

Abschlussbericht Watersafe

Isabel Hennig-Pauka, Außenstelle für Epidemiologie

1. Kurzdarstellung (in Alltagssprache)

Eine suboptimale Wasserqualität durch die Ablösung von Wasserleitungsbelägen kann eine unzureichende Wasseraufnahme aufgrund beeinträchtigter Schmackhaftigkeit nach sich ziehen, oder aber ein Risiko für die Aufnahme von Krankheitserregern, für die Leitungsbeläge ein Reservoir sein können, darstellen. Tränkwasserleitungsbeläge werden mit Gesundheitsbeeinträchtigungen in Verbindung gebracht, die anderen Krankheiten Vorschub leisten (z.B. Ohr- und Schwanzveränderungen, Durchfall). Mit dem Projekt „Watersafe“ wurde ein innovatives Reinigungskonzept in zwei verschiedenen Ferkelaufzuchtställen durchgeführt mit dem Ziel, durch eine einmalige Wasserleitungsreinigung je Aufzuchtdurchgang das Tierwohl, die Tiergesundheit und damit die Tageszunahmen zu verbessern. Zum Einsatz kamen eine neu entwickelte, mobile Spüleinrichtung und eine neue Substanz aus Weinsäure und katalytischen Additiven, die eine hohe Wirksamkeit gegen Biofilme aufweist und auch die Erbsubstanz von Erregern zerstört. Die Effekte des Konzeptes wurden in drei Durchgängen gemessen und bewertet. Die Maßnahme hatte keinen Einfluß auf die Häufigkeit und Ausprägung von bestimmten Krankheitsbildern (Magen-Darm-, Atemwegs- oder Hauterkrankungen), die Konzentration von Akute-Phase-Proteinen im Blut oder von Stressmarkern im Speichel. Die Tageszunahmen der Tiere in den Abteilen, in denen Tränkwasserleitungsreinigungen durchgeführt wurden, waren signifikant höher.

1.1 Ausgangssituation und Bedarf

Die Anforderungen an das Trinkwasser für den menschlichen Gebrauch sind in der Trinkwasserverordnung geregelt. Für Tränkwasser für Nutztiere existiert keine eigene Verordnung. Indirekt sind Rahmenbedingungen für das Tränkwasser der Nutztiere in den Verordnungen (EG) Nr. 178/2002, (EG) Nr. 183/2005, sowie der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung geregelt.

In der Basisverordnung (EG) Nr. 178/2002) werden Futtermittel als Stoffe bezeichnet, die der oralen Tierfütterung dienen. Damit kann man das Tränkwasser als Futtermittel bezeichnen und alle für das Futtermittel geltenden Gesetze gelten somit auch für das Tränkwasser (Vogels und Hennig-Pauka 2019). Außerdem gilt daher für das Tränkwasser auch die Verordnung (EG) Nr. 183/2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene.

In der Verordnung (EG) Nr. 183/2005 Kapitel II Verpflichtungen, Artikel 4, Allgemeine Verpflichtungen heißt es: „Bei der Fütterung von zur Lebensmittelgewinnung bestimmten Tieren müssen Landwirte Maßnahmen ergreifen und Verfahren anwenden, mit denen das Risiko einer biologischen, chemischen und physikalischen Kontamination von Futtermitteln, Tieren und tierischen Erzeugnissen so niedrig wie vernünftigerweise als vertretbar gehalten wird.“

Des Weiteren wird in der Verordnung (EG) Nr. 183/2005 Anhang III Gute Tierfütterungspraxis gefordert: „Die Fütterungs- und Tränkanlagen müssen so konstruiert, gebaut und angebracht werden, dass eine Kontamination des Futtermittels und des Wassers auf ein Mindestmaß begrenzt wird. Tränksysteme müssen, sofern möglich, regelmäßig gereinigt und instandgehalten werden“.

Dies hätte zur Folge, dass auch die Wasserleitungen und das Tränkwasser regelmäßig kontrolliert werden müssten und die Tränkevorrichtungen vor jeder Neubelegung eine gute Hygiene aufweisen. Durch Formulierungen wie: „so niedrig wie vertretbar“ und „sofern möglich“ besteht hier jedoch keine grundsätzliche Handlungspflicht. Es wäre nicht zielführend, die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung auf das Tränkwasser zu übertragen, da tierartige Unterschiede hinsichtlich Verträglichkeiten einzelner Wasserinhaltsstoffe bestehen. Beispielsweise nimmt ein ausgewachsenes Rind wesentlich mehr Nitrat über das Futter als über das Wasser auf. Auch Eisen wird aus dem Futter wesentlich mehr aufgenommen (Früchtenicht, 2000). Für Tränkwasser liegen keine gesetzlich bindenden Grenzwerte vor, es gibt jedoch Empfehlungen, bzw. Richtwerte. Für viele Betriebe ist es schwierig, zu jeder Zeit Tränkwasser in Trinkwasserqualität bereitstellen zu können. Dies erscheint auch nicht notwendig.

Tränkwasser sollte Geschmackhaftigkeit, Verträglichkeit und Verwendbarkeit haben (Kamphues et al., 2007). Die Veröffentlichung „Empfehlungen zur futtermittelrechtlichen Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser für Lebensmittel liefernde Tiere unter Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen“ (Kamphues et al., 2007) ist derzeit die Grundlage für den Orientierungsrahmen des BMEL zur Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser. Es wird angemerkt, dass ein erheblicher Forschungsbedarf in Hinblick auf die Charakterisierung von Tränkwasserparametern besteht. Gleichzeitig werden Empfehlungen in Hinblick auf mikrobiologische und chemisch-physikalische Wassereigenschaften ausgesprochen, um Orientierungshilfen für die Praxis zu geben (Kamphues et al., 2007). Es müssen die unterschiedlichen Eintragsquellen von unerwünschten Stoffen in das Wasser identifiziert werden. Die Quelle des Wassers ist ein möglicher Eintragungsort. Stadtwasser, welches die Kriterien der Trinkwasserverordnung einhält, spielt hier sicherlich eine geringere Rolle als Oberflächen- oder Brunnenwasser. Befindet sich das Problem an/in der Quelle kann eine Reinigung des wasserzuführenden Leitungssystems das Problem nicht beheben.

Eine weitere wichtige Eintragsquelle für unerwünschte Stoffe in das Wasser ist das Leitungssystem selbst. Es konnte gezeigt werden, dass potenziell pathogene Keime eine retrograde Wanderung über die Wasserentnahmestelle in das Rohrsystem machen können (Hennig-Pauka et al., 2020). Zusätzlich zu den mikrobiologischen Kontaminanten können sich gelöste Substanzen an den Innenwänden der Leitungsrohre festsetzen und hier zu einer Verengung des Rohrquerschnitts führen, was wiederum zu einer verminderten Durchflussrate und damit einer verminderten Wasseraufnahme der Tiere führen kann (Büscher et al. 2008).

Eisen und Mangan können möglicherweise die Biofilmbildung in den Leitungsrohren anregen/unterstützen (Kamphues et al., 2007) und so negative Effekte auf die Tiere haben.

In einer Vorläuferstudie der Außenstelle für Epidemiologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule wurden Leitungsbeläge aus neun Ferkelaufzuchtteilen und einem Schweinemastbetrieb untersucht, beurteilt und gereinigt. Das Ergebnis war, dass sich alle Beläge sowohl makroskopisch als auch in ihrer chemischen und mikrobiologischen Zusammensetzung unterschieden. Leitungsabschnitte wurden damals in einer experimentellen Reinigungsanlage unterschiedlichen Reinigungskonzepten unterzogen, die fast alle zu einer deutlichen, makroskopisch sichtbaren Reduktion der Beläge führten. Der nächste Schritt war daher jetzt, ein Reinigungsverfahren unter Stallbedingungen zu erproben. Inwieweit der vorhandene Biofilm und die damit verbundene mögliche Beeinflussung des Tränkwassers einen negativen Einfluss auf die Schweine haben könnte, blieb offen (Vogels et al., 2020). Die negative Bedeutung von Tränkwasserleitungsbelägen für die Tiergesundheit

und die möglichen positiven Effekte von Tränkwasserleitungsreinigungen sind bisher schwer abzuschätzen. Publikationen beziehen sich überwiegend auf Fall- und Einzelberichte, bzw. empirische Beobachtungen.

1.2 Projektziel und konkrete Aufgabenstellung im Projekt zur Verbesserung der Wasserqualität in Ferkelaufzuchtställen (Watersafe)

In dem Projekt „Watersafe“ wurde ein innovatives Trinkwasserreinigungskonzept in jeweils drei Durchgängen in zwei unterschiedlichen Ferkelaufzuchtställen mit unterschiedlichen Tränkwasserleitungssystemen mit Stichleitung angewendet und hinsichtlich Reinigungseffekten und Tiergesundheitsparametern bewertet.

Es wurde ein Verfahren durchgeführt, bei dem mechanische Reinigungsimpulse in Kombination mit einer auf Weinsäure und katalytischen Additiven basierenden Reinigungslösung (Substanz 4Cidal®) zum Einsatz kamen. Die Reinigungslösung besitzt für Mensch und Tier keinerlei toxische Wirkung, vermag jedoch, Erreger abzutöten und die Erbsubstanz von Erregern zu zerstören. Ein Vorteil besteht dadurch in der Zerstörung von freier DNA und RNA und damit auch von Genen, die bakterielle Resistenzen gegen antimikrobielle Wirkstoffe kodieren.

1.3 Mitglieder der OG

Zu den Mitgliedern der OG gehörten eine wissenschaftliche Einrichtung, zwei landwirtschaftliche Betriebe der Urproduktion und zwei Industriepartner:

1. Landwirtschaftlicher Betrieb A+B Ferkel GbR Bernd Overmann
2. Landwirtschaftlicher Betrieb Josef Willenborg
3. Firma Aumann Hygienetechnik
4. Firma ConVet GmbH & Co. KG
5. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Außenstelle für Epidemiologie (Koordinator)

In den Aufzuchtteilen der schweinehaltenden Betriebe der Partner 1 und 2 wurden in jeweils drei Ferkelaufzuchtdurchgängen vor Einstellung der Tiere die Tränkwasserleitungen gereinigt und in den folgenden Wochen die Tiere untersucht. Die Firma Aumann Hygienetechnik entwickelte die mechanische Reinigungstechnik und führte die Tränkwasserleitungsreinigungen durch. Die Firma Convet stellte das Reinigungspräparat 4Cidal® zur Verfügung. Die Tiere wurden durch den Projektmitarbeiter der Außenstelle für Epidemiologie beprobt und untersucht. Die wissenschaftliche Auswertung wurde ebenfalls an der Außenstelle für Epidemiologie durchgeführt.

1.4 Projektgebiet

Der landwirtschaftliche Betrieb A+B Ferkel GbR Bernd Overmann befindet sich geographisch in Nordrhein-Westfalen im Kreis Warendorf. Der landwirtschaftliche Betrieb Josef Willenborg in Niedersachsen befindet sich in der Gemeinde Garrel im Landkreis Cloppenburg im Oldenburger Münsterland. Thematisch ist das Projekt der inneren Biosicherheit mit dem Ziel der Verbesserung der Tiergesundheit und der Prophylaxe von Krankheiten zuzuordnen.

1.5 Projektlaufzeit und Dauer

Der Bewilligungszeitraum war 29.3.2021 bis 15.8.2022. Aufgrund der Schwierigkeiten, während der Corona-Pandemie, Personal zu akquirieren und wegen der angespannten wirtschaftlichen Situation in der Schweinehaltung, während der in zuvor geplanten Zeiträumen keine Ferkel eingestallt wurden, wurden kostenneutrale Verlängerung bis zum 15.2.2023 und

darüberhinausgehend für statistische Auswertungen bis zum 15.8.2024 genehmigt. Die Projektergebnisse wurden im Juni 2024 auf einem Europäischen Doppelkongress für Europäische und International tätige Fachleute in der Schweinemedizin und Schweineproduktion präsentiert (15th European Symposium of Porcine Health Management, 27th International Pig Veterinary Society Congress, Leipzig, 4.-7.6.2024).

1.6 Budget (Gesamtvolumen und Fördervolumen)

Auf Grundlage des Zuwendungsbescheides vom 26.03.2021 wurde für das Projekt eine Summe von 89.793,75 € bewilligt. Die Projektförderung erfolgte als Vollfinanzierung. Die Projektsumme wurde nicht überschritten.

1.7 Ablauf des Verfahrens

Die Projektlaufzeit wurde zweimal kostenneutral verlängert, um alle geplanten Arbeiten abschließen zu können. Es wurden während der Projektphase einige Mittel umgewidmet. Da umfangreiche statistische Auswertungen der Laborergebnisse nötig waren, aber weniger Verbrauchsmaterialien benötigt wurden, wurden zusätzliche Mittel für Personal verausgabt.

1.8 Zusammenfassung der (erwarteten) Ergebnisse

Leitungsreinigungen durch Spülimpulse und einer Substanz auf Weinsäurebasis führten zur Reduktion von Leitungsbelägen und niedrigeren Endotoxingehalten darin. Gesamtkeimgehalte, coliforme Erreger und chemisch-physikalische Parameter (Eisen, Nitrat, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sulfat, Endotoxingehalte) unterschieden sich nicht signifikant im Wasser des Versuchs- und Kontrollabteils zum Zeitpunkt der Ein- und Ausstallung der Ferkel in drei Durchgängen. Wasser unmittelbar nach der Reinigung enthielt signifikant weniger Endotoxin als Wasser vor der Reinigung.

Das Auftreten von Ohr- und Schwanzwunden und positiv zu wertenden Salmonellen-Antikörpertitern, Husten- und Niesindices, Konzentrationen der Akute-Phase-Proteine oder der Speichelstressmarker Cortisol, α -Amylase, Oxytocin und Chromogranin A unterschieden sich nicht zwischen Kontroll- und Versuchsabteil. Durchgang, Bestand und Zeitpunkt der Probenentnahme hatten teilweise signifikante Effekte auf Konzentrationen der Akute-Phase-Proteine und der Speichelmarker. Eine Varianzanalyse mit den Einflussfaktoren Durchgang und Abteil ergab in beiden Betrieben unabhängig voneinander einen signifikanten Einfluss sowohl des Durchgangs als auch des Abteils (Tränkwasserleitungsreinigung) auf die Tageszunahmen der Ferkel in der Aufzucht. In Abteilen mit gereinigten Wasserleitungen waren die Tageszunahmen etwa 20g höher (Mittelwert \pm Standardabweichung: Versuchsabteile: 429 \pm 129 g, Kontrollabteile: 408 \pm 122g).

Summary of (expected) results

Water pipe cleaning by mechanical flushing pulses and chemical compounds based on tartaric acid led to reduction of pipe deposits and endotoxin concentrations in deposits. There were no significant differences between water in the experimental and control compartments in terms of bacterial cell counts, coliform pathogens and chemical-physical parameters (iron, nitrate, pH-value, conductivity, sulphate, endotoxin) at the beginning and end of nursery in the three batches. Immediate temporal comparisons of water parameters before and after cleaning showed a significant reduction in endotoxin concentrations.

There were no differences in the proportion of animals with ear and tail wounds and a positive Salmonella antibody titer, cough and sneeze indices, concentrations of the acute phase proteins C-reactive protein and haptoglobin or the salivary markers cortisol, α -amylase,

oxytocin and chromogranin A between control and experimental compartments. Batch, farm and time of sampling had partially significant effects on measured parameters. A two-factorial analysis of variance resulted in both farms in a significant influence of both, batch and compartment (pipe cleaning), on daily weight gains of piglets. In the compartments with cleaned water pipes, the daily weight gains were about 20 g higher (mean±standard deviation: experimental compartments: 429±129 g, control compartments: 408±122 g).

2. Eingehende Darstellung

In diesem Projekt sollte untersucht werden, ob sich eine einmalige Wasserleitungsreinigung mit einer 1,5%igen weinsäurehaltigen Reinigungslösung positiv auf die Tiergesundheit, die Salmonellenbelastung und die Wachstumsraten der Tiere auswirkt. Hinweise auf subklinisch ablaufende Entzündungsprozesse und Stressreaktionen sollten durch die Bestimmung von Entzündungsmarkern im Blut (Haptoglobin, C-reaktives Protein) und Stressmarkern im Speichel (Cortisol, α -Amylase, Oxytocin, Chromogranin A) detektiert werden. Die Hypothese war, dass eine Leitungsreinigung zu einer Verminderung der Keim- und Endotoxinbelastung im Tränkwasser und gleichzeitig zu einer besseren Schmackhaftigkeit führt. Es sollte geklärt werden, ob das Verfahren eher zu einer Reduktion oder zu einer Vermehrung von Keimlasten im Wasser führt, denn durch ein Aufbrechen stabiler Leitungsbeläge können Komponenten von Biofilmen einschließlich von Mikroorganismen freigesetzt werden.

Obwohl sich in dieser Studie keine Unterschiede zwischen Tieren in Abteilen mit gereinigten Wasserleitungen und solchen mit ungereinigten Wasserleitungen in Bezug auf die Häufigkeiten klinischer Symptome und labordiagnostisch erfasster Entzündungs- und Stressparameter ergaben, zeigten Tiere in Versuchsabteilen signifikant bessere Tageszunahmen.

2.1. Verwendung der Zuwendung

Neben den Personalausgaben und Kosten für die Wasseranalysen wurden die höchsten Aufgaben im Projekt für die Stressmarker-, Akute-Phase-Protein- und Endotoxinanalytik vorgenommen. Um Kosten einzusparen, wurde nach einer chemischen Wasseruntersuchung zur Definition der Ausgangssituation, die keine Beanstandung des Wassers ergeben hatte, auf die chemische Untersuchung in Folgeproben verzichtet. Die makroskopische Untersuchung der Leitungsbeläge entsprechend dem angewendeten Befundschlüssel für Leitungsbeläge (Vogels et al. 2020) hatte im ersten Betrieb überwiegend anorganische Komponenten der Leitungsbeläge ergeben. Im zweiten Betrieb waren die Leitungsbeläge geringer und wurden als eher organisch eingeschätzt. Eine chemische Wasseruntersuchung im Verlauf erschien auf beiden Betrieben nicht zielführend.

Wasseruntersuchungen insgesamt:	2888,10 Euro
Reagenzien für Endotoxinuntersuchungen:	4345,45 Euro
Stressmarkeruntersuchungen:	3983,50 Euro
Akute-Phase-Proteinuntersuchungen:	8417,00 Euro

Die Projektpartner 1-3 benötigten weniger Mittel als vorgesehen, da die Arbeitsabläufe auf den Betrieben überwiegend von dem Projektmitarbeiter der TiHo durchgeführt wurden und weniger Hilfe durch die Landwirte benötigt wurde. Insgesamt ergaben sich weniger Reisekosten, da

sich die Leitungsreinigungen und Betriebsuntersuchungen nicht über mehrere Tage erstreckten, so dass keine Übernachtungskosten entstanden. Außerdem wurden Fahrten im Rahmen von Lehrveranstaltungen mit Fahrten für Betriebsuntersuchungen zusammengelegt, so dass weniger zusätzliche Fahrten nötig wurden. Die in 2023 noch verfügbaren Mittel wurden mit Schreiben vom 5.2.2024 und Änderungsbescheid vom 6.2.2024 in Personalmittel für statistische Auswertungen und die Präsentation der Ergebnisse für die Restlaufzeit des Projektes umgewidmet.

2.1.1 Gegenüberstellung der Planung im Geschäftsplan und der tatsächlich durchgeführten und abgeschlossenen Teilschritte jeweils für ein OG-Mitglied und die Aufgaben im Rahmen der laufenden Zusammenarbeit einer OG

Alle beantragten Finanzmittel sollten laut Finanzierungsplan ursprünglich in 2021 fällig werden. Aufgrund der Coronaviruspandemie-bedingten Projektverzögerung, der marktwirtschaftlich bedingten Krise in der Schweineproduktion, die dazu führte, dass in bestimmten Phasen keine Ferkel eingestallt wurden, und dem Ausfall von Kongressen, auf dem Ergebnisse präsentiert werden sollten, verschob sich das Projekt bis 2024. Es wurden insgesamt drei Auszahlungstermine fällig (15.2.2022, 15.8.2022, 15.8.2024).

Im Unterschied zum ursprünglichen Projektplan, nach dem beide Projektbetriebe parallel in der gleichen Zeitperiode tage- bzw. wochenweise verschachtelt untersucht werden sollten, konnten die drei Durchgänge auf jedem Betrieb nur nacheinander untersucht werden (Tab. 1). Während eines Versuchsdurchgangs auf einem Betrieb musste die gesamte Zeit auf die Vor- und Nachbereitung der Untersuchungstermine mit nachgeschalteter Probenbearbeitung und Dokumentation verwendet werden. Dies ist der Hauptgrund für die Abweichungen im Zeitplan, die in Tab. 2 (Finanzen) und Tab. 3 (Projektarbeiten) visualisiert sind.

Juli 2021 bis Oktober 2021: Planung der Versuchsdurchführung mit den Kooperationspartnern, Erstellung von Tabellen zur Beurteilung der Tiergesundheit, Erstellung von Tierversuchsanträgen, Einholen von Kostenvoranschlägen für Untersuchungen, Bestellungen und Zusammenstellen von benötigten Materialien.

Oktober 2021 bis März 2022: Durchführung der Versuche auf dem ersten Betrieb (Partner 2): Installieren von Wasseruhren, Vermessung und Analyse von Tränkwasserleitungen, Leitungsbelagscharakterisierung, Durchführung der Reinigungen, Erhebung von Produktions- und Gesundheitsdaten, Wasseruntersuchungen, Untersuchung der Salmonellenwischproben, Untersuchung und Ergebnisdokumentation von Wasser-, Biofilm-, Blut- und Speichelproben.

April 2022 bis Oktober 2022: Durchführung der Versuche auf dem zweiten Betrieb (Partner 1): Installieren von Wasseruhren, Vermessung und Analyse von Tränkwasserleitungen, Leitungsbelagscharakterisierung, Durchführung der Reinigungen, Erhebung von Produktions- und Gesundheitsdaten, Wasseruntersuchungen, Untersuchung der Salmonellenwischproben, Untersuchung und Ergebnisdokumentation von Wasser-, Biofilm-, Blut- und Speichelproben.

Oktober 2022 bis Juli 2023: Untersuchung der Blutproben auf C-reaktives Protein, Haptoglobin und Salmonellenantikörper, Versuche zur Zellgehaltbestimmung in Biofilmproben, Untersuchung der Speichelproben an der Universidad de Murcia in Spanien auf Cortisol, α -Amylase, Oxytocin und Chromogranin A durch das Wissenschaftlerteam vor Ort, Untersuchung der Biofilm- und Wasserproben auf Endotoxine am Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der TiHo Hannover.

Februar 2023 bis Februar 2024: Erstellung der Datensätze, Gegenüberstellung und statistische Auswertung der Daten, Verfassens eines wissenschaftlichen Kongressbeitrages, Vorbereitung einer Publikation.

