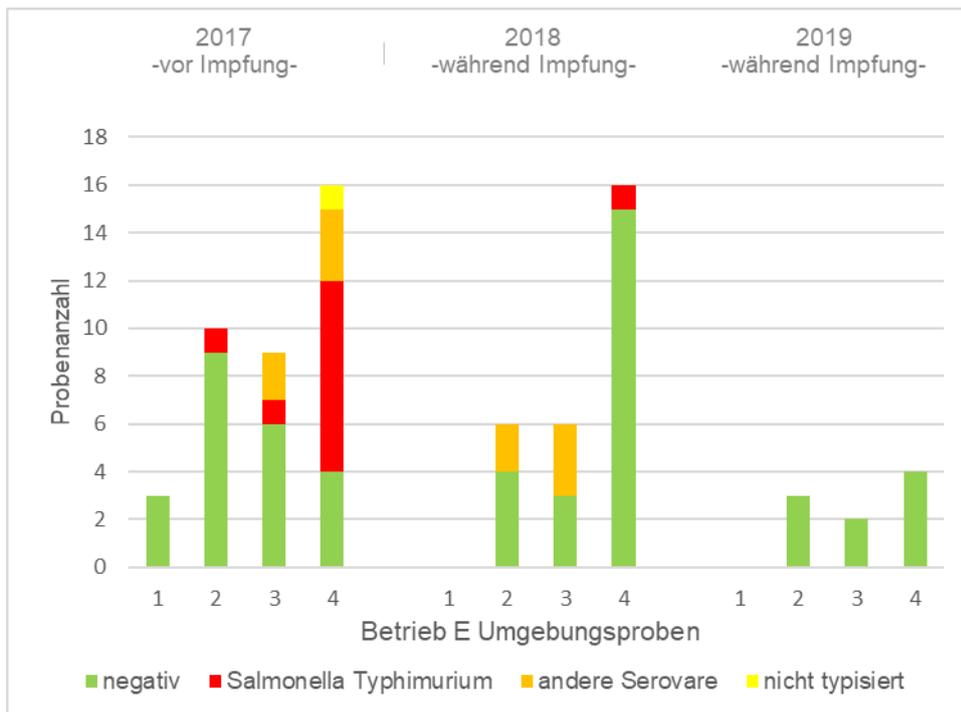


Abbildung 10: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen von Umgebungsproben auf *Salmonella* ssp. vor Beginn der Sauenimpfung (Juli 2017), nach einem Jahr (Juli 2018) und nach etwa eineinhalb Jahren (Anfang 2019) in unterschiedlichen Bereichen des Betriebs E (1: Vorräume, Büros, technische Bereiche; 2: Wartestall/Deckzentrum; 3: Abferkelbereich; 4: Ferkelaufzucht)

3.2.4 Ergebnisse im Vergleich mit Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Projektbetrieben (Buch et al., 2020)

Da die drei Betriebe C, D und E, in denen Untersuchungen zur Sauenimpfung durchgeführt wurden, gleichzeitig zu den 12 Salmonellen-auffälligen Projektbetrieben zählen, wurden diese in die von Buch et. al. veröffentlichte Datenauswertung bezüglich des Vergleichs der Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen hinsichtlich der Seroprävalenz in 25 kg Ferkeln einbezogen. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung kann der Originalpublikation entnommen werden.

Im Gegensatz zu den Salmonellen-auffälligen Betrieben in denen keine Impfung gegen *Salmonella* Typhimurium durchgeführt wurde, sowie den Salmonellen-unauffälligen Betrieben, konnte in den drei Betrieben mit geimpften Sauen kein signifikanter Rückgang der Anzahl seropositiver Blutproben von 25-30 kg Ferkeln verzeichnet werden. Die höchste Anzahl von seropositiven Proben ($\geq 10\%$ OD) konnte bei Ferkeln aus Impfbetrieben beobachtet werden. (Tabelle 1). Im Zeitraum „vor 08/2017“ wiesen die Ferkel in den Salmonellen-auffälligen Betrieben (inkl. Impfbetriebe C, D, E) eine durchschnittliche optische Dichte von 5.77% auf und im Zeitraum „nach 07/2018“ eine mittlere optische Dichte von 10.12%. In den Salmonellen-

unauffälligen Betriebe betrug die mittlere optische Dichte „vor 08/2017“ 6.73% OD und 2.47% OD „nach 08/2017“.

Tabelle 1: Anzahl der Blutproben mit einer optischen Dichte $\geq 10\%$, unterteilt in Salmonellen-unauffällige Betriebe sowie Salmonellen-auffällige Betriebe mit und ohne Sauenimpfung (Buch et al., 2020)

Zeit	S.-unauffällige Betriebe (n=12)	S.-auffällige Betriebe (n=9)	S.-auffällige/ Betriebe (n=3) ¹	Impf-
Probenanzahl $\geq 10\%$ OD/prozentualer Anteil der Proben $\geq 10\%$ OD				
Proben „vor 08/2017“²	50/13.81 ^{c, A}	107/35.67 ^{b, A}	28/43.08 ^{a, B}	
Proben „nach 08/2017“³	33/5.69 ^{c, B}	108/27.00 ^{b, B}	563/60.28 ^{a, A}	

¹ Sauenimpfung in Betrieben C, D und E wurde im August 2017 begonnen; ^{a, b, c} signifikante Unterschiede der Probenanzahl mit einer optischen Dichte (OD) von $\geq 10\%$ innerhalb einer Zeile ($p < 0.0001$); ^{A, B} sinifikante Unterschiede der medianen optischen Dichten innerhalb einer Spalte ($p < 0.05$); statistische Unterschiede wurden mittels Chi-Quadrat Homogenitätstest analysiert; unauffällig = 12 Betriebe, auffällig = 9 Betriebe, auffällig + Impfung = 3 Betriebe; 2 Januar 2016 bis Juli 2017; 3 August 2017 bis Juli 2019.

4 Diskussion

Anhand der Ergebnisse der serologischen Verlaufsuntersuchungen in den Betriebe A und B, in denen sowohl die Sauen, als auch die Ferkel gegen *Salmonella* Typhimurium mit dem Impfstoff SALMPORC (Ceva Santé Animale, Libourne, France) geimpft wurden, wird deutlich, dass geimpfte Ferkel/Mastschweine zu allen Beprobungszeitpunkten in der Ferkelaufzucht und Mast hohe Gehalte an *Salmonella*-LPS-Antikörpern (OD%-Werte) aufweisen. Ein Rückgang der Antikörpergehalte nach Langzeitimpfung über einen Zeitraum von 1,5 Jahren, wie er von Lindner et al. (2002) in einem Bestand mit klinischer Salmonellose beschrieben und durch den Impfstoffhersteller beworben wird (IDT Biologika GmbH, 2015) konnte in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden. Auch stehen die Ergebnisse im Widerspruch zu den Ergebnissen von de Ridder et al. (2014), die in einer Case-Control-Studie nachweisen konnten, dass geimpfte Tiere im Alter von 26 Wochen kurz vor Schlachtung niedrigere Antikörpergehalte gegen Salmonellen aufwiesen als die nicht geimpfte Kontrollgruppe. In der

vorliegenden Untersuchung lagen in beiden Betrieben subklinische Salmonelleninfektionen vor, die im Rahmen eines serologischen Salmonellenmonitorings aufgefallen sind. Zwar konnte in beiden Beständen vor Beginn der Impfung *Salmonella* Typhimurium nachgewiesen werden, allerdings haben die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung von Umgebungsproben bereits vor Beginn der Impfung vermuten lassen, dass noch weitere Salmonellen-Serovare an der Infektion beteiligt sein könnten. Auf eine nicht geimpfte Kontrollgruppe wurde verzichtet, um eine bestmögliche Reduktion der Salmonellenprävalenz im Bestand durch die flächendeckende Verminderung der Salmonellenausscheidung in allen Stallbereichen zu erreichen (Arguello et al. 2013). Dennoch zeigten die nicht geimpften Ferkel, die im Anschluss an den ein- (Betrieb B) bzw. eineinhalb-jährigen (Betrieb A) Zeitraum mit kontinuierlicher Impfung von Sauen und Ferkeln, beprobt wurden, deutlich geringere OD (%) -Werte im Vergleich zu geimpften Tieren – in der Ferkelaufzucht wie auch in der Endmast. Es liegt nahe, dass die durch die Impfung induzierte Immunität auch durch andere, herdenspezifische Stämme (z. B. Salmonellen der Gruppe C und E (Bestand A)), die im Bestand persistieren geboostert wird (van Parys et al., 2013) und zu höheren *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalten führt, als dies bei nicht geimpften Tieren der Fall wäre. Da im Betrieb B, mit Ausnahme von Impfstämmen im Bereich der Abferkelung, keine Salmonellen nachgewiesen werden konnten, bleibt hier die Ursache der hohen OD%-Werte bei geimpften Tieren unklar. Aufgrund der geringen Seroprävalenz von Salmonellen bei den im Anschluss an den Impfzeitraum beprobten, nicht geimpften Ferkeln und aufgrund der signifikant geringeren Nachweisrate von *Salmonella* ssp. in Umgebungsproben von Betrieb A, kann aber davon ausgegangen werden, dass die Salmonellenprävalenz durch die Impfung von Sauen und Ferkeln gesenkt werden konnte. Eine Aussage über die Nachhaltigkeit dieser Verbesserungen kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht getroffen werden. Problematisch ist auch der Umgang mit geimpften Ferkeln im Rahmen der Schweine-Salmonellen-Verordnung. Hier werden Betriebe mit einem Anteil von mehr als 40% positiven Proben (OD \geq 40%) der Kategorie III mit einem hohen Salmonellenstatus zugeordnet und sind in der Pflicht Maßnahmen zur Reduktion von Salmonellen zu ergreifen (Schweine-Salmonellen-Verordnung, 2007). In der Praxis unterliegen diese Betriebe häufig zusätzlichen wirtschaftlichen und vermarktungsstrategischen Nachteilen, die bei Betrieb B zu einem vorzeitigen Ausstieg aus der Ferkelimpfung geführt haben. In dieser Untersuchung lagen in Betrieb A die Anteile von Endmastschweinen mit einem OD-Wert \geq 40 % bei 57.09 % in der ersten Hälfte des Impfzeitraumes bzw. 63.29 % in der zweiten Hälfte des Impfzeitraumes und in Betrieb B bei 82.65 % in der ersten Hälfte und 75.58 % in der zweiten Hälfte des Impfzeitraumes. Obwohl andere Studien (z. B. de Ridder et al. 2014) darauf hinweisen, dass die Impfung von Ferkeln durch die Reduktion der Ausscheidungsrate von *Salmonella* Typhimurium den Eintrag in die Lebensmittelkette verringern kann, zeigen die Ergebnisse

dieses Versuchsteils, dass die Impfung der Ferkel mit dem deutschen Salmonellenmonitoring nach Schweine-Salmonellenverordnung nicht in Einklang zu bringen ist. Auch de Ridder et al. (2013) merken an, dass mangels einer Möglichkeit zur Unterscheidung zwischen Impf- bzw. Feldstamm- induzierten Antikörpern die Interpretation serologischer Monitoringprogramme stark eingeschränkt wird.

