

Konzept zur Verbesserung der Tiergesundheit und Einsparung von Ressourcen in niedersächsischen Hähnchenmastställen

Operationelle Gruppe: Broilermaststall 2023 (BM23)

Dr. Stephanie Schäfers¹ und Prof. Dr. Nicole Kemper¹



Projektlaufzeit: 26.03.2022 bis 30.04.2025

¹ Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
1. Kurzdarstellung	6
1.1 Ausgangssituation und Bedarf	6
1.2 Projektziel und konkrete Aufgabenstellung	8
1.3 Mitglieder der OG	8
1.4 Projektgebiet	9
1.5 Projektlaufzeit und Dauer	10
1.6 Budget	10
1.7 Ablauf des Verfahrens	11
1.8 Zusammenfassung der Ergebnisse	12
2. Eingehende Darstellung	14
2.1 Verwendung der Zuwendung	14
2.2 Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn	14
2.2.3 Ausgangssituation	14
2.2.4 Projektaufgabenstellung	16
3 Ergebnisse der OG in Bezug auf	21
3.1 Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. mit Beispielen, wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?	21
3.2 Was war der besondere Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Projekts?	22
3.3 Ist eine weitere Zusammenarbeit der Mitglieder der OG nach Abschluss des geförderten Projekts vorgesehen?	22
4. Ergebnisse des Innovationsprojektes	24
4.1 Zielerreichung	24
4.2 Abweichung zwischen Planung und Projekt	24
4.3 Projektverlauf	24
4.3.1 Datenerhebung	28
4.3.2 Ergebnisse	32
4.4 Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen EIP-Themen	42
5. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis	43
6. (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse	44

7. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit	45
8. Kommunikations- und Disseminationskonzept	46
Literatur	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Projektpartner (: Praxisbetriebe und Stallausrüster; : TiHo Hannover)	9
Abbildung 2: Technische Zeichnung Broilermaststall Projekt "BM23"	18
Abbildung 3: Doppelte Stalldecke mit Dunkelstrahlern (rot) und Zuluftöffnungen (orange)	18
Abbildung 4: Zentrale Lufteinlässe und -auslässe im Versuchsstall	26
Abbildung 5: Kontrollstall mit einfacher Hülle	27
Abbildung 6: Wiegen der Tiere mittels mobiler Waage	30
Abbildung 7: Bonitur der Fußballen sowie anderer Gesundheitsparameter	30
Abbildung 8: Perspektive einer Kamera im Versuchsstall mit Futterbahn, Tränkelinie und Teil des Ruhebereichs	32
Abbildung 9: Fußballenscores in den Ställen (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; ****: p<0.0001)	33
Abbildung 10: Einstreutemperatur der Ställe in den unterschiedlichen Funktionsbereichen (10 Mastdurchgänge; ****: p<0.0001)	35
Abbildung 11: Einstreufeuchte der Ställe (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; ****: p<0.0001)	36
Abbildung 12: Ammoniakkonzentrationen in den Ställen (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; *: p<0.05; ****: p<0.0001)	37
Abbildung 13: Relative Luftfeuchtigkeit in [%] im Versuchs- und im Kontrollstall pro Woche (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; ****: p<0.0001)	38
Abbildung 14: Enthalpie in kJ/kg in beiden Ställen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (10 Mastdurchgänge)	39
Abbildung 15: Energieverbrauch beider Ställe (10 Mastdurchgänge)	40
Abbildung 16: Wasserverbrauch im Versuchs- und im Kontrollstall in l/Tier (10 Mastdurchgänge)	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung der genehmigten und beantragen Kosten	10
Tabelle 2: Durchgeführte OG-Treffen im Projektverlauf	21
Tabelle 3: Boniturschlüssel zur Fußballengesundheit (Hocking et al., 2008)	29
Tabelle 4: Messpunkte für die Beurteilung der Einstreuqualität (x: Messpunkt)	31
Tabelle 5: Bereits erfolgte und noch geplante Veröffentlichungen der Projektergebnisse	46

1.Kurzdarstellung

1.1 Ausgangssituation und Bedarf

Der Agrarstrukturerhebung zufolge sind in Deutschland 93,16 Millionen Hähnchen eingestallt (Agrarstrukturerhebung 2016). Diese werden als Küken im Maststall eingestallt. Die Mast kann in der konventionellen Haltung über drei unterschiedliche Zeiträume als Kurz-, Mittellang- oder Langmast von 28 bis 46 Tagen Dauer erfolgen. Das Schlachtgewicht beträgt bei der Kurzmast ca. 1,5 kg, bei der Mittellangmast ca. 2,0 bis 2,2 kg und bei der Langmast bis zu 3,3 kg. Hähnchen werden in Bodenhaltung gemästet, wobei die Besatzdichte auf maximal 39 kg/m² begrenzt ist (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, Abschnitt 4 §19).

Bei derzeitig verbreiteten Stallgebäuden kommt es aufgrund der Undichtigkeiten im Gebäude sowie des Einsatzes von Gaskanonen zu Problemen beim Unterdruckaufbau. Dieser ist jedoch für einen bezüglich Menge und Geschwindigkeit ausreichenden Zustrom an Frischluft unbedingt notwendig.

Fällt kalte, feuchte Luft in den Tierbereich werden Atemwegsinfektionen begünstigt. Außerdem steigt die Feuchtigkeit in der Einstreu, was wiederum einen Einfluss auf die Entstehung von Kontaktdermatitiden (Fußballen- und Fersensporenveränderungen sowie Brusthautläsionen) hat. Die Feuchtigkeit in der Einstreu wird darüber hinaus auch durch den Einsatz von Gaskanonen gefördert, da bei der Verbrennung des Gases CO₂ und Wasser entstehen. CO₂ ist ein Schadgas, das zu einem schlechten Stallklima beiträgt. Schlechtes Stallklima begünstigt das Auftreten von sowohl Atemwegsinfektionen als auch Verhaltensstörungen.

Bei einem Gebäude, das mit lediglich einer Hülle gebaut ist, lässt sich weder komplette Dichtigkeit erreichen, noch ist es möglich die einströmende Luft entsprechend vorzubehandeln, um sicherzustellen, dass sowohl die Temperatur optimal ist als auch den Feuchtigkeitsgehalt zu reduzieren.

Bei den typischerweise bei Masthähnchen auftretenden Gesundheitsstörungen (Meluzzi & Siri, 2009) handelt es sich um:

- Atemwegserkrankungen
- Skelettdeformationen
- Fußballen- und Fersensporenveränderungen sowie
- Verhaltensstörungen

Feuchte Einstreu ist ein bekannter Auslöser für entzündliche Veränderungen der Fußballenhaut (Mayne, et al., 2007; Rautenschlein und Ryll, 2014). Respiratorische Erkrankungen sind häufiger bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit zu beobachten, da hier einerseits das Epithel des Atemtraktes beeinträchtigt wird (Jericho & Magwood, 1977) und andererseits das Wachstum und die Überlebensrate diverser Krankheitserreger bei höherer relativer Luftfeuchte ansteigt (Greco et al., 2014; Zucker et al., 2000). Ursache für Skelettdeformationen sind überwiegend nutritorische Faktoren (Edwards,

1. Kurzdarstellung

2000). Allerdings gibt es auch Hinweise, dass Infektionen verstärkend wirken können (Rath et al., 2000).

Ziel war es dementsprechend, ein Gebäudekonzept zu entwickeln und zu testen, mit dem es möglich ist, das Stallklima bei einem geringen Feuchtegehalt in der Einstreu und der Luft soweit wie möglich stabil zu halten und damit den Energieverbrauch zu reduzieren. Dies soll einerseits zu Energieeinsparungen führen und andererseits zu einer Steigerung der Tiergesundheit durch Verminderung der Einstreufeuchte und Verminderung des Einstroms kalter, feuchter Luft in den Tierbereich beitragen.

1. Kurzdarstellung

1.2 Projektziel und konkrete Aufgabenstellung

Für die Durchführung des Projektes hatten sich in der OG BM23 vier Projektpartner zusammengeschlossen. Ziel des Projektes war es, ein modifiziertes Stallgebäude zu entwickeln und zu erproben. Das Gebäude sollte allen gesetzlichen Anforderungen – insbesondere hinsichtlich Emissionen – entsprechen, damit eine Übertragbarkeit und eine breitere Anwendung in der Praxis nach Beendigung des Versuches möglich ist. Darüber hinaus war es notwendig, dass das modifizierte Stallgebäude zu einer Steigerung der Tiergesundheit und des Tierwohls beitragen kann. Die konkrete Planung des veränderten Stallgebäudes wurde von der Stalltuning GmbH durchgeführt. Die wissenschaftliche Bewertung hinsichtlich des Tierschutzes, des Tierwohls, der Tiergesundheit erfolgte durch die Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Die Praxisbetriebe sollten einerseits die Praxistauglichkeit im täglichen Arbeitsablauf testen und andererseits den ökonomischen Nutzen erfassen.

1.3 Mitglieder der OG

An der Durchführung des Projektes waren insgesamt zwei **Praxisbetriebe** beteiligt, die Broiler in Niedersachsen mästen. Beide Betriebe liegen in Friesoythe.

Betrieb A: Der Betrieb in Friesoythe mästet Hähnchen (Ross 308) mit einer Mastdauer von 42 Tagen, wobei ein Drittel der Tiere an Tag 32 in einem Vorgriff entnommen wird.