Insgesamt wird der Zeitverzug als unkritisch bewertet, da alle Arbeitspakete final zum Abschluss gebracht werden konnten. Die Präsentation der abschließenden Ergebnisse erfolgte im Juni 2024 auf dem European Congress of Porcine Health Management. Für die Kongressteilnahme sowie für Publikationskosten sind Gelder im Projekt beantragt und bewilligt.

Tab. 1. Daten zu den Versuchsbetrieben

	Betrieb Partner 1 (NRW)	Betrieb Partner 2 (Nds)
Betriebsgröße	7000 Aufzuchtplätze (spezialisiert)	280 Sauen, Ferkelerzeugung, Mast (geschlossenes System)
Kontroll- und Versuchsabteile	400 Tiere je Kontroll- und Versuchsabteil in 4 Buchten mit je 100 Tieren, Gewichtssortierung bei Einstallung, bis zu 70% der Ferkel werden während der Aufzuchtphase innerhalb eines Abteils umgesetzt.	100 Tiere je Kontroll- und Versuchsabteil in 4 Buchten mit je 25 Tieren, kein Umsetzen von Tieren.
Lüftung	Rieseldecke	Türganglüftung
Fütterung	Futterinsel mit 6 Breifutterautomatenplätzen, 12 Sprühnippeln und 5 Schalenrännchen pro Bucht.	3 Trockenfutterautomatenplätze mit 3 Nippeltränken und 2 Nippeltränken an der Wand pro Bucht.
Wasserherkunft	Brunnenwasser	Brunnenwasser
Reinigungs- verfahren	Einbringen der Reinigungslösung in Stichleitung mit Druckkonstantpumpe (2 bar Druck) ins System, 30 Minuten Einwirkzeit, Ablassen der Flüssigkeit in Intervallen, drei Spülzyklen.	Integration der Reinigungsapparatur in das Tränkesystem des Versuchsabteils über ein flexibles Schlauchanschlußsystem. Ringspülung für drei Stunden in wechselnden Intervallen von Einwirkphasen (keine Strömung) und mechanischen Impulsen (Umpumpen).
Durchgang 1	5.4.-26.5.2022 Versuchsabteil: 277 Ferkel Kontrollabteil: 284 Ferkel, Antibiotische Injektionsbehandlung aller Tiere, da Verdacht auf Glässersche Krankheit, 24°C Raumtemp. bei Einstallung (zu kalt), Luft NH ₃ Kontrollabteil Luft NH ₃ ⊙24 ppm Versuchsabteil Luft NH ₃ ⊙20 ppm	4.10.-23.11.2021 100 Tiere je Abteil, Ohr- und Schwanzkannibalismus durch Zugluft durch die Türganglüftung, Abstellen der Zugluft durch Brettkonstruktion, Atemwegserkrankung 6 Wochen nach Einstallung und Behandlung. Kontrollabteil Luft NH ₃ ⊙4 ppm Versuchsabteil Luft NH ₃ ⊙4 ppm
Durchgang 2	22.7.-30.8.2022 Versuchsabteil: 397 Ferkel, Luft NH ₃ ⊙12 ppm Kontrollabteil: 396 Ferkel, Luft NH ₃ ⊙14 ppm	29.11.2021-25.1.2022 100 Tiere je Abteil Kontrollabteil Luft NH ₃ ⊙4 ppm Versuchsabteil Luft NH ₃ ⊙5 ppm
Durchgang 3	7.9.-26.10.2022 Versuchsabteil: 418 Ferkel, Luft NH ₃ ⊙20 ppm Kontrollabteil: 420 Ferkel, Luft NH ₃ ⊙17 ppm	2.2.-22.3.2022, 100 Tiere je Abteil Kontrollabteil Luft NH ₃ ⊙1 ppm Versuchsabteil Luft NH ₃ ⊙1 ppm

Tab. 2. Gegenüberstellung der geplanten und tatsächlichen Ausgaben der Projektpartner in Euro

	Partner 1 (Overmann)					Partner 2 (Willenborg)					Partner 3 (Aumann)					Partner 5 (TiHo)					
	Soll (€)	Ist (€)				Soll (€)	Ist (€)				Soll (€)	Ist (€)				Soll (€)	Ist (€)				
	21	21	22	23	24	21	21	22	23	24	21	21	22	23	24	21	21	22	23	24	
Projektjahr	21	21	22	23	24	21	21	22	23	24	21	21	22	23	24	21	21	22	23	24	
Richtlinie Nr.:																					
5.3.1 Personalausgaben	1250	350	900			1250	650	600			6400	1100	1825	750		40.000	20045	20804,99	12373,75		
5.3.2 Material für wiss. Untersuchungen											60	588				31200	10012,81	2293,16	10213,76		
5.3.3 Nutzungskosten	540					1020							750								
5.3.4 Reisekosten											730	107,4	216,6	171,6		2090	286,8	762,3	712,8		
5.3.6 Kauf und Leasing																					
5.2.1 Personalausgaben Koordination																1425		1425			
5.2.2 Öffentlichkeitsarbeit																3400					1759,21
5.2.4 Verwaltungskostenpauschale																217,80					213,75
Gesamt	1790	350	900			2270	650	600			7190	1795,4	2791,6	921,6		73290 + 5042,8= 78332,8	30.344,61	25.285,45	23300,31	1972,96	

Tab. 3. Gegenüberstellung des ursprünglichen und tatsächlich verwirklichten Zeit- und Arbeitsplans der einzelnen Projektpartner

	Plan		Ist		Ist		Ist		Ist																					
	Jan-Juni 2021	Juli-Dez. 2021	Jan-Juni 2021	Juli-Dez. 2021	Jan-Juni 2022	Juli-Dez. 2022	Jan-Juni 2023	Juli-Dez. 2023	Jan-Juni 2024																					
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
AP 1: Status-quo-Erhebung auf zwei Ferkelaufzuchtbetrieben																														
Technische Analyse der Wasserleitungssysteme	■	■	■	■																										
Dokumentation des Tränkwasserleitungssystems																														
Untersuchung von Wasserproben																														
Klinische Untersuchung von Schweinen																														
Klimamessungen																														
Gewinnung von Biofilmen aus Leitungsbälgen																														
Untersuchung von Biofilmen (chemisch, mikrobiologisch)																														
Installation von Wasseruhren	■	■	■	■																										
Untersuchung von Umgebungsproben auf Salmonellen																														
Meilenstein 1 (Stichtag 1.2.2021): Tränkwasserleitungssysteme sind in beiden	■	■	■	■																										

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Betrieben vermessen und technisch analysiert, Skizzen wurden erstellt																																													
Meilenstein 2 (Stichtag 1.8.2021): Wasseruhren wurden installiert																																													
Meilenstein 3 (Stichtag 1.8.2021): Betriebsspezifische Leitungsbelags- charakterisierungen liegen vor																																													
AP 2: Tränkwasserleitungsreinigung in jeweils drei Durchgängen auf zwei Ferkelaufzuchtbetrieben mit einem neuen Konzept																																													
Installation der mechanischen Reinigungs- vorrichtung und Leitungsreinigung eines Abteils auf jedem der beiden Betrieben in einem ersten Durchgang mit 4Cidal®																																													
Dokumentation der Dauer des Reinigungs- vorganges im ersten Durchgang																																													
Reinigung der Nippeltränken im ersten Durchgang																																													
Überprüfung des Reinigungserfolges im ersten Durchgang																																													

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Wasseruntersuchung im ersten Durchgang																																													
Installation der mechanischen Reinigungsvorrichtung und Leitungsreinigung eines Abteils auf jedem der beiden Betrieben in einem zweiten Durchgang																																													
Dokumentation der Dauer des Reinigungsvorganges im zweiten Durchgang																																													
Reinigung der Nippeltränken im zweiten Durchgang																																													
Überprüfung des Reinigungserfolges im zweiten Durchgang																																													
Wasseruntersuchung im zweiten Durchgang																																													
Installation der mechanischen Reinigungsvorrichtung und Leitungsreinigung eines Abteils auf jedem der beiden Betrieben in einem dritten Durchgang																																													
Dokumentation der Dauer des Reinigungsvorganges im dritten Durchgang																																													
Reinigung der Nippeltränken im dritten Durchgang																																													

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Überprüfung des Reinigungserfolges im dritten Durchgang																																													
Wasseruntersuchung im dritten Durchgang																																													
Meilenstein 4 (Stichtag 1.8.2021): Reinigungsverfahren in beiden Betrieben etabliert, vorläufige Verfahrensanweisung liegt vor.																																													
AP 3 Messung der Effekte des innovativen Leitungsreinigungskonzeptes in jeweils 3 Durchgängen in zwei Ferkelaufzuchtbetrieben																																													
Ferkelwiegungen bei der Einstellung und bei der Ausstallung Durchgang 1 Betrieb 1 (Partner 1)																																													
Klinische Untersuchung der Ferkel inkl. Scoring von Hautwunden an Ohren und Schwänzen im ersten Durchgang auf Betrieb 1 (Partner 1) bei Ein- und Ausstallung, sowie an 2-3 Zeitpunkten während des Durchgangs																																													
Dokumentation von Erkrankungen und Behandlungen während des ersten Durchgangs auf Betrieb 1 (Partner 1)																																													

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Speichelprobenentnahme bei Ein- und Ausstallung im ersten Durchgang auf Betrieb 1																																													
Blutprobenentnahme bei Ausstallung im ersten Durchgang auf Betrieb 1 (Untersuchung auf Entzündungsmarker und Salmonellenantikörper)																																													
Gewinnung und Untersuchung (mikrobiologisch, chemisch) von Leitungsbelägen am Ende der Aufzucht im ersten Durchgang auf Betrieb 1 (Partner 1)																																													
Ferkelwiegungen bei der Einstallung und bei der Ausstallung Durchgang 1 Betrieb 2 (Partner 2)																																													
Klinische Untersuchung der Ferkel inkl. Scoring von Hautwunden an Ohren und Schwänzen im ersten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2) bei Ein- und Ausstallung, sowie an 2-3 Zeitpunkten während des Durchgangs																																													
Dokumentation von Erkrankungen und Behandlungen während des ersten Durchgangs auf Betrieb 2 (Partner 2)																																													

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Speichelprobenentnahme bei Ein- und Ausstallung im ersten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2)																																													
Blutprobenentnahme bei Ausstallung im ersten Durchgang auf Betrieb 2 (Untersuchung auf Entzündungsmarker und Salmonellenantikörper)																																													
Gewinnung und Untersuchung (mikrobiologisch, chemisch) von Leitungsbelägen am Ende der Aufzucht im ersten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2)																																													
Ferkelwiegungen bei der Einstallung und bei der Ausstallung Durchgang 2 Betrieb 1 (Partner 1)																																													
Klinische Untersuchung der Ferkel inkl. Scoring von Hautwunden an Ohren und Schwänzen im zweiten Durchgang auf Betrieb 1 (Partner 1) bei Ein- und Ausstallung, sowie an 2-3 Zeitpunkten während des Durchgangs																																													
Dokumentation von Erkrankungen und Behandlungen während des zweiten Durchgangs auf Betrieb 1 (Partner 1)																																													

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Speichelprobenentnahme bei Ein- und Ausstallung im zweiten Durchgang auf Betrieb 1																																													
Blutprobenentnahme bei Ausstallung im zweiten Durchgang auf Betrieb 1 (Untersuchung auf Entzündungsmarker und Salmonellenantikörper)																																													
Gewinnung und Untersuchung (mikrobiologisch, chemisch) von Leitungsbelägen am Ende der Aufzucht im zweiten Durchgang auf Betrieb 1 (Partner 1)																																													
Ferkelwiegungen bei der Einstallung und bei der Ausstallung Durchgang 2 Betrieb 2 (Partner 2)																																													
Klinische Untersuchung der Ferkel inkl. Scoring von Hautwunden an Ohren und Schwänzen im zweiten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2) bei Ein- und Ausstallung, sowie an 2-3 Zeitpunkten während des Durchgangs																																													
Dokumentation von Erkrankungen und Behandlungen während des zweiten Durchgangs auf Betrieb 2 (Partner 2)																																													

	Plan										Ist										Ist										Ist										Ist									
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024									
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Speichelprobenentnahme bei Ein- und Ausstallung im zweiten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2)																																																		
Blutprobenentnahme bei Ausstallung im zweiten Durchgang auf Betrieb 2 (Untersuchung auf Entzündungsmarker und Salmonellenantikörper)																																																		
Gewinnung und Untersuchung (mikrobiologisch, chemisch) von Leitungsbelägen am Ende der Aufzucht im zweiten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2)																																																		
Ferkelwiegungen bei der Einstallung und bei der Ausstallung Durchgang 3 Betrieb 1 (Partner 1)																																																		
Klinische Untersuchung der Ferkel inkl. Scoring von Hautwunden an Ohren und Schwänzen im dritten Durchgang auf Betrieb 1 (Partner 1) bei Ein- und Ausstallung, sowie an 2-3 Zeitpunkten während des Durchgangs																																																		
Dokumentation von Erkrankungen und Behandlungen während des dritten Durchgangs auf Betrieb 1 (Partner 1)																																																		

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Speichelprobenentnahme bei Ein- und Ausstallung im dritten Durchgang auf Betrieb 1																																													
Blutprobenentnahme bei Ausstallung im dritten Durchgang auf Betrieb 1 (Untersuchung auf Entzündungsmarker und Salmonellenantikörper)																																													
Gewinnung und Untersuchung (mikrobiologisch, chemisch) von Leitungsbelägen am Ende der Aufzucht im dritten Durchgang auf Betrieb 1 (Partner 1)																																													
Ferkelwiegungen bei der Einstallung und bei der Ausstallung Durchgang 3 Betrieb 2 (Partner 2)																																													
Klinische Untersuchung der Ferkel inkl. Scoring von Hautwunden an Ohren und Schwänzen im dritten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2) bei Ein- und Ausstallung, sowie an 2-3 Zeitpunkten während des Durchgangs																																													
Dokumentation von Erkrankungen und Behandlungen während des dritten Durchgangs auf Betrieb 2 (Partner 2)																																													

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Speichelprobenentnahme bei Ein- und Ausstallung im dritten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2)																																													
Blutprobenentnahme bei Ausstallung im dritten Durchgang auf Betrieb 2 (Untersuchung auf Entzündungsmarker und Salmonellenantikörper)																																													
Gewinnung und Untersuchung (mikrobiologisch, chemisch) von Leitungsbelägen am Ende der Aufzucht im dritten Durchgang auf Betrieb 2 (Partner 2)																																													
Meilenstein 5 (Stichtag 1.8.2021): Gesundheits- und Produktionsdaten aus dem ersten Durchgang liegen von beiden Betrieben																																													
Meilenstein 6 (Stichtag 1.8.2021): Ergebnisse der Wasser- und Leitungsbelagsuntersuchungen aus dem ersten Durchgang liegen von beiden Betrieben vor.																																													
Meilenstein 7 (Stichtag 1.2.2022): Alle vergleichenden Gesundheits- und Produktionsdaten aus beiden Betrieben (jeweils drei Durchgänge) liegen vor																																													

	Plan					Ist					Ist					Ist					Ist																								
	Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2021					Juli-Dez. 2021					Jan-Juni 2022					Juli-Dez. 2022					Jan-Juni 2023					Juli-Dez. 2023					Jan-Juni 2024				
OG-Mitglied/Partner:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Meilenstein 8 (Stichtag 1.2.2022): Alle Ergebnisse der Wasser- und Leitungsbelagsuntersuchungen von allen drei Durchgängen auf den beiden Betrieben liegen vor.																																													
Meilenstein 9 (Stichtag 1.2.2022): Alle Blut- und Speichelprobenergebnisse liegen vor.																																													
AP 4 Bewertung, Wirtschaftlichkeitsberechnung und Wissenstransfer																																													
Auswertung des Zeitaufwandes für die Leitungsreinigungen																																													
Auswertung des Materialverbrauchs für die Leitungsreinigung																																													
Vergleichende Bewertung (statistische Auswertung) der Produktions- und Gesundheitsdaten																																													
Wirtschaftlichkeitsberechnung und Bewertung des Verfahrens/Erstellung von Verfahrensanweisungen																																													
Meilenstein 10 (Stichtag 1.2.2022): Abschließende Wirksamkeits- und Wirtschaftlichkeitsbewertung des neuen Reinigungsverfahrens liegt vor.																																													

2.2 Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn

Die Schweinehaltung wird - geografisch betrachtet - durch das lokale Vorkommen der Ressourcen Wasser und Arbeitskräfte bestimmt. Eine Wasserverknappung ist in Zukunft auch in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen durch häufiger auftretende Hitze- und Trockenheitsperioden zu erwarten (Jacob et al. 2020). Durch Extremwittersituationen ist außerdem mit konzentriertem Niedergang großer Niederschlagsmengen und einem vermehrten Eintrag von einsickerndem Oberflächenwasser in das Tränkwasserleitungssystem von Ställen zu rechnen, wenn diese mit Brunnenwasser versorgt werden, wie es in Niedersachsen in etwa 40% der Mastbetriebe der Fall ist (Schulz 2013). Aufgrund höherer Temperaturen im Stall ist mit einem hohen Keimdruck vor allem auch in Wasserleitungen zu rechnen, so dass Tränkwasserleitungsreinigungen in Erwägung gezogen werden sollten.

Diese Prozesse der Tränkwasserleitungsreinigung sollten im beantragten Projekt erarbeitet und in Hinblick auf positive Effekte auf Tiergesundheit und Leistung bewertet werden. Ein besonderer Fokus wurde dabei auf Hautveränderungen durch Schwanz- und Ohrenbeißen, bzw. durch das kontrovers diskutierte Krankheitsbild des „Swine Inflammation and Necrosis Syndrome“ (Reiner et al. 2019) gelegt, sowie auf das Auftreten von Magen-Darm- und Atemwegserkrankungen, die in der Aufzucht die häufigsten Indikationen für eine antibiotische Behandlung generell und für einen Einsatz von sogenannten Reserveantibiotika (Highest Priority Critically Important Antimicrobials) darstellen (van Rennings et al. 2015; Trauffer et al. 2014). Da Tränkwasserleitungen ein Reservoir für Salmonellen auf Beständen darstellen können, wurde außerdem die Salmonellenbelastung in der Umgebung der Aufzuchtferkel untersucht (Vogels und Hennig-Pauka 2020).

In diesem Projekt sollte der Teufelskreis der suboptimalen Wasser- und Leitungshygiene in der Ferkelaufzucht, der einen wichtigen Risikofaktor für die am häufigsten beobachteten Krankheitsbilder, die einen Antibiotikaeinsatz nach sich ziehen, mit einem neuen Reinigungskonzept durchbrochen werden. Zum Zeitpunkt des Projektbeginns waren keine praxistauglichen Reinigungskonzepte verfügbar.

2.2.1 Ausgangssituation:

Der OG-Partner 1 A+B Ferkel GbR Bernd Overmann hatte zu Projektbeginn wiederkehrende Probleme mit Ohrtrandnekrosen. Über ein Jahr war zuvor versucht worden, durch Verbesserung des Stallklimas und durch eine neue Futterzusammensetzung eine Verbesserung des Krankheitsbildes zu erreichen. Als eine mögliche Ursache wurden Tränkwasserleitungsbiofilme vermutet. In diesen waren vor Versuchsbeginn bereits Salmonellen nachgewiesen worden.

Bei dem OG-Partner 2 Josef Willenborg zeigten die Aufzuchtferkel vor Versuchsbeginn eine reduzierte Futteraufnahme. Es wurde vermutet, dass es aufgrund von Wasserinhaltsstoffen, die aus Leitungsbelägen freigesetzt worden waren, zu einer Geschmacksbeeinträchtigung des Wassers mit der Folge einer reduzierten Wasser- und dann Futteraufnahme kam. Beiden Landwirten war es in der Vergangenheit nicht möglich gewesen, die Situation alleine durch Leitungsspülungen und Wasserhygienisierungen zu verbessern.

Der OG-Partner 3 Aumann Hygienetechnik entwickelte für dieses Projekt ein mobiles Reinigungsgerät, das im ersten Betrieb erstmalig zum Einsatz kam.

Der OG-Partner 4 ConVet GmbH & Co. KG stellte die Reinigungssubstanz 4Cidal® (Weinsäure und katalytische Additive) kostenlos für das Projekt zu Verfügung. Laut Hersteller löst die

Substanz Biofilme und zerstört die Erbsubstanz von Erregern (DNA, RNA). Die Substanz besitzt keine Umwelttoxizität und ist weder für Menschen noch Tiere toxisch.

2.2.2 Projektaufgabenstellung

In zwei Betrieben mit unterschiedlichen Ferkelaufzucht Konzepten wurden in drei Durchgängen in einem Versuchsabteil Tränkwasserleitungsreinigungen vorgenommen, die auf mechanischen Spülimpulsen und einer chemischen Reinigungswirkung beruhten. Tiergesundheitsparameter, Leitungsbeläge und Wasserqualität, sowie Bedingungen in den Buchten (Nippeldurchflussraten, Salmonellenbelastung) wurden zwischen dem Versuchsabteil und einem baugleichen Kontrollabteil, in dem keine Leitungsreinigungen erfolgten, verglichen.

2.3 Ergebnisse der OG in Bezug auf

2.3.1 Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. Beispiele wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?

OG-Partner 1 und 2 trafen Vorbereitungen für die Versuchsdurchführung und erstellten Zeitpläne abhängig von den Ein- und Ausstellungszeitpunkten der Ferkel. Die Umsetzung der Reinigungsversuche war nur gemeinsam mit allen Partnern möglich. Partner 3 schaffte die technischen Voraussetzungen für die Reinigungen abhängig von den baulichen Gegebenheiten vor Ort und führte die Reinigungen auf den Betrieben (insgesamt sechs Reinigungen) durch. OG Partner 4 stellte die Reinigungssubstanz zur Verfügung. OG Partner 1 und 2 führten die Tierkontrollen und Dokumentationen während der Aufzuchtphasen durch. OG Partner 5 unterstützte bei den Reinigungen, bei den Ein- und Ausstellungen und führte gemeinsam mit den Partnern 1 und 2 die Wiegen und die Blut- und Speichelprobenentnahmen durch. Außerdem untersuchte er die Buchten auf Salmonellenkontamination, erfasste die Durchflussraten der Nippeltränken über die Zeit und leitete Wasser- und Biofilmuntersuchungen ein. Die Tiere wurden von Partner 5 in zweiwöchigem Abstand untersucht und gescort. Der Koordinator (Partner 5) plante und koordinierte die Projektaufgaben und wertete die erhobenen Daten aus.