Da diese Einschränkungen bei der Etablierung einer alleinigen Sauenimpfung als Mutterschutzvakzination nicht zu erwarten sind, wurde im zweiten Versuchsteil Entwicklung der Antikörpergehalte im Serum von 25-30 kg schweren Ferkeln in drei Ferkelerzeugerbetrieben untersucht. Eine Untersuchung von Mastschweinen war im Rahmen dieser Studie nicht möglich, da es sich bei allen Betrieben um reine Ferkelerzeugerbetriebe handelte und die Ferkel vermarktet werden mussten. Für Mastbetriebe ist der Zukauf von Salmonellen-unauffälligen Ferkeln im Hinblick auf die Schweine-Salmonellen-Verordnung von großer Bedeutung, weshalb serologische Untersuchungen auf Antikörpergehalte gegen Salmonellen bei Verkaufsferkeln mit 25-30 kg in vielen Regionen Deutschlands in Gesundheitsscreenings etabliert wurden (vgl. EVH-Screening). In allen drei Betrieben konnte über den Beprobungszeitraum von Ende 2017 bis Mitte 2019 keine langfristige Reduktion der OD-Werte erreicht werden. Laut Herstellerangaben soll die Sauenimpfung durch eine Reduktion der Ausscheidungsrate von *Salmonella* Typhimurium zur Erreichung dieses Ziels beitragen. Mit Ausnahme von Betrieb E konnten jedoch auch nach einem Jahr nach Beginn der Impfung in den Betrieben C und D noch *Salmonella* Typhimurium-Stämme aus Umgebungsproben aus den Bereichen Wartestall/Deckzentrum und Abferkelbereich isoliert werden. Die zwar im ersten Halbjahr 2018 noch mit geringeren OD- Werten einhergehende geringere bakteriologische Nachweisrate von Salmonellen in Betrieb E ist vermutlich der geringen Anzahl von bakteriologischen Beprobungszeitpunkten sowie der Probenanzahl geschuldet, da die serologischen Ergebnisse im zweiten Halbjahr 2018 und im ersten Halbjahr 2019 für eine Salmonellenbelastung in der Ferkelaufzucht sprechen. Über die Ausscheidungsrate von Salmonellen durch Sauen kann in dieser Studie keine Aussage getroffen werden, weil keine Kotproben mithilfe direkter Nachweisverfahren untersucht wurden. In Anbetracht der hygienischen Bedingungen in den Betrieben (s. Versuchsteil: Untersuchungen zur Biosicherheit in salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Betrieben) kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich um über längere Zeit in der Umgebung persistierende Stämme sowie Neueinträge aus der Umgebung handeln könnte. Die Ergebnisse von Kranker et al. (2003) stellen in Frage, ob die Ausscheidung von Salmonellen durch Sauen in subklinisch infizierten Herden überhaupt eine tragende Rolle bei der Übertragung von Salmonellen auf die Ferkel spielt, da während der ihrer gesamten Studie weder bei Sauen noch bei Ferkeln im Abferkelstall eine Salmonellenausscheidung festgestellt werden konnte, obwohl die Tatsache, dass einige Sauen seropositiv waren, auf eine

Salmonellenbelastung in der Sauenhaltung hindeutete. Weiterhin weisen die Ergebnisse von Kranker et al. darauf hin, dass Ferkel von seropositiven Sauen eine signifikant geringere Ausscheidungsrate von Salmonellen in der Ferkelaufzucht zeigen, was für eine größere Bedeutung der maternal übertragene Immunität gegen Salmonellen spricht, die durch weitere Studien belegt werden konnte (z. B. Matasovic et al., 2013). In dieser Studie wiesen die neugeborenen Ferkel nach Kolostrumaufnahme und deren geimpften Muttersauen durchschnittlich vergleichbar hohe Antikörpergehalte gegen *Salmonella*-LPS auf (vergleichbar zu Springer et al., 2018). Dass einzelne Ferkel geimpfter Sauen einen OD-Wert <10% aufwiesen, betont jedoch die Bedeutung einer adäquaten Kolostrumversorgung, wie auch im Rahmen des Projektes bereits gezeigt wurde (Schulte zu Sundern et al., 2018). In verschiedenen Studien wird die Persistenz maternalen Antikörper mit etwa 8 Wochen angegeben (Meriardi et al., 2008; Beloeil et al., 2003). Da die Ferkel in dieser Studie im Alter von etwa 10-12 Wochen beprobt wurden, sprechen die am Ende der Ferkelaufzucht nachgewiesenen *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte eher für eine Feldinfektion, was durch die hohen Nachweisraten von Salmonellen in Umgebungsproben aus der Ferkelaufzucht gestützt wird. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass auch Salmonellen anderer Serogruppen bzw. -typen nachgewiesen werden konnten und eine Kreuzprotektivität der durch die Impfung induzierten, maternalen Immunität umstritten ist (Gebauer et al., 2016).

Des Weiteren muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden, dass es sich um eine Feldstudie unter praktischen Bedingungen handelt und zahlreiche Faktoren (Gotter et al., 2012), die die Prävalenz von Salmonellen in schweinehaltenden Betrieben beeinflussen, bei nicht berücksichtigt werden konnten. Da die maternale Immunität nicht bis zum Ende der Ferkelaufzucht anhält, sind zusätzlich zur Impfung weitere hygienische Maßnahmen erforderlich, um eine hohe Salmonellenprävalenz insbesondere in der Ferkelaufzucht zu reduzieren.

5 Fazit

Die alleinige Etablierung der Sauenimpfung führte in den hier untersuchten Ferkelerzeugerbeständen zu keiner längerfristigen Reduktion der Seroprävalenz von Salmonellen bei Ferkeln am Ende der Ferkelaufzucht. Insbesondere bei einer hohen Nachweisrate von Salmonellen in der Ferkelaufzucht sind neben der Sauenimpfung zusätzliche Maßnahmen (z. B. Hygiene, Diätetik) zwingend erforderlich.

Bei der Impfung von Ferkeln und Sauen wiesen die geimpften Ferkel und Mastschweine im Gegensatz zu den in Anschluss an den Impfzeitraum beprobten, nicht geimpften Ferkeln, hohe *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte auf. Die Nachhaltigkeit dieser scheinbaren Reduktion der Salmonellenseroprävalenz konnte im Rahmen der Studie nicht untersucht werden. Eine

tierärztliche Empfehlung zur Impfung von Sauen und Ferkeln gegen *Salmonella* Typhimurium sollte in Herden mit subklinischen Salmonelleninfektionen unter Berücksichtigung von Impfkosten und den Folgen der deutschen Schweine-Salmonellen-Verordnung für den landwirtschaftlichen Betrieb gut abgewogen werden. Möglicherweise können Kenntnisse über Anzahl und Art der herdenspezifischen Salmonellenstämme durch umfassende Untersuchungen der Tierumgebung im Vorfeld der Impfung bei der Folgenabschätzung helfen.

6 Literatur

Arguello, H., Carvajal, A., Naharro, G., Rubio, P.: Evaluation of protection conferred by a *Salmonella* Typhimurium inactivated vaccine in *Salmonella*-infected finishing pig farms. *Comparative Immunology 2013, Microbiology and Infectious Diseases* 36, 489-498.

Beloëil, P.A.; Chauvin, C.; Proux K.; Rose, N.; Queguiner, S.; Eveno, E.; Houdayer, C.; Rose, V.; Fravolo, P.; Madec, F.: Longitudinal serological responses to *Salmonella* enterica of growing pigs in a subclinically infected herd. *Prev. Med. Vet.* 2003, 60, 207-226.

Buch, J.M.; Visscher, C.; Schulte zu Sundern, A.; Schulte-Wülwer, J.; Deermann, A.; Holling, C.: Prevalence of *Salmonella* by serological and direct detection methods in piglets from inconspicuous, conspicuous and vaccinated sow herds. *Animals* 2020, 10, 29.

BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit): Zoonosen-Monitoring 2015, Berichte zur Lebensmittelsicherheit, BVL Report 11.2., 2016.

CEVA Santé Animale. Salmoporc Product Description. Online abrufbar unter: <https://www.swine.ceva.com/PRODUCTS/Vaccines/Swine-Salmonellosis/Salmoporc/Product-features> (abgerufen am 15. Januar 2020).

De Ridder, L.; Maes, D.; Dewulf, J.; Butaye, P.; Pasmans, F.; Boyen, F.; Haesebrouck, F.; van der Stede, Y.: Use of a live attenuated *Salmonella* enterica serovar Typhimurium vaccine on farrow-to-finish pig farms. *The Veterinary Journal* 2014, 202, 303–308.

De Ridder, L.; Maes, D.; Dewulf, J.; Pasmans, F.; Boyen, F.; Haesebrouck, F.; Méroc, P.; Butaye, P.; van der Stede, Y.: Evaluation of three intervention strategies to reduce the transmission of *Salmonella* Typhimurium in pigs. *The Veterinary Journal* 2013, 197, 613–618.

Gebauer, J.; Osvaldova, A.; Kudlackova, H.; Maceckova, M.; Sisak, F.; Havlickova, H.; Ondrackova, P.; Leva, L., Faldyna, M.; Matiasovic, J.: Maternal immunity induced by inactivated *S. Typhimurium* vaccine is less protective to *S. derby* challenge than to *S. Typhimurium* challenge in suckling pigs. *Veterinari Medicina* 2016, 61, 23–27.