Betrieb B: Der Betrieb in Friesoythe mästet ebenfalls Ross 308 mit einer Mastdauer von 42 Tagen, wobei ein Drittel der Tiere am 32. Masttag in einem Vorgriff entnommen wird. Hierdurch sind die beiden Betriebe gut vergleichbar gewesen.

Die **Firma Stalltuning GmbH** ist seit April 2020 die neue Benennung der ursprünglichen PAL Bullermann GmbH. PAL Bullermann GmbH hatte innerhalb Deutschlands den größten Marktanteil in Segment Broiler- und Putenmast. Es werden mehr als 1000 Stallanlagen von ca. 60 Mitarbeitern betreut. Die Grundlage dieses Erfolgs ist das gebündelte Wissen von Tierwirten, Ingenieuren und Handwerkern aller Installationsrichtungen. Aus den im Laufe der Zeit gewonnenen Erfahrungen beim Bau und der Betreuung von Broilermastanlagen wurde das Konzept für den Broilerstall „2023“ entwickelt. Die PAL Bullermann GmbH hat in den EIP-Projekten „PAF“ und „PumaZu“ bereits umfangreiche Erfahrungen in der Kooperation mit dem Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover gesammelt.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen und Datenerhebungen wurden auf den einzelnen Betrieben vom Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie (ITTN) der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover durchgeführt. Das **Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie** der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover unter der Leitung von Frau Prof. Dr. Kemper leistet grundlegende Arbeiten zur Tiergesundheit, zur Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen und zur Ethologie von Nutztieren. Aktuelle Arbeitsschwerpunkte umfassen Mensch-Tier-Umwelt-Interaktionen und Möglichkeiten zur Verbesserung des Tierschutzes bei landwirtschaftlichen Nutztieren. Wesentlicher Bestandteil aller bisherigen Projekte ist die Durchführung von

1. Kurzdarstellung

Stallklimamessungen und die regelmäßige Durchführung von Tier- und Verhaltensbeurteilungen. Dazu gehörten u.a. die Erfassung des Gesundheitsstatus, die Bonitur von Gefiederschäden, die Dokumentation von Hautverletzungen und entzündlichen Hautschäden sowie das Vorkommen von Fußballenveränderungen im Stall und am Schlachthof. Videogestützte Verhaltensbeobachtungen beschäftigten sich unter anderem auch mit dem Nutzungsverhalten verschiedener Einrichtungselemente im Stall. Das ITTN ist anerkannte Weiterbildungsstätte für die Ausbildung von Fachtierärzten in den Bereichen Tierschutzkunde, Tierhygiene und Mikrobiologie. Frau Kemper ist Fachtierärztin für Tierhygiene und Mikrobiologie sowie Diplomate of the European College of Porcine Health Management. Sie ist in zahlreichen Gremien aktiv, u.a. ist sie Vorstandsmitglied der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG) und Präsidentin des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Ein Überblick der Publikationen des ITTN ist unter <http://www.tiho-hannover.de/kliniken-institute/institute/institut-fuer-tierhygiene-tierschutzund-nutztierethologie-ittn/publikationen/> zu finden.

1.4 Projektgebiet

Alle Versuchsumbauten und Datenerhebungen wurden auf niedersächsischen Hähnchenmastbetrieben durchgeführt. Hähnchenmastbetriebe aus anderen Bundesländern oder dem Ausland waren nicht Teil der OG. Die Lage der OG-Mitglieder ist in Abbildung 1 dargestellt.

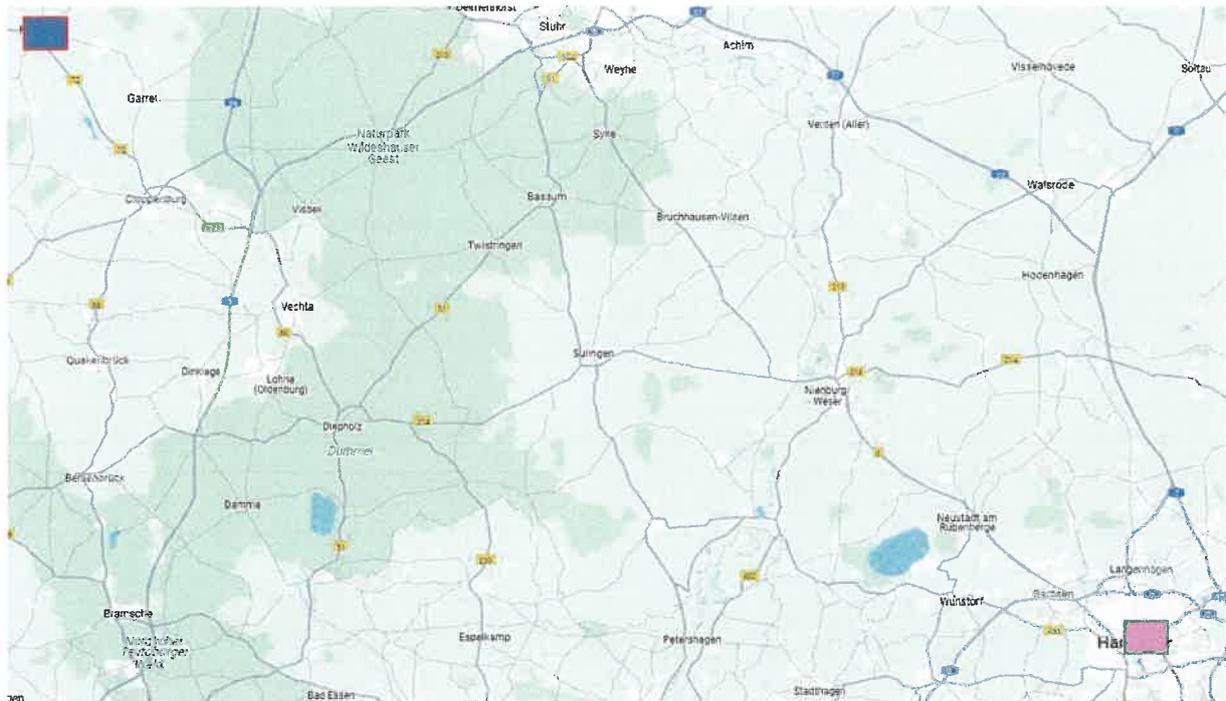


Abbildung 1: Lage der Projektpartner (■ : Praxisbetriebe und Stallausrüster; ■ : TiHo Hannover)

1. Kurzdarstellung

1.5 Projektlaufzeit und Dauer

Das Projekt wurde zum 26.03.2022 mit einer Projektlaufzeit von 37 Monaten bis zum 30.04.2025 bewilligt.

1.6 Budget

Bewilligt wurde ein Zuschuss in Höhe von 273.008,68 € (siehe Tabelle 1). Von diesem Betrag wurden die Ausgaben nach Nr. 2.1.1 der Richtlinie für Maßnahmen der laufenden Zusammenarbeit der Operationellen Gruppe „Broilermaststall 2023“ zu 100% gefördert. Ebenso wurden alle nach Nr. 2.1.2 der Richtlinie für Maßnahmen der Durchführung von Innovationsprojekten zu 100% gefördert. Hierunter fielen z.B. Personalkosten, Materialkosten, Durchführung wissenschaftlicher Studien, Reisekosten und Aufwandsentschädigungen.

Für die Durchführung des Projektes nach Nr. 2.1.1 wurden 251.321,51 € beantragt und gefördert. Die Ausgaben für die Zusammenarbeit betragen über die gesamte Projektlaufzeit 35.378,30 €. Bei der hier angeführten Kostenaufstellung wurden auch die für die Schlusszahlung beantragten Fördermittel mit einbezogen. Der hierzu erforderliche Auszahlungsantrag muss nach jetzigem Stand (April 2025) jedoch seitens des Geldgebers noch geprüft werden.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der genehmigten und beantragten Kosten

OG-Mitglied	genehmigt (€)	beantragt (€)
Ausgaben der Zusammenarbeit	50.249,88	35.378,30
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo), ITTN	192.677,82	185.368,13
Stalltuning GmbH	1.474	0
Betrieb A	24.102,68	23.287,50
Betrieb B	4.504	4.374,00

1. Kurzdarstellung

1.7 Ablauf des Verfahrens

Der Ablauf des Projektes ließ sich in vier Projektphasen unterteilen. Zunächst erfolgte eine Planungs- und Vorbereitungsphase in der die Stallumbauten geplant und realisiert wurden. Dem schloss sich die erste Phase der Datenerhebung mit dem umgebauten Stallgebäude über drei komplette Mastdurchgänge an. Anschließend erfolgte die zweite Phase der Datenerhebung mit dem proaktiven Lüftungssystem. Zum Abschluss fand die Datenauswertung und -evaluation sowie die Veröffentlichung der Ergebnisse statt.

Projektphase 1:

Die OG „BM23“ begann die Projektarbeit mit einem ersten OG-Treffen im März 2022. Hier wurden die notwendigen Umbauarbeiten am Stallgebäude besprochen und im Betriebsablauf eingeplant.

Projektphase 2:

In der Projektphase 2 erfolgte die Datenerhebung während dreier Mastdurchgänge auf allen Praxisbetrieben nach dem Umbau des Stallgebäudes im Versuchsstall sowie im Kontrollstall, der als herkömmliches Stallgebäude mit einer Außenhülle ausgeführt war und in dem das vorhandene Lüftungssystem weiter betrieben wurde.