2.3.2 Was war der besondere Mehrwert bei der Durchführung des Projekts als OG?

Das Projekt konnte wegen der unterschiedlichen benötigten Expertisen nur als OG durchgeführt werden. Die Partner 1 und 2 stellten typische Tränkwasserleitungssysteme (Stichleitung) in jeweils zwei vergleichbaren, baugleichen Abteilen (Kontroll- und Versuchsabteil) auf ihren Betrieben zur Verfügung, für die aufgrund unterschiedlicher Buchtengrößen unterschiedliche Reinigungsprotokolle entworfen werden mussten. Die technische Vermessung und Bewertung der Tränkwasserleitungssysteme, sowie die baulich-technische Adaptation der Spülvorrichtung konnte nur durch einen technisch versierten und in Installationen erfahrenen Partner durchgeführt werden. Die Firma Aumann Hygienetechnik besitzt jahrzehntelange Erfahrung in der Reinigung und Hygienisierung von Tränkwassersystemen und kann die strömungstechnischen Bedingungen in Leitungssystemen einschätzen. Das von Partner 4 zur Verfügung gestellte Produkt 4Cidal® ist bisher nicht frei erwerbbar, da sich eine Produktion nur ab Einheiten von 100 000 Paketen a 1,5 kg (jeweils ausreichend für 100 l Reinigungslösung) lohnt. Dieses Pilotprojekt war daher auch eine wichtige Anwendungsstudie für Partner 4, um den Einsatzbereich für 4Cidal® auf den Tierbereich zu erweitern. Ohne Partner 4 wäre es nicht möglich gewesen, an die benötigten geringen Mengen von 4Cidal® zu kommen. Bei Partner 5 handelte es sich um Experten für Schweinemedizin, die auf Tiergesundheit und Diagnostik, sowie

Herdenmanagement spezialisiert sind. Die Veterinärmediziner bewerteten Nutzen und Risiken der Prozesse in Bezug auf Tierwohl und Tiergesundheit, führten eine Stichprobenplanung durch und erwirkten die Genehmigung eines Tierversuchs in einem regulären Tierversuchsantragsverfahrens. Die Arbeiten innerhalb der OG waren komplementär.

2.3.3 Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projekts vorgesehen?

Partner 5 und Partner 3 arbeiten über das Projekt hinaus weiter miteinander zusammen und entwickeln Lösungsansätze für schweinehaltende Betriebe, die Probleme mit Wasserverfügbarkeit und Tränkwasserhygiene haben. Diagnostische Befunde, die auf solchen Betrieben erhoben wurden, werden gemeinsam diskutiert und bezüglich ihrer Bedeutung für die Tiergesundheit bewertet. Partner 4 ist weiter im Austausch mit Partner 5, um für 4Cidal® weitere Anwendungsgebiete in der Schweinehaltung zu finden.

2.4 Ergebnisse des Innovationsprojektes

Das wichtigste technische Ergebnis des Innovationsprojektes ist die Etablierung von zwei unterschiedlichen Reinigungsprotokollen für Stichelungen. Die technischen Daten erlauben eine Übertragung des Protokolls auf andere Betriebe, die eine Tränkwasserreinigung wünschen. Die wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse sind der positive Einfluss der Tränkwasserleitungsreinigung auf die Tageszunahmen von Aufzuchtferkeln, ohne dass sich Unterschiede im Gesundheitszustand der Tiere in den Kontroll- und Versuchsabteilungen darstellen ließen. Auch subklinisch konnten anhand von labordiagnostischen Biomarkern (Akute-Phase-Proteine und Speichelstressmarker) keine Unterschiede im Gesundheitszustand der Tiere festgestellt werden. Durch dieses negative Ergebnis konnten die verwendeten Entzündungsmarker für die Praxis bewertet werden.

2.4.1 Zielerreichung

Die Arbeitspakete konnten weitgehend wie geplant durchgeführt werden. Es wurde in beiden Aufzuchtteilen durch die Tränkwasserleitungsreinigung eine Reduktion der Leitungsbeläge erreicht, auch wenn diese nicht vollständig war. Effekte auf die Tiergesundheit und die Produktivität konnten untersucht und bewertet werden.

2.4.2 Abweichungen zwischen Planung und Ergebnis

Der tatsächliche Zeitplan der Arbeitspakete entsprach nicht der ursprünglichen Planung. Es war zeitlich nicht möglich, auf beiden Betrieben die Versuchsdurchgänge parallel mit einer wöchentlichen Verschiebung wie ursprünglich geplant durchzuführen. Der Zeitaufwand für die Vorbereitung der Leitungsreinigungen, die Tieruntersuchungen und Beprobungen, sowie die Untersuchungen der Probenmaterialien, die Verwaltung der Ergebnisse und die Auswertung der Daten war bei Antragsplanung unterschätzt worden. Dagegen war der Zeitaufwand für die eigentliche Leitungsreinigung geringer als erwartet, da sie einem straffen Protokoll folgte. Aus diesem Grunde entstanden auch keine Übernachtungskosten. Die Hypothese, dass eine Leitungsreinigung zu einer verbesserten Tiergesundheit führt, konnte nicht bestätigt werden, da die Tiergesundheit in beiden Betrieben überwiegend gut war. Auf die meisten der phasenweise beobachteten Krankheitsbilder hatte der Durchgang den größten Einfluss. So trat im ersten Durchgang bei Partner 2 Ohr- und Schwanzbeißen auf, welches auf Zugluft durch die Türgangslüftung zurückgeführt werden konnte. Die Zugluft wurde durch eine luftableitende Brettkonstruktion in der Zukunft verhindert. Die Tiere entwickelten jedoch vermutlich als Folge der vorhergegangenen Zugluftexposition Atemwegserkrankungen, die vom Tierarzt behandelt werden mussten. Einige Tiere verloren im Verlauf der Aufzuchtphase

ihre Ohrmarken und standen dann für weitere Beprobungen und die Auswertung der Gewichtsentwicklung nicht mehr zur Verfügung.

Im Betrieb von Partner 1 musste für die Probenentnahme der Rohre zur Beurteilung und Gewinnung der Leitungsbeläge vor und nach jeder Reinigung ein anderer Rohrabchnitt gewählt werden, da bei der Entnahme von 10 cm Rohr das Rohr anschließend zu kurz gewesen wäre, um es wieder in das System einzubauen. Es wurde daher an der Entnahmestelle das alte Rohr ausgebaut und ein neues Rohr eingebaut. Im nächsten Durchgang wurde vor der Reinigung ein Rohr für die weiterführenden Untersuchungen verwendet, das benachbart neben dem im letzten Durchgang neu eingebauten Rohrs war. Vor dem dritten Reinigungsdurchgang im Betrieb von Partner 1 waren die beiden Abteile gereinigt aber noch nicht desinfiziert worden, als die Proben einschließlich der Umgebungsproben zur Untersuchung auf Salmonellen, genommen wurden. Auch die Salmonellenproben wurden an diesem Tag genommen, bevor die Abteile desinfiziert wurden.

Die Ablesung der Wasseruhren wurde nicht immer täglich durchgeführt. Im Betrieb 1 entstanden große Ableseleücken in den einzelnen Aufzuchtphasen. Dies war bei der Auswertung dann deshalb ein Problem, weil zwischen den Ablesezeitpunkten Tiere verendeteten, so dass die Wasseraufnahmen nicht mehr zwischen den Abteilen verglichen werden konnten, da sich zwischendurch die Tierzahl geändert hatte. Für die Auswertung wurden Zeitphasen herangezogen, in denen möglichst wenig Tierzahlunterschiede zwischen beiden Wasseruhrablesezeitpunkten bestanden. Dennoch kann im Betrieb 1 nur von einer Schätzung ausgegangen werden.

Die Untersuchungsmöglichkeiten der eigentlichen Leitungsbeläge blieben am Ende eingeschränkter als geplant. Es war geplant gewesen, die bakterielle Belastung in den Leitungsbelägen zu bestimmen (Gesamtkeimzahl). Da die meisten bakteriellen Erreger in Leitungsbelägen nicht unter herkömmlichen Kulturbedingungen anzuzüchten sind, sollte entweder die immunfluoreszenzmikroskopische Erfassung und Auszählung von Bakterien im Formalin-fixierten Leitungsbelag nach Anfärbung der Zellkerne mit einem fluoreszierenden Farbstoff durchgeführt werden, oder aber eine durchflusszytometrische Untersuchung der Zellsuspension. Der Belag wies jedoch keine homogene Struktur auf und konnte nicht in Suspension gebracht werden. Im Formalin-fixierten Präparat lagen dreidimensionale Strukturen (Klumpen) vor, in denen die Bakterien nicht je Gesichtsfeld ausgezählt werden konnten. Auch für eine durchflusszytometrische Untersuchung waren die Präparate nicht geeignet, da die Mikropartikel die Geräte zerstört hätten. Alternativ erfolgte eine semiquantitative Bewertung der Leitungsbeläge nach Gramfärbung der Bakterien und Betrachtung unterm Lichtmikroskop. Die lichtmikroskopische Einschätzung in Bezug auf die Bakterienmasse war jedoch schlussendlich aufgrund der Überlagerung der Strukturen nicht möglich. Leider konnten auch Trockensubstanzgehalt und Anteil an anorganischer Substanz nicht in den Leitungsbelägen bestimmt werden, da viel zu wenig Belagsmaterial gewonnen werden konnte. Für diese chemischen Analysen werden größere Mengen für Trocknungs- und nachfolgende Veraschungsprozesse benötigt. Die Kategorisierung der Beläge in anorganisch und organisch kann anhand der Trockensubstanz (TS) und der Rohasche nach einem in einem Vorprojekt erarbeiteten Bewertungsschlüssel vorgenommen werden (Vogels et al. 2020). Für organisch dominierte Beläge wurde die TS bei $< 10\%$ der Massenkonzentration und die Rohasche bei $< 25\%$ der TS festgelegt. Für anorganisch dominierte Beläge wurde die

TS bei $> 10\%$ der Massenkonzentration und die Rohasche bei $> 25\%$ der TS festgelegt. In beiden Partnerbetrieben wurde die Bewertung der Leitungsbeläge makroskopisch vorgenommen.

2.4.3 Projektverlauf (evtl. Fotos)

Untersuchungen von Wasserleitungen und der Tierumgebung

Alle sechs Leitungsreinigungen erfolgten nach Ausstallung der Ferkel des vorangegangenen Aufzuchtdurchgangs im gereinigten Abteil in der Serviceperiode vor Einstellung der neuen Ferkelpartie. Zu Versuchsbeginn wurden auf jedem Betrieb im Versuchs- und Kontrollabteil jeweils Wasseruhren installiert, so dass es während des Versuchs möglich war, den jeweiligen Wasserverbrauch beider Abteile in jedem Durchgang zu ermitteln (Tab. 4). Ungenauigkeiten entstanden durch Wasser, das für Reinigungsprozesse verbraucht wurde, so dass für die Messung der durchschnittlichen Wasseraufnahme pro Tier und Tag die Differenzen der Volumenangaben der Wasseruhren in einem Zeitraum von 14-16 Tagen während der Ferkelaufzuchtphase ermittelt wurden. In der ausgewählten Zeitphase sollte die Anzahl der Tiere in den jeweiligen Versuchs- und Kontrollabteilen gleichgeblieben sein, d.h. es sollten keine Tiere verendet sein. Dies war durchgehend im Partnerbetrieb 2, jedoch nicht im Partnerbetrieb 1 möglich. Die Wasseraufnahme unterschied sich nicht zwischen den Kontroll- und Versuchsabteilen.

Tab.4. Gesamtwasserverbrauch und durchschnittliche Wasseraufnahme in den Kontroll- (K-) und Versuchs- (V-) Abteilen

Betrieb Partner 1									
	Gesamtwasserverbrauch (m³)					Tieralter¹	⊙ Wasseraufnahme/Tier/Tag (Liter)		
Datum	V		K				V	K	
07.04-26.05.22	34,22		27,59			5.-6. LW	1,31	1,2	
22.07-30.08.22 ²	33,19		29,46			4.-5. LW	0,75	0,79	
12.09-26.10.22 ²	49,78		46,22			4.-5.LW	1,34	1,21	
Betrieb Partner 2									
	Gesamtwasserverbrauch (m³)						Tieralter¹	⊙ Wasseraufnahme/Tier/Tag (Liter)	
Datum	V1/2	V3/4	Ges. V	K1/2	K3/4	Ges. K		V	K
06.10-22.11.21	5,36	4,55	9,73	4,98	4,01	8,988	6.-8. LW	3,03	2,94
01.12-25.01.22	8,56	5,75	14,31	7,97	5,29	13,257	6.-8. LW	1,81	1,84
02.02- 22.03.22	6,17	5,44	11,61	7,67	4,13	11,801	6.-8. LW	1,89	1,90

V=Versuchsabteil, K=Kontrollabteil, V1/2 und V3/4, bzw. K1/2 und K3/4 = Wasseruhrmesswerte in den Buchten 1 und 2, sowie 3 und 4 in den Kontroll- und Versuchsabteilen, Ges.= Gesamtwasserverbrauch in den Versuchs- und Kontrollabteilen, LW= Lebenswoche, ¹Tieralter in Lebenswochen zur Bestimmung der Wasseraufnahme (Durchschnittswert der Wasseraufnahme nach Auswertung von 14-16 Tagen), ²da während der Wasseraufnahmeauswertungsphase Tiere verendet sind, ist die durchschnittliche Wasseraufnahme pro Tier nur ein Schätzwert.

Parallel zur Untersuchung der Tiere (s.u.) wurden im Versuchsverlauf in zweiwöchigem Abstand jeweils die Wasserdurchflussraten an den Nippeltränken ermittelt. Dafür wurden in jeder Bucht die Durchflußraten von 5 Nippeltränken erfasst. Innerhalb der Buchten lagen die Variationskoeffizienten der Nippeldurchflussraten im Mittel aller Messzeitpunkte zwischen 4-60% mit mittleren Durchflussraten von 0,78-1,82 l/min. Die geringste Durchflußrate war 0,1 l/min, die höchste Durchflussrate 2,4 l/min.

Eine multifaktorielle Varianzanalyse mit den festen Effekten Bestand, Durchgang, Abteil (Leitungsreinigung) und Messzeitpunkt ergab einen signifikanten Einfluss der Bucht ($p < 0.0001$) und des Durchgangs ($p = 0,002$) auf die mittleren Nippeldurchflussraten.

In jedem Abteil wurden drei Wasserproben, aus drei definierten Nippeln, entsprechend dem beschriebenen Vorgehen in dem DLG-Merkblatt 351 „Tränketchnik für Schweine“ für die Untersuchungen auf chemische und mikrobiologische Wasserqualität entnommen (Abb.1). Weitere Wasserproben wurden für die Bestimmung von Endotoxinen asserviert. Im Versuchsabteil wurden Wasserproben vor und nach jeder Reinigung, sowie bei Ein- und Ausstallung der Ferkel entnommen. Im Kontrollabteil erfolgte die Wasserprobenentnahme zum Zeitpunkt der Wasserprobenentnahme im Versuchsabteil vor Reinigung, sowie bei Ein- und Ausstallung der Ferkel. Die chemischen Wasserparameter wurden in jedem Betrieb nur beim ersten Durchgang jeweils vor und nach der Reinigung bestimmt, da davon ausgegangen wurde, dass sich die Parameter in den Folgedurchgängen nicht veränderten.



Abb. 1. Wasserproben vor (a) und nach (b) Reinigung im Partnerbetrieb1 im 1. Durchgang

Die Leitungsbeurteilung erfolgte endoskopisch (Firma PCE Instruments; Videoendoskop PCE-VE 200) nach Eröffnung der zu den Nippeltränken verlaufenden Rohrleitungen. Bei den endoskopischen Aufnahmen wurde die Sonde des Endoskops etwa zwischen 20 cm und 60 cm erst in das der Quelle zugewandte Rohr und anschließend in das der Tränke zugewandte Rohr eingeführt (Abb.2a). Aus drei definierten Rohren wurden in jedem Abteil Leitungsabschnitte (10 cm) für weitere Untersuchungen entnommen. Dafür wurden die Rohrabschnitte mit einem Cuttermesser längs eröffnet und durch Abkratzen einer Rohrhälfte mit einer Skalpellschneideklinge wurde Belag für anschließende Untersuchungen gewonnen. Die Belagsproben wurden einerseits in 1ml Formalin und andererseits nativ jeweils in zwei zuvor ausgewogenen 2 ml Gefäßen (Eppendorf Safe-Lock Tubes, Eppendorf SE, Hamburg, Deutschland) gesammelt. Eine erneute Wiegung nach Probenahme diente der Ermittlung des Leitungsbelagsgewichtes als Bezugsgröße für die diagnostischen Untersuchungen.

Die Innenwände der drei Rohre wurden mittels Wischprobe für eine Untersuchung auf Salmonellen beprobt (Abb. 2b). Vor Beginn der Leitungsreinigung wurden die Nippeltränken auf Verschmutzungen überprüft (Abb. 2c).



Abb. 2a. Endoskopische Leitungsbeurteilung (Partner 1)



Abb. 2b. Wischprobe aus geöffneter Leitung (Partner 1)



Abb. 2c. Reinigung von verunreinigten Nippeln (Partner 1)

Im Versuchs- und Kontrollabteil wurden immer an den gleichen Lokalisationen vom Boden und von der Stalleinrichtung jeweils fünf (Betrieb Partner 2) bis sechs (Betrieb Partner 1) Wisch- und Sockentupferproben (Nippel, Ketten, Trog, Wände, Socken, (nur Partner 1: Matte, zwei Wisch- (Wände) und Sockentupfer vom Mittelgang)) für die weiterführende Untersuchung auf Salmonellen nach Anreicherungskultur entnommen. Für die Herstellung der Socken- und Wischtupfer wurde ein Gaze-Schlauchverband (Lohmann und Rauscher tg®, Neuwied, Deutschland) entsprechend zugeschnitten. Wischtupfer wurden mit 2%igem gepuffertem Peptonwasser (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Deutschland) getränkt, eingeschweist und autoklaviert (Gotter, 2011).

Die kulturelle Untersuchung auf Salmonellen wurde an der Außenstelle für Epidemiologie in Bakum nach etablierter Methodenweisung im Rahmen der Akkreditierung (Kultureller Nachweis und Serotypisierung von Salmonellen Version 5, 17.03.2023) angelehnt an die DIN EN ISO 6579-1:2020-08 durchgeführt. Für die O- und H-Antigenbestimmung von Salmonellenisolaten wurden erst omnivalente-, dann polyvalente und abschließend monovalente Antiseren zur Ermittlung des Serotyps benutzt. Die molekularbiologische Untersuchung auf Salmonellen aus dem inkubierten gepufferten Peptonwasser als Flüssiganreicherungsmedium erfolgte ebenfalls an der Außenstelle für Epidemiologie.

In Betrieb Partner 1 wurden im letzten Durchgang im Kontroll- und Versuchsabteil jeweils in zwei von fünf Wischproben und im Sockentupfer Salmonellen nachgewiesen. Im Kontrollabteil konnten in einem von drei beprobten Leitungsabschnitten ebenfalls Salmonellen nachgewiesen werden. Es handelte sich um *Salmonella* Brandenburg. In diesem dritten und letzten Durchgang war die Umgebungs- und Leitungsbeprobung zwar nach der Abteilreinigung, jedoch vor der Desinfektion erfolgt. Das Ergebnis bestätigt die Bedeutung von Reinigung und Desinfektion in diesem Aufzuchtbetrieb für die Verminderung der Salmonellenexposition. Die Bedeutung von Tränkwasserleitungen als Reservoir für Salmonellen konnte ebenfalls bestätigt werden.

Reinigung von Tränkwasserleitungen

Nachdem alle Proben sichergestellt waren, erfolgte die Reinigung des Versuchsabteils mit selbstentwickelten mobilen Reinigungssystemen der Firma Aumann Hygienetechnik GmbH (Partner 3). Die mobilen Reinigungsgeräte sind mit einem Vorlaufbehälter, einem Heizgerät (Tauchsieder) und Pumpen ausgestattet. Vor Einstellung der neuen Ferkel einige Tage nach der Reinigung wurden die Wasserdurchflussraten an jeder Nippeltränke ermittelt. Aus den drei definierten Lokalisationen, die vor Beginn der Reinigung festgelegt worden waren, wurden erneut drei Wasserproben pro Abteil entnommen, um den Einfluss der Standzeit des Wassers in den Leitungen auf die mikrobiologischen Parameter zu ermitteln. Die Reinigungslösung wurde durch Auflösen der Zwei-Komponenten-Beutel (Abb. 3a) in warmem Wasser hergestellt, so dass eine leicht grünliche 1,5%ige Reinigungslösung entstand (Abb. 3b).



Abb. 3a. 4Cidal® mit zwei Komponenten in selbstauflösenden Beuteln (150 g) für jeweils 10 L Reinigungslösung



Abb. 3b. Reinigungsprodukt 4Cidal® des Projektpartners ConVet GmbH & Co KG im Lösungsvorgang

Reinigungsprotokoll für die Stichleitung in großen Buchten (Partner 1):

Da das mobile Reinigungssystem aufgrund der großen Buchten mit vielen Tränken (Abb. 4) nicht in einem Kreislauf an das Tränkwassersystem angebunden werden konnte, kam ein Anmischbehälter mit einem Magnetrührer, einem Heizstab und einer Druckkonstantpumpe zum Einsatz (Abb. 5a und b). Es wurden zunächst 50 Liter 1,5%ige Reinigungslösung angesetzt und auf 42°C erwärmt. Die Reinigungslösung wurde mit 2 bar Druck in die Wasserleitungen im Versuchsabteil eingebracht. Es musste von Hand jeder Nippel betätigt werden bis Reinigungslösung austrat, denn nur so konnte sichergestellt werden, dass jedes Rohr mit Reinigungslösung gefüllt war. Nach 30 Minuten Einwirkzeit wurden alle Nippel betätigt, um Reinigungslösung in Intervallen aus dem System zu entfernen. Anschließend wurden die Rohre wieder mit frischer Reinigungslösung geflutet. Dieser Prozess wurde dreimal wiederholt. Insgesamt wurden 90 Liter 1,5 % ige Reinigungslösung verbraucht. Abschließend wurden die Wasserrohre solange mit Tränkwasser gespült, bis keine Schaumbildung durch den Reiniger mehr ersichtlich war. Dafür wurden die Nippeltränken mit Holzbretter offengehalten (Abb. 6a) und die großen Leitungen vom System zur Entfernung der Reinigungsflüssigkeit abgekoppelt (Abb. 6b).



Abb.4. Ansicht des gereinigten und desinfizierten Aufzuchtteils von Partnerbetrieb 1



Abb. 5a. Heizstab im Anmischbehälter



Abb. 5b. Druckkonstantpumpe und Anmischbehälter auf Magnetrührer

Von besonderer Bedeutung war die Entfernung der Reinigungslösung nach dem letzten Reinigungszyklus bestehend aus Stand- und Einwirkzeit sowie Spülphase. Obwohl 4Cidal® auch nach oraler Aufnahme als unbedenklich gilt, wurde aus den Nippeltränken auslaufendes Wasser darauf kontrolliert, dass keine Schaumbildung mehr vorlag, bevor Ferkel eingestallt wurden (Abb. 7a). Ein Vergleich von Wasserproben aus dem Kontrollabteil und aus dem Versuchsabteil nach der Reinigung ergab deutliche sensorische Unterschiede (Abb. 7b).