Gotter, V.; Klein, G.; Koesters, S.; Kreienbrock, L.; Blaha, T.; Campe, A.: Main risk factors for *Salmonella* infections in pigs in north-western Germany. *Prev. Med. Vet.* 2012, 106, 301–307.

IDT Biologika GmbH: Salmonellen gleich am Anfang bekämpfen. Die Impfung gegen *Salmonella* Typhimurium. Werbebroschüre 2015.

Kranker, S.; Alban, L.; Boes, J.; Dal, J.: Longitudinal study of *Salmonella* enterica Serotyp Typhimurium infection in three Danish farrow-to-finish swine herds. *Journal of Clinical Microbiology* 2003, 41, 2282–2288.

Lindner T; Springer S., Steinbach G.; Geyer, E.; Selbitz, H.J.: Die Immunprophylaxe – ein Beitrag zur Bekämpfung von *Salmonella* Typhimurium-Infektionen beim Schwein. *Tierärztl. Prax.*, 30 (G), 392-394.

Matiasovic, J.; Kudlackova, H.; Babickova, K.; Stepanova, H.; Volf, J.; Rychlik, I.; Babak, V.; Faldyna, M.: Impact of maternally-derived antibodies against *Salmonella* enterica serovar Typhimurium on the bacterial load in suckling piglets. *Vet J* 2013, 196, 114–115.

Merialdi, G.; Barigazzi, G.; Bonilauri, P.; Tittarelli, C.; Bonci, M.; D'inciau, M.; Dottori.: Longitudinal study of *Salmonella* infection in Italian farrow-to-finish swine herds. *Zoonoses Public Health* 2008, 55, 222–226.

Rostalski, A.: *Salmonella* in pig farms. Limitations of counselling and alternatives to the exclusive control of slaughter pigs. *Tierärztl Prax* 2015, 43 (G), 305–311.

Spinger, S.; Theuß, T.; Ueberham, E.; Lindner, T.; Lehmann, J.: Kinetics and immunoglobulin subtyping of maternally derived antibodies after vaccination of gilts with a *Salmonella* Typhimurium live vaccine. *ESPHM 2018*, 9.-11. Mai in Barcelona, Poster IMM-043, 379.

Van Parys, A., Boyen, F., Leyman, B., Verbrugghe, E., Maes, D., Haesebrouck, F., Pasmans, F.: Induction of seroconversion and persistence of *Salmonella* Typhimurium in pigs are strain dependent. *Comparative Immunology 2013, Microbiology and Infectious Diseases* 36, 465-471.

zu Sundern, A.; Holling, C.; Rohn, K.; Deermann, A.; Schulte-Wülwer, J.; Visscher, C.: Relationship between colostrum supply of suckling piglets and *Salmonella* prevalence in piglet rearing. *Porcine Health Management* 2018, 4,9.

Anlage zum Abschlussbericht: Teilbereich „Untersuchung zur Seroprävalenz von Salmonellen bei Sauen in Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Betrieben“

Holling, C.¹; Schulte zu Sundern², A.; Deermann³, A.; Schulte-Wülwer, J.³; Visscher, C.²

¹LWK Niedersachsen, FB 3.5 Tiergesundheitsdienste, Hermann-Ehlers-Str. 15, 26160 Bad Zwischenahn-Wehnen

²Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung, Bischofsholerdamm 15, 30173 Hannover

³EVH Select GmbH, An der Feuerwache 14, 49716 Meppen

1. Versuchshintergrund und Zielsetzung

Salmonellen sind in Schweinebeständen ubiquitär verbreitet. Während Schweine nur selten klinisch erkranken, ist die Salmonellose in Deutschland und auch europaweit die zweithäufigste bakteriell bedingte Zoonose beim Menschen. Die Übertragung erfolgt insbesondere über kontaminiertes Geflügel-, Schweine-, und Rindfleisch sowie Eier. Die Strategie zur Bekämpfung und Überwachung der Salmonellensituation in Deutschland in der Lebensmittelkette Schwein basiert auf einer stichprobenartigen, serologischen Untersuchung von Fleischsaftproben am Schlachthof auf Grundlage der Schweine-Salmonellen-Verordnung (2007). Die Probenentnahme und Auswertung dieses Salmonellenmonitorings erfolgt durch die QS Qualität und Sicherheit GmbH, Bonn. Die Betriebe werden in Risikoklassen (Kategorie I-III) eingeteilt. Obwohl Betriebe in Kategorie III verpflichtet sind, Maßnahmen gegen Salmonellen zu ergreifen und Vermarktungsnachteile entstehen können, konnte der Anteil „salmonellen-auffälliger“ Mastbetriebe trotz intensiver Bemühungen nicht weiter reduziert werden (Rostalski, 2015). Nach bisherigen Erfahrungen stellt mitunter der Zukauf von bereits infizierten Mastläufern aus der Ferkelerzeugung ein Risiko für einen Salmonelleneintrag in den Mastbestand dar, was durch eine hohe Anzahl serologisch positiver Salmonellenbefunde in Zucht- und Ferkelerzeugerbeständen bestätigt werden kann. Aus diesem Grund wird eine Ausweitung der Salmonellenbekämpfung auf die Zucht und Ferkelerzeugung, ähnlich wie in der Geflügelbranche, als wichtig erachtet (Rostalski, 2015; BVL, 2016).

Zur Dynamik von Salmonelleninfektionen in Sauenherden ist nur wenig bekannt (Nollet et al., 2005). Im Salmonellenmonitoring der QS Qualität und Sicherheit GmbH (QS, 2019) konnte in den Jahren 2012 und 2013 ein Anstieg seropositiver ($\geq 40\%$ OD) Blut- und Fleischsaftproben beobachtet werden. Es wird ein Zusammenhang mit der 2013 endenden Übergangsfrist für die Gruppenhaltung von Sauen nach Tierschutznutztierhaltungsverordnung vermutet.

2. Versuchsaufbau

2.1 Auswahl der Betriebe

Im ersten Schritt des Projektes wurden jeweils zwölf Betriebe auf Basis einer retrospektiven Auswertung von Daten aus einem freiwilligen Gesundheitsscreening für 25-30 kg schwere

Ferkel (EVH-Screening) als „Salmonellen-auffällig“ bzw. „Salmonellen-unauffällig“ klassifiziert. Das Gesundheitsscreening wird von der EVH Select GmbH für etwa 250 teilnehmende Betriebe organisiert und umfasst unter anderem die halbjährliche Untersuchung von Blutproben von jeweils zehn Ferkeln auf *Salmonella*-LPS-Antikörper. Proben mit einer optischen Dichte (OD) $\geq 10\%$ wurden als positiv gewertet. Betriebe, deren Ferkel über einen längeren Zeitraum eine vergleichsweise hohe Seroprävalenz aufwiesen, wurden als „Salmonellen-auffällig“ klassifiziert. Zu den zwölf Salmonellen-auffälligen Betrieben wurden in einem nächsten Schritt weitere 12 „Salmonellen- unauffällige“ Betriebe ausgewählt, die zum einen über einen längeren Zeitraum durch eine niedrige Seroprävalenz im EVH-Gesundheitsscreening aufgefallen sind, zum anderen aber auch bezüglich der Parameter Hygiene, Management, Leistung und Betriebsgröße und tierärztliche Bestandsbetreuung viele Gemeinsamkeiten mit jeweils einem der zwölf Salmonellen-auffälligen Betriebe aufwiesen. Für serologische Untersuchung von Sauen wurden jeweils fünf Salmonellen-auffällige Betriebe und fünf Salmonellen-unauffällige Betriebe ausgewählt, in denen keine Sauen gegen Salmonellen geimpft wurden. Im zweiten Schritt wurden die Sauen aus jeweils zwei dieser auffälligen und unauffälligen Betriebe für die serologischen Verlaufsuntersuchungen herangezogen.

Probenentnahme

Zunächst wurden in allen zehn Betrieben 25 zufällig ausgewählten Sauen eine Blutprobe entnommen. Neben der Ohrmarke wurden das aktuelle Reproduktionsstadium (Trächtigkeitstag, Laktation, Günstzeit, Jungsau) sowie die Parität erfasst.

Im zweiten Teil der Untersuchung wurden in jeweils zwei auffälligen und zwei unauffälligen Betrieben 15 Sauen einer Reproduktionsgruppe viermal (OD_1 bis OD_4) im Abstand von 4-6 Wochen beprobt, sodass eine jede Sau mindestens einmal in der Laktation, im Deckzentrum und im Wartestall beprobt wurde. Es wurde die Identität der Tiere (Ohrmarke) sowie die Parität und der Standort der Sauen dokumentiert.

Laboruntersuchungen

Alle Blutproben wurden in einem akkreditierten Labor (Vaxxinova diagnostics GmbH, Leipzig) mit dem Herdcheck *Salmonella* ELISA (IDEXX Laboratory, Hoofdorp, NL) zur Bestimmung von *Salmonella*-LPS-Antikörpern untersucht. Proben mit einer optischen Dichte (OD) $\geq 10\%$ wurden als positiv gewertet.

Statistische Auswertung

Die deskriptive Auswertung der Daten erfolgte mittels Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

Ergebnisse

Bei der Untersuchung der Blutproben von insgesamt 250 Sauen in fünf Salmonellen-auffälligen und fünf Salmonellen-unauffälligen Betrieben auf *Salmonella*-LPS-Antikörper waren 90,4 % der Sauen aus auffälligen Betrieben und 92,8 % der Sauen aus unauffälligen Betrieben serologisch positiv (>10% OD). Hinsichtlich der Mittelwerte (auffällige Betriebe: 45.58 ± 30.85 % OD, unauffällige Betriebe: 38.33 ± 24.72 % OD) konnten nur geringfügige Unterschiede festgestellt werden. Deutlicher sind die Unterschiede hinsichtlich des 75%-Quartils. In den in den auffälligen Betrieben liegen 75% der Sauen unter 65.03 % OD, während das 75%-Quartil in den unauffälligen Betrieben bei 48.01 % OD liegt (Abbildung 1).