Projektphase 3:

Diese Projektphase umfasste die Umstellung des Lüftungssystems auf proaktive Lüftung und die anschließende Datenerhebung während weiterer sieben Mastdurchgänge.

In den Projektphasen 2 und 3 wurden während der Betriebsbesuche folgende Daten erhoben:

- Bonituren zur Beurteilung der Tiergesundheit: in 2-wöchigen Intervallen zwischen der 1. und der 6. Lebenswoche wurde im Versuchs- und Kontrollstall an einer repräsentativen Stichprobe von jeweils 50 Tieren pro Stall eine Bonitur durchgeführt. Diese beinhaltete die Erfassung des Gewichtes, die Beurteilung der Fußballengesundheit, und eine allgemeine Untersuchung auf das Vorliegen von Verletzungen oder auffälligen Federverlusten.
- Beurteilung des Stallklimas: Es erfolgte während des gesamten Projektes eine kontinuierliche Erfassung des Stallklimas mittels im Stall installierter Sensoren für relative Luftfeuchtigkeit, CO₂, NH₃ und Temperatur und eines Stallmanagement-Programmes. Zusätzlich wurden für drei Durchgänge Dräger X-nodes in verschiedenen Bereichen der Ställe installiert, die jeweils CO₂- oder NH₃-Konzentrationen erfassten.
- Beurteilung der Einstreuqualität: Zusätzlich zu den Bonituren und den kontinuierlichen Stallklimamessungen wurde die Einstreuqualität während der 14-tägigen Betriebsbesuche beurteilt. Hierzu wurden die Temperatur und die Feuchtigkeit der Einstreu an verschiedenen Stellen der Ställe mit einem Feuchtigkeitsmessgerät gemessen.

1. Kurzdarstellung

- Erfassung von Herdendaten: Daten zur Tiergesundheit, dem Einsatz von Medikamenten, der Leistung, der Verluste und der Anzahl an verletzten Tieren wurden durch die Landwirte kontinuierlich erfasst.
- Verhaltensbeobachtungen: Im Rahmen von Verhaltensbeobachtungen wurde untersucht, inwieweit sich das stabilere Stallklima auf verschiedene Verhalten auswirkt.

Projektphase 4:

Nach Abschluss und Auswertung der Versuche fand der Wissenstransfer statt. Die Ergebnisse wurden auf wissenschaftlichen Tagungen, Fortbildungsveranstaltungen für Berater und Praktiker, sowie in Form von Leitfäden, Interviews und Artikeln für Praktiker vorgestellt und veröffentlicht. Wissenschaftliche Manuskripte werden derzeit noch zur Veröffentlichung vorbereitet.

1.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Ziel des Projektes war es, durch den Umbau eines bestehenden Stallgebäudes in ein Gebäude mit doppelter Hülle und zentralem Luftein- und -auslass einerseits die Tiergesundheit und das Tierwohl von Masthähnchen zu verbessern und dabei gleichzeitig einen verminderten Einsatz von Ressourcen (Energie und Wasser) zu erreichen. Die erste Projektphase umfasste drei Durchgänge mit dem modifizierten Gebäude. Daran schlossen sich weitere sieben Durchgänge mit proaktiver Lüftung an. Im Projekt konnte gezeigt werden, dass sich mittels des durchgeführten Umbaus eine Verbesserung der Einstreuqualität und daraus resultierend der Fußballengesundheit erreichen lässt. Ein positiver Effekt auf die Schadgaskonzentrationen ließ sich nicht nachweisen. Demgegenüber konnte die relative Luftfeuchtigkeit reduziert werden. Durch die Vorbehandlung der Zuluft (Erwärmung und Kühlung) ließ sich der Einsatz der Gaskanonen sowie auch der Sprühkühlung reduzieren. Dies resultierte in einem verminderten Verbrauch von Energie und Wasser. Im Rahmen der Untersuchungen zeigte sich, dass im modifizierten Gebäude bei heißen Temperaturen die Enthalpiewerte geringer sind. Allerdings konnten die Enthalpiewerte nicht soweit reduziert werden, dass es nicht mehr zu Hitzestress kam. Die Videoanalyse des Verhaltens zeigte ein gesteigertes Komfortverhalten im Versuchsstall während sich das agonistische und das Ruheverhalten nicht veränderten.

The aim of the project was to improve the health and welfare of broiler chickens, while simultaneously reducing the use of resources (energy and water) by converting an existing barn building into one with a double shell and central air intake and outlet. The first project phase consisted of three complete fattening periods with the modified building. This was followed by further seven fattening periods with proactive ventilation. The project demonstrated that the modified building resulted in an improvement in litter quality and, consequently, footpad health. No positive effect on gas concentrations of CO₂ and NH₃ could be demonstrated. However, relative humidity of barn air could be reduced. By pretreating the fresh air (heating and cooling), the use of gas cannons and

1.Kurzdarstellung

spray cooling could be reduced. This resulted in reduced energy and water consumption. The project showed that enthalpy values are lower in the modified building at hot temperatures. However, the enthalpy values could not be reduced sufficiently to prevent heat stress completely. Video analysis of the behaviour showed increased comfort behaviour in the trial barn, while agonistic and resting behaviour remained unchanged.

2. Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung

Die Zuwendung wurde im überwiegenden Teil des Projektes wie geplant verwendet. Eine Ausnahme gab es hinsichtlich der geplanten Wärmepumpen. Da es hierbei zu Lieferschwierigkeiten und -verzögerungen kam, wurden diese durch Wärmetauscher ersetzt. Darüber hinaus kam es zu einem technischen Fehler bei der Installation der Kameras zur Verhaltensbeobachtung. Hierdurch bedingt mussten die Kameras später erneut installiert werden, so dass eine Verzögerung der Datenerhebung die Folge war. Insgesamt wurden im Projekt weniger Kosten beantragt als im Zuwendungsbescheid genehmigt worden waren. Dadurch, dass seitens der Betriebe mehrfach verwendbare Schutzkleidung gestellt wurde, musste seitens der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover keine Einmalschutzkleidung beschafft werden. Außerdem fanden sämtliche OG-Treffen in Friesoythe statt, so dass lediglich für die Mitarbeiterin der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover Fahrtkosten anfielen, die abgerechnet werden mussten. Die Teilnahme an wissenschaftlichen Tagungen erwies sich aufgrund günstiger Transportmittel und Unterkunftskosten als günstiger als ursprünglich geplant worden war.

2.2 Detaillierte Erläuterung der Situation zu Projektbeginn

2.2.3 Ausgangssituation

In Deutschland sind der Agrarstrukturerhebung zufolge mehr als 90 Millionen Hähnchen eingestallt (Agrarstrukturerhebung 2016). Hiervon werden zwei Drittel in Niedersachsen gehalten.

Derzeitige Haltung Masthähnchen

Masthähnchen werden bereits als Küken im Maststall eingestallt, wo die Mast mit unterschiedlichen Mastdauern erfolgt. In der konventionellen Haltung werden die Tiere über drei unterschiedliche Zeiträume als Kurz-, Mittellang- oder Langmast von 28 bis 46 Tagen Dauer gemästet. Das Schlachtgewicht beträgt bei der Kurzmast ca. 1,5 kg, bei der Mittellangmast ca. 2,0 bis 2,2 kg und bei der Langmast bis zu 3,3 kg. Hähnchen werden im Regelfall in Bodenhaltung gemästet, wobei die Besatzdichte auf maximal 39 kg/m² begrenzt ist (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, Abschnitt 4 §19).

Derzeitiger Stand der Technik

Derzeitige Broilerställe sind im Regelfall als Gebäude mit einer Außenhülle ausgeführt. Zur Belüftung kommt ein Unterdrucksystem zum Einsatz, bei dem die Zuluft über Seitenventile erfolgt, während die Abluft über den Dachfirst abgeführt wird. Die Stallluft wird mittels Gaskanonen und davor installierten Warmluftgebläsen erwärmt. Bei dieser Stallausführung ist es insbesondere problematisch, dass eine ausreichende Menge an

2. Eingehende Darstellung

frischer Zuluft im Tierbereich nicht unter allen Umständen sichergestellt werden kann. Die frische Zuluft bewegt sich im Stall als Luftwalze zunächst Richtung Decke, bevor sie in den Tierbereich gelangen kann. Zum Aufbau dieser Luftwalze ist es notwendig, dass sowohl die in den Stall einströmende Menge als auch die Geschwindigkeit der Luft ausreichend hoch sind. Ansonsten würde kalte Luft direkt in den Tierbereich einfallen, was zu einer höheren Inzidenz an Atemwegserkrankungen und einer höheren Einstreufeuchte beitragen könnte. Gründe für eine nicht ausreichende Luftmenge oder –geschwindigkeit sind einerseits undichte Stellen in der Außenhülle des Stalls, wie sie bei einer einzelnen Außenhülle regelmäßig zu beobachten sind. Andererseits trägt auch der Einsatz der Gaskanonen dazu bei, dass das Erreichen eines stabilen Unterdrucks erschwert wird. Für einen 1.800 m² Stall wird in den ersten Tagen nach Einstalung eine Heizleistung von ca. 150 kW/h benötigt. Um diese Leistung zu erreichen, müssen ca. 12 kg Flüssiggas verbrannt werden, wofür 180 m³ Frischluft benötigt werden (Scheibe, 2009). Durch die Verbrennung entstehen wiederum 22,5 kg Wasser sowie 15.000 l CO₂. Das entstandene CO₂ muss über die Abluft aus dem Stallinneren abgeführt werden. Das entstehende Wasser kann wiederum zu erhöhter Feuchtigkeit in der Einstreu beitragen.