Abb. 6a. Offenstellen der Nippeltränken mit Brettern zum Auslassen der Reinigungslösung



Abb. 6b. Entfernen der Reinigungslösung aus dem System nach der Stand- und Einwirkzeit



Abb. 7a. Test, ob Reinigungslösung erfolgreich aus dem System entfernt wurde, was hier noch nicht der Fall ist (Schaumbildung).



Abb.7b. Wasserprobenentnahme nach Reinigung (Kontrollabteil (keine Reinigung): linke 3 Proben, Versuchsabteil (nach Reinigung): rechte 3 Proben).

Reinigungsprotokoll für die Stichleitung in kleinen Buchten (Partner 2):

Die Nippeltränken im Versuchsabteil von Partner 2 wurden nach Abschrauben der Nippel über flexible Rohre miteinander zu einem Kreislauf zwischen den einzelnen Rohren in dem Abteil und mit dem Reinigungsgerät entstand (Abb. 8). Die Leitungen im Versuchsabteil umfassten ein Volumen von 10 Litern und der Vorlaufbehälter des Reinigungsgerätes von 30 Litern Flüssigkeit (Abb. 9a). Das Wasser im Vorlaufbehälter wurde auf ca. 42°C erhitzt. Das pulverförmige Reinigungsmittel 4Cidal® mit zwei Komponenten in Beuteln für jeweils 10 Liter Reinigungslösung (Abb. 3a) wurde in dem warmen Wasser gelöst, so dass die Reinigungslösung in 1,5%iger Konzentration vorlag. Mit dem mobilen Reinigungsgerät wurde die Flüssigkeit mit 1,5 bar in das System gebracht, für fünf Minuten umgepumpt und konnte dann in einer Standzeit von 25 Minuten einwirken. Es wurde dann erneut für 5 Minuten neunmal mit einer Geschwindigkeit von ca. 0,36 m/s im Kreislauf in entgegengesetzter Richtung umgepumpt, bevor eine erneute Einwirkzeit eingehalten wurde. Die Richtung, mit der die Reinigungslösung in den Kreislauf eingebracht wurde, wurde nach jeder Einwirkzeit gewechselt, aber die Reinigungslösung wurde nicht erneuert. Insgesamt umfasste eine Reinigung sechs Einwirkzeiten a 25 Minuten und sechs Umpumpzeiten a 5 Minuten (3 Stunden Reinigungszeit). Beim zweiten und dritten Durchgang im zweiten Versuchsbetrieb wurde die Einwirkphase auf 20 Minuten herunter und die Umpumphase auf 10 Minuten heraufgesetzt, um den mechanischen Impuls zu verstärken. Nach der Reinigung erfolgte eine erneute endoskopische Beurteilung der Leitungsinnenwände (Abb. 9b).

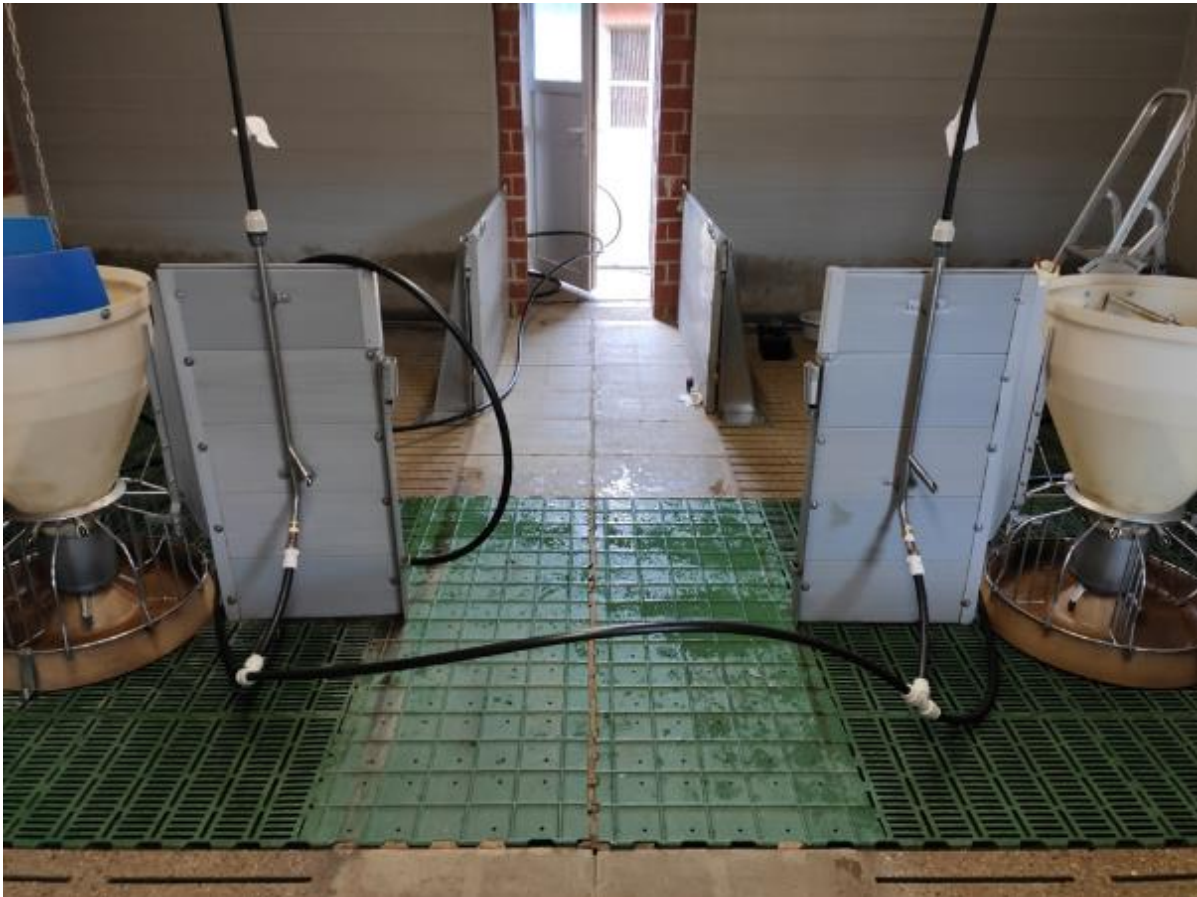


Abb. 8 Versuchsabteillinneansicht im Partnerbetrieb 2 mit Anschluss der Reinigungsanlage an das Tränkwasserleitungssystem



Abb. 9a. Flexible Reinigungsanlage des Projektpartners Aumann Hygienetechnik



Abb. 9b. Endoskopische Leitungskontrolle nach Reinigung

Wasserqualität

Die chemischen und mikrobiologischen Analysen von Wasserproben erfolgten durch ein akkreditiertes Labor entsprechend den in Tab. 5 und 6 aufgeführten Methoden.

Tab. 5. Chemische Analyse: Parameter und Methode:

Parameter	Methode
Nitrat	Nanocolor 91865 2017-07
pH	DIN EN ISO 10523 (C5) 2012-04
Leitfähigkeit LF	DIN EN 27888 (C8) 1993-11
Eisen	DIN EN ISO 11885 (E22) 2009-09
Sulfat	Spectroquant 1.02537.0001 2015-11

(Untersuchung nur im ersten Durchgang bei jedem Betrieb)

Tab. 6. Mikrobiologische Analyse: Parameter und Methode:

Parameter	Methode
Koloniezahl bei 22 °C:	TrinkwV §15 Absatz 1c
Koloniezahl bei 36 °C:	TrinkwV §15 Absatz 1c
Escherichia coli:	DIN EN ISO 9308-1 2017-09

(Untersuchung vor der Reinigung, nach der Reinigung, vor der Einstellung neuer Tiere und beim Ausstallen der jeweiligen Tiere)

Richtwerte für die Trinkwasserqualität wurden nur in Bezug auf den Gesamtkeimgehalt nach 22°C und 36°C Inkubation in einzelnen Proben in einzelnen Abteilen überschritten. Coliforme Keime im Wasser waren bei Einstellung der Ferkel nur im Betrieb von Partner 2 im Kontrollabteil ohne Leitungsreinigung im ersten Versuchsdurchgang im Wasser aus einer Nippeltränke nachweisbar. Bei Ausstallung der Ferkel waren nur im ersten Versuchsdurchgang auf beiden Betrieben in einzelnen Buchten coliforme Keime nachweisbar. Dies war bei Partner 1 in Wasser aus jeweils zwei Nippeltränken im Versuchs- und Kontrollabteil der Fall und bei Partner 2 nur im Versuchsabteil in Wasser aus drei Nippeltränken. Vor Leitungsreinigung war nur in einer von 36 Wasserproben der Richtwert von 10^4 kbE bei 22°C Inkubation überschritten. Bei Einstellung der Ferkel wenige Tage nach Leitungsreinigung war der Richtwert in drei Wasserproben überschritten. Der Richtwert von 10^3 kbE bei 36°C Inkubation war bei Einstellung der Ferkel in 11 von 36 Wasserproben überschritten.

Chemische Richtwerte wurden nie überschritten. Der Grenzwert für die Leitfähigkeit von Trinkwasser ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ist bei 2790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ angegeben. Der höchste gemessene Wert im Laufe dieses Versuchs war 777 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Es existieren keine Grenzwerte für Endotoxine in Tränk- oder Trinkwasser und Messwerte werden in unterschiedlichen Einheiten angegeben. 5-10 EU im Limulus-Amebocyte-Lysate-Assay entsprechen etwa 1 ng Endotoxin (Wallace et al. 2016). Wasseruntersuchungen in Oberflächenwasser, Wasser nach Aufbereitung und in Trinkwasserqualität ergaben unterschiedliche Endotoxinkonzentrationen. Häufig wurden Werte zwischen 0,6-30 ng/ml gemessen und es wird davon ausgegangen, dass Trinkwasser meist weniger als 10 ng/ml enthält, wenn es den Verbraucher erreicht (Anderson et al. 2002). Dies entspricht also ca. 100 EU/ml. Dieser Wert wurde in keiner Wasserprobe überschritten.

Wasserkeimgehalte unterschieden sich nicht in den Kontroll- und Versuchsabteilen zum Zeitpunkt der Ein- und der Ausstallung der Ferkel. Wasserproben, die vor und nach der Reinigung entnommen wurden wiesen keine signifikant unterschiedlichen Keimgehalte, jedoch unterschiedliche Endotoxingehalte auf ($p=0,04$) auf. Deskriptiv sind die Ergebnisse der Trinkwasseruntersuchung in den Tabellen 7 und 8 zusammengefasst.

Tab. 7. Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse von Wasserproben

	N	MW±Sta	Median	Min-Max	N	MW±Sta	Median	Min-Max
Versuchsabteil					Kontrollabteil			
Partnerbetrieb 1 (Overmann)								
Durchgang 1								
22°C KBE/ml	12	1,3 x10 ³ ±4 x10 ³	12	0-1,5x10 ⁴	9	4,6 x10 ² ±1,2x x10 ³	2	0-3,7 x10 ³
36°C KBE/ml	12	1,3 x10 ³ ±3 x10 ³	21,5	0-1,1x10 ⁴	9	5,6 x10 ² ±1,3 x10 ³	13	0-4,2 x10 ³
E-coli/100ml	12	0,6±1,7	0	0-6	9	1±2,2	0	0-7
Durchgang 2								
22°C KBE/ml	12	1,1 x10 ² ±2,4 x10 ²	1	0-8 x10 ²	9	8,4±19,7	2	0-64
36°C KBE/ml	12	2,2 x10 ² ±4,7 x10 ²	8,5	0-1,6 x10 ³	9	15,7±23,1	6	0-78
E-coli/100ml	12	0±0	0	0-0	9	0±0	0	0-0
Durchgang 3								
22°C KBE/ml	12	40,4±64,4	4	0-218	9	93,7±157,2	7	0-391
36°C KBE/ml	12	36,3±54,2	3	0-169	9	51,8±73,6	2	0-191
E-coli/100ml	12	0±0	0	0-0	9	0±0	0	0-0
Brunnen								
22°C KBE/ml	1	0±0	0	0-0				
36°C KBE/ml	1	0±0	0	0-0				
E-coli/100ml	1	0±0	0	0-0				
Partnerbetrieb 2 (Willenborg)								
Durchgang 1								
22°C KBE/ml	12	1 x10 ⁴ ±1,7 x10 ⁴	5,4 x10 ²	1-4,8 x10 ⁴	9	3,9x10 ³ ±5,7x10 ³	2,9 x10 ²	10-1,5x10 ⁴
36°C KBE/ml	12	1,1 x10 ⁴ ±1,9 x10 ⁴	1,4 x10 ²	3- 6,1x10 ⁴	9	4,1x10 ³ ±5,8x10 ³	2,7 x10 ²	25-1,6x10 ⁴
E-coli/100ml	12	2 ± 4,8	0	0-17	9	0,1±0,3	0	0-1
Durchgang 2								
22°C KBE/ml	12	1,5x10 ⁴ ±3,8x10 ⁴	41,5	0-1,4x10 ⁵	9	1,6x10 ³ ±2,1x10 ³	1,2 x10 ³	0-7,2x10 ³
36°C KBE/ml	12	1,3x10 ⁴ ±3,2x10 ⁴	35,5	0-1,1x10 ⁵	9	1,5x10 ³ ±2,5x10 ³	6,7 x10 ²	0-8,5x10 ³
E-coli/100ml	12	0±0	0	0-0	9	0±0	0	0-0
Durchgang 3								
22°C KBE/ml	12	1,4 x10 ² ±2,2 x10 ²	63	0-8 x10 ²	9	3,0x10 ³ ±6,3x10 ³	5,3 x10 ²	85-2,1x10 ⁴
36°C KBE/ml	12	10 ² ±1,2 x10 ²	31,5	0-3,3 x10 ²	9	8,6 x10 ² ±6,5 x10 ²	5,9 x10 ²	85-2 x10 ³
E-coli/100ml	12	0±0	0	0-0	9	0±0	0	0-0
Brunnen								
22°C KBE/ml	2	1,5±0,5	1,5	1-2				
36°C KBE/ml	2	5±0	5	5-5				
E-coli/100ml	2	0±0	0	0-0				

MW±Sta: Mittelwert±Standardabweichung, Min-Max: Spannweite

Tab. 8: Chemische Untersuchungsergebnisse von Wasserproben

	N	MW±Sta	Median	Min-Max	N	MW±Sta	Median	Min-Max
Versuchsabteil					Kontrollabteil			
Partnerbetrieb 1 (Overmann)								
		Durchgang 1						
pH	9	7,5±0,0	7,5	7,4-7,5	6	7,6±0,1	7,6	7,5-7,6
Leitfähigkeit (µS/cm)	9	756±10	759	743-769	6	764±11	764	750-777
Nitrat (mg/l)	9	<4	<4	<4	6	<4	<4	<4
Sulfat (mg/l)	9	76±4	75	69-83	6	75±4	75	68-81
Eisen (mg/l)	9	0,5±0,1	0,5	0,4-0,8	6	0,5±0,1	0,5	0,5-0,7
Brunnen								
pH	1	7,8						
Leitfähigkeit (µS/cm)	1	766						
Nitrat (mg/l)	1	<4						
Sulfat (mg/l)	1	72						
Eisen (mg/l)	1	0,5						
Partnerbetrieb 2 (Willenborg)								
		Durchgang 1						
pH	9	7,6±0,1	7,6	7,4-7,8	6	7,6±0,1	7,7	7,5-7,8
Leitfähigkeit (µS/cm)	9	265±4	264	260-270	6	266±3	265	263-272
Nitrat (mg/l)	9	<4	<4	<4	6	<4	<4	<4
Sulfat (mg/l)	9	<5	<5	<5	6			<5-6
Eisen (mg/l)	9	Min-Max: <0,004-0,013			6	Min-Max: 0,005-0,008		
Brunnen								
PH	1	7,6						
Leitfähigkeit (µS/cm)	1	265						
Nitrat (mg/l)	1	<4						
Sulfat (mg/l)	1	<5						
Eisen (mg/l)	1	0,009						

MW±Sta: Mittelwert±Standardabweichung, Min-Max: Spannweite

Charakterisierung der Tränkwasserleitungsbeläge

Nach Eröffnung der Leitungsabschnitte wurden die Leitungsbeläge makroskopisch nach einem Beurteilungsschlüssel (Vogels et al. 2020) charakterisiert und als überwiegend anorganisch (Partnerbetrieb 1) und organisch (Partnerbetrieb 2) charakterisiert (Abb. 10). Es ist erkennbar, dass im Partnerbetrieb 2 die Leitungsbeläge sehr fein und damit makroskopisch kaum erkennbar waren. Es war kaum Belagsmaterial gewinnbar. Nach der Reinigung folgte ein Ferkelaufzuchtdurchgang und vor der nächsten Reinigung eine erneute Leitungsbeurteilung. Es ist erkennbar, dass Beläge im Partnerbetrieb 1 makroskopisch vor Beginn des dritten Aufzuchtdurchgangs minimiert, jedoch nicht verschwunden sind (Abb. 10).

Wasser- und Leitungsbelagsproben wurden im Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der TiHo mit dem chromogen-kinetischen Limulus-Amöbozyten-Lysat-Test (LAL-Test, Lonza, Köln, Deutschland) auf Endotoxine untersucht (Tab. 9).

Oral aufgenommene Endotoxine gelangen erst nach geschädigter Darmbarriere in den Kreislauf und können zu negativen Effekten führen. Für Schweinefutter werden Endotoxinkonzentrationen von 260-1200 EU/mg (Cort et al. 1990), bzw. 150-5180 EU/mg (Ratzinger 2009) angenommen. Damit liegen die in den Belägen gefundenen Endotoxinkonzentrationen mit maximal 197 EU/mg im unteren Bereich der für Futter bekannten Werte. Fütterungsversuche an Jungsauen mit 30-100 mg ($3 \cdot 10^7$ EU) Endotoxin pro Tier führten zu keinen Symptomen (Holst et al. 1993). Der Inhalation von Endotoxinen - auch über Aerosole von Wasser mit hohen Endotoxinkonzentrationen - wird dagegen eine höhere Bedeutung beigemessen. Es wird angenommen, dass eine kurzzeitige Exposition mit Inhalation von 0,5-40 µg (5000-400 000 EU) Endotoxin zu klinischen Symptomen führt.

Die Belagmenge in den Leitungen, die per Aerosol aufgenommen werden könnte, erscheint in diesen Versuchen zu gering, um in entsprechenden inhalierbaren Endotoxinkonzentrationen resultieren zu können. In Schweinehaltungen werden in der Raumluft 360-3200 EU/m³ gemessen (Portengen et al. 2005).

Tab. 9. Endotoxinkonzentrationen in Leitungsbelägen in (EU/g)

Bestand 1	N	Mittelwert	Std.abw.	Median	Minimum	Maximum
Versuchsabteil 1 DG 1	3	40949	10540	46101	28825	47923
Versuchsabteil 1 DG 2	3	14341	3350	15497	10566	16959
Versuchsabteil 1 DG 3	3	7508	2344	8227	4889	9408
Kontrollabteil 2 DG 1	3	66054	43705	46101	35887	116174
Kontrollabteil 2 DG 2	3	134274	73017	151732	54110	196979
Kontrollabteil 2 DG 3	3	34757	30457	26440	9323	68509
Bestand 2	N	Mittelwert	Std.abw.	Median	Minimum	Maximum
Versuchsabteil 1 DG 1		Kein Probenmaterial in ausreichender Menge				
Versuchsabteil 1 DG 2	3	60760	86730	13450	7972	160857
Versuchsabteil 1 DG 3	3	19521	21233	7360	7165	44038
Kontrollabteil 2 DG 1	3					
Kontrollabteil 2 DG 2	3	36444	47881	13168	4650	91513
Kontrollabteil 2 DG 3	3	52799	27896	56538	23223	78637

Die Leitungsbelagsproben im Versuchsabteil wiesen signifikant niedrigere Endotoxinkonzentrationen auf als im Kontrollabteil (Mittelwert±Standardabweichung: 28616±39599 EU/g (Versuchsabteil) versus 64866±55108 EU/g (Kontrollabteil), p=0,03).



Abb. 10. Unterschiedliche Leitungsbeläge in allen drei Durchgängen in beiden Betrieben.

Die in 10%igem Formalin fixierten Tränkwasserleitungsbeläge wurden in Zusammenarbeit mit dem Inst. für Biochemie der Tiho untersucht (PD Dr. Nicole de Buhr). Nach kurzem Vortexen der Proben wurde das Material direkt auf einen Objektträger pipettiert, verteilt und unter dem Abzug luftgetrocknet, wobei kleinere Partikel zu größeren Strukturen aggregierten (Abb. 11a). Dies erschwerte die Beurteilung, so dass unterschiedliche Verfahren versucht wurden, um eine Aggregatbildung zu verhindern, bzw. die Aggregate zu zerkleinern, wie z.B. Zerreiben der Aggregate mit einem weiteren Objektträger nach dem Lufttrocknen, Zerreiben der Aggregate mit einem zweiten Objektträger vor dem Lufttrocknen, Dispergieren der Aggregate durch schnelles Auf- und Abpipettieren für 30 Sekunden, dreimaliges und zehnmalsiges Aufziehen der Biofilmlösung durch eine 30G Kanüle und schnelles Ausspritzen. Die letztgenannte Methode ergab die beste Partikelverteilung (Abb. 11b). In einigen Proben waren Partikel

enthalten, die durch die hohe Härte nicht zerstört werden konnten und nicht auf dem Objektträger haften blieben. Dabei handelte es sich vermutlich um anorganisches Material, möglicherweise um Kalkablagerungen. Es wurde versucht, eine bessere Partikelhaftung auf dem Objektträger durch Beschichtung von Deckgläschen, bzw. Multiwell-Objektträgern mit Poly-L-Lysin zu erreichen. Dieses Verfahren erbrachte jedoch keine besseren Ergebnisse - vermutlich, weil die Proben Formalin enthielten. Es wurde daher mit einer Hitzefixation gearbeitet. Vor der Gramfärbung wurde das Anfärben mit DAPI über ein entsprechendes Eindeckmedium und die Färbung mit Hoechst 33342 versucht. Diese Methoden sind leicht und schnell durchzuführen, allerdings lassen sich gefärbte Proben nicht länger als ein paar Wochen aufbewahren, da dann die Fluoreszenz abnimmt. Das DAPI-haltige Eindeckmittel ist zudem kostenintensiv und daher für Hochdurchsatz nur bedingt geeignet.

Die nach Gram gefärbten Objektträger hingegen müssen zur Betrachtung am Mikroskop nicht einmal eingedeckt werden und können trocken und dunkel lange gelagert werden. Da die DAPI-Färbung keine erkennbaren Vorteile brachte, wurde auf sie verzichtet. Eine quantitative oder semiquantitative Bewertung der bakteriellen Zellgehalte war aufgrund der Klumpenbildung und Überlagerung von Strukturen leider auch mit diesem Verfahren nicht möglich.