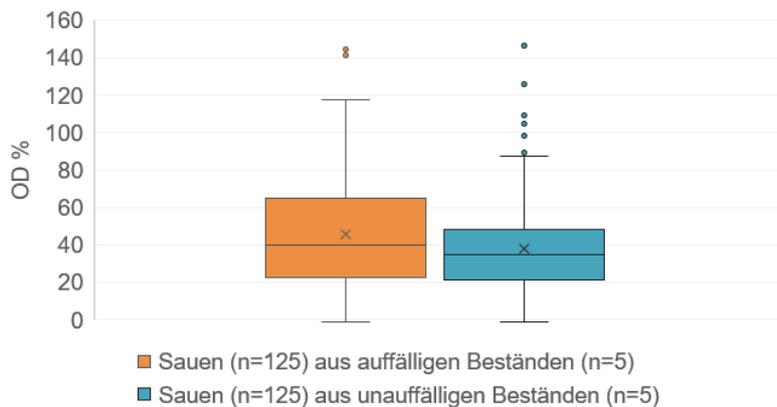


Abbildung 11: *Salmonella*-LPS-Antikörpergehalte (OD %) von Sauen in *Salmonellen*-auffälligen und *Salmonellen*-unauffälligen Ferkelerzeugerbetrieben.

In Abbildung 2 wird deutlich, dass die hier beprobten Jungsauens sowohl in auffälligen (n=8) und unauffälligen (n=8) in der Quarantäne zunächst niedrige OD-Werte aufweisen (Mittelwert auffällige Betriebe: 11.70 % OD, Mittelwert unauffällige Betriebe: 15.04 % OD). Mit zunehmender Trächtigkeitsdauer scheinen die Antikörpergehalte in beiden Betriebskategorien bis zur Hochträchtigkeit anzusteigen und in der Laktation abzusinken (Abbildung 2).

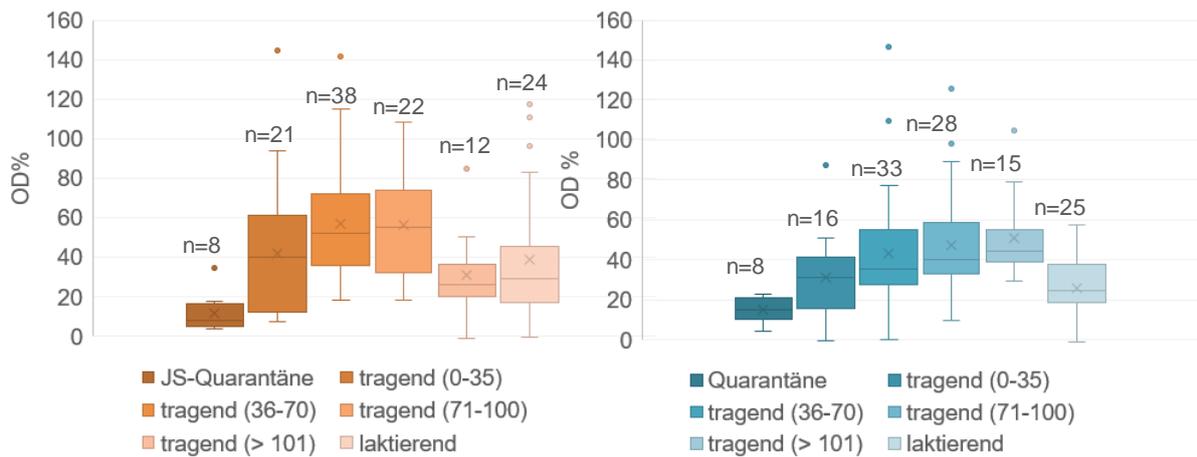


Abbildung 12: Salmonella-LPS-Antikörpergehalte (OD %) von Sauen in Salmonellen-auffälligen (orange) und Salmonellen-unauffälligen (blau) Ferkelerzeugerbetrieben nach Reproduktionsstand.

Bei Betrachtung der Parität (Abbildung 3) fallen insbesondere Unterschiede hinsichtlich der Jungsaunen auf. Im Vergleich zu den Jungsaunen in unauffälligen Betrieben (n=16, Mittelwert 24.70 ± 23.55 % OD) weisen die Jungsaunen in auffälligen Betrieben (n=17, Mittelwert 34.94 ± 27.62) mit 65.03 % OD ein höheres 75%-Quartil auf als die unauffälligen Betriebe mit 27.62 % OD.

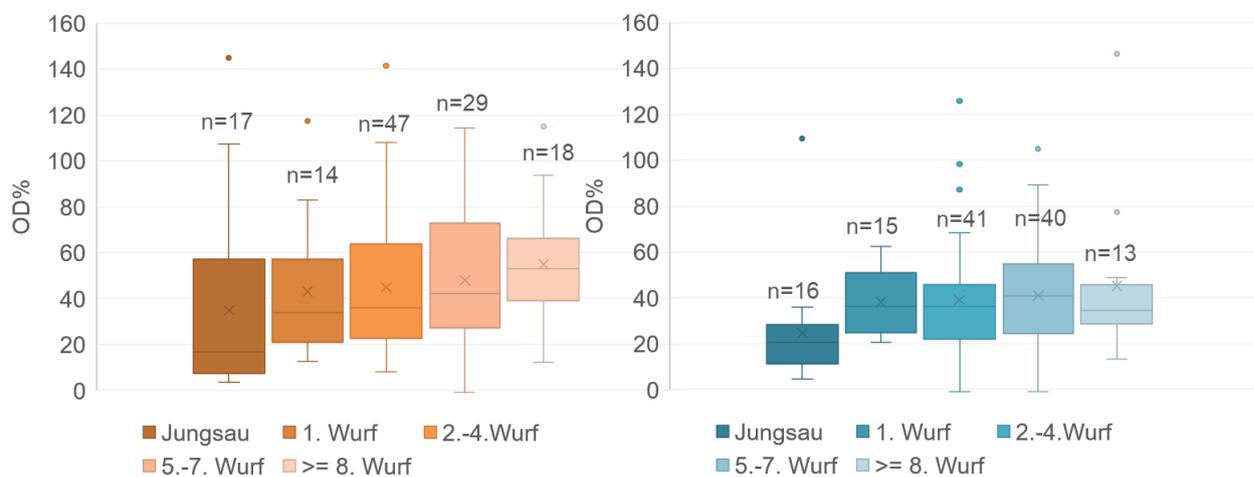


Abbildung 13: Salmonella-LPS-Antikörpergehalte (OD %) von Sauen in Salmonellen-auffälligen (orange) und Salmonellen-unauffälligen (blau) Ferkelerzeugerbetrieben. Bei den Jungsaunen handelt es sich um belegte Jungsaunen vor dem 1. Wurf.

Bei der Verlaufsuntersuchung von jeweils 15 Sauen aus zwei Salmonellen-auffälligen und zwei Salmonellen-unauffälligen Betrieben (Tabelle 1) fällt auf, dass die durchschnittlichen Salmonella-LPS-Antikörpergehalte der Sauen aus unauffälligen Betrieben über denen der

Sauen aus auffälligen Betrieben liegen. Zudem zeigt sich in den unauffälligen Betrieben ein Anstieg der OD-Werte bei der Beprobung im Wartestall (OD_3).

Tabelle 2: Verlaufsuntersuchung von Sauen aus zwei Salmonellen (S.)-auffälligen Betrieben und zwei S. – unauffälligen Betrieben in verschiedenen Reproduktionsstadien.

	S.-unauffällig	S.-auffällig
Anzahl Sauen (n)	30	30
Beprobungszeitpunkt	Mittelwert (OD%)	
OD_1 Laktation	30.99 ± 23.56	20.97 ± 13.47
OD_2 Deckzentrum	36.88 ± 22.30	24.46 ± 12.44
OD_3 Wartestall	57.35 ± 23.35	25.50 ± 15.63
OD_4 Laktation	46.01 ± 25.00	30.92 ± 18.16

Diskussion

Aufgrund der deutschen Schweine-Salmonellen-Verordnung lag der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen lange Zeit auf der Salmonellenreduktion in Schweinemastbeständen. Es liegen nur wenige Daten zur Salmonellenprävalenz und Infektionsdynamik aus Sauenherden vor (Funk et al, 2004, Nollet et al. 2005). Die im Rahmen dieser Studie durchgeführte, vergleichende Untersuchung von Sauenblutproben aus zuvor anhand der Seroprävalenz von *Salmonella* ssp. bei Ferkelaufzuchtferkeln klassifizierten Ferkelerzeugerbetrieben sollte zeigen, ob es Unterschiede hinsichtlich der serologischen Reaktionen bei Sauen aus Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Betrieben gibt. Während der Anteil seropositiver Sauen sowie die durchschnittlichen OD-Werte auf einem vergleichbaren Niveau lagen, zeigen Sauen aus auffälligen Betrieben eine höhere Streuung der OD-Werte, die möglicherweise als ungleichmäßigere Serokonversion interpretiert werden können und auf eine höhere Dynamik von Salmonellenausscheidung und (Re-)Infektionen hindeuten. In unauffälligen Betrieben könnten seropositive Sauen zu einer gesteigerten maternal vermittelten Immunität infolge der Kolostrumaufnahme bei Saugferkeln geführt haben (Matiasovic et al., 2013). Zudem fällt auf, dass im Gegensatz zu den Jungsauen in der Quarantäne, die in beiden Betriebskategorien vergleichsweise niedrige OD-Werte aufweisen (Abbildung 2), die bereits in die Sauenherde integrierten Jungsauen (Abbildung 3) in Salmonellen-auffälligen Betrieben einen höheren Mittelwert als auch eine größere Streuung der OD-Werte aufweisen. Es lässt sich vermuten, dass nahezu negative Jungsauen in Kontakt zu einer positiven Sauenherde mit einer aktiveren Infektionsdynamik kommen und serokonvertieren.