Typische Gesundheitsstörungen bei Hähnchen

Bei den typischerweise auftretenden Gesundheitsstörungen (Meluzzi & Siri, 2009) handelt es sich um:

- Atemwegserkrankungen
- Skelettdeformierungen
- Fußballen- und Fersensporenveränderungen sowie
- Verhaltensstörungen.

Ätiologie von Gesundheitsstörungen, auf die im Rahmen des Projektes Einfluss genommen werden sollte

Atemwegserkrankungen:

Bei der Entstehung von Atemwegserkrankungen bei Hähnchen können diverse Erreger beteiligt sein, wobei gegen Newcastle Disease und Infektiöse Bronchitis geimpft wird. Das Atemwegssystem wird jedoch auch durch den Staubgehalt (Winter et. Al, 2018) sowie Schadgase in der Luft beeinträchtigt.

Fußballen- und Fersensporenveränderungen sowie Brusthautläsionen:

Bei Fußballen- sowie Fersensporenveränderungen sowie Brusthautläsionen handelt es sich um Formen der Kontaktdermatitis. Alle drei Veränderungen sind bei Masthähnchen weit verbreitet und treten in unterschiedlich starken Ausprägungen auf. Als Einflussfaktoren wurden u.a. Geschlecht und Größe diskutiert (Kjaer et. al, 2006). Hier gibt es jedoch keine kohärenten Ergebnisse. Nachgewiesen ist hingegen der Einfluss von Einstreufeuchte und Ammoniak. Ein indirekter diätetischer Einfluss ist ebenfalls zu beobachten, da eine flüssige Kotkonsistenz zu einem höheren Feuchtegehalt in der Einstreu führt (Berg, 2004).

2. Eingehende Darstellung

Verhaltensstörungen

Ein weiteres, häufig auftretendes tierschutzrelevantes Problem in der Hähnchenhaltung stellen Verhaltensstörungen wie Federpicken und Kannibalismus dar. Ein wichtiger Auslöser ist die Fütterung. Ein Mangel an Lysin, Methionin und Natrium (Kjaer & Bessei, 2013) sowie die Fütterung von Pellets anstelle von Mehl (Kjaer & Bessei, 2013) spielen hier eine wichtige Rolle. Des Weiteren tragen unter anderem das Management, das Lichtprogramm (Kristensen et. al, 2007) und das Stallklima (CO_2 , NH_3) (Emeash et. al, 1997) zum Auftreten von Verhaltensstörungen bei.

2.2.4 Projektaufgabenstellung

Ziel des Projektes war einerseits die Erzeugung eines tieregerechteren Stallklimas, ohne dass die Tiere starken klimatischen Schwankungen ausgesetzt sind. Dies sollte über eine vollständige Kontrolle der Zu- und Abluft sowie über eine proaktive Klimasteuerung realisiert werden. Des Weiteren war ein Ziel, mit dem geplanten Stallgebäude Einsparungen von Energie und Wasser sowie eine bessere Kontrolle der Emissionen erreichen.

Innovatives Gebäudekonzept

Das Stallgebäude selbst wurde als Wärmetauschergebäude mit einer Innen- und einer Außenhülle ausgeführt (siehe Abbildung 2). Durch die Bauausführung mit doppelter Hülle wurde sichergestellt, dass das Gebäude winddicht sowie käferresistent ist und sehr gute Isolierwerte aufweist. Dies wiederum sorgte für gesteigerte energetische Effizienz. Das Klimatisierungssystem wurde im Gegensatz zu derzeit eingesetzten auf die Stallatmosphäre reagierenden Systemen nach den ersten drei Mastdurchgängen proaktiv ausgeführt.

Aus dem derzeitigen Gewicht sowie der Futter- und Wasseraufnahme der Tiere ließ sich die anfallende Menge CO_2 , NH_3 sowie die relative Luftfeuchtigkeit berechnen und die Lüftung entsprechend auf vorab an die Klimasituation anpassen. Somit erfolgte keinerlei phasenweiser Aufbau von Schadgasen im Stallinneren.

Die Zuluft sowie die Abluft erfolgten jeweils an einem zentralen Punkt des Gebäudes. Der Zuluftkanal, in dem die Luft mittels Wärmetauschern vorerwärmt werden kann, befindet sich an windgeschützter Stelle des Gebäudes. Von hier aus gelangte die Luft zunächst in den Bereich oberhalb der Innendecke, in dem sie weiter vorbehandelt (erwärmt oder gekühlt) werden kann. Anschließend gelangte die Luft über eine Rieseldecke in den Tierbereich. Die Abluft erfolgte ebenfalls an einem zentralen Punkt des Gebäudes. Die sich abkühlende Luft fällt nach unten, so dass die Abluft bodennah an der Stallseite abgeführt werden kann. Je nach Wetterlage wurde im Falle nicht ausreichender Thermik der Luftstrom mittels Ventilatoren unterstützt. Die zentrale Ablufführung bietet für die Landwirte den Vorteil einer einfacher installierbaren Abluftreinigungsan-

2. Eingehende Darstellung

lage. Zudem erfolgt der Niederschlag von Staubemissionen durch die bodennahe Abluftführung im Bodenbereich des Abluftturms und lässt sich somit relativ kostengünstig und arbeitseffizient beseitigen.

Für die Heizung im Tierbereich wurden zusätzlich zu den Gaskanonen mit Warmluftgebläsen auch eine Fußbodenheizung und Dunkelstrahler (siehe Abbildung 3) installiert. Dunkelstrahler erzeugen Infrarotstrahlung, welche die Luft verlustfrei durchdringt und erst beim Auftreffen auf einen Körper in Wärme umgewandelt wird. Dies bietet den Vorteil, dass die Wärme lediglich im benötigten Bereich zugeführt wird. Im Gegensatz zum Einsatz von Gaskanonen muss somit nicht die gesamte Raumluft gleichmäßig erwärmt werden, wodurch erheblich energetische Einsparungen erzielt werden können. Zudem können die Dunkelstrahler auch zur Strukturierung des Stalls beitragen.

Während der Sommermonate kamen zur Kühlung des Stalls vorwiegend Padkühlungen zum Einsatz, die im Bereich des Zuluftkanals installiert wurden. Hierdurch ist die in den Stall gelangende Zuluft im Sommer bereits vorgekühlt, was zur Folge hat, dass der Einsatz der Sprühkühlungen reduziert werden konnte. Dies hatte sowohl einen verminderten Wasserverbrauch als auch eine verminderte Einstreu- und Luftfeuchte zur Folge.

Eine Baugenehmigungspflicht besteht nicht, sofern bestehende Abluftschächte (z.B. aus Holz) durch leichtere Konstruktionen z.B. aus leichteren Kunststoffen ausgetauscht werden. In diesem Fall handelt es sich um eine baurechtlich genehmigungsfreie Maßnahme, da etwaige Dachkonstruktionen entlastet werden. Die Statik des Dachs darf nicht nachteilig beeinflusst werden.

2. Eingehende Darstellung

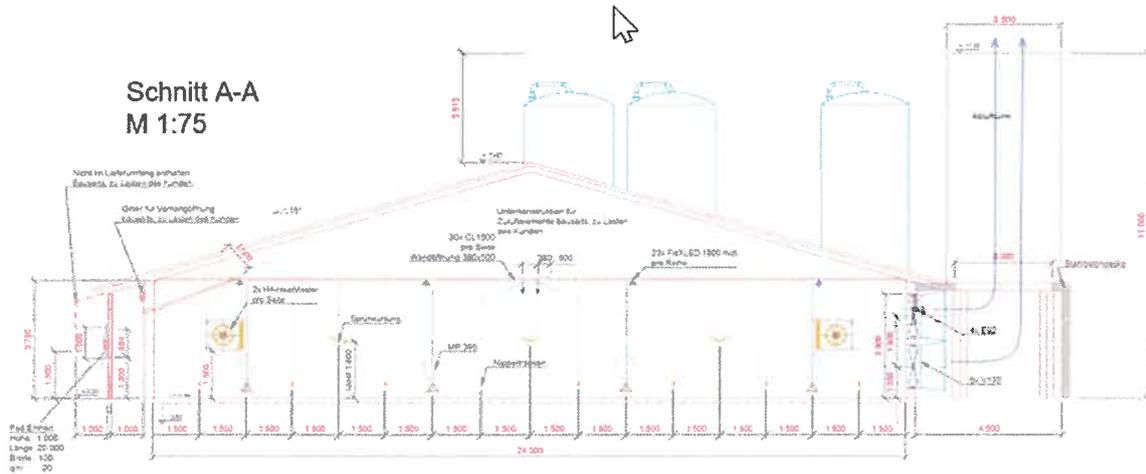


Abbildung 2: Technische Zeichnung Broilermaststall Projekt "BM23"



Abbildung 3: Doppelte Stalldecke mit Dunkelstrahlern (rot) und Zuluftöffnungen (orange)

2. Eingehende Darstellung

Die Aufgaben der einzelnen OG-Mitglieder im Projekt verteilen sich wie folgt:

Tierärztliche Hochschule Hannover:

- Projektkoordination
- Planung Datenerhebung hinsichtlich Stallklimabeurteilung und Einstreuqualität
- Planung der Datenerhebung hinsichtlich der Erfassung der Tiergesundheit und der Verhaltensparameter
- Planung und Auswertung der ökonomischen Betrachtung gemeinsam mit der Stalltuning GmbH
- Erhebung der Daten zur Tiergesundheit, dem Stallklima, der Einstreuqualität und dem Tierverhalten
- Vorstellung des Projektes auf nationalen und internationalen wissenschaftlichen Tagungen
- Vorstellung des Projektes auf Beratertagungen, Mästerversammlungen und Arbeitskreisen der niedersächsischen Hähnchenmäster
- Verfassen von Artikeln für einschlägige Fachzeitschriften wie z.B. DGS, Land und Forst, Landwirtschaftliches Wochenblatt
- Verfassen von Artikeln für wissenschaftliche Fachzeitschriften

Siegbert Bullermann, Stalltuning GmbH:

- Planung des Gebäudekonzeptes
- Beratung und Unterstützung bei technischen Problemen
- Planung und Auswertung der ökonomischen Betrachtung gemeinsam mit der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Hähnchenmäster:

- Realisierung der Umbauarbeiten im Stall
- Dokumentation der Herdendaten
- Regelmäßiger Austausch mit dem wissenschaftlichen Personal der Tierärztlichen Hochschule Hannover hinsichtlich beobachteter Vor- und Nachteile des neuartigen Konzeptes
- Pflege und Wartung der Einbauten

2. Eingehende Darstellung

Die im Geschäftsplan zusammengestellten Arbeitspakete der einzelnen OG-Mitglieder wurden im Regelfall wie geplant abgearbeitet. Durch Lieferschwierigkeiten bei Wärmepumpen wurde bei der Installation auf Wärmetauscher zurückgegriffen.

3 Ergebnisse der OG in Bezug auf

3.1 Wie wurde die Zusammenarbeit im Einzelnen gestaltet (ggf. mit Beispielen, wie die Zusammenarbeit sowohl organisatorisch als auch praktisch erfolgt ist)?

Die Zusammenarbeit innerhalb der OG gestaltete sich während des Projekts unterschiedlich. Die Kommunikation zwischen den einzelnen OG-Mitgliedern fand auf unterschiedlichen Wegen statt. Es erfolgte ein enger Austausch zwischen der Tierärztlichen Hochschule und den Mitarbeitern von RoSa GbR und R+S GbR. Die Datenerhebung erfolgte in den meisten Fällen gemeinsam. Darüber hinaus fand während der zweiten Projektphase mit der proaktiven Lüftungssteuerung täglicher telefonischer Kontakt statt, um die Lüftungseinstellungen für den folgenden Tag zu besprechen. Der Projektpartner Stalltuning GmbH schulte die Mitarbeiter der Praxisbetriebe zur Bedienung der Klimasteuerung des Versuchsstalls. Zwischen der Tierärztlichen Hochschule und Stalltuning GmbH erfolgte regelmäßiger persönlicher und telefonisch Austausch zum Projektverlauf.

Im Verlauf des Projekts fanden mehrere OG-Treffen statt (siehe Tabelle 2). Diese dienten zu Projektbeginn dem Kennenlernen und der Planung. Im weiteren Verlauf des Projektes wurden erste Ergebnisse und darauf aufbauend Optimierungen besprochen. Die Treffen fanden jeweils persönlich mit allen teilnehmenden Projektpartnern in Friesoythe statt.

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über alle durchgeführten Projekttreffen dargestellt.

Tabelle 2: Durchgeführte OG-Treffen im Projektverlauf

Wann?	Was?	Wie?
06/2022	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planung Projekt ➤ formelle Anforderungen 	persönlich
12/2022	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Besprechung aktueller Stand ➤ Klärung von Aufgaben ➤ Besprechung aufgetretener Probleme 	persönlich
12/2023	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vorstellung erster Ergebnisse ➤ Informationen Verhaltensbeobachtung ➤ Verbesserungsvorschläge 	persönlich
05/2024	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vorstellung Ergebnisse weiterer Ergebnisse ➤ Austausch Funktion und Erfahrungen mit dem proaktiven Lüftungssystem 	persönlich

3 Ergebnisse der OG in Bezug auf

12/2024	<ul style="list-style-type: none">➤ Vorstellung aller Ergebnisse bezüglich der Tiergesundheit➤ Vorstellung erster Ergebnisse aus der Verhaltensbeobachtung➤ Austausch hinsichtlich Arbeitsoptimierung und Optimierung hinsichtlich weiterer Energieeinsparungen	persönlich
---------	---	------------

3.2 Was war der besondere Mehrwert des Formates einer OG für die Durchführung des Projekts?

Zur Durchführung des Projektes haben sich Teilnehmer aus Wissenschaft, Wirtschaft und landwirtschaftlicher Praxis zur OG „BM23“ zusammengeschlossen. Durch diese Zusammenarbeit und die gebündelten Kompetenzen konnten sich Synergieeffekte ergeben, so dass ein modifiziertes Gebäude für Masthähnchen entwickelt und erprobt werden konnte, welches die Belange der Projektpartner erfüllen kann. Zunächst bedarf es zur Planung eines neuartigen Stallgebäudes hoher Expertise bezüglich der technischen Möglichkeiten und des Zusammenspiels unterschiedlicher Lüftungs-, Heizungs- und Kühlkomponenten. Hier ist des Weiteren auch die Kenntnis der einzuhaltenen rechtlichen Rahmenbedingungen von Bedeutung. Diese Expertise wurde durch den Projektpartner Stalltuning GmbH in die OG eingebracht. Für Hähnchenmäster ist insbesondere im Hinblick auf die nationale und internationale Konkurrenz eine stetige Optimierung ihres Produktionssystems von Bedeutung. Ausschließlich Praktiker können beurteilen, ob ein neues Gebäudekonzept im Praxiseinsatz tatsächliche Vorteile für ihren Produktionsablauf bietet. Eine wissenschaftliche Begleitung des Projektes war notwendig, um sicherzustellen, dass alle notwendigen Parameter bei der Beurteilung der Effektivität Berücksichtigung finden. Darüber hinaus wurde im Rahmen des Projektes der Gesundheitsstatus der Tiere erfasst. Die Mitarbeiter der Tierärztlichen Hochschule Hannover verfügen über umfangreiche Erfahrungen in der Planung und Umsetzung von Projekten, die sich mit der Steigerung des Tierwohls in Praxisbetrieben befassen. Diese Erfahrungen wurden in die OG eingebracht. Sowohl die Interessen der Landwirte im Hinblick auf Praxistauglichkeit im täglichen Betrieb und Wirtschaftlichkeit als auch gesetzliche Anforderungen hinsichtlich Emissionen und Tiererschutz konnten hierdurch in der OG verwirklicht werden.

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

- Eine über das Projekt hinausgehende Zusammenarbeit ist momentan nicht vorgesehen. Die am Projekt teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe sind von der Funktionalität und den Vorteilen des neuen Gebäudekonzeptes überzeugt und planen, es sowohl im bereits umgebauten Stall weiterzubetreiben als auch weitere Ställe umzurüsten. Zwischen der Firma Stalltuning GmbH und der Tierärztlichen Hochschule gab

3 Ergebnisse der OG in Bezug auf

es bereits einige gemeinsam erfolgreich durchgeführte Projekte im Geflügelbereich. Eine zukünftige Zusammenarbeit in der Durchführung von Projekten ist derzeit nicht konkret geplant, aber denkbar. Auch die teilnehmenden Betriebe sind bereit, weitere Projekte in der gegebenen Konstellation durchzuführen.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

4.1 Zielerreichung

Ziel des Projektvorhabens war es, ein innovatives Stallgebäude zu planen und zu erproben, das die Erzeugung eines tiergerechteren Stallklimas ermöglicht, in dem die Tiere keinen starken klimatischen Schwankungen ausgesetzt sind. Dies sollte das Tierwohl und die Tiergesundheit steigern. Hierzu sollte eine vollständige Kontrolle der Zuluft und der Abluft erreicht werden. Des Weiteren war es ein Ziel mit dem Stallgebäude Einsparungen von Energie und Wasser sowie eine bessere Kontrolle der Emissionen zu erreichen. Diese beiden Ziele wurden weitestgehend erreicht. Das vorgestellte modifizierte Gebäude lässt sich in den meisten konventionellen Hähnchenmastställen einsetzen. Ein Einsatz bei Ställen, die in Freilandhaltung betrieben werden, ist derzeit noch nicht möglich.

4.2 Abweichung zwischen Planung und Projekt

Wie eingangs dargestellt kam es zu Lieferschwierigkeiten bei Wärmepumpen. Als Ersatz wurden im Projekt Wärmetauscher beschafft. Da die Betriebe sehr zufrieden mit den erzielten Stromeinsparungen waren, beschlossen sie, Wärmetauscher auch im Kontrollstall zu installieren. Hierdurch lassen sich die Unterschiede im Stromverbrauch zwischen den Ställen nur noch durch die veränderte Isolierung sowie die geänderte Heizung und Lüftungssteuerung erklären. Durch einen Fehler bei der Installation der zur Verhaltensbeobachtung der Tiere benötigten Kameras, mussten die Kameras ein zweites Mal installiert werden. Hierdurch konnte die Auszeichnung der Verhaltensmuster erst im März 2025 abgeschlossen werden, so dass das Verhalten zum derzeitigen Stand noch nicht final ausgewertet wurde.