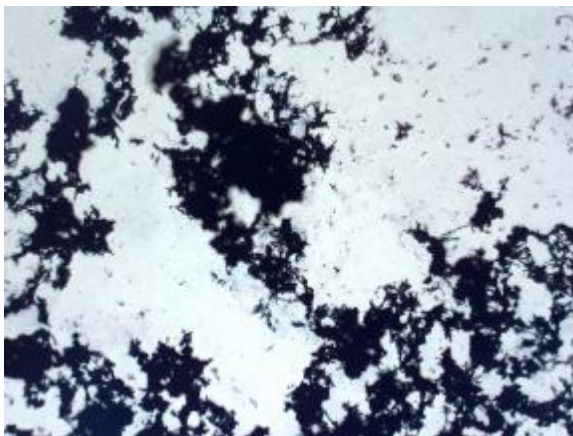


Abb. 11a. Unbehandelte, Formalin-fixierte Belagsprobe (100fach vergrößert)



Abb. 11b. Durch Scherkräfte beim 10-maligen Aufziehen durch eine 30G-Kanüle behandelte Formalin-fixierte Belagsprobe (100fach vergrößert)

Klinische und labordiagnostische Untersuchung der Tiere und Ergebnisse

Jeweils 100 Ferkel im Kontroll- und 100 Ferkel im Versuchsabteil wurden bei Einstellung auf jedem Betrieb und in jedem Durchgang mit individuellen Ohrmarken gekennzeichnet, bei Ein- und Ausstallung gewogen und nach einem zuvor definierten Scoringschema untersucht. Sowohl die getrennte Auswertung in jedem Durchgang, als auch die Zusammenfassung der Befunde von allen Durchgängen in jedem Bestand ergab beim Vergleich der Häufigkeiten von Krankheitsbildern (Ohr- und Schwanzverletzungen, Durchfall, positive Salmonellenbefunde und andere seltener vorkommenden Krankheitsbilder) im Kontroll- und Versuchsabteil zum Zeitpunkt der Ausstallung mit dem Fischer Exakt Test keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 10. Ergebnisse der klinischen Untersuchung zum Zeitpunkt der Ein- und Ausstallung in Betrieb Partner 1

		Anteil der Tiere (%) mit entsprechenden Symptomen/Befunden (Anzahl Schweine positiv/Anzahl Schweine untersucht)				
	Ø Tageszunahme (g)	Totalverluste	Ohrverletzungen	Schwanzverletzungen	Hustenindex (% hustende Schweine pro Minute)	Anteil Tiere mit Salmonellen-Ak (%)
Durchgang 1						
Kontrolle- Einstallung	338 g	0% (0/284)	0% (0/284)	0% (0/284)	1,23%	0% (0/12)
Kontrolle- Ausstallung		7,04% (20/284)	4,16% (11/264)	1,14% (3/264)	0,6%	0% (0/9)
Versuch -Einstallung	357 g	0% (0/277)	0% (0/277)	0% (0/277)	1,26%	8,3% (1/12)
Versuch-Ausstallung		5,41% (15/277)	3,05% (08/262)	2,67% (07/262)	0,4%	0% (0/11)
Durchgang 2						
Kontrolle-Einstallung	273g	0% (0/396)	8,59% (34/396)	0%	1,01%	0% (0/12)
Kontrolle-Ausstallung		1,5% (6/396)	53,59% (209/390)	1,03% (4/390)	0,13%	9% (1/11)
Versuch-Einstallung	305g	0% (0/397)	5,29% (21/397)	0% (0/397)	0%	0% (0/12)
Versuch-Ausstallung		4,78% (19/397)	23,28% (88/378)	0,26% (1/378)	0%	0% (0/11)
Durchgang 3						
Kontrolle-Einstallung	410g	0% (0/420)	14,76 (62/420)	0% (0/420)	0,71%	0% (0/10)
Kontrolle-Ausstallung		4,047% (17/420)	27,29% (110/403)	8,44% (34/403)	0%	0% (0/9)
Versuch-Einstallung	412g	0% (0/418)	14,59% (61/418)	0% (0/418)	0,71%	0% (0/12)
Versuch-Ausstallung		3,11 (13/418)	16,54% (67/405)	4,44% (18/405)	0%	10% (1/10)

Tab. 11. Ergebnisse der klinischen Untersuchung zum Zeitpunkt der Ein- und Ausstallung in Betrieb Partner 2

		Anteil der Tiere (%) mit entsprechenden Symptomen/Befunden (Anzahl Schweine positiv/Anzahl Schweine untersucht)				
	Ø Tageszunahme (g)	Totalverluste	Ohrverletzungen	Schwanzverletzungen	Hustenindex (% hustende Schweine pro Minute)	Anteil Tiere mit Salmonellen-Ak (%)
Durchgang 1						
Kontrolle-Einstallung	409 g	0% (0/100)	6% (6/100)	0% (0/100)	0,5%	
Kontrolle- Ausstallung		1% (1/100)	15,2% (15/99)	19,2% (19/99)	0%	0% (0/10)
Versuch -Einstallung	429 g	0% (0/100)	2% (2/100)	0% (0/100)	0,5%	
Versuch-Ausstallung		0% (0/100)	25% (25/100)	12% (12/100)	0%	0% (0/12)
Durchgang 2						
Kontrolle-Einstallung	540 g	0% (0/100)	1% (1/100)	0% (0/100)	0%	0% (0/12)
Kontrolle-Ausstallung		4% (4/100)	5,2% (5/96)	7,3% (7/96)	0,5%	0% (0/12)
Versuch-Einstallung	587g	0% (0/100)	3% (3/100)	3% (3/100)	2,5%	0% (0/12)
Versuch-Ausstallung		0% (0/99)	1% (1/99)	8,15 % (8/99)	0%	8,3% (1/12)
Durchgang 3						
Kontrolle-Einstallung	475g	0% (0/100)	0% (0/100)	0% (0/100)	2,5%	
Kontrolle-Ausstallung		0% (0/100)	0% (0/100)	1% (1/100)	1%	0% (0/12)
Versuch-Einstallung	474g	0% (0/100)	1% (1/100)	0% (0/100)	0%	
Versuch-Ausstallung		0% (0/100)	1% (1/100)	1% (1/100)	1,5%	0% (0/12)

Häufigkeiten von Tieren mit klinischen Befunden im Zeitverlauf wurden in einem übergeordneten Modell mit einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit wiederholten Messungen mit den Einflussgrößen Bestand, Durchgang, Abteil und Bucht verglichen. In jedem Durchgang wurden die Tiere während der Aufzuchtphase an fünf Untersuchungszeitpunkten untersucht. Der Niesindex wurde durch keinen der untersuchten Parameter beeinflusst.

Der Untersuchungszeitpunkt hatte einen signifikanten Einfluß auf den Hustenindex ($p=0,02$), und den Anteil der Tiere mit Schwanzveränderungen ($p=0,02$). Der Anteil der Tiere mit Ohrveränderungen variierte signifikant abhängig von der Bucht ($p=0,0004$) und vom Untersuchungszeitpunkt ($p<0,0001$).

Die Ergebnisse der Verlaufsuntersuchungen der klinischen Parameter sind am Beispiel des Hustenindex in den Abbildungen 12 a-f und der Ohrveränderungen in den Abbildungen 13 a-f dargestellt. Es wird deutlich, dass die Betriebe sich hinsichtlich der Hustenindices unterscheiden und dass sich die Krankheitssymptome über den Zeitverlauf eines Aufzuchtdurchgangs verändern.

Der Anteil der Tiere mit Schwanzveränderungen war mit den mittleren Nippeldurchflussraten im ersten Bestand im Kontrollabteil negativ korreliert ($r_s = -0,34$, $p = 0,02$).

Der Anteil der Tiere mit Ohrveränderungen war im zweiten Bestand im Kontrollabteil mit den mittleren Nippeldurchflussraten positiv korreliert ($r_s = 0,38$, $p = 0,003$). Dies kann möglicherweise mit der höheren Variation der Durchflussraten in diesem Betrieb zusammenhängen (Mittlerer Variationskoeffizient der Durchflussraten 25%).

In den Versuchsabteilen ergaben sich keine Korrelationen zwischen den klinischen Befunden und den Wasserdurchflußraten.

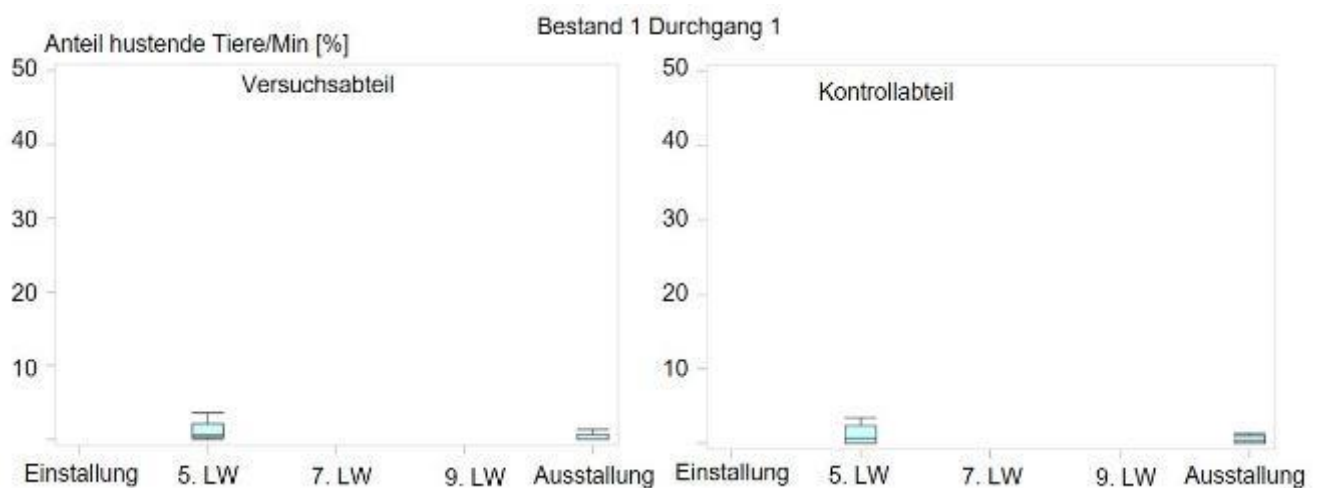


Abb. 12a. Anteil hustender Tiere pro Minute im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 1 im ersten Durchgang

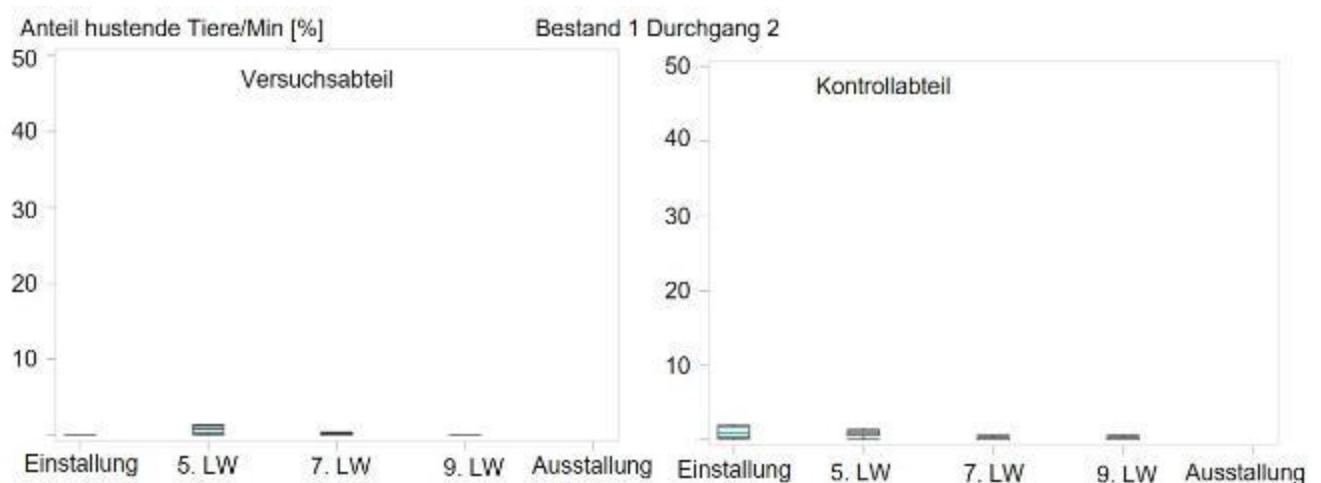


Abb. 12b. Anteil hustender Tiere pro Minute im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 1 im zweiten Durchgang

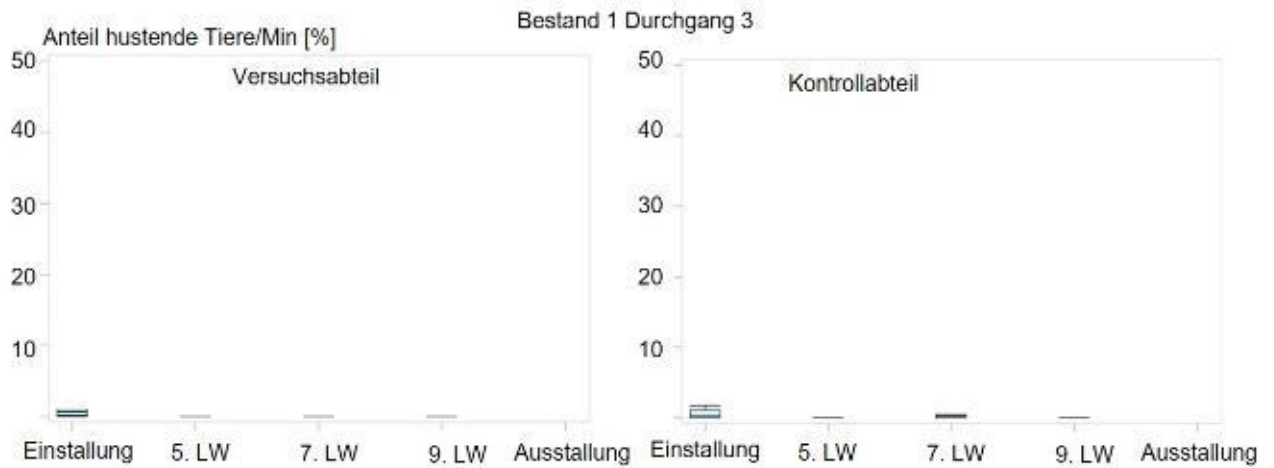


Abb. 12c. Anteil hustender Tiere pro Minute im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 1 im dritten Durchgang

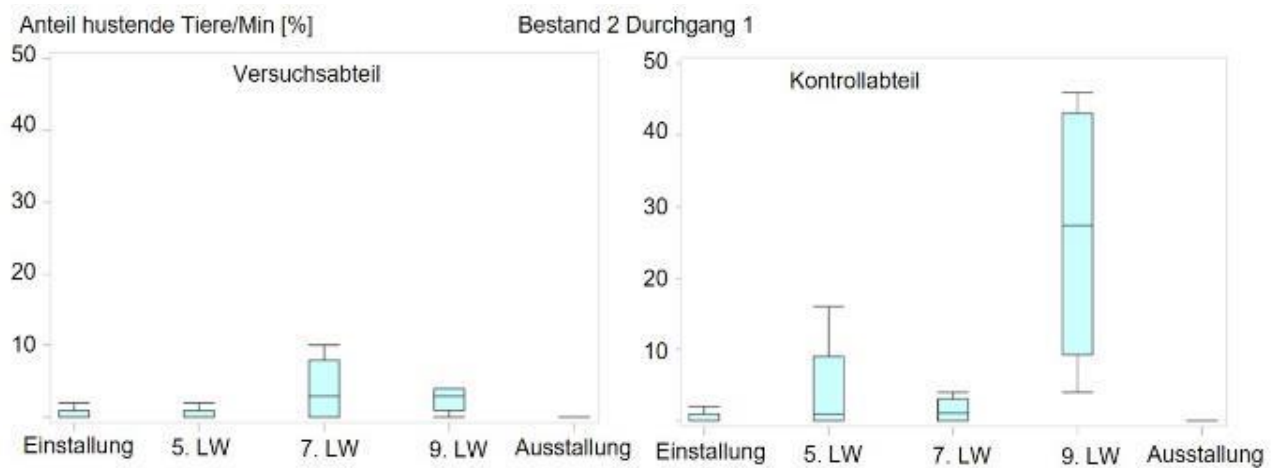


Abb. 12d. Anteil hustender Tiere pro Minute im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 2 im ersten Durchgang

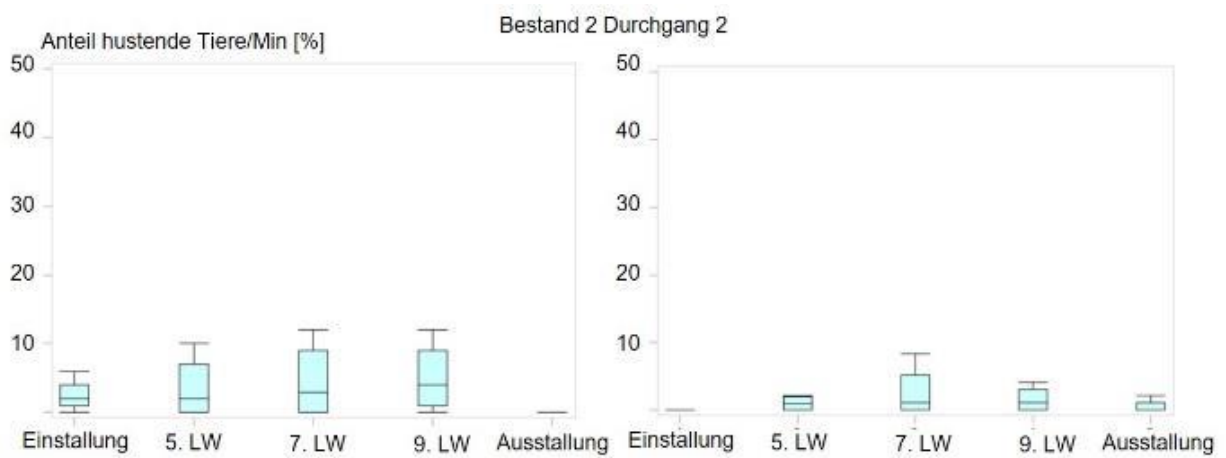


Abb. 12e. Anteil hustender Tiere pro Minute im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 2 im zweiten Durchgang

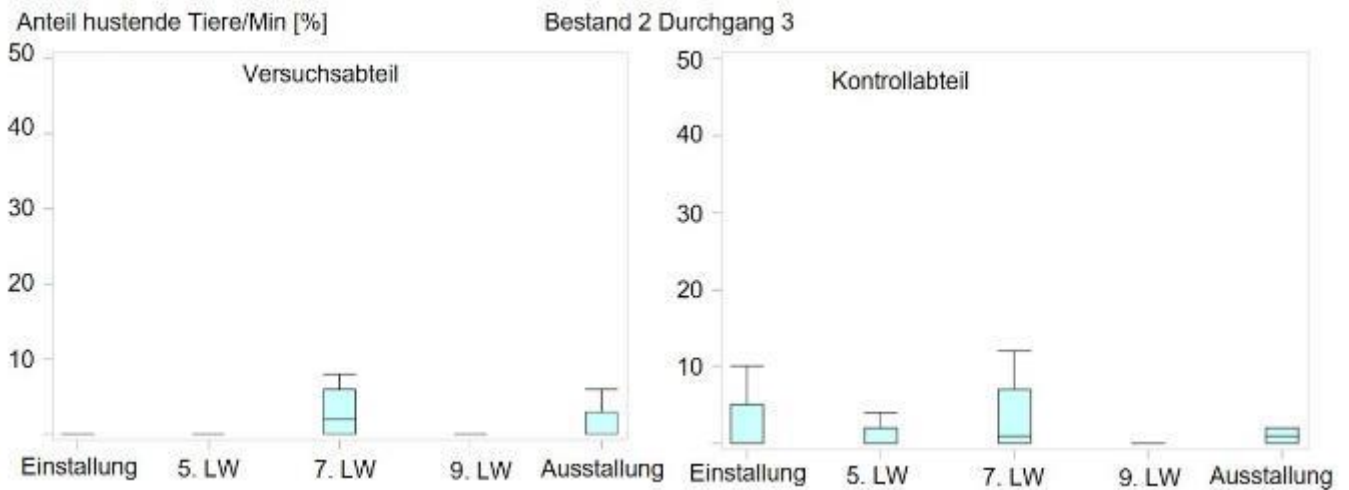


Abb. 12f. Anteil hustender Tiere pro Minute im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 2 im dritten Durchgang

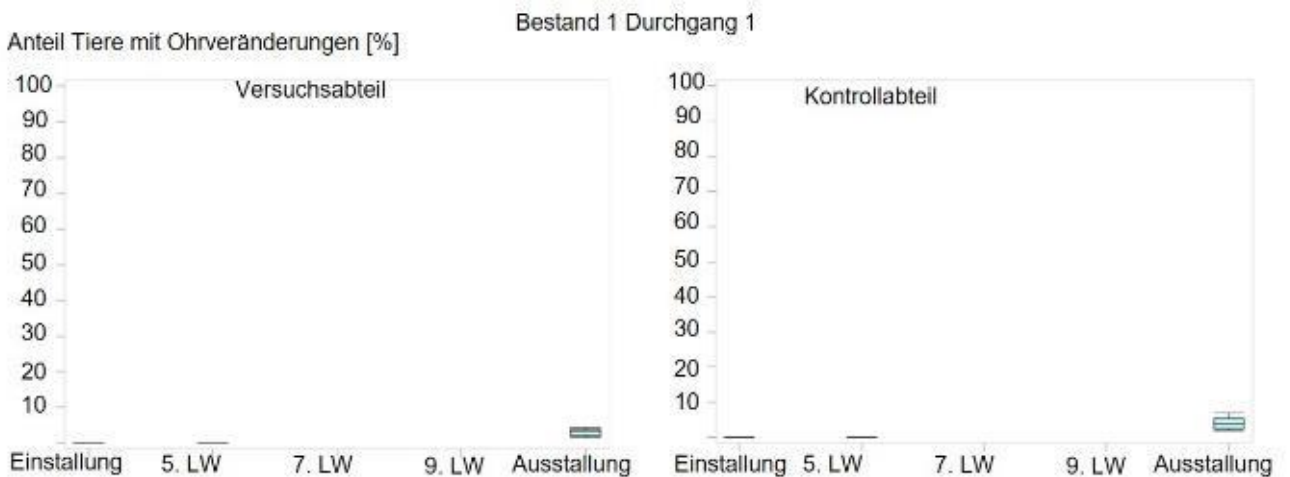


Abb. 13a. Anteil von Tieren mit Ohrveränderungen im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 1 im ersten Durchgang