Bei der Verlaufsuntersuchung von Sauen aus jeweils zwei auffälligen und unauffälligen Betrieben fällt insbesondere der Anstieg des mittleren OD-Werts im Wartestall der unauffälligen Betriebe auf. Während die Sauen in den auffälligen Betrieben in festen Kleingruppen (<10 Sauen) gehalten werden, wurden die Sauen in den beiden unauffälligen Betrieben in Großgruppen (>30 Sauen) an Abrufstationen gehalten. Im Gegensatz zur vor 2013 häufig praktizierten Einzelaufstallung von Sauen während der Trächtigkeit, geht die Gruppenhaltung von Sauen mit vermehrtem Kontakt zu Ausscheidungen anderer Sauen und Rangordnungskämpfen einher, die zu Stress führen können. Dass die Einführung der Gruppenhaltung einen Einfluss auf die Salmonelleninfektionen haben könnte, zeigen auch die Auswertungen aus dem Salmonellenmonitoring der QS Qualität und Sicherheit GmbH. Nollet et al. (2005) konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Anzahl seropositiver Sauen sowie der mittleren OD-Werte zu verschiedenen Zeitpunkten der Trächtigkeit feststellen. In zwei Betrieben konnte jedoch ein signifikanter Anstieg der Ausscheidungsrate im Deckzentrum beobachtet werden. Dieser wird im Zusammenhang mit einer Stresssituation beim Absetzen sowie der Einstellung in ein nicht zuvor gereinigtes und desinfiziertes Deckzentrum diskutiert. Aus dem Studiendesign geht nicht hervor, ob es sich im Wartestall um eine Gruppen- oder Einzelhaltung von Sauen handelte.

Fazit

Obwohl nur geringfügige Unterschiede hinsichtlich des Anteils seropositiver Sauen sowie der mittleren OD-Werte von Sauen in Salmonellen-auffälligen und unauffälligen Sauenbeständen festgestellt werden konnten, weisen die größere Streuung der OD-Werte sowie die Seroreaktion von in die Herde integrierten Jungsauern in auffälligen Betrieben auf Unterschiede in der Salmonellenübertragung innerhalb der Herden hin. Zudem wird ein Einfluss der Gruppenhaltung auf die Infektionsdynamik vermutet. Weiterführende Untersuchungen unter Einbeziehung größerer Stichproben sowie direkter Nachweisverfahren von Salmonellen können das Verständnis der intra-Herden-Übertragung von Salmonellen zwischen Sauen weiter verbessern und weitere Ansätze zur Salmonellenbekämpfung in Ferkelerzeugerbetrieben liefern.

Literatur

BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit): Zoonosen-Monitoring 2015, Berichte zur Lebensmittelsicherheit, BVL Report 11.2., 2016.

Funk, J.A.; Gebreyes, W. A.: Risk factors associated with *Salmonella* prevalence on swine farms. Journal of Swine Health and Production 2004, 12 (5), 246–251.

Matiasovic, J.; Kudlackova, H.; Babickova, K.; Stepanova, H.; Volf, J.; Rychlik, I.; Babak, V.; Faldyna, M.: Impact of maternally-derived antibodies against *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on the bacterial load in suckling piglets. Vet J 2013, 196, 114–115.

Nollet, N.; Houf, K.; Dewulf, J.; De Kruif, A.; De Zutter, L.; Maes, D.: *Salmonella* in sows: a longitudinal study in farrow-to-finish pig herds. Vet. Res. 2005, 36, 645–656.

QS Qualität und Sicherheit GmbH: Basisfolien Salmonellenmonitoring, Stand 11.2.2019.

Rostalski, A.: *Salmonella* in pig farms. Limitations of counselling and alternatives to the exclusive control of slaughter pigs. Tierärztl Prax 2015, 43 (G), 305–311.

Anlage zum Abschlussbericht: Teilbereich „Vergleichende Betrachtung der Biosicherheit, der Nachweisrate von Salmonellen in Umgebungsproben und des Antibiotikaeinsatzes in Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Ferkelerzeugerbetrieben“

Holling, C.¹; Buch, J.M.²; Schulte zu Sundern², A.; Deermann³, A.; Schulte-Wülwer, J.³; Visscher, C.²

¹LWK Niedersachsen, FB 3.5 Tiergesundheitsdienste, Hermann-Ehlers-Str. 15, 26160 Bad Zwischenahn-Wehnen

²Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung, Bischofsholerdamm 15, 30173 Hannover

³EVH Select GmbH, An der Feuerwache 14, 49716 Meppen

1 Versuchshintergrund und Zielsetzung

Salmonellen sind in Schweinebeständen ubiquitär verbreitet. Während Schweine nur selten klinisch erkranken, ist die Salmonellose in Deutschland und auch europaweit die zweithäufigste bakteriell bedingte Zoonose beim Menschen. Die Übertragung erfolgt insbesondere über kontaminiertes Geflügel-, Schweine-, und Rindfleisch sowie Eier. Die Strategie zur Bekämpfung und Überwachung der Salmonellensituation in Deutschland in der Lebensmittelkette Schwein basiert auf einer stichprobenartigen, serologischen Untersuchung von Fleischsaftproben am Schlachthof auf Grundlage der Schweine-Salmonellen-Verordnung (2007). Die Probenentnahme und Auswertung dieses Salmonellenmonitorings erfolgt durch die QS Qualität und Sicherheit GmbH, Bonn. Die Betriebe werden in Risikoklassen (Kategorie I-III) eingeteilt. Obwohl Betriebe in Kategorie III verpflichtet sind, Maßnahmen gegen Salmonellen zu ergreifen und Vermarktungsnachteile entstehen können, konnte der Anteil „salmonellen-auffälliger“ Mastbetriebe trotz intensiver Bemühungen nicht weiter reduziert werden (Rostalski, 2015). Nach bisherigen Erfahrungen stellt mitunter der Zukauf von bereits infizierten Mastläufern aus der Ferkelerzeugung ein Risiko für einen Salmonelleneintrag in den Mastbestand dar, was durch eine hohe Anzahl serologisch positiver Salmonellenbefunde in Zucht- und Ferkelerzeugerbeständen bestätigt werden kann. Aus diesem Grund wird eine Ausweitung der Salmonellenbekämpfung auf die Zucht und Ferkelerzeugung, ähnlich wie in der Geflügelbranche, als wichtig erachtet (Rostalski, 2015; BVL, 2016).

Abgesehen von indirekten serologischen Untersuchungen im Rahmen regionaler Gesundheitsscreenings von Verkaufsferkeln (25-30 kg), liegen bisher nur wenige Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen in deutschen Ferkelerzeugerbetrieben vor. Erfahrungen aus der Praxis zeigen immer wieder, dass, neben Betrieben mit schlechten hygienischen Bedingungen, teilweise auch Betriebe mit hohen Biosicherheitsstandards und guten Hygienekonzepten eine hohe Salmonellenbelastung aufweisen. Auch der Einsatz antimikrobieller Arzneimittel auf die Salmonellenprävalenz in Betrieben wird seit Jahren diskutiert (Eisenberg, 2014; Rostalski, 2015).

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Biosicherheit, die Nachweisrate von Salmonellen sowie die Therapieindices in bisher Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Betrieben vergleichend betrachtet.

Versuchsaufbau

Auswahl der Betriebe

Im ersten Schritt des Projektes wurden jeweils zwölf Betriebe auf Basis einer retrospektiven Auswertung von Daten aus einem freiwilligen Gesundheitsscreening für 25-30 kg schwere Ferkel (EVH-Screening) als „Salmonellen-auffällig“ bzw. „Salmonellen-unauffällig“ klassifiziert. Das Gesundheitsscreening wird von der EVH Select GmbH für etwa 250 teilnehmende Betriebe organisiert und umfasst unter anderem die halbjährliche Untersuchung von Blutproben von jeweils zehn Ferkeln auf *Salmonella* LPS-Antikörper. Proben mit einer optischen Dichte (OD) $\geq 10\%$ wurden als positiv gewertet. Betriebe, deren Ferkel über einen längeren Zeitraum eine vergleichsweise hohe Seroprävalenz aufwiesen, wurden als „Salmonellen-auffällig“ klassifiziert. Zu den zwölf Salmonellen-auffälligen Betrieben wurden in einem nächsten Schritt weitere 12 „Salmonellen- unauffällige“ Betriebe ausgewählt, die zum einen über einen längeren Zeitraum durch eine niedrige Seroprävalenz im EVH-Gesundheitsscreening aufgefallen sind, zum anderen aber auch bezüglich der Parameter Hygiene, Management, Leistung und Betriebsgröße und tierärztliche Bestandsbetreuung viele Gemeinsamkeiten mit jeweils einem der zwölf Salmonellen-auffälligen Betriebe aufwiesen.

Die 24 ausgewählten Betriebe sind alle im südwestlichen Niedersachsen in den Regionen Emsland, Grafschaft Bentheim und Osnabrück ansässig. Mit Ausnahme von zwei geschlossenen Beständen handelt es sich um reine Ferkelerzeuger mit einer durchschnittlichen Sauenanzahl von 309 Sauen pro Betrieb (Salmonellen-unauffällige Betriebe: 280 Sauen, Salmonellen-auffällige Betriebe: 339 Sauen).

Biosicherheit

Im Rahmen von klinischen Bestandsuntersuchungen (November 2016 bis Februar 2017) wurden in allen Betrieben Daten zur Biosicherheit und Hygiene mithilfe einer standardisierten Checkliste erhoben. Die Daten wurden mit einer risikobasierten, frei zugänglichen Auswertungssoftware (Biocheck.UGent[®], www.biocheck.ugent.de) der Universität Ghent, Belgien) ausgewertet. Es wurde für alle 24 Betriebe je ein Score (%) für die externe Biosicherheit, deren Fokus auf den Bereichen: 1. Ankauf von Tieren und Samen, 2. Transport der Tiere, Handhabung, 3. Bereitstellung von Futter, Wasser und Geräte, 4. Personal und Besucher, 5. Kontrolle von Ungeziefer und Vögeln sowie 6. Region und Umfeld, liegt und je ein Score für die interne Biosicherheit ermittelt. Die interne Biosicherheit umfasst die Bereiche: 1. Management von Krankheiten, 2. Periode rund um Abferkelung und Säuzeit, 3.

Ferkelaufzucht, 4. Maststall, 5. Maßnahmen zwischen den Abteilen und Gebrauch von Arbeitsgeräten, 6. Reinigung und Desinfektion. Aus den Scores für die interne und externe Biosicherheit ergibt sich der Gesamt-Score (%) für jeden Betrieb.