4.3 Projektverlauf

Das Projekt „BM23“ war in vier Projektabschnitte unterteilt, die sich in eine vorbereitende Planungsphase und drei weitere Projektphasen untergliedern. An der Projektumsetzung nahmen zwei konventionelle Hähnchenmastbetriebe (Betrieb A und Betrieb B) aus Niedersachsen teil. Ein Stall wurde umgebaut und diente als Versuchsstall, der andere Stall wurde vom Gebäude und der Lüftung her so belassen und diente als Kontrollstall. Am sonstigen Management der Ställe sollten seitens der Betriebe keine Änderungen vorgenommen werden.

Projektphase 1 (Planungs- und Vorbereitungsphase):

In der Planungs- und Vorbereitungsphase wurde zwischen der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover und der Stalltuning GmbH die konkrete Umsetzung des Gebäudekonzeptes geplant und vorbereitet. Die am Projekt teilnehmenden Betriebe wurden durch den Projektpartner Stalltuning GmbH beraten und bei der Planung und der Realisierung der notwendigen Umbaumaßnahmen unterstützt. Es mussten doppelte Hüllen, Wärmetauscher sowie zentrale Ein- und Auslässe (siehe Abbildung 4) für die Luft installiert werden. Darüber hinaus war die Installation umfangreicher Sensortechnik zur kontinuierlichen Erfassung des Stallklimas und der abgerufenen Leistung sowie

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

des Zustandes der Lüftungs- und Klimatechnik notwendig. Die Sensortechnik wurde sowohl im Versuchs- als auch im Kontrollstall (siehe Abbildung 5) installiert, um eine Vergleichbarkeit bei der Datenauswertung zu gewährleisten. Da die Statik der Stallgebäude durch die Umbauten nicht verändert wurde, handelte es sich um einen Umbau, für den das Beantragen einer Baugenehmigung nicht notwendig war.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

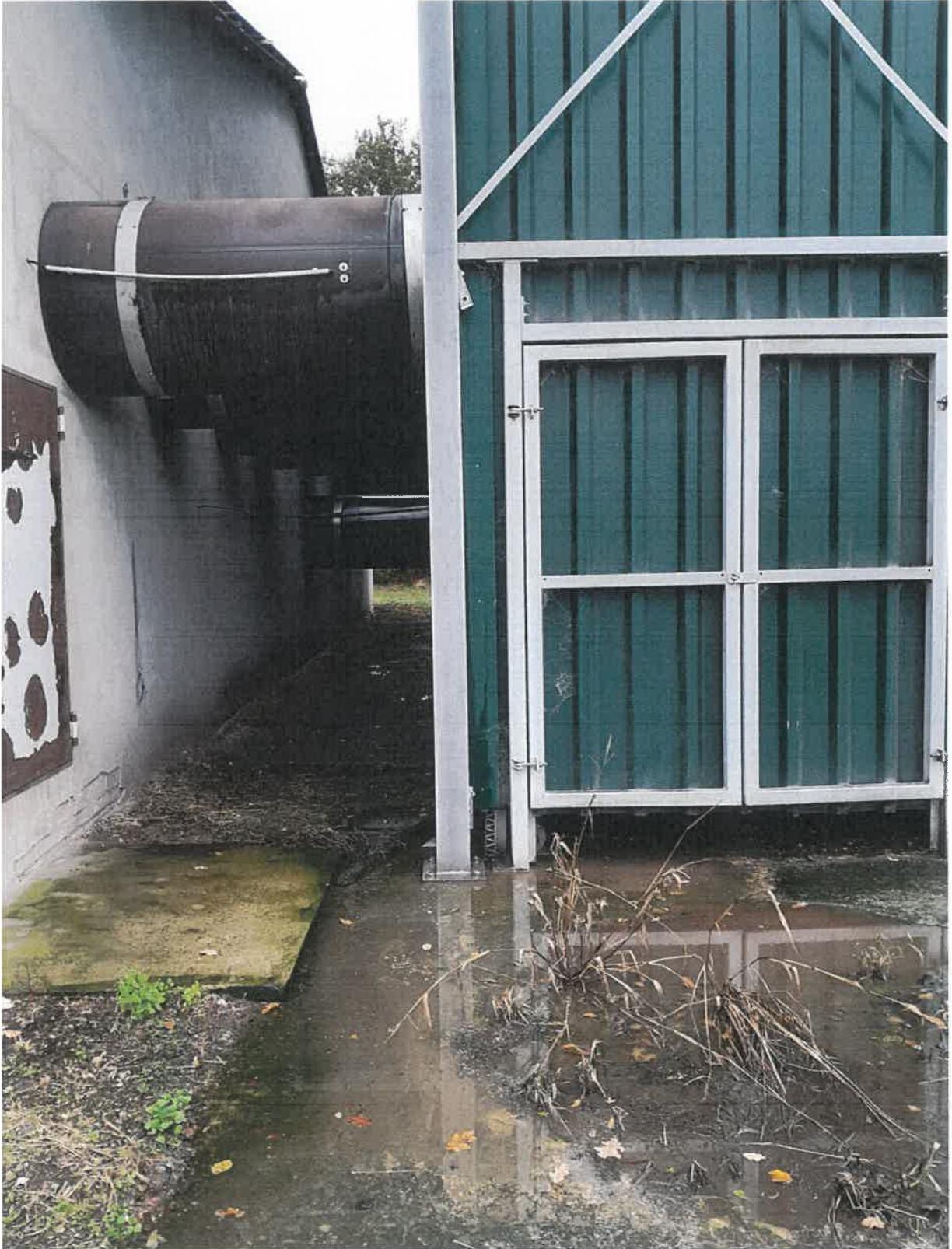


Abbildung 4: Zentrale Lufteinlässe und -auslässe im Versuchsstall

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

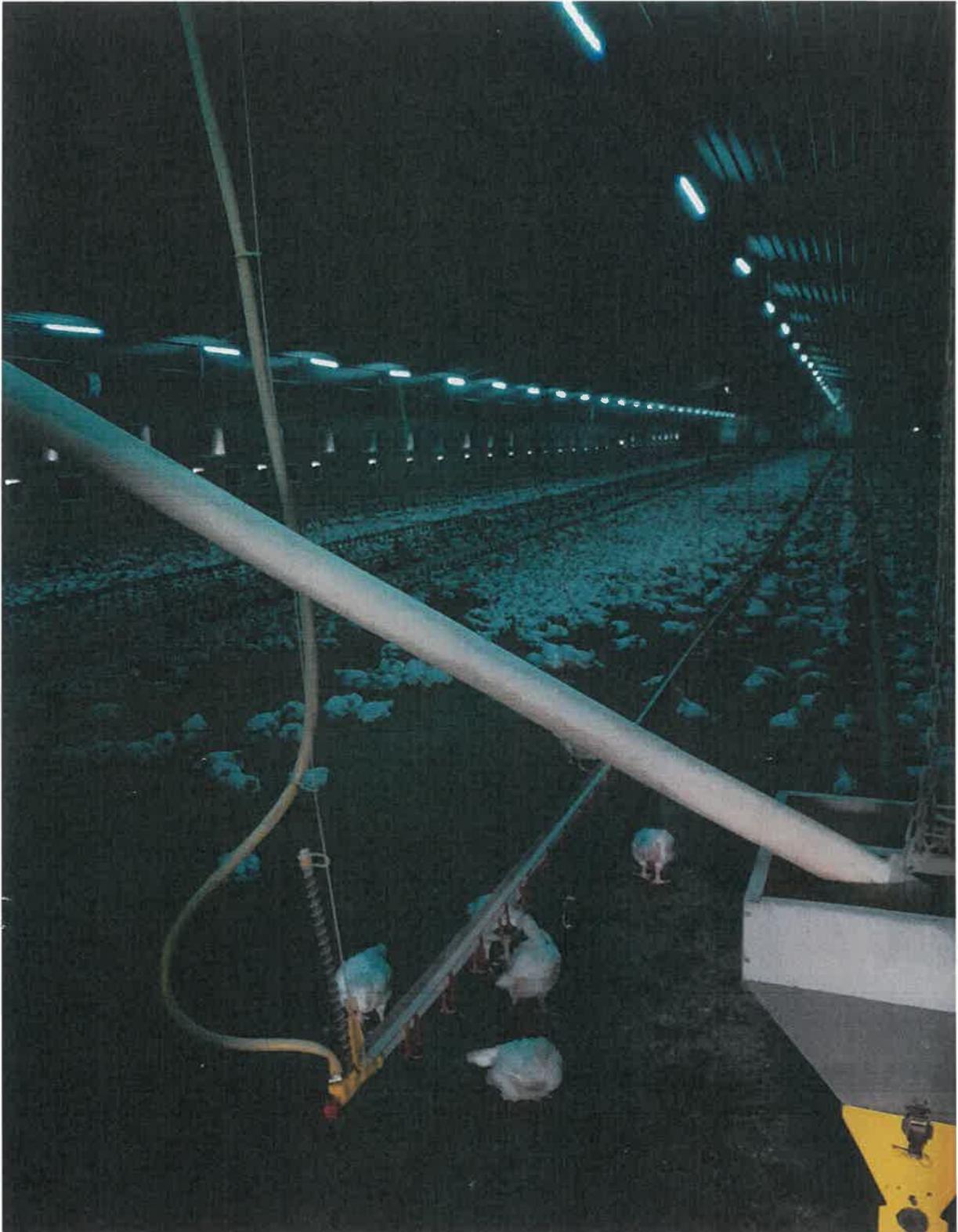


Abbildung 5: Kontrollstall mit einfacher Hülle

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

Projektphase 2:

Diese Phase erstreckte sich über drei Mastdurchgänge. In dieser Phase wurden alle Daten wie beschrieben erhoben. Die durch die Sensoren für Schadgase, relative Luftfeuchtigkeit und die Lüftungseinstellungen erfassten Daten sowie die Daten zur Wasser- und zur Futteraufnahme der Tiere wurden genutzt, um ein Prognosemodell zu entwickeln, welches es ermöglichte, zwei Tage im Voraus die benötigten Lüftungseinstellungen zu berechnen.