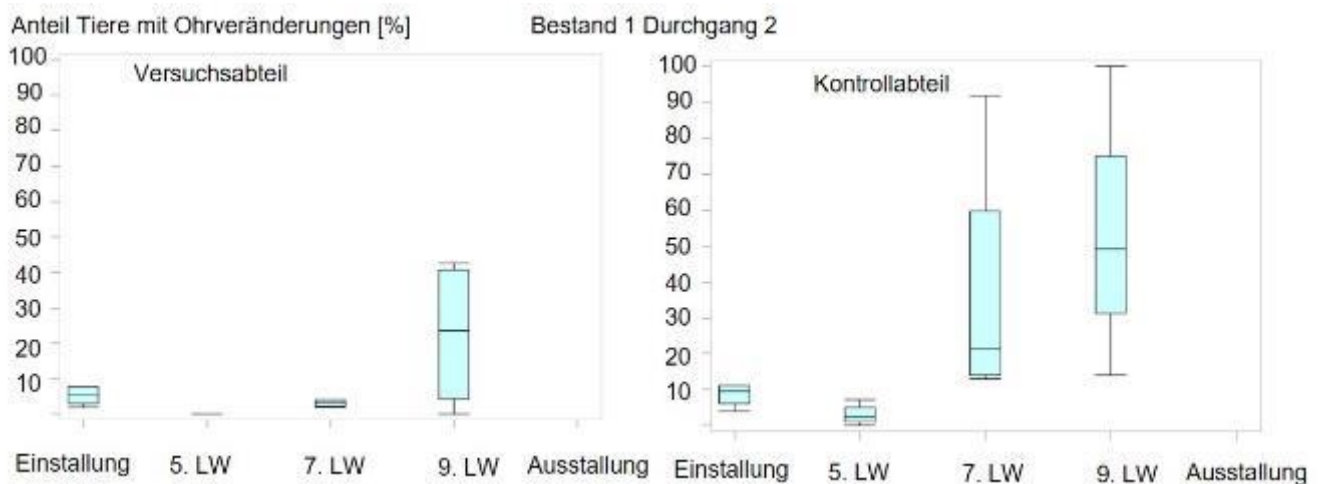


Abb. 13b. Anteil von Tieren mit Ohrveränderungen im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 1 im zweiten Durchgang

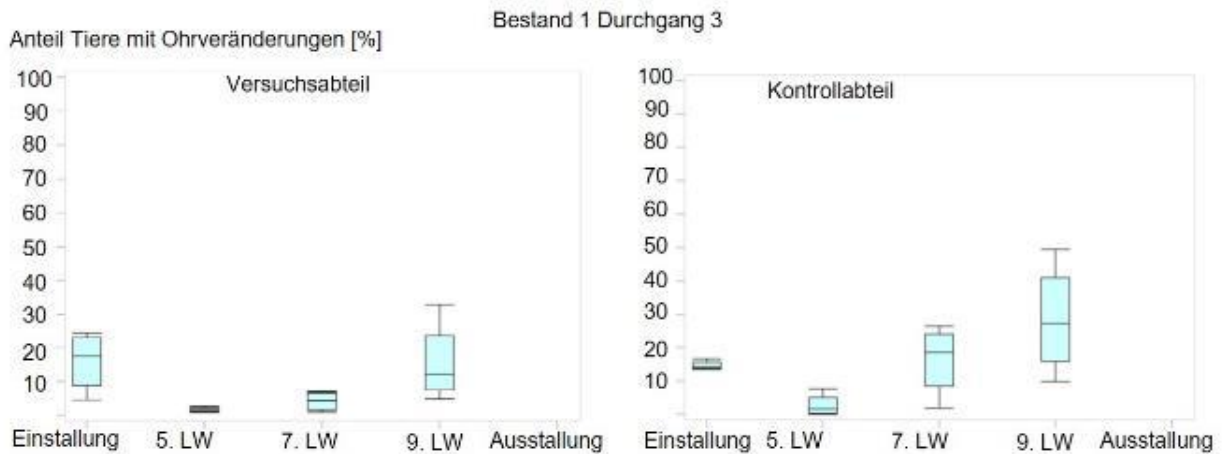


Abb. 13c. Anteil von Tieren mit Ohrveränderungen im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 1 im dritten Durchgang

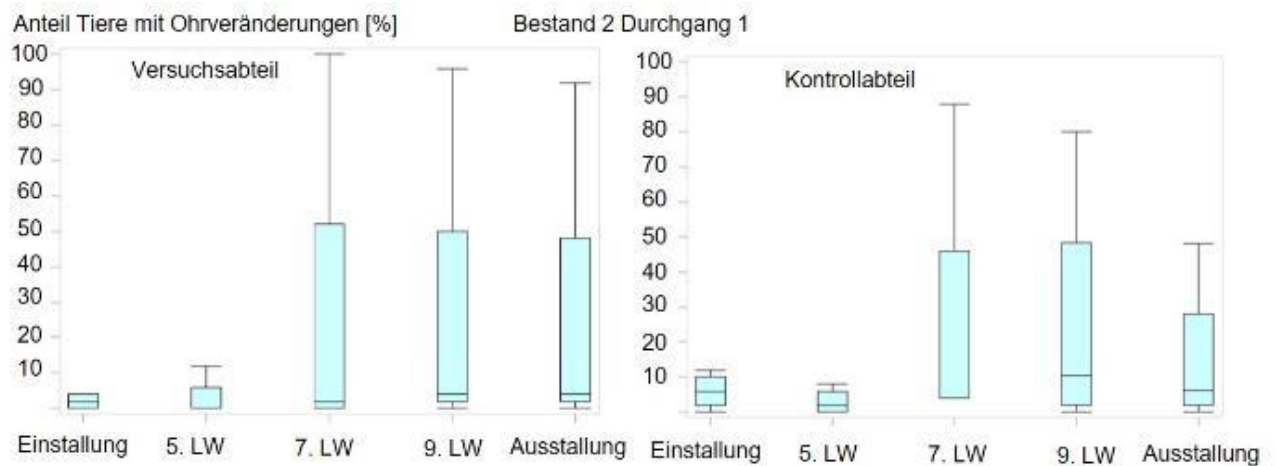


Abb. 13d. Anteil von Tieren mit Ohrveränderungen im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 2 im ersten Durchgang

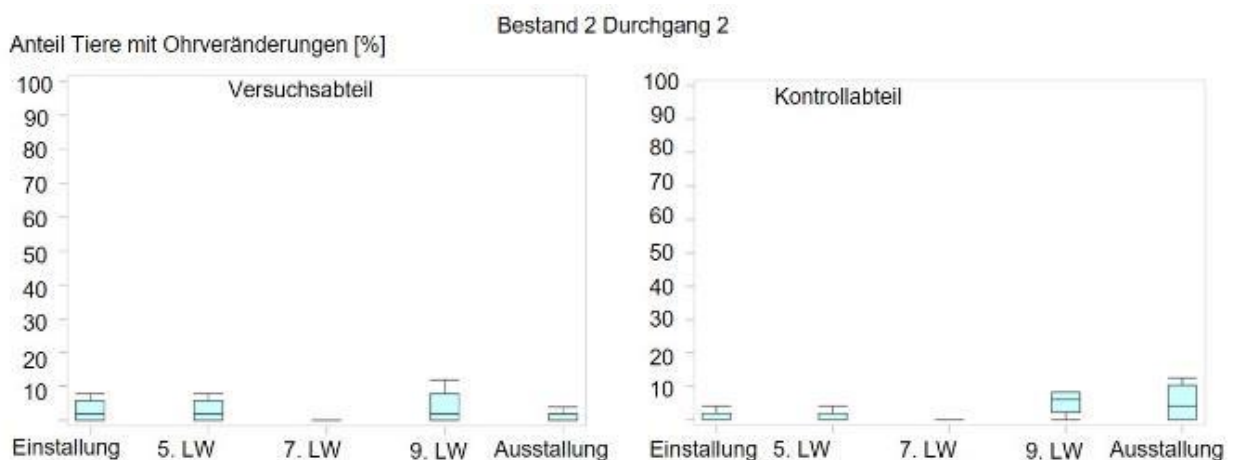


Abb. 13e. Anteil von Tieren mit Ohrveränderungen im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 2 im zweiten Durchgang

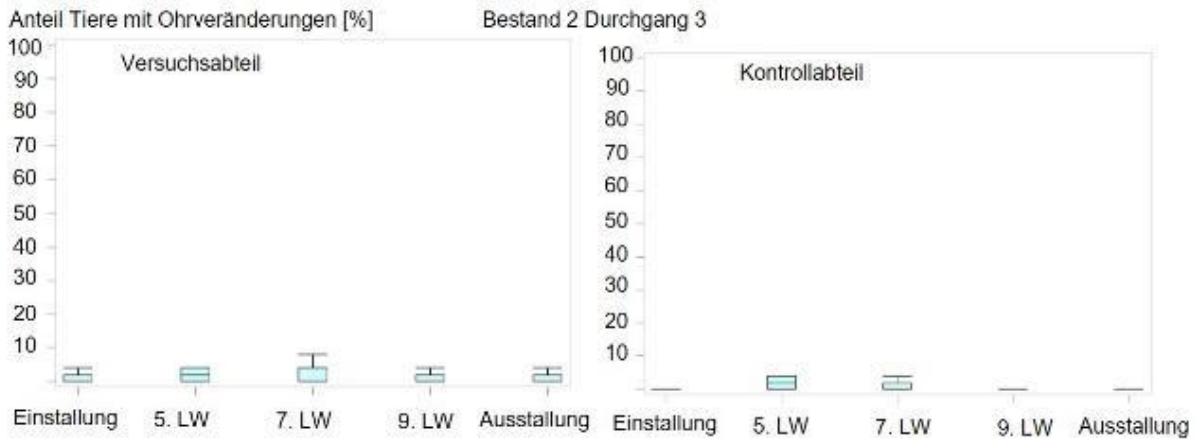


Abb. 13f. Anteil von Tieren mit Ohrveränderungen im Versuchs- und Kontrollabteil von Bestand 2 im dritten Durchgang

Die Tränkwasserleitungsreinigung im Versuchsabteil hatte einen signifikant positiven Effekt auf die Tageszunahmen (Abb 14). Eine getrennte Auswertung mittels zweifaktorieller Varianzanalyse mit den festen Effekten Durchgang und Abteil ergab in beiden Betrieben jeweils einen signifikanten Einfluss des Durchgangs und des Abteils (Tränkwasserleitungsreinigung) auf die Tageszunahmen. Im Durchschnitt nahmen die Tiere im Versuchsabteil 20g pro Tag mehr zu. Im Betrieb Partner 1, in dem ein großer Anteil der Ferkel während der Aufzuchtphase noch mal umgesetzt wurde, zeigten die umgesetzten Ferkel keine von den nicht-umgesetzten Ferkeln abweichende Tageszunahmen.

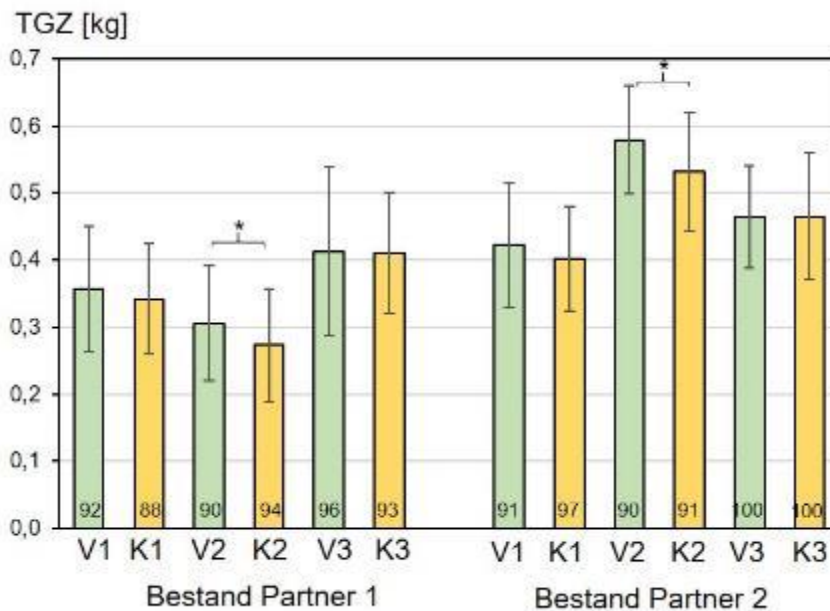


Abb.14. Mittelwerte und Standardabweichungen der Tageszunahmen in den Betrieben, Durchgängen und Abteilen. Anzahlen der Tiere, die bei Ein- und Ausstallung gewogen wurden, sind in Ziffern in den Balken angegeben. Signifikante Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollabteil sind mit Stern markiert ($p < 0,05$). V1: Versuchsabteil, Durchgang1, K1: Kontrollabteil, Durchgang 1, V2: Versuchsabteil, Durchgang 2, K2: Kontrollabteil, Durchgang 2, V3: Versuchsabteil, Durchgang 3, K1: Kontrollabteil, Durchgang 1

Pro Durchgang und Abteil wurden 12 Tiere für die gepaarte Entnahme von Blut- und Speichelproben bei Einstallung und vor der Ausstallung ausgewählt. Serumproben wurden auf Salmonellenantikörper, C-reaktives Protein und Haptoglobin untersucht. Speichelproben wurden durch stressfreies, freiwilliges Kauen der Ferkel auf Kauschwämmen und Zentrifugation der Schwämme in Gefäßen ohne Watterolle (Salivette®, Sarstedt, Nürnbrecht, Deutschland) gewonnen und bis zur Untersuchung auf Stressmarker (Cortisol, Alpha-Amylase, Chromogranin A, Oxytocin) im Partnerlabor an der Universität in Murcia bei -80°C eingefroren gelagert.

Salmonellenantikörper wurden immer in den am Ende der Aufzucht entnommenen Serumproben mit einem ELISA (pigtype® Salmonella Ab, Indical Bioscience GmbH, Leipzig, Deutschland) bestimmt. Proben mit einem OD% von 15 werden als positiv bewertet. Dieser errechnet sich nach folgender Formel: $(S/P \text{ (Probe/Positivekontrolle)-Quotient} \times 100)/2$. Proben mit einem S/P-Quotienten $\geq 0,3$ (15 OD%) werden als positiv befundet.

Bei einem positiven Befund wurden die Serumproben vom Zeitpunkt der Einstallung ebenfalls auf Salmonellenantikörper untersucht.

Der Anteil von Tieren mit Salmonellenantikörpern am Ende der Aufzucht ist in beiden Betrieben als gering einzuschätzen (Abb.15). Die Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Versuchsgruppe waren in beiden Betrieben übergreifend über alle Durchgänge nicht signifikant (Betrieb 1: $p=0,3$, Betrieb 2: $p=0,5$)

Anteil Tiere mit Salmonellenantikörpern (%)

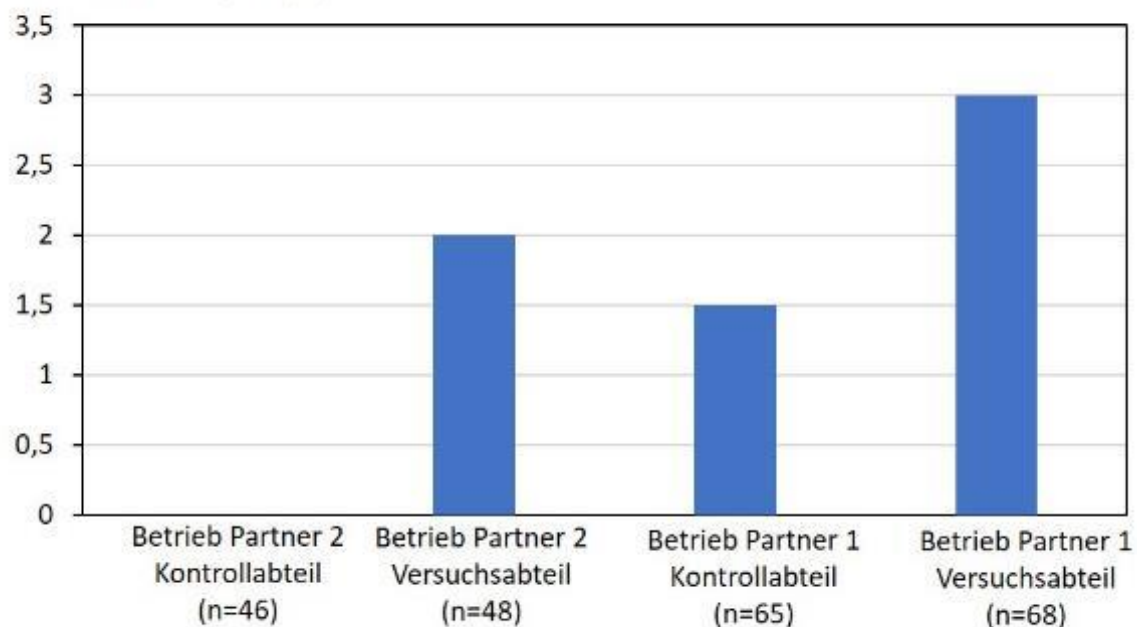


Abb. 15. Anteil Tiere mit Salmonellenantikörpern in beiden Versuchsbetrieben. Die Ergebnisse wurden für alle drei Durchgänge auf den beiden Betrieben zusammengefasst.

Beide Akute-Phase-Proteine (CRP und Haptoglobin) sowie auch Speichelstressmarker werden durch vielfältigste Faktoren beeinflusst. Ein statistisch signifikanter Effekt der Tränkwasserleitungsreinigung auf Konzentrationen dieser Parameter konnte in einem übergeordneten Modell nicht nachgewiesen.

Das C-reaktive Protein (CRP) wurde mit einem Sandwich Immunoassay bestimmt (Phase Range Porcine C-Reactive Protein Assay, Tridelata Development Ltd., Maynooth, Irland). Serumproben wurden in unterschiedlichen Ausgangsverdünnungen verwendet und in Bezug zu einer Standardverdünnungskurve ausgewertet. Die entstehende Farbreaktion wurde bei Wellenlänge 450 nm und Referenzwellenlänge 630 nm in einem Photometer gemessen. Ergebnisse sind in den Abb. 16 (Bestand Partner 1) und Abb. 17 (Bestand Partner 2) visualisiert.

Bei gesunden Aufzuchtferkeln wurden CRP-Konzentrationen am Ende der Aufzucht von 166-858 µg/ml gemessen (Hennig-Pauka et al. 2019). Als Mittelwerte±Standardabweichung bei gesunden 4-Wochen-alten Ferkel wurden 18±7 µg/ml und für 10 Wochen alte Ferkel 25±15 µg/ml angegeben (Pomorska-Mol et al. 2012). Legt man als obere Grenze für Ferkel bei der Ein- und Ausstallung den Mittelwert und die zweifache Standardabweichung zugrunde, d.h. bei Einstallung 32 und bei Ausstallung 55 µg/ml, so ergeben sich keine Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen von Ferkeln mit hohen und niedrigen Konzentrationen im Kontroll- und Versuchsabteil getrennt nach Beständen.

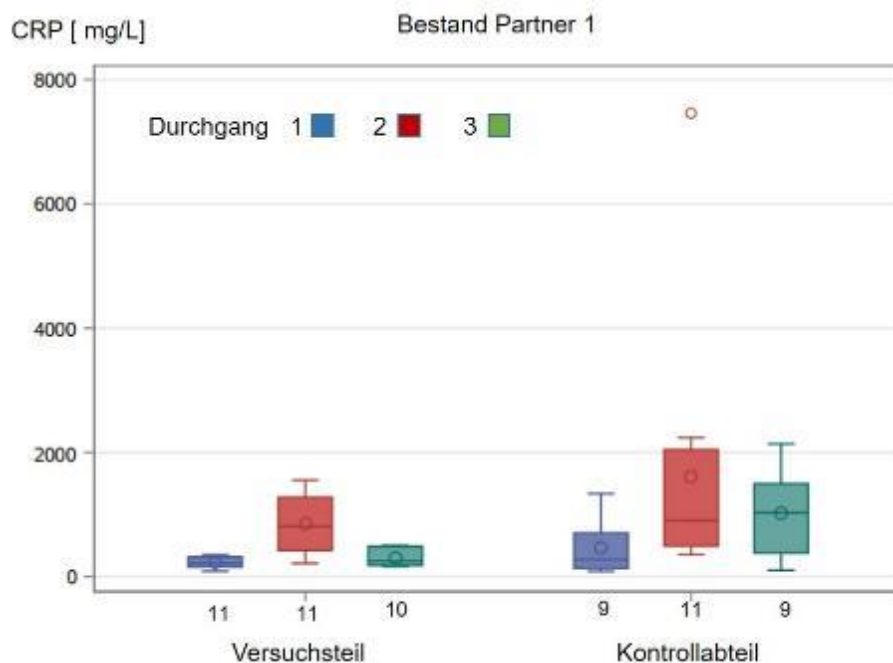


Abb. 16. CRP-Konzentrationen im Blut zum Zeitpunkt der Ausstallung im Bestand Partner 1. Boxplots mit Median und Whiskers, die den 1,5-fachen Interquartilabstand beschreiben. Ausreißer sind als Kreise markiert.

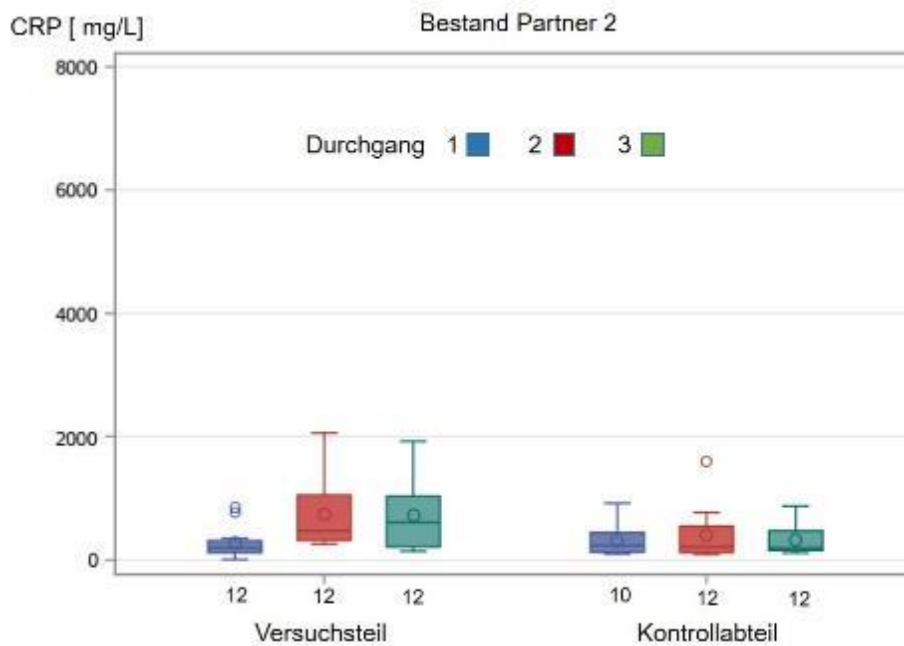


Abb. 17. CRP-Konzentrationen im Blut zum Zeitpunkt der Ausstallung im Bestand Partner 2. Boxplots mit Median und Whiskers, die den 1,5-fachen Interquartilabstand beschreiben. Ausreißer sind als Kreise markiert.