Umgebungsproben

Insgesamt wurden in den 24 Betrieben 498 Umgebungsproben (Socken- und Wischproben), zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (2017 und 2019) gesammelt. Die durchschnittlich 10.4 ± 1.1 Proben je Betrieb stammen aus verschiedenen Produktionsbereichen und wurden in die Kategorien „Vorräume, Büros, Hygieneschleusen“ (1), „Deck- und Wartebereich“ (2), „Abferkelbereich“ (3), „Ferkelaufzucht“ (4), „Jungsauenquarantäne“ (5) und „gereinigte und desinfizierte Abferkel- und Ferkelaufzuchtteile“ (6) eingeteilt. Drei Salmonellen-auffällige Betriebe (C, D, E) haben im Rahmen des Projektes nach der ersten Beprobung mit der Impfung von Sauen gegen *Salmonella* Typhimurium begonnen. Die Probenentnahme erfolgte mithilfe von mit 0,9%iger Kochsalzlösung angefeuchteten Gaze-Tüchern, die umgehend an ein Labor versandt wurden.

Laboruntersuchungen

Die Umgebungsproben (Socken- und Wischproben) wurden bei der Vaxxinoa diagnostics GmbH in Leipzig untersucht. Nach einer Voranreicherung mit gepuffertem Peptonwasser für 18 Stunden bei 37°C erfolgten selektive Anreicherungen in Rappaport Vassiliadis Medium (RV, Oxoid, Basingstoke, Hampshire, UK) und Tetrathionat-Brilliangrün-Galle-Medium (TGB, Merck, Darmstadt) für 24 und 48 Stunden. Die Bestätigung verdächtiger Kolonien wurden mit Hilfe einer Subkultivierung auf einem selektiven Anzuchtmedium (Brilliance-*Salmonella*, Thermo Scientific, Wesel) durchgeführt.

Antibiotikaeinsatz

Zum Vergleich des Antibiotikaeinsatzes in Salmonellen-auffälligen und unauffälligen Betrieben wurden die Therapieindices aus dem Antibiotikamonitoring der QS Qualität und Sicherheit GmbH, Bonn, retrospektiv für Sauen, Saugferkel und Ferkel (bis 30 kg) im Zeitraum von Oktober 2016 bis Dezember 2018 abgefragt. Der Therapieindex wird quartalsweise nach folgender Formel berechnet

Therapieindex

$$= \frac{\sum(\text{Anwendungsdauer inkl. Wirktage} * \text{Anzahl Wirkstoffe} * \text{Anzahl behandelter Tiere})}{\text{Tierzahl im Bestand}}$$

und beschreibt, wie viele Behandlungseinheiten je Tier durchschnittlich im vergangenen Halbjahr verabreicht wurden (QS Qualität und Sicherheit GmbH, 2020). Die Bereitstellung der Daten erfolgte durch die Landwirte auf freiwilliger Basis.

Statistische Auswertung

Die deskriptive Auswertung der einzelbetrieblichen Daten erfolgte mittels Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). Für weiterführende statistische Untersuchungen wurde SAS Enterprise Guide (Version 7.1, Fa. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) genutzt (s. auch Buch et al., 2020).

Ergebnisse

Ergebnisse zur Biosicherheit in Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Ferkelerzeugerbetrieben

Die vergleichende Auswertung der Biocheck.Ugent®- Ergebnisse (Abbildung 1 – 3) zeigt signifikante Unterschiede in der internen Biosicherheit zwischen Salmonellen-auffälligen und Salmonellenunauffälligen Betrieben ($p < 0.05$). Der durchschnittliche Score für die interne Biosicherheit lag in Salmonellen-auffälligen Betrieben bei 70.92 ± 6.91 % und in Salmonellen-unauffälligen Betrieben bei 59.17 ± 16.80 %. Hinsichtlich der externen Biosicherheit (Salmonellen-auffällige Betriebe: 53.25 ± 16.78 %; Salmonellen-unauffällige Betriebe 56.00 ± 18.73 %) sowie des Gesamt-Scores (Salmonellen-auffällige Betriebe: 61.58 ± 12.20 %; Salmonellen-unauffällige Betriebe 60.17 ± 8.89 %) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Salmonellen-auffälligen und unauffälligen Betrieben beobachtet werden.

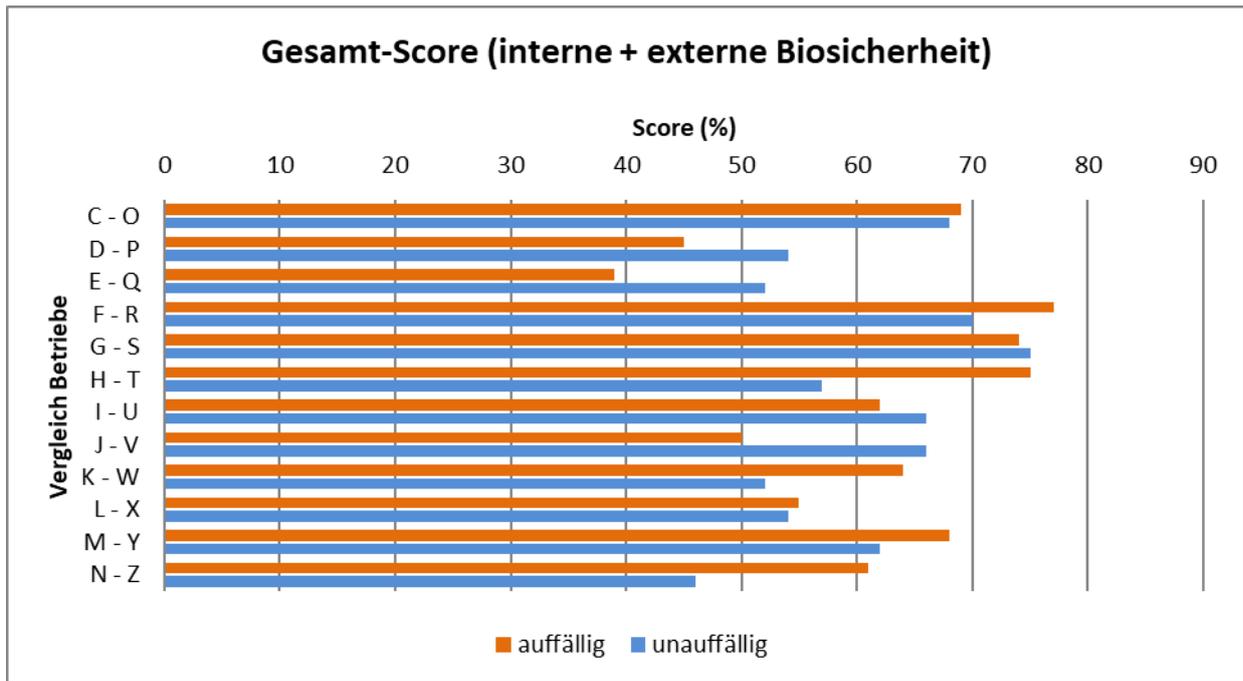


Abbildung 14: Gesamt-Scores für Biosicherheit (Biocheck.Ugent®) der Salmonellen-auffälligen Betriebe im Vergleich zu den Salmonellen-unauffälligen Betrieben mit ähnlicher Betriebsstruktur.

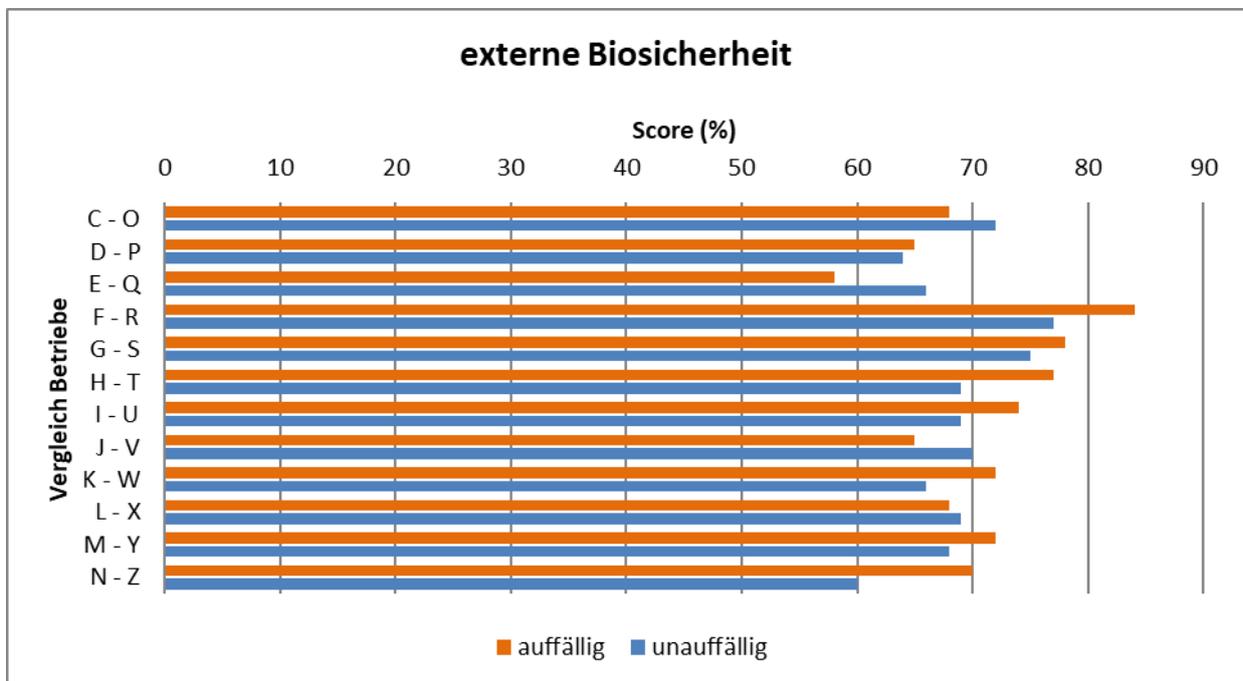


Abbildung 15: Scores für externe Biosicherheit (Biocheck.Ugent®) der Salmonellen-auffälligen Betriebe im Vergleich zu den Salmonellen-unauffälligen Betrieben mit ähnlicher Betriebsstruktur.