Projektphase 3:

In der dritten Projektphase sollte die proaktive Lüftungssteuerung zum Einsatz kommen. Hierdurch sollten weitere Energieeinsparungen erreicht werden. Dafür wurde jeweils zwei Tage im Voraus die benötigte Lüftungseinstellung prognostiziert und mit einem Sicherheitsaufschlag versehen. Um zu evaluieren, inwieweit sich die Lüftungseinstellungen auf das Tierverhalten auswirken, wurden sowohl im Versuchsstall als auch im Kontrollstall mehrere Kameras zur Tierbeobachtung installiert.

Projektphase 4:

In der vierten Projektphase lag der Fokus auf der Weiterverbreitung der erhobenen Daten mittels zielgruppengerechter Medien. Zeitlich überschneiden sich die dritte und die vierte Projektphase teilweise.

4.3.1 Datenerhebung

Die Datengrundlage beruht auf mehreren Säulen. Daten zur Tiergesundheit und Einstreuqualität wurden während der Projektlaufzeit von der Mitarbeiterin der Tierärztlichen Hochschule Hannover erfasst. Daten zum Stallklima sowie zur abgerufenen Leistung der Lüftungsanlage wurden kontinuierlich durch Sensoren erfasst. Nach jedem Durchgang wurden von den Landwirten Gas-, Wasser- und Stromverbrauch sowie Schlachtgewichte und -erlöse und Verlustraten sowie Daten zum Medikamenteneinsatz während der jeweiligen Mastperiode übermittelt.

Während der Betriebsbesuche wurden jeweils 50 Tiere pro Stall gewogen (siehe Abbildung 6), die Fußballen bonitiert (siehe Tabelle 3) und die Tiere auf Gefiederschäden, Pickschäden, Brusthautveränderungen und sonstige Schäden untersucht (siehe Abbildung 7).

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

Tabelle 3: Boniturschlüssel zur Fußballengesundheit (Hocking et al., 2008)

Score	Beschreibung	Beispiel
0 - 1	Keine Läsionen oder nur max. stecknadelkopfgroße (<0,3 cm) des (Mittel-)Fußballens	
2	Läsionen auf < 25% des Fußballens (leichte Veränderungen)	
3	Läsionen auf 25 - <50% des Fußballens (mittlere Veränderungen)	
4	Läsionen auf > 50% des Fußballens (starke Veränderungen)	

Neben der Erfassung der biologischen Daten wurden an verschiedenen Stellen der Ställe die Einstreutemperatur und -feuchte erfasst. Hierzu wurden die Ställe in vier Viertel entlang der Längsachse unterteilt und pro Viertel an sechs Punkten die Tem-

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

peratur und der Feuchtegehalt der Einstreu gemessen. Jeweils zwei Messpunkte befanden sich im Ruhebereich, im Bereich der Tränken und im Bereich der Futterbahnen (siehe Tabelle 4).



Abbildung 6: Wiegen der Tiere mittels mobiler Waage



Abbildung 7: Bonitur der Fußballen sowie anderer Gesundheitsparameter

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

Tabelle 4: Messpunkte für die Beurteilung der Einstreuqualität (x: Messpunkt)

Funktionsbereich	1. Viertel	2. Viertel	3. Viertel	4. Viertel
Futter	x	x	x	x
Wasser	x	x	x	x
Ruhe	x	x	x	x
Ruhe	x	x	x	x
Wasser	x	x	x	x
Futter	x	x	x	x

Ein weiterer Schwerpunkt wurde auf die Beobachtung der möglichen Einflüsse der geänderten Lüftungssteuerung auf das Tierverhalten gelegt. Hierfür wurden die Tiere mittels Videokameras beobachtet. Im Kontroll- und im Versuchsstall wurde ein Bereich, der sowohl Futterlinie, als auch Tränken als auch einen Teil des Ruhebereiches umfasste, von der Einstallung bis zur Ausstallung rund um die Uhr aufgezeichnet (siehe Abbildung 8). Bei der Auswertung der Videos erfolgte die Erfassung von Häufigkeit und Dauer des agonistischen Verhaltens, Komfortverhaltens, Trinkverhaltens und Ruheverhaltens. Aufgrund der verzögerten Auswertung sind die Videoaufnahmen zum derzeitigen Zeitpunkt (April 2025) noch nicht final ausgewertet.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes



Abbildung 8: Perspektive einer Kamera im Versuchsstall mit Futterbahn, Tränkelinie und Teil des Ruhebereichs

4.3.2 Ergebnisse

Biologische Daten

Entwicklung der Lebendgewichte

Im Hinblick auf die Entwicklung der Lebendgewichte konnte während zehn Mastdurchgängen kein konsistenter, wiederholbarer Unterschied zwischen den Tieren im Versuchs- und im Kontrollstall nachgewiesen werden. Folglich kann geschlussfolgert werden, dass das modifizierte Stallgebäude und die proaktive Lüftung weder einen positiven noch einen negativen Effekt auf die Gewichtsentwicklung der Masthähnchen hat.

Fußballenentzündungen

Der Zustand der Fußballen (siehe Abbildung 9) wurde in einem zweiwöchigen Abstand bonitiert und beurteilt.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

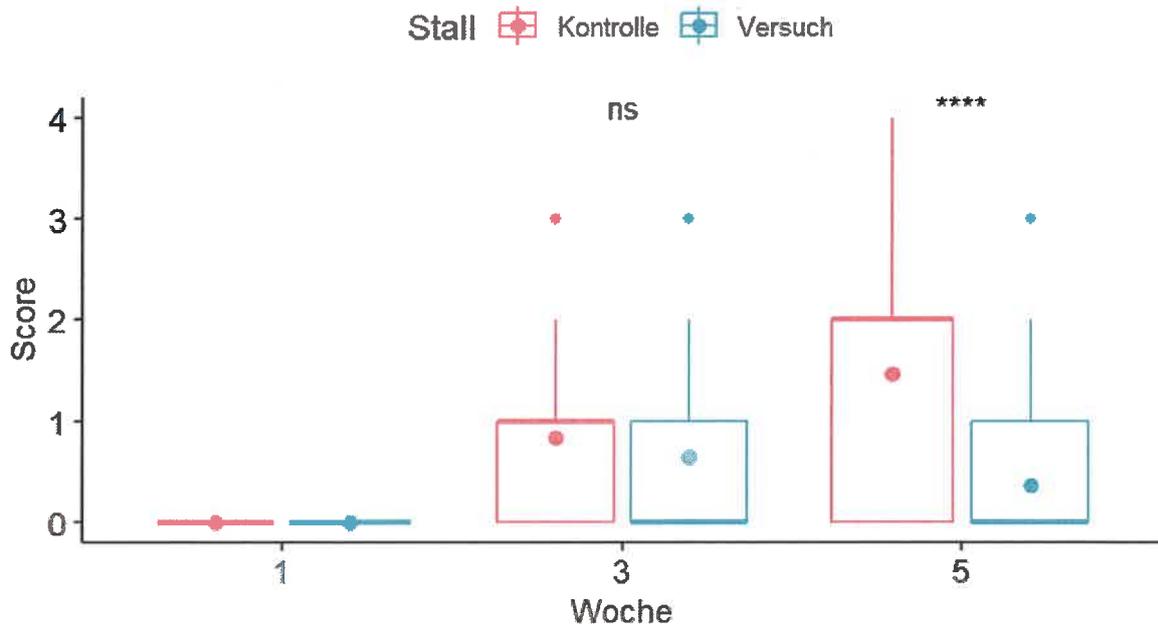


Abbildung 9: Fußballenscores in den Ställen (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; ****: $p < 0.0001$)

In Woche 1 liegen die Fußballenscores in beiden Ställen auf sehr niedrigem Niveau (nahe 0) und unterscheiden sich nicht. In Woche 3 steigen die Scores leicht an, ohne dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen besteht. In Woche 5 sind die Fußballenscores im Kontrollstall signifikant höher als im Versuchsstall (gekennzeichnet durch, was auf ausgeprägtere Veränderungen der Fußballen bei den Tieren im Kontrollstall hinweist. Aus den erhobenen Daten konnte geschlossen werden, dass das modifizierte Gebäude einen positiven Effekt auf die Fußballengesundheit der Tiere hat. Dies zeigte sich insbesondere in der Spätmast und ist auf die geringere Einstreu-feuchte zurückzuführen.

Verluste

Im Projektverlauf konnte keine Tendenz hinsichtlich unterschiedlicher Verluste zwischen den Ställen festgestellt werden. Dies zeigte sich bei sämtlichen begleiteten Mastdurchgängen. Agonistisches Verhalten, welches zu höheren Verlustraten führen könnte, unterschied sich nach derzeitigem Stand der Auswertung nicht.