Zum Ausstellungszeitpunkt der Ferkel ergaben sich im Partnerbetrieb 2 ($p=0,04$) nach Zusammenfassung der Durchgänge signifikant niedrigere CRP-Werte im Kontrollabteil, während sie im Partnerbetrieb 1 signifikant höher lagen ($p=0,02$). Ein Einfluss der Lage der Abteile und der Sozialgefüge innerhalb der Gruppen ist nicht auszuschließen. Über den Zeitverlauf einer Aufzucht nahmen die CRP-Konzentrationen über die Bestände und Durchgänge hinweg signifikant zu ($<0,0001$).

Übergeordnet wiesen Ferkel aus Betrieb 2 bei Einstellung ($p<0,0001$) und Ausstallung signifikant niedrigere CRP-Konzentrationen auf als Ferkel aus Betrieb 1 ($p=0,02$).

Die Haptoglobin-Konzentrationen wurden mit einem kolorimetrischen Test gemessen (Phase Range Haptoglobin kit, Tridelta Development Ltd., Maynooth, Irland). Die Farbreaktion wurde bei Wellenlänge 600 nm in einem Photometer gemessen. Die interindividuelle Variabilität war wie auch in anderen Studien sehr groß. In dieser Studie waren signifikante Veränderungen der Haptoglobinkonzentrationen von der Einstellung bis zur Ausstallung sowohl innerhalb der Gruppen, als auch in den Betrieben darstellbar. Haptoglobinkonzentrationen bei FerkelEinstellung unterschieden sich in beiden Betrieben signifikant von denen bei der Ausstallung zur Mast, jedoch in unterschiedliche Richtungen. In Betrieb Partner 2 stiegen die Konzentrationen unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit wie erwartet an, während sie in Betrieb Partner 1 absanken. Die Haptoglobinkonzentrationen von Ferkeln, die während der Aufzucht in den Buchten belassen wurden und solchen, die umgesetzt wurden, waren nicht signifikant unterschiedlich. Zwischen den Abteilen (Kontroll- und Versuchsabteil) ergaben sich keine Unterschiede in den Haptoglobinkonzentrationen (Abb. 18 und 19). Mit Hilfe einer Varianzanalyse konnte ein signifikanter Einfluss von Betrieb ($p<0,025$) und Durchgang ($p<0,0001$), nicht jedoch von Umsetzen und Gruppe gezeigt werden. Interaktionen zwischen Gruppe und Betrieb bzw. Durchgang waren nicht signifikant.

Übergeordnet wiesen Ferkel aus Betrieb 2 bei Einstellung signifikant niedrigere ($p < 0,0001$), bei Ausstallung signifikant höhere ($p < 0,0001$) Haptoglobinkonzentrationen auf als Ferkel aus Betrieb 1.

Betrieb Partner 1

Haptoglobinkonzentrationen
im Blut [mg/ml]

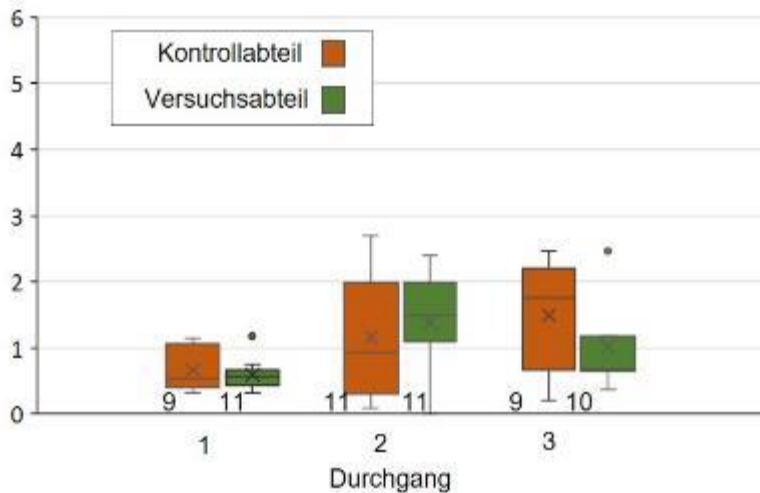


Abb. 18. Haptoglobin-Konzentrationen im Blut zum Zeitpunkt der Ausstallung im Bestand Partner 1. Boxplots mit Median und Whiskers, die den 1,5-fachen Interquartilabstand beschreiben. Ausreißer sind als Kreise markiert.

Betrieb Partner 2

Haptoglobinkonzentrationen
im Blut [mg/ml]

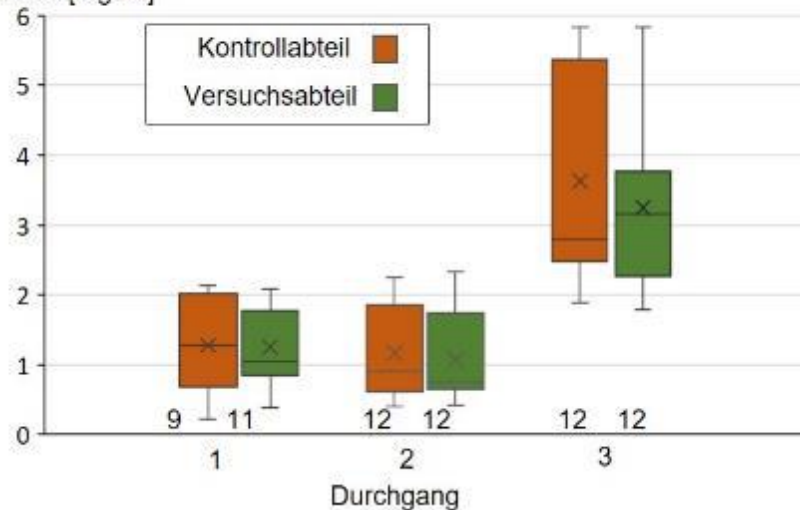


Abb. 19. Haptoglobin-Konzentrationen im Blut zum Zeitpunkt der Ausstallung im Bestand Partner 2. Boxplots mit Median und Whiskers, die den 1,5-fachen Interquartilabstand beschreiben. Ausreißer sind als Kreise markiert.

Bei gesunden Aufzuchtferkeln wurden Haptoglobinkonzentration am Ende der Aufzucht von 0,07-0,32 mg/ml gemessen (Hennig-Pauka et al. 2019). Als obere Referenzgrenzen für 4-Wochen-alte Ferkel wurden 2,6 mg/ml und für 12 Wochen alte Ferkel 3,37 mg/ml angegeben (Pineiro et al. 2009). Legt man diese als obere Grenze für Ferkel bei der Ein- und Ausstallung zu Grunde, ergeben sich keine Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen von Ferkeln mit hohen und niedrigen Konzentrationen im Kontroll- und Versuchsabteil getrennt nach Beständen.

Speichelmarker unterschieden sich nicht zwischen Kontroll- und Versuchsabteilungen. Chromogranin A unterliegt natürlichen zirkadianen Schwankungen aber keinem Alterseffekt (Escribano et al. 2014). Mittlere Speichelkonzentrationen wurden bei 17 Wochen alten Schweinen mit 0,81 µg/ml (Frühjahr) und 1,91 µg/ml (Herbst) angegeben (Escribano et al. 2014). In dieser Studie zeigten zum Zeitpunkt der Ausstallung einige Schweine höhere Chromogranin-A-Konzentrationen. Im Betrieb Partner 2 gab es bei Ausstallung einen signifikant höheren Anteil an Ferkeln mit Chromogranin-A-Konzentrationen oberhalb von 1,91 µg/ml ($p=0,01$).

Cortisol im Speichel unterliegt ebenfalls einem zirkadianen Rhythmus und schwankt etwa zwischen 0,6 und 1,32 ng/ml (Ekkel et al. 1996). In einer anderen Studie lagen Mittelwert \pm Standardabweichung bei $0,69\pm 0,11$ µg/dl (Mohan et al. 2019). Wählt man einen hypothetischen Grenzwert aus Mittelwert+doppelter Standardabweichung, d.h. 0,91 µg/dl, so zeigten in dieser Studie nur zwei Ferkel eine geringgradig höhere Cortisol-Konzentration im Speichel.

Als Referenzwerte für Absetzferkel werden für α -Amylase im Speichel 36-1577 U/l und für ältere Schweine 58-1174 U/l angegeben (Saco et al. 2023). Es ergaben sich keine Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen von Ferkeln mit Konzentrationen über und unter 1577 U/l im Kontroll- und Versuchsabteil getrennt nach Beständen.

Oxytocin steigt bei Wohlbefinden an, ist also ein negativer Stressmarker. Bei gesunden Schweinen wurden je nach Methode mittlere Nachweise von 3684 pg/ml und 647 ng/ml gemessen (Valross et al. 2022). Bei laktierenden Sauen lag der Interquartilbereich zwischen 150-250 pg/ml (Moscovice et al. 2024). Für ungestresste Schlachtschweine lag der Median bei 1479 pg/ml mit einem Interquartilbereich von 771,2–2739 pg/ml (Lopez-Arjona et al. 2020). Nimmt man 2739 pg/ml als Untergrenze, so ergeben sich keine Unterschiede in den Häufigkeitsverteilungen von Ferkeln mit Konzentrationen oberhalb und unterhalb dieser Konzentration im Kontroll- und Versuchsabteil getrennt nach Beständen.

Tiere, die im Bestand Partner 1 während der Aufzuchtphase in eine andere Bucht gesetzt worden waren und sich in einer neuen Sozialordnung zurechtfinden mussten, zeigten mit dem Fisher-Exact-Test ebenfalls nicht häufiger erhöhte Stressmarker- oder Akute-Phase-Protein-Konzentrationen.

Über den Zeitverlauf veränderten sich Konzentrationen von Cortisol, α -Amylase, Chromogranin signifikant ($<0,0001$). Übergeordnet gab es auch signifikante Unterschiede zwischen beiden Betrieben mit höheren Konzentrationen des Cortisol im Speichel bei der Einstallung ($p=0,0006$) und bei der Ausstallung ($p=0,04$) im Partnerbetrieb 2. α -Amylasekonzentrationen bei der Ausstallung ($p=0,001$), Oxytocinkonzentrationen bei der Ein- ($p=0,02$) und Ausstallung ($p=0,0007$), Chromograninkonzentrationen bei der Ausstallung ($p<0,0001$) waren im Partnerbetrieb 2 signifikant niedriger ($p=0,001$).

Zwischen den Konzentrationen der Akute-Phase-Proteine und der Stressmarker bestanden vielfache Korrelationen (Spearman's Rank Korrelation). Im Bestand Partner 2 waren Einstellungs- und Ausstallungsgewicht, sowie die Tageszunahmen und Cortisolspiegelkonzentration bei Ausstallung im ersten Durchgang im Versuchsabteil korreliert.

Im Bestand Partner 2 waren Einstellungsgewicht und Cortisolspiegelkonzentration bei Ausstallung im zweiten Durchgang im Versuchsabteil korreliert. Das Ausstallungsgewicht war negativ mit der Cortisolkonzentration bei Einstellung korreliert ($r_s=0,97$, $p<0,0001$).

In den Versuchsabteilen ergaben sich einige negative Korrelationen zwischen Oxytocinkonzentrationen und Gewichtparametern (Tab.12). Je höher das Gewicht der Tiere war, desto niedriger die Oxytocinkonzentration. Da hohe Oxytocinkonzentrationen eher auf gutes Wohlbefinden hindeuten, sind die Werte nicht zu interpretieren. Ranghöhere und schwerere Ferkel haben vermutlich teilweise auch einen höheren Stresslevel.

In den Versuchsabteilen wurden auch andere Korrelationen zwischen Entzündungs- und Gewichtparametern beobachtet (Tab. 13). Die labordiagnostischen Parameter sind in Tab. 14 zusammengefasst.

Im Betrieb Partner 1 wurden 58-71% der Ferkel während der Aufzuchtphase in andere Buchten versetzt. Dieser Faktor hatte jedoch keinen Einfluss auf die Ferkelentwicklung oder auf Speichelstressmarker und Akute-Phase-Proteine im Blut.

Tab. 12. Korrelationen zwischen Gewichtsparemtern und Oxytocin im Speichel

	Versuchsabteil		
	Oxytocin EInstellung	Oxytocin Ausstallung	Oxytocin Differenz
	Bestand Partner 1 Durchgang 1		
Gewicht EInstellung		$r_s = -0,61, p = 0,047$	
	Bestand Partner 1 Durchgang 2		
Gewicht EInstellung	$r_s = -0,67, p = 0,023$		
	Bestand Partner 2 Durchgang 1		
Gewicht Ausstallung			$r_s = 0,77, p = 0,015$
	Bestand Partner 2 Durchgang 2		
Gewicht Ausstallung	$r_s = -1, p < 0,0001$		

Tab. 13. Korrelationen zwischen Entzündungsmarkern und Gewichtsparemtern in den Versuchsabteilen unabhängig vom Durchgang

Bestand Partner 1			
	Gewicht EInstellung	Gewicht Ausstallung	TGZ
Haptoglobin EInstellung	$r_s = -0,3, p = 0,01, n = 69$		
Haptoglobin Ausstallung		$r_s = -0,33, p = 0,01, n = 61$	$r_s = -0,28, p = 0,03, n = 61$
CRP EInstellung		$r_s = -0,26, p = 0,04, n = 60$	
CRP Ausstallung		$r_s = -0,34, p = 0,007, n = 61$	$r_s = -0,29, p = 0,026, n = 61$
Cortisol EInstellung	$r_s = -0,32, p = 0,02, n = 51$	$r_s = -0,32, p = 0,02, n = 51$	
Chromogranin A EInstellung		$r_s = 0,29, p = 0,04, n = 51$	$r_s = 0,28, p = 0,05, n = 51$
Chromogranin A Ausstallung	$r_s = 0,42, p = 0,0008, n = 59$		
Salmonellen Ak EInstellung	$r_s = 0,26, p = 0,03, n = 70$		
Bestand Partner 2			
Haptoglobin EInstellung		$r_s = -0,33, p = 0,006, n = 69$	$r_s = -0,23, p = 0,03, n = 69$
α -Amylase EInstellung		$r_s = 0,41, p = 0,003, n = 51$	$r_s = 0,36, p = 0,01, n = 51$
Chromogranin A Ausstallung		$r_s = -0,32, p = 0,008, n = 70$	$r_s = -0,24, p = 0,04, n = 70$
Salmonellen Ak Ausstallung	$r_s = -0,3, p = 0,01, n = 70$	$r_s = 0,3, p = 0,01, n = 70$	

Tab. 14. Labordiagnostische Parameter

Bestand 1								
Parameter	Versuchsabteil				Kontrollabteil			
	N	Median	Minimum	Maximum	N	Median	Minimum	Maximum
Durchgang 1								
CRP 1	10	34,42	7,05	137,16	12	28,53	2,28	863,10
CRP 2	12	194,80	6,21	844,50	10	233,64	92,22	915,70
Haptoglobin 1	10	0,57	0,18	1,23	12	0,47	0,12	1,22
Haptoglobin 2	11	1,04	0,38	2,09	9	Jan 27	0,21	2,09
Chromogranin 1	8	0,29	0,17	0,49	9	0,24	0,17	2,13
Chromogranin 2	12	2,49	0,35	3,73	11	0,83	0,40	4,41
Oxytocin 1	9	6181,43	1250,51	14882,80	10	3534,21	1912,69	11512,27
Oxytocin 2	12	5694,84	1981,58	16065,11	12	4050,12	2265,65	11894,06
α -Amylase 1	9	351,10	117,60	3059,50	10	1791,65	110,40	12456,30
α -Amylase 2	12	615,55	30,20	1674,30	12	504,30	106,00	1712,10
Cortisol 1	6	0,36	0,17	0,82	8	0,30	0,11	0,89
Cortisol 2	12	0,25	0,05	0,57	11	0,14	0,05	0,46
Salmonellen OD 1	0				0			
Salmonellen OD 2	12	-1,94	-2,82	7,68	10	-1,02	-2,26	6,34
Durchgang 2								
CRP 1	12	27,71	2,94	269,67	12	16,30	2,15	211,19
CRP 2	12	468,40	256,00	2060,00	12	210,45	80,97	1603,00
Haptoglobin 1	12	0,38	0,10	0,56	11	0,34	0,21	0,65
Haptoglobin 2	12	0,74	0,42	Feb 33	12	0,91	0,40	2,25
Chromogranin 1	4	0,41	0,29	0,55	6	0,28	0,22	0,67
Chromogranin 2	12	0,61	0,42	1,00	12	0,69	0,35	1,30
Oxytocin 1	5	6619,30	2229,90	8838,05	8	3586,79	1782,32	17078,37
Oxytocin 2	12	3736,46	2062,04	13983,24	12	3611,05	1190,44	11279,41
α -Amylase 1	5	5709,40	2411,00	34310,00	8	8654,25	4393,30	40981,00
α -Amylase 2	12	1399,15	164,10	9019,60	12	2165,00	69,10	6854,80
Cortisol 1	4	0,63	0,25	1,00	6	0,72	0,42	0,91
Cortisol 2	12	0,07	0,05	0,11	12	0,20	0,11	0,51
Salmonellen OD 1	12	-2,99	-3,37	4,3	12	-1,21	-3,58	6,04
Salmonellen OD 2	12	0,11	-2,47	28,47	12	-0,11	-3,52	2,96
Durchgang 3								
CRP 1	12	64,92	20,62	2108,00	12	25,70	3,23	231,29
CRP 2	12	604,50	139,90	1925,00	12	194,55	110,80	874,00
Haptoglobin 1	12	0,92	0,65	7,01	12	1,06	0,71	4,71
Haptoglobin 2	12	3,17	1,79	5,83	12	2,79	1,88	5,83
Chromogranin 1	8	0,31	0,20	2,46	10	0,42	0,32	0,78
Chromogranin 2	12	1,15	0,41	2,49	11	1,19	0,57	2,09
Oxytocin 1	8	3104,02	1962,02	13066,14	11	6657,73	2092,95	74867,27
Oxytocin 2	12	3878,85	1402,58	26946,52	12	4160,25	1633,79	10254,12
α -Amylase 1	8	2516,20	878,40	8601,60	11	4455,80	222,40	9563,30
α -Amylase 2	12	1125,50	61,10	6460,50	11	456,80	66,90	4509,60
Cortisol 1	5	0,28	0,22	0,38	9	0,36	0,16	0,77
Cortisol 2	12	0,17	0,10	0,34	11	0,10	0,05	0,16
Salmonellen OD 1	0				0			
Salmonellen OD 2	12	-1,97	-3,03	4,72	12	-1,62	-3,17	-0,28

Bestand 2								
Parameter	Versuchsabteil				Kontrollabteil			
	N	Median	Minimum	Maximum	N	Median	Minimum	Maximum
Durchgang 1								
CRP 1	12	167,10	10,72	2201,00	12	214,23	94,37	1860,00
CRP 2	11	217,00	89,55	353,70	9	277,10	87,95	1337,00
Haptoglobin 1	12	0,49	0,35	2,02	12	0,48	0,33	02, Jul
Haptoglobin 2	11	0,56	0,31	1,18	9	0,53	0,31	1,15
Chromogranin 1	9	0,36	0,22	0,59	6	0,57	0,10	1,05
Chromogranin 2	11	0,92	0,32	1,36	8	0,83	0,49	1,13
Oxytocin 1	12	6232,74	2868,98	14657,01	10	5046,93	1434,80	9825,81
Oxytocin 2	11	6845,38	1962,02	16415,88	9	3692,63	1730,74	11062,29
α -Amylase 1	12	1080,30	8,9	10181,60	10	1208,10	308,10	6173,10
α -Amylase 2	11	229,50	107,00	5725,40	9	1664,00	36,50	10775,90
Cortisol 1	7	0,23	0,08	0,51	4	0,27	0,11	0,41
Cortisol 2	11	0,07	0,05	0,64	9	0,08	0,05	0,60
Salmonellen OD 1	12	-0,92	-2,26	19,47	12	0,81	-3,16	12,68
Salmonellen OD 2	11	0,09	-2,34	11,3	9	0,97	-2,87	3,00
Durchgang 2								
CRP 1	12	965,25	206,80	2943,00	12	380,20	44,29	858,00
CRP 2	11	808,40	214,80	1555,00	11	904,50	355,80	7463,00
Haptoglobin 1	12	1,40	0,27	2,29	12	1,44	0,00	2,15
Haptoglobin 2	11	1,49	0,00	2,40	11	0,93	0,08	2,69
Chromogranin 1	10	0,29	0,20	0,51	12	0,27	0,17	0,51
Chromogranin 2	11	2,54	1,09	3,45	11	2,7	1,09	4,31
Oxytocin 1	11	9816,67	3002,89	16053,08	12	4923,23	1522,03	9025,21
Oxytocin 2	11	5896,24	759,61	10770,25	11	8823,02	4844,13	13873,19
α -Amylase 1	10	2690,25	90,80	6203,70	11	3928,30	2134,70	12937,10
α -Amylase 2	11	3494,80	379,10	9417,70	11	2852,10	1118,40	7223,50
Cortisol 1	8	0,33	0,11	0,54	12	0,22	0,05	0,43
Cortisol 2	8	0,15	0,05	0,45	10	0,26	0,05	0,74
Salmonellen OD 1	12	5,4	-1,11	12,04	12	6,34	-0,85	12,34
Salmonellen OD 2	11	-1,41	-2,96	4,24	11	-1,37	-2,52	40,07
Durchgang 3								
CRP 1	12	264,05	150,09	1967,00	10	264,53	39,51	932,60
CRP 2	10	249,92	166,45	505,40	9	1029,00	105,20	2137,00
Haptoglobin 1	12	2,25	1,94	2,44	9	2,13	1,4	2,45
Haptoglobin 2	10	0,69	0,36	2,49	9	1,36	0,20	2,46
Chromogranin 1	11	0,42	0,31	1,18	12	0,52	0,18	6,43
Chromogranin 2	10	2,17	0,65	3,88	8	2,10	1,11	3,72
Oxytocin 1	12	7099,68	3283,80	13631,27	12	6138,09	3459,51	12011,10
Oxytocin 2	10	8641,41	2294,59	12408,31	8	10331,06	5689,60	16135,66
α -Amylase 1	12	4449,90	796,10	9483,10	12	4145,10	1754,40	10058,90
α -Amylase 2	10	2989,50	179,60	11906,00	8	953,00	251,40	6027,30
Cortisol 1	10	0,24	0,15	0,76	10	0,23	0,07	0,42
Cortisol 2	10	0,38	0,11	1,27	7	0,21	0,10	0,42
Salmonellen OD 1	12	1,77	-2,01	10,63	10	2,20	-2,18	7,86
Salmonellen OD 2	10	-1,70	-2,52	18,93	9	-1,50	-2,60	11,78

Wirtschaftlichkeitbewertung

Im Durchschnitt hatten die Ferkel aus Abteilen, in denen eine Tränkwasserleitungsreinigung vorgenommen worden war, 20 g höhere Tageszunahmen. Über die Aufzuchtphase von 49 Tagen ergibt sich damit ein höherer Gewichtszuwachs im Versuchsabteil von 980 g. Dieser rechnerische Wert spiegelte sich in den Durchschnittsgewichten bei der Ausstallung im Kontrollabteil (Partnerbetrieb 1: 21,86 kg, Partnerbetrieb 2: 31,09 kg) und im Versuchsabteil (Partnerbetrieb 1: 22,66 kg, Partnerbetrieb 2: 32,68 kg) wieder.