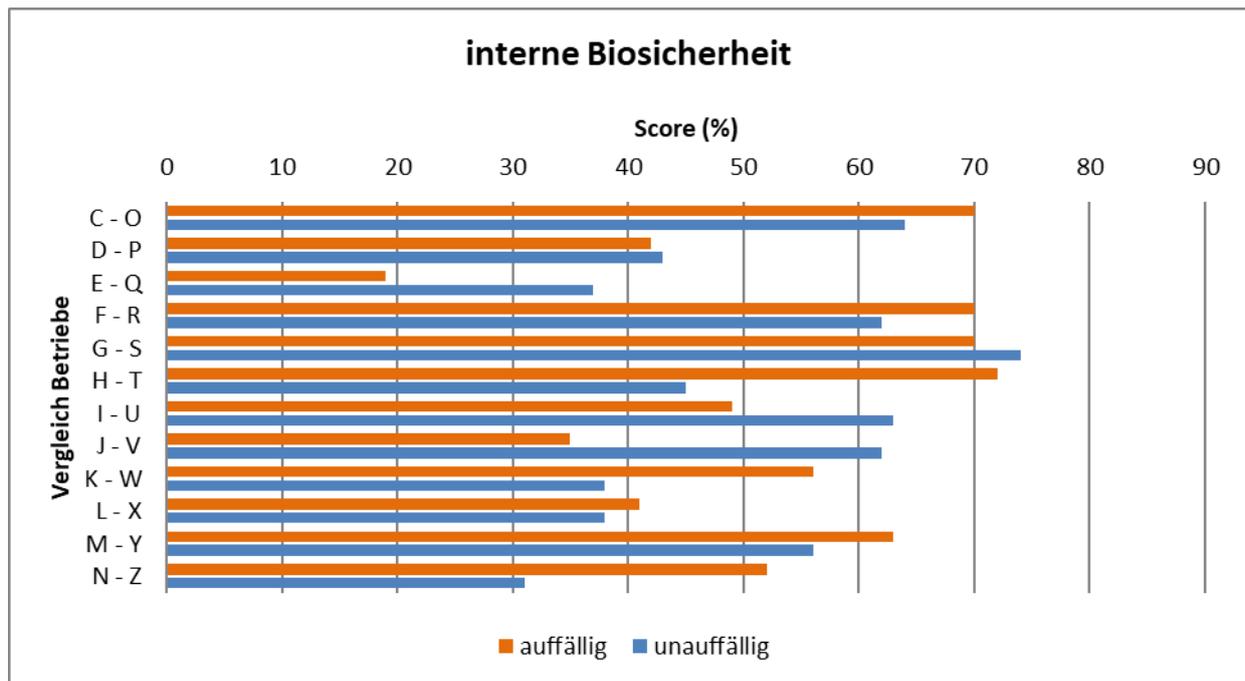


Abbildung 16: Scores für interne Biosicherheit (Biocheck.Ugent®) der Salmonellen-auffälligen Betriebe im Vergleich zu den Salmonellen-unauffälligen Betrieben mit ähnlicher Betriebsstruktur.

Ergebnisse zur Nachweisrate von Salmonellen in Umgebungsproben von Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Ferkelerzeugerbetrieben (Buch et al., 2020)

Die Untersuchung basiert auf insgesamt 498 Proben aus 24 Ferkelerzeugerbetrieben im südwestlichen Niedersachsen, von denen 12 im Vorfeld der Studie auf Basis von serologischen Befunden von Ferkeln am Ende der Aufzucht als Salmonellen-auffällig und 12 als Salmonellen-unauffällig klassifiziert wurden. Der Anteil der *Salmonella* ssp.-positiven Umgebungsproben war in Salmonellen-auffälligen Betrieben (2017: 20.1 %, 2019: 14.6 %) signifikant höher als in Salmonellen-unauffälligen Betrieben (2017: 4.88 %, 2019: 3.39 %). Die höchsten Nachweisraten konnten in der Ferkelaufzucht Salmonellen-auffälliger Betriebe beobachtet werden (2017: 40.8 %, 2019: 26.0 %), gefolgt von dem Bereich „Vorräume, Büros, Hygieneschleusen“ mit 20.0 % positiven Proben in 2017 und 16.7 % in 2019 (Tabelle 1, Buch et al., 2020).

Tabelle 3: Anzahl *Salmonella ssp.*- positiver Umgebungsproben, unterteilt in Proben von *Salmonellen* (S.)-auffälligen und *Salmonellen* (S.)-unauffälligen Betrieben und verschiedene Produktionsbereiche

	2017		2019	
	S.-unauffällig	S.-auffällig	S.-unauffällig	S.-auffällig
Probenanzahl (n)	123	134	118	123
<i>Salmonella</i> positiv (n)	6	27	4	18
<i>Salmonella</i> positiv (%)	4.88	20.1	3.39	14.6
Bereich ¹				
1	1/8.33	4/20.0	0/0.00	1/16.7
2	2/6.06	1/3.70	1/2.85	2/5.55
3	0/0.00	1/3.33	0/0.00	2/7.69
4	2/4.44	20/40.8	3/6.52	13/26.0
5	0/0.00	1/16.7	0/0.00	0/0.00
6	1/33.3	0/0.00	0/0.00	0/0.00
Chi-Square ^a	0,0003		0,0024	

¹ 1: Vorräume, Büros, Hygieneschleusen, 2: Deck- und Wartebereich, 3: Abferkelbereich, 4: Ferkelaufzucht, 5: Jungsauenquarantäne, 6: gereinigte und desinfizierte Abferkel- und Ferkelaufzuchtteile“

Mit Ausnahme von Betrieb C (2017: 9.10 %, 2019: 50 % positive Proben, $p < 0.05$) konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Anzahl *Salmonella ssp.*-positiver Proben zu den verschiedenen Beprobungszeitpunkten 2017 und 2019 festgestellt werden. In den meisten Betrieben konnte in 2019 dennoch eine niedrigere Nachweisrate als in 2017 beobachtet werden (Abbildung 4 und 5).

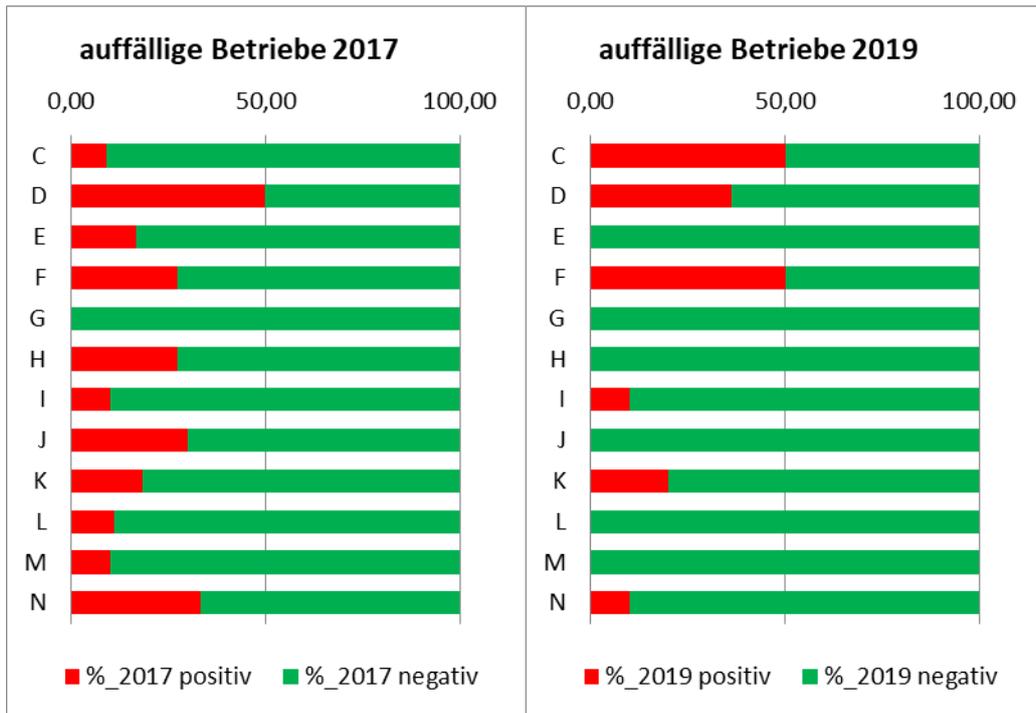


Abbildung 17: Anteil *Salmonella ssp.*-positiver Umgebungsproben in *Salmonellen*-auffälligen Betrieben zu zwei Beprobungszeitpunkten 2017 und 2019.

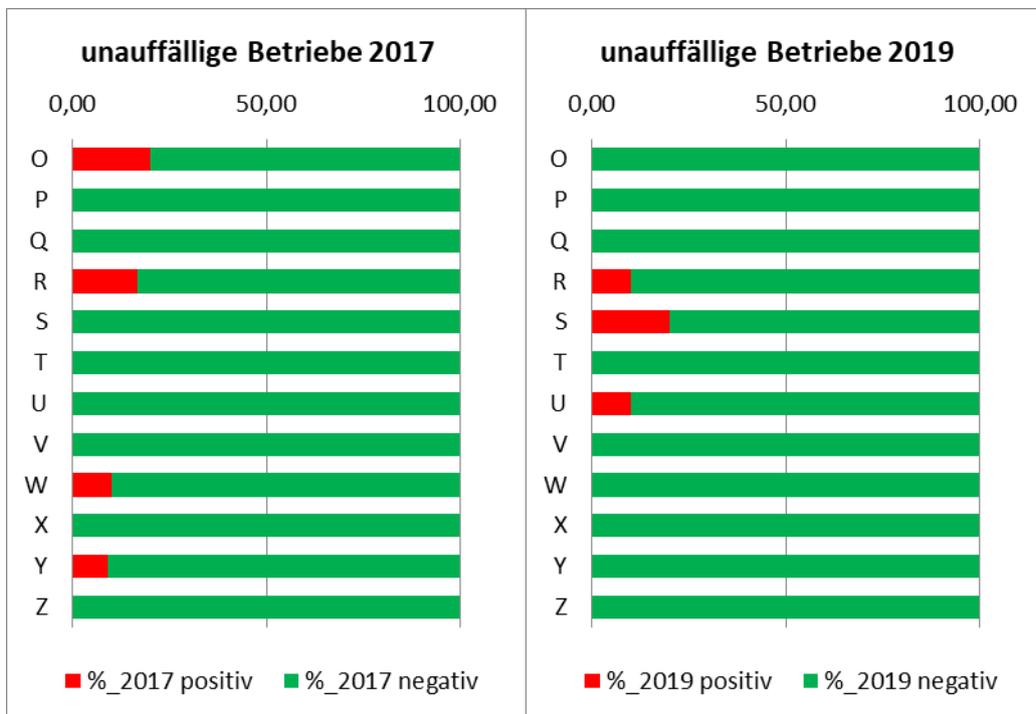


Abbildung 18: Anteil *Salmonella ssp.*-positiver Umgebungsproben in *Salmonellen*-unauffälligen Betrieben zu zwei Beprobungszeitpunkten 2017 und 2019.

Ergebnisse zum Antibiotikaeinsatz in Salmonellen-auffälligen und Salmonellen-unauffälligen Betrieben

Zur vergleichenden Auswertung des Antibiotikaeinsatzes haben jeweils 9 Salmonellen-auffällige und –unauffällige Betriebe ihre Daten zur Verfügung gestellt (Tabelle 2).

Tabelle 4: Mittelwerte der Therapieindices (TI) für Sauen, Saugferkel und Ferkel (bis 30 kg) in Salmonellen (S.)-auffälligen und –unauffälligen Betrieben

	2017		2018	
	S.-unauffällig	S.-auffällig	S.-unauffällig	S.-auffällig
n (Betriebe)	9	9	9	9
n (Therapieindices*)	58	82	58	82
Ø TI Sauen	4.02 ± 3.56	4.29 ± 5.12	4.56 ± 6.71	4.53 ± 5.39
Okt – Mrz	2.51	4.99	5.69	4.58
Jan – Jun	3.03	3.75	6.78	3.17
Apr – Sep	4.58	4.73	4.29	3.86
Jul – Dez	5.03	3.73	1.47	6.63
Ø TI Saugferkel	78.29 ± 55.41	78.61 ± 63.50	78.29 ± 55.41	69.67 ± 57.79
Okt – Mrz	92.10	68.90	68.66	85.03
Jan – Jun	94.36	87.30	73.46	71.57
Apr – Sep	76.45	86.56	75.51	61.86
Jul – Dez	61.47	69.84	76.75	60.02
Ø TI Ferkel (bis 30 kg)	7.52 ± 7.09	14.17 ± 23.67	6.68 ± 5.48	12.08 ± 19.75
Okt – Mrz	4.51	16.33	6.63	14.66
Jan – Jun	8.33	11.08	6.34	11.08
Apr – Sep	8.34	13.53	4.95	10.29
Jul – Dez	7.92	15.72	8.60	12.56

Während sich die Therapieindices bei Sauen und Saugferkeln in den Jahren 2017 und 2018 kaum unterscheiden, können bei den Ferkeln bis 30 kg sowohl im Jahr 2017 (unauffällige Betriebe: 7.52 ± 7.09; auffällige Betriebe: 14.17 ± 23.67) als auch in 2018 (unauffällige Betriebe: 6.68 ± 5.48; auffällige Betriebe: 12.08 ± 19.75) deutliche Unterschiede beobachtet werden.

Diskussion

Biosicherheit und Hygiene werden seit Jahren als maßgebliche Aspekte bei der Verhinderung des Eintrags sowie bei der Verbreitung von Salmonellen in Schweinebeständen diskutiert (Gotter et. al, 2012; De Busser et. al, 2013). Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Erhebung der Biosicherheit und der Untersuchung von Umgebungsproben auf *Salmonella ssp.*, dass die Auswahl und Klassifizierung der Betriebe im ersten Schritt der Untersuchung die angestrebten Ziele erreicht hat. Je einem Salmonellen-auffälligen Betrieb sollte ein Salmonellen-unauffälliger Betrieb zugeordnet werden, der dem auffälligen Betrieb bezüglich der Parameter Hygiene, Management, Leistung und Betriebsgröße und tierärztliche Bestandsbetreuung ähnelt. Trotz dieser Ähnlichkeiten konnte bestätigt werden, dass die serologisch basierte Klassifizierung „Salmonellen-auffällig“ wie angenommen mit einer höheren Nachweisrate von Salmonellen in der Umgebung einhergeht, während in den serologisch unauffälligen Vergleichsbetrieben signifikant weniger Salmonellen nachgewiesen werden konnten. Zudem korreliert die höhere Nachweisrate von Salmonellen in der Umgebung in auffälligen Betrieben ebenfalls mit im weiteren Verlauf der Untersuchung nachgewiesenen höheren OD %-Werten bei 25-30 kg schweren Aufzuchtferkeln (Korrelationskoeffizient = 0.66434, $p=0.0185$) (Buch et. al, 2020). Daraus lässt sich ableiten, dass die Salmonellenprävalenz nicht ausschließlich von Parametern wie Biosicherheit, Management, Leistung und Betriebsgröße abhängt, sondern weitere Ursachen in Betracht gezogen werden müssen.

In dieser Untersuchung konnten die Salmonellen-auffälligen Betriebe einen höheren Score für die interne Biosicherheit erreichen als die Salmonellen-unauffälligen Betriebe. Dies könnte damit zusammenhängen, dass sich die betroffenen Landwirte durch die langfristige Teilnahme am Gesundheitsscreening für 25-30 kg Ferkel schon lange vor Beginn der Untersuchung der Salmonellenbelastung in ihrem Bestand bewusst waren und im Rahmen der tierärztlichen Bestandsbetreuung und der landwirtschaftlichen Produktionsberatung Maßnahmen zur Optimierung von Biosicherheit und Hygiene umgesetzt wurden. Des Weiteren sollte bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden, dass es sich bei der risikobasierten Auswertung mit Biocheck.Ugent® um eine allgemeine Analyse der Biosicherheit handelt, die nicht schwerpunktmäßig die mit einer erhöhten Salmonellenprävalenz einhergehenden Risikofaktoren betrachtet. Dennoch lässt sich aus der Auswertung ein vergleichender Gesamtüberblick ableiten, der die praktischen Produktionsbedingungen in den Betrieben gut widerspiegelt.

Als wichtiges Teilergebnis dieser Untersuchung sollte herausgestellt werden, dass die Nachweisrate von Salmonellen mit 40.8 % in 2017 bzw. 26.0 % in 2019 in der Ferkelaufzucht auffälliger Betriebe am höchsten war. Ursächlich kommt vor allem eine erhöhte Ausscheidungsrate im Zuge der nachlassenden maternal vermittelten Immunität in Betracht

(Matiasovic et al., 2013). Insbesondere dieser Produktionsbereich sollte deshalb im Fokus weiterer Maßnahmen zur Reduktion der Salmonellenbelastung stehen.

Der Vergleich der Therapieindices in auffälligen und unauffälligen Betrieben deutet darauf hin, dass der Einsatz von antimikrobiell wirksamen Arzneimitteln in der Ferkelaufzucht Salmonellen-auffälliger Betriebe höher ist als in Salmonellen-unauffälligen Betrieben. Da für eine weiterführende Auswertung der eingesetzten Wirkstoffe keine Daten zur Verfügung standen, kann im Rahmen dieser Studie keine Aussage darüber getroffen werden, ob der höhere Antibiotikaeinsatz einen direkten Effekt auf die Salmonellenprävalenz haben könnte. Ein direkter Effekt würde sich durch eine antibiotische Wirkung gegenüber Salmonellen oder eine Beeinflussung des mikrobiellen Darmmilieus auswirken. Es ist aber auch möglich, dass ein höherer Therapieindex als indirekter Parameter für eine schlechtere Tiergesundheit gewertet werden kann und somit krankheitsbedingte Faktoren, wie Stress oder Immunsuppression, sich indirekt auf die Prävalenz von Salmonelleninfektionen auswirken können. An dieser Stelle wären weiterführende Studien notwendig.

Fazit

In Salmonellen-auffälligen Betrieben mit einer höheren Seroprävalenz von Salmonellen bei 25-30 kg schweren Aufzuchtferkeln konnte eine signifikant höhere Nachweisrate von *Salmonella* ssp. in Umgebungsproben nachgewiesen werden. Salmonellen-unauffällige Vergleichsbetriebe zeigen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der externen Biosicherheit. Die interne Biosicherheit war in Salmonellen-auffälligen Betrieben besser, da hier vermutlich im Vorfeld Maßnahmen zur Reduktion von Salmonellen ergriffen wurden. Neben einer unzureichenden Hygiene ist auch ein direkter oder indirekter Effekt des Einsatzes von Antibiotika auf die Salmonellenprävalenz möglich.

Literatur

Buch, J.M.; Visscher, C.; Schulte zu Sundern, A.; Schulte-Wülwer, J.; Deermann, A.; Holling, C.: Prevalence of *Salmonella* by serological and direct detection methods in piglets from inconspicuous, conspicuous and vaccinated sow herds. *Animals* 2020, 10, 29.

BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit): Zoonosen-Monitoring 2015, Berichte zur Lebensmittelsicherheit, BVL Report 11.2., 2016.

De Busser, E.V.; De Zutter, L.; Dewulf, J.; Houf, K.; Maes, D.: *Salmonella* control in live pigs and at slaughter. *The Vet J.* 2013, 196, 20–27.

Eisenberg, T.: Salmonellen und Antibiotika. Salmonellen beim Schwein-Beratungsempfehlungen der Schweinegesundheitsdienste 2014, 4, 52–53.

Gotter, V.; Klein, G.; Koesters, S.; Kreienbrock, L.; Blaha, T.; Campe, A.: Main risk factors for *Salmonella* infections in pigs in north-western Germany. *Prev. Med. Vet.* 2012, 106, 301–307.

Matiasovic, J.; Kudlackova, H.; Babickova, K.; Stepanova, H.; Volf, J.; Rychlik, I.; Babak, V.; Faldyna, M.: Impact of maternally-derived antibodies against *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on the bacterial load in suckling piglets. *Vet J* 2013, 196, 114–115.

QS Qualität und Sicherheit GmbH. Leitfaden Antibiotikamonitoring Schwein. Version 01.01.2020, abrufbar unter: www.qs.de/services/files/downloadcenter/4_leitfaeden/monitoringprogramme/antibiotikamonitoring/f_abmon_sw_frei_01012020_d.pdf (02.02.2020).

Rostalski, A.: *Salmonella* in pig farms. Limitations of counselling and alternatives to the exclusive control of slaughter pigs. *Tierärztl Prax* 2015, 43 (G), 305–311.