Atemwegserkrankungen

Das Auftreten von Atemwegsinfektionen war auf den jeweiligen Betrieben zwischen dem Versuch- und dem Kontrollstall identisch. Ein Effekt auf das Auftreten von Atemwegserkrankungen durch das optimierte Stallgebäude oder die proaktive Lüftungssteuerung konnte nicht festgestellt werden.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

Futtermittelnutzung

Das optimierte Stallgebäude oder die proaktive Lüftung hatten keinen Einfluss auf die Futtermittelnutzung und auch nicht auf die Lebendgewichte bei der Ausstallung. Im Mastverlauf gab es eine Tendenz zu einem unterschiedlichen Gewichtsverlauf zwischen den Ställen. Hierbei handelte es sich jedoch nicht um signifikante Unterschiede.

Einstreu

Einstreumenge

Die Ställe wurden vor dem Einstellen der Tiere jeweils vergleichbar eingestreut, so dass sich im Versuch kein reduzierter Einstreuverbrauch ergab. Ein ursprünglich angedachtes verstärktes Einstreuen in Bereichen mit höherer zu erwartender Einstreufeuchte ließ sich aus Gründen der Arbeitseffizienz im Projekt nicht verwirklichen.

Einstreubeurteilung

Neben den biologischen Leistungen und der Tiergesundheit wurden bei den Betriebsbesuchen auch die Einstreufeuchte und -temperatur ermittelt. Diese Daten wurden in den Ställen wie oben erwähnt vergleichbar erfasst, um einen Effekt des modifizierten Stallgebäudes und der proaktiven Lüftung auf die Einstreu evaluieren zu können. r Umbaumaßnahmen im Tiernahbereich feststellen zu können. Ziel des modifizierten Gebäudes war es, die Einstreufeuchte zu reduzieren. Durch die Fußbodenheizung war eine gesteigerte Einstreutemperatur zu erwarten. Diese könnte wiederum zum besseren Abtrocknen der Einstreu beitragen.

Einstreutemperatur

Abbildung 10 zeigt die Temperaturverteilung der Einstreu in den Bereichen Futter, Ruhe und Tränke im Kontroll- und Versuchsstall. In allen drei Funktionsbereichen liegen die Temperaturen im Versuchsstall signifikant höher als im Kontrollstall. Im Bereich der Futterbahn beträgt die Temperatur im Versuchsstall im Mittel etwa 28 °C, während sie im Kontrollstall bei rund 24,5 °C liegt. Im Ruhebereich zeigt sich durchgängig ein ähnliches Bild: Die Temperatur im Versuchsstall liegt bei etwa 26 °C, im Kontrollstall dagegen bei ca. 24,5 °C. Auch im Bereich der Tränken sind die Temperaturen im Versuchsstall mit etwa 28 °C deutlich höher als im Kontrollstall (ca. 24,5 °C). Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch die Fußbodenheizung und den geringeren Einstrom kalter Luft direkt in den Tierbereich eine entsprechende Steigerung der Einstreutemperaturen erreicht werden konnte.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

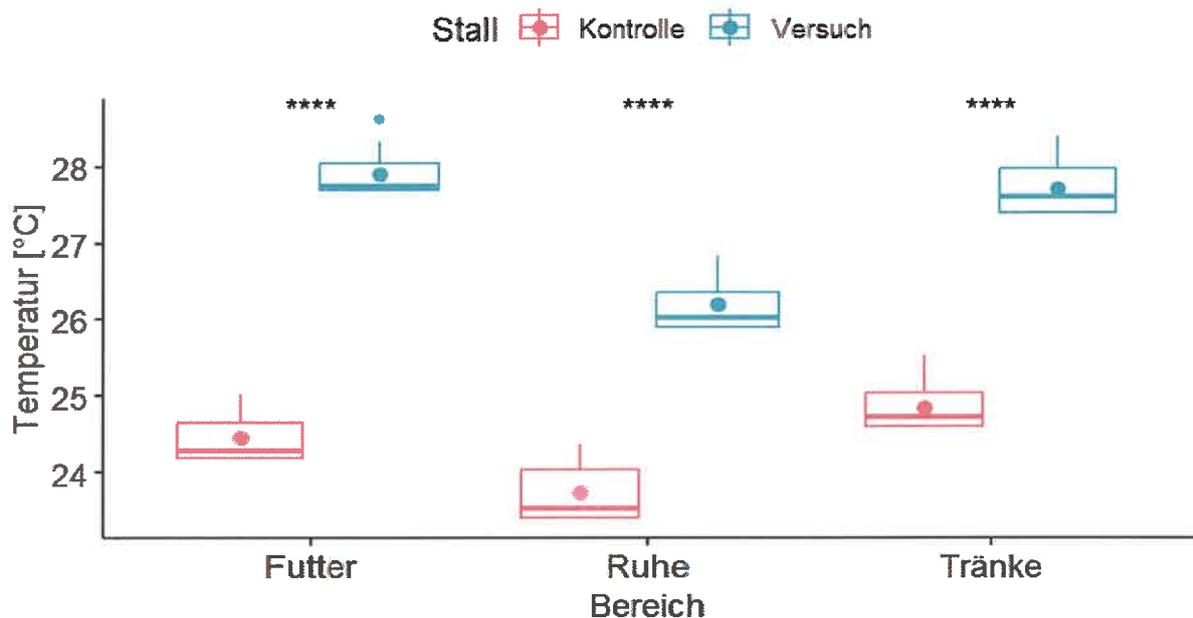


Abbildung 10: Einstreutemperatur der Ställe in den unterschiedlichen Funktionsbereichen (10 Mastdurchgänge; ****: $p < 0.0001$)

Einstreufeuchte

In Abbildung 11 ist die Einstreufeuchte der drei Funktionsbereiche der Ställe (Futterbahn, Tränke, Ruhebereich) dargestellt. Im Futterbereich lag die mittlere Feuchte im Kontrollstall signifikant höher als im Versuchsstall. Im Bereich der Tränke war die Feuchte im Kontrollstall ebenfalls signifikant höher als im Versuchsstall. Im Ruhebereich unterschieden sich die beiden Gruppen hingegen nicht signifikant, die Werte bewegten sich in beiden Ställen auf vergleichbarem Niveau. Dies lässt darauf schließen, dass sich durch die höhere Einstreutemperatur und das verbesserte Lüftungssystem eine bessere Ablüftung der Feuchtigkeit aus der Einstreu erzielen lässt. Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine tendenziell trockenere Einstreusituation im Versuchsstall, insbesondere in den feuchtigkeitssensiblen Bereichen, was sich positiv auf Parameter wie Fußballengesundheit oder Ammoniakemissionen auswirken kann.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

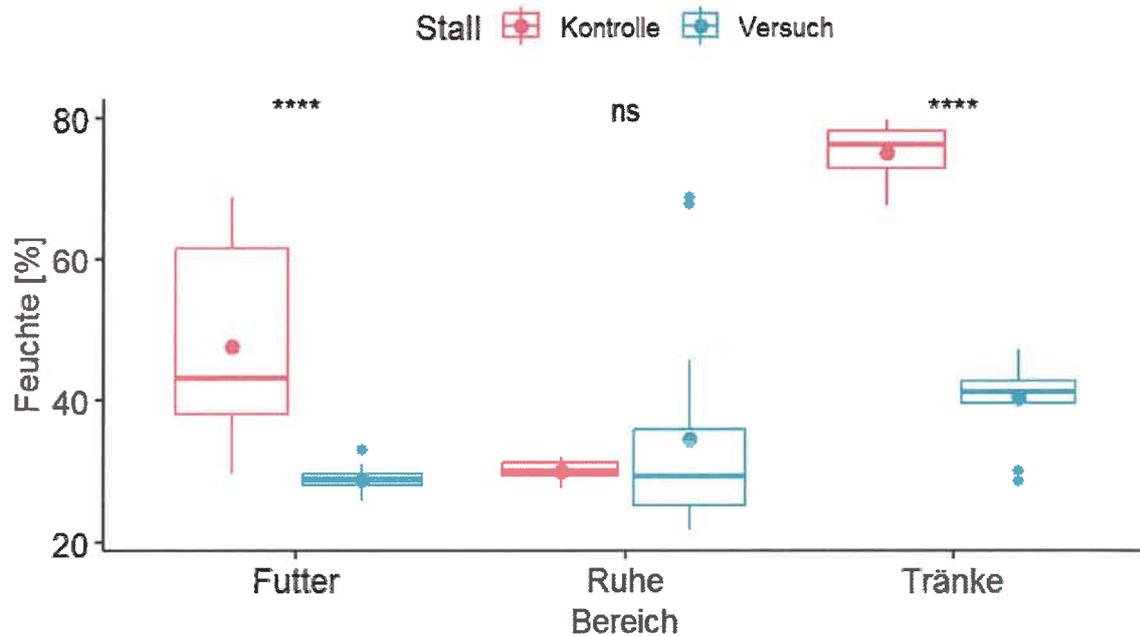


Abbildung 11: Einstreufeuchte der Ställe (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; ****: $p < 0.0001$)

Luftqualität

NH₃-Konzentration

Um einen Effekt des modifizierten Stallgebäudes und der proaktiven Lüftung auf die Qualität der Stallluft feststellen zu können, wurden sowohl im Versuchsstall als auch im Kontrollstall die Schadgaskonzentrationen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Ammoniak (NH₃) über alle Mastdurchgänge erfasst.

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der Ammoniakkonzentration