Bei durchschnittlich 500 g Tageszunahmen wird das Verkaufsgewicht also zwei Tage eher erreicht, wenn die Tiere im Versuchsabteil standen. Unter der Annahme einer Futtermittelverwertung von 1,75 :1 und einem Preis für Aufzuchtfutter III von 36 €/dt (100 kg) werden 0,63 € Futterkosten veranschlagt. Zusätzlich können 0,04 € für Energie und Wasser, 0,18 € für zwei zusätzliche Aufzuchtstage (höhere Direktkostenfreie Leistung durch mehr Umtriebe) und 0,06 € Lohnanspruch für weniger Arbeitszeit für Versorgung und Kontrolle veranschlagt werden, so dass insgesamt ein Einsparungspotential von 0,91 € pro Ferkel besteht (Hilgers et al. 2019).

Eine Gegenüberstellung der abgeschätzten Kosten und der Einsparung für beide Betriebe ist in Tab. 15 ersichtlich. Stromkosten zum Betrieb der Pumpe und der Heizplatte wurden nicht berücksichtigt. Während der Einwirkzeiten wurden die Pumpen nicht betrieben. Geht man von einer Kaltwassertemperatur von 10°C aus, von der aus das Wasser auf 42°C angewärmt wird, lassen sich die Wassererwärmungskosten mit folgender Formel errechnen: $Q=2,5 \times V \times (T_w - 10)$, wobei Q=Wärmemenge in Wattstunden (Wh), 2,5=Faktor, der die spezifische Wärmekapazität von Wasser und einen durchschnittlichen Wirkungsgrad der Heizvorrichtung von 46% berücksichtigt, V=erwärmte Wassermenge in Kubikmetern, $T_w - 10$ = Unterschied der Temperatur von Warm- und Kaltwasser ist (<https://www.heizsparer.de/heizung/warmwasser-aufbereitung/warmwasserkosten-berechnen>, Zugriff 24.6.2024). Für die Erwärmung von 90 Litern im Partnerbetrieb 1 ergibt sich eine Wärmemenge von 7,2 Wh, die bei einem Preis von 43 Cent/kWh nur mit 0,3 Cent ins Gewicht fallen würde.

Die überschlagsweise Berechnung zeigt den Arbeitsaufwand als höchsten Kostenfaktor. Um diesen zu minimieren, könnte eine Reinigungsvorrichtung vom Landwirt selbst angewendet werden, während er selber im Stall mit Reinigung der Flächen beschäftigt ist (paralleles Reinigen der Tränkwasserleitungen). Dies wäre möglich, da nur in den Übergängen zwischen Einwirk- und Spülzeit ein Eingreifen des Landwirts erforderlich ist. Es wird mit einem Zeitaufwand von zwei Stunden für diese Vorrichtungen ausgegangen, da der Zusammenbau des Systems die meiste Zeit erfordert. Die Lohnkosten würden sich dadurch auf 100 Euro reduzieren. Mit 106,15 € Kosten würde sich auch dieses zeitoptimierte Vorgehen finanziell im Betrieb Partner 2 nicht auszahlen. Die Berechnung zeigt deutlich, dass eine Reinigung nur in Großabteilen wirtschaftlich sein kann, wenn viele Ferkel an einem Leitungssystem von der Reinigung gleichzeitig profitieren (>335 Ferkel in einem Abteil). Ein zusätzlicher wirtschaftlicher Nutzen kann sich bei gesundheitlichen Problemen ergeben, d.h. wenn die Tränkwasserleitungsbeläge ein Reservoir für krankmachende Keime sind (z.B. *Salmonellen*, *E.coli*).

Tab. 15. Faktoren, die die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens beeinflussen

	Partnerbetrieb 1	Partnerbetrieb 2
Anzahl Ferkel Versuchsabteil	400	100
Kosteneinsparungspotential durch Reinigung von 0,91 €/Ferkel	364 €	91 €
Kosten:		
Wasserverbrauch für Reinigung (2,12 €/m ³)	90 Liter Reinigungslösung und ausreichend Spülwasser, d.h. ca. 30 Liter nach jeder Reinigung und 180 Liter nach Beendigung des Gesamt- prozesses, ca. 0,360 m ³ , d.h. 0,76 €	10 Liter Reinigungslösung und ausreichend Spül- wasser, d.h. ca. 60 Liter nach der Reinigung, ca. 0,07 m ³ , d.h. 0,15 €
4Cidal® (0,6 €/Liter Reinigungs- lösung)	für 90 Liter Reinigungslösung 54 €	für 10 Liter Reinigungslösung 6 €
Arbeitszeit (An- und Abfahrt, Zusammenbau des Reinigungs- systems, Reinigungszeit), 50€/Stunde	5 Stunden, d.h. 250€	5 Stunden, d.h. 250€
Geschätzte Gesamtkosten	304,76 € (0,76 €/Schwein)	256,15 € (2,56 €/Schwein)
Geschätzter Gewinn/Verlust	59,24 € (0,15 €/Schwein)	-165,15 € (-1,65 €/Schwein)

2.4.4 Beitrag des Ergebnisses zu förderpolitischen EIP-Themen

Ergebnisse dieses Projektes unterstützen eine nachhaltig wirtschaftende und tierartgerechte Land- und Ernährungswirtschaft, da die Machbarkeit und der Nutzen von Tränkwasserleitungsreinigungen mit einem hohen personellen und einem mittleren technischen Aufwand untersucht wurde. In der OG arbeiteten Landwirte, Forscher, Unternehmer und Dienstleistungsanbieter/Berater des Agrarsektors eng zusammen und ergänzten sich mit ihrer Expertise. Über die Bedeutung von Leitungsbiofilmen für die Tiergesundheit ist bisher wenig bekannt. Landwirte berichten häufig von Verbesserungen der Tiergesundheit oder auch dem Verschwinden bestimmter Krankheitsbilder, wenn sie das Wasser hygienisiert haben. Es wird vermutet, dass Leitungsbeläge sich in größeren Stücken ablösen, vom Tier beim Trinken aufgenommen und dann die Tiergesundheit beeinträchtigen können. Es liegt die Vermutung nahe, dass insbesondere Aufzuchtferkel in der sensiblen Phase nach dem Absetzen empfindlich dafür sind, wenn sie Biofilme aufnehmen. Für krankmachende *E.-coli*-Stämme oder auch Salmonellen, die sich in Leitungsbelägen einnisten können, kann von einer Gesundheitsbeeinträchtigung ausgegangen werden.

Grundsätzlich kann eine unzureichende Wasseraufnahme durch die Tiere aufgrund technischer Mängel oder einer geringeren Schmackhaftigkeit durch z.B. Biofilmbildung in den Leitungen anderen Krankheiten Vorschub leisten (z.B. Ohr- und Schwanzveränderungen, Durchfall).

Mit dem konkreten Projekt wurde im definierten Themenbereich der Tränkwasserleitungsreinigung mit einem neuen Produkt und Verfahren der Transfer von Innovationen in die Praxis ermöglicht. Das erarbeitete Verfahren erweitert den Handlungsspielraum von Landwirtinnen und Landwirten bei bestimmten Problemen im Tierbestand (Schwanz- und Ohrenbeißen, Durchfallerkrankungen, Salmonellenbelastung, Kümern), da mit dem Verfahren ein an multifaktoriellen Krankheitsbildern beteiligter Faktor (Keimbelastung über das Wasser/verminderte Wasseraufnahme aufgrund einer Geschmacksbeeinträchtigung) eliminiert oder mindestens reduziert werden kann.

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

Die mikroskopische Untersuchung von Biofilm-/Belagsproben führte zu keinem Ergebnis. Es konnte also für eine routinemäßige Analyse/Routinediagnostik kein Verfahren zur mikroskopischen Beurteilung von Biofilmen entwickelt werden. Bisher steht also nur die makroskopische Bewertung, bzw. eine chemische Analyse mit dem Schwerpunkt auf Trockensubstanz und anorganischer Substanz zur Verfügung. Vielversprechender ist dagegen die Anreicherung von Belagsproben für die Untersuchung auf Salmonellen, um Reservoir für diesen Erreger in den Tränkwasserleitungen zu identifizieren.

Das Reinigungsverfahren führte nicht zur Eliminierung sondern nur zur Reduzierung von anorganisch dominiertem Biofilm. Dennoch zeigten die Tiere in Abteilen mit gereinigten Leitungen einen Wachstumsvorteil.

2.4.7 mögliche weitere Verwendung von Investitionsgütern

Die beiden Spülvorrichtungen für Groß- und Kleingruppen können flexibel unter unterschiedlichen baulichen Voraussetzungen in Ferkelaufzuchtabteilen genutzt werden und stehen weiterhin für Reinigungseinsätze bei Bedarf zur Verfügung.

2.5 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis Sind verwertbare/nutzbare Empfehlungen, Produkte, Verfahren oder Technologien entstanden?

Das entwickelte Reinigungsverfahren kann bei hartnäckigen Erkrankungen, die durch eine verminderte Wasesaufnahme oder durch pathogene Keime, die ihr Reservoir in den Tränkwasserleitungen haben können, die Tiergesundheit und die Gewichtsentwicklung von Aufzuchtferkeln verbessern. Die technischen Prototypen, mit denen Tränkwasserleitungsreinigungen in Abteilen unterschiedlicher Bauart durchgeführt werden können, sind weiterhin verwertbar und im Einsatz. Die Bedeutung von Leitungsbelägen für die Tiergesundheit kann anhand der Projektergebnisse besser eingeschätzt werden, so dass der Landwirt sowohl eine Entscheidungshilfe für oder gegen dieses Managementverfahren an die Hand bekommt als auch das Verfahren selber zur Verfügung steht. Leitungsbeläge können unter bestimmten Umständen (Geschmacksbeeinträchtigung des Wassers, Reservoir für pathogene Erreger) die Tiergesundheit beeinträchtigen. Sind beide Punkte nicht gegeben, kann von einer Tränkwasserleitungsreinigung in Abteilen mit weniger als 350-400 Ferkeln abgesehen werden, da die Kosten/der Aufwand dieses Verfahrens den Nutzen (bessere Wachstumsleistung) übersteigt.

Mit dem Präparat 4Cidal® steht ein wirksames, umweltschonendes und für die Tiere unschädliches Reinigungsprodukt für eine vielfältige Anwendung im Tierbereich – auch im belegten Stall zur Verfügung. Damit wird das Spektrum an Managementmöglichkeiten zur Aufrechterhaltung einer guten Tiergesundheit erweitert. Die Beurteilung der Leitungen mittels Endoskopie sowie die makroskopische Belagsbeurteilung werden in das

Dienstleistungsspektrum der Außenstelle für Epidemiologie aufgenommen und bei Bestandsuntersuchungen angewendet.

2.6 (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse

Die Firma Aumann Hygienetechnik hat das Verfahren und die Technologie in ihr Portfolio der Dienstleitungen mitaufgenommen und kann unproblematisch eine Adaptation auch auf andere Haltungssysteme für andere Tierarten vornehmen. Die Beurteilung von Tränkwasserleitungsbelägen und die Entscheidung für oder gegen eine Tränkwasserleitungsreinigung wird durch die Projektergebnisse in Zukunft ermöglicht und begründbar. Damit werden dem Landwirt unnötige Kosten erspart. Andererseits hat er einen erweiterten Handlungsspielraum bei Problemen, die mit einer Tränkwasserleitungsreinigung adressiert werden können.

2.7 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit: Gibt es weitergehende (wissenschaftliche) Fragestellungen aus den Projektergebnissen, die zukünftig zu bearbeiten sind?

In Zukunft sollen weitere Anwendungsbereich für das Produkt 4Cidal® ermittelt werden. In einem nächsten Schritt soll versucht werden, den vbnc-(viable but non cultivable) Status von Keimen in Tränkwasser durch eine Wasserhygienisierung mit maximal 0,1% 4Cidal® zu verhindern. Außerdem soll ein Reinigungskonzept zur Keimminimierung im belegten Stall/im laufenden Prozess erprobt werden. Es wird erwartet, dass dies ein Verfahren zur Eindämmung von Durchfallerkrankungen im Saugferkel- und Absetzferkelbereich sein kann.

2.8 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.

Die Ergebnisse sollen in einer Fachzeitschrift publiziert und einer breiten Leserschaft zur Verfügung gestellt werden. Die Ergebnisse wurden bereits auf einem internationalen Kongress vorgestellt (European Congress of Porcine Health Management und International Pig Veterinary Society Congress 4.-7.6. 2024 in Leipzig). Eine Vorstellung des Verfahrens ist außerdem beim Bakumer Fachgespräch vor der regionalen Tierärzteschaft geplant im November 2024. Auf der Homepage der Außenstelle für Epidemiologie wird weiterhin auf das Projekt aufmerksam gemacht. Die Projektbeschreibung wird um die Projektergebnisse ergänzt.

Die EIP Förderung dient als Anschubfinanzierung zur Testung neuer Verfahren und Produkte, von denen ein positiver Impuls für die Praxis erwartet wird. Leider ist die Zeit meist zu kurz, um das Verfahren in die Praxis zu bringen, zumal keine Ermittlung des Marktes vorgesehen ist. Es bleibt unbekannt, wie groß der Bedarf für die Innovation ist und unter welchen Bedingungen/nach welchen Adaptationen sie zur Marktreife geführt werden könnte. Die ökonomische Bilanz spricht am Ende gegen einen breiten Einsatz in der Praxis, so dass die Innovation den potentiellen Markt der Möglichkeiten erweiterte - ebenso wie auch viele von Firmen entwickelten Produkte und Verfahren, die sicherlich einen Nutzen haben, dieser jedoch die Kosten nicht aufwiegt.

Referenzen

- Anderson, W.B., Slawson, R.M., Mayfield, C.I. (2002): A review of drinking-water-associated endotoxin, including potential routes of human exposure. *Can. J. Microbiol.* 48, 567-587.
- Büscher, W., Rudovsky, A. Marks, M., Häuser, S., Hesse, D. (2008). DLG – Merkblatt 351: Tränketchnik für Schweine. Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft, Frankfurt am Main.
- Cort, N., Fredriksson, G., Kindahl, H., Edqvist, L.E., Rylander, R.(1990): A clinical and endocrine study on the effect of orally administered bacterial endotoxin in adult pigs and goats. *J. Veterinary Med. Ser. A-Zentralblatt fur Veterinarmedizin Reihe A-Physiol. Pathol. Clin. Med.* 37:130–7. doi: 10.1111/j.1439-0442.1990.tb00884.x.
- Ekkel, E.D., Dieleman, S.J., Schouten, W.G., Portela, A., Cornelissen, G., Tielen, M.J.M., Halberg, F. (1996): The circadian rhythm of cortisol in the saliva of young pigs. *Physiol. Behav.* 60:985-989. doi:10.1016/0031-9384(96)00107-2.
- Escribano, D., Gutiérrez, A.M., Fuentes-Rubio, M., Cerón, J.J. (2014): Saliva chromogranin A in growing pigs: a study of circadian patterns during daytime and stability under different storage conditions. *Vet. J.* 199: 355-359. doi:10.1016/j.tvjl.2014.01.005.
- Früchtenicht, K. (2000): Geogene und anthropogene Kontaminanten im Tränkwasser. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 107: 329-331.
- Gesetz über den Verkehr mit Tierarzneimitteln und zur Durchführung unionsrechtlicher Vorschriften betreffend Tierarzneimittel (Tierarzneimittelgesetz - TAMG), (Ausfertigungsdatum: 27.09.2021).
- Gotter, V. (2011): Ermittlung von Risikofaktoren in Schweinemastbetrieben in unterschiedlicher Kategorisierung des Salmonellenmonitorings in Niedersachsen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Hennig-Pauka, I., Menzel, A., Boehme, T.R., Schierbaum, H., Ganter, M., Schulz, J. (2019): Haptoglobin and C-Reactive Protein-Non-specific Markers for Nursery Conditions in Swine. *Front. Vet. Sci.* 28: 92. doi: 10.3389/fvets.2019.00092.
- Hennig-Pauka, I., Vogels, J., Aumann, K., Uphoff, J., Schaule, G., Wingender, J. (2020): Kein Wasser ohne Leben-Tränkwasserleitungshygiene beim Schwein. *Leipziger Blaue Hefte*, 64.
- Hilgers, J., Heger, Leuer, S. (2018): Typisch Ökonomie. Die Schweineproduktion ökonomisch verstehen. Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH
- Holst, H., Edqvist, L.E., Kindahl, H., Rylander, R. (1993): Effects of oral and intravenous administration of endotoxin in prepubertal gilts. *Zentralbl Veterinarmed A.* 40:33-44. doi:10.1111/j.1439-0442.1993.tb00598.x.
- Jacob, D., Teichmann, C., Sobolowski, S. et al. (2020): Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community. *Reg. Environ. Change* 20: 51. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01606-9>.
- Kamphues, J., Böhm, R., Flachowsky, G., Lahrssen-Wiederholt, M., Meyer, U., Schenkel, H. (2007): Empfehlungen zur Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser für Lebensmittel liefernde Tiere unter Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen. *Landbauforschung Völkenrode*, 57: 255-272.
- López-Arjona, M., Escribano, D., Mateo, S.V., Contreras-Aguilar, M.D., Peres Rubio, C., Tecles, F., Ceron, J.J., Martinez-Subiela, S. (2020): Changes in oxytocin concentrations in saliva of pigs after a transport and during lairage at slaughterhouse. *Res. Vet. Sci.* 133:26-30. doi:10.1016/j.rvsc.2020.08.015.
- Mohan, N.H., Nath, A., Thomas, R., Kumar, S., Banik, S., Das, A., Das, R., Sarma, D. (2020): Relationship between plasma, saliva, urinary and faecal cortisol levels in pigs. *Indian J. Anim. Sci.* 90: 768-772. 10.56093/ijans.v90i5.104628.

- Moscovice, L.R., Sobczak, B., Niittynen, T., Koski, S.E., Gimsa, U. (2024): Changes in salivary oxytocin in response to biologically-relevant events in farm animals: method optimization and usefulness as a biomarker. *Front. Physiol.* 15:1370557. doi: 10.3389/fphys.2024.1370557.
- Piñeiro, C., Piñeiro, M., Morales, J., Andrés, M., Lorenzo, E., del Pozo, M., Alava, M.A., Lampreave, F. (2009): Pig-MAP and haptoglobin concentration reference values in swine from commercial farms. *Vet. J.* 179:78–84. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.08.010.
- Pomorska-Mól, M., Kwit, K., Markowska-Daniel, I. (2012): Major Acute Phase Proteins in Pig Serum from Birth to Slaughter. *Bulletin- Vet. Inst. Pulawy* 56: 553-557. 10.2478/v10213-012-0097-y.
- Portengen, L., Preller, L., Tielen, M., Doekes, G., Heederik, D. (2005): Endotoxin exposure and atopic sensitization in adult pig farmers. *J. Allergy Clin. Immunol.* 115:797-802. doi:10.1016/j.jaci.2004.11.046
- Ratzinger, C. (2009): Untersuchungen zur Belastung laktierender Zuchtsauen mit Endotoxinen auf österreichischen Praxisbetrieben. Thesis, Vienna, Austria: University of Natural Resources and Life Sciences; 2009.
- Reiner, G., Lechner, M. (2019): Inflammation and necrosis syndrome (SINS) in swine. *CABI Reviews* (2019), 1-8. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914040>.
- Reiner, G., Lechner, M., Eisenack, A., Kallenbach, K., Rau, K., Müller, S., Fink-Gremmels, J. (2019): Prevalence of an inflammation and necrosis syndrome in suckling piglets. *Animal.* 13, 2007-2017. doi:10.1017/S1751731118003403.
- Saco, Y., Peña, R., Matas-Quintanilla, M., Ibanez-Lopez, F.J., Pineiro, M., Sotillo, J., Bassols, A., Gutierrez, A. (2023): Influence of the circadian cycle, sex and production stage on the reference values of parameters related to stress and pathology in porcine saliva. *Porcine Health Manag.* 9: 42. <https://doi.org/10.1186/s40813-023-00337-7>
- Schulz, J. (2013): Schlechtes Wasser schmälert Zunahmen. *Schweinezucht und Schweinemast* 5, 32-35.
- Trauffer, M., Obritzhauser, W., Raith, J., Fuchs, K., Köfer, J. (2014): The use of the "highest priority critically important antimicrobials" in 75 Austrian pig farms--evaluation of on-farm drug application data. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 127:375-383.
- Valros A, Lopez-Martinez, M.J., Munsterhjelm, C., Lopez-Arjona, M., Ceron, J.J. (2022): Novel saliva biomarkers for stress and infection in pigs: Changes in oxytocin and procalcitonin in pigs with tail-biting lesions. *Res. Vet. Sci.* 153:49-56. doi:10.1016/j.rvsc.2022.10.013.
- van Rennings, L., von Münchhausen, C., Otilie, H., Hartmann, M., Merle, R., Honscha, W., Käsbphrer, A., Kreienbrock, L. (2015): Cross-sectional study on antibiotic usage in pigs in Germany. *PLoS one*, 10, e0119114.
- Vogels, J., Hennig-Pauka, I. (2019): Wasser. Das wichtigste Futtermittel. *Landwirt* 24, 36-39.
- Vogels, J., Hennig-Pauka, I. (2020): Biofilm: Muss der Dreck weg ?. *Landwirt* 1, 36-38.
- Vogels, J., Wingender, J., Uphoff, J., Schaule, G., Aumann, K., Hufelschulte, J., Meemken, D., Münster, P., Nienhaus, F., Hennig-Pauka, I. (2020): Charakterisierung von Belägen in Tränkwasserleitungen in Ferkelaufzuchtställen und mögliche Hygienekonzepte. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 133: 36–48. doi:10.2376/0005-9366-19018.
- Wallace, R.J., Gropp, J., Dierick, N., Costa, L.G., Martelli, G., Brantom, P.G., Bampidis, V., Renshaw, D.W., Leng, L. (2016): Risks associated with endotoxins in feed additives produced by fermentation. *Environ. Health.* 15:5. doi: 10.1186/s12940-016-0087-2.

Bakum, den 28.6.2024

Prof. Dr. Isabel Hennig-Pauka
Leitung
Außenstelle für Epidemiologie
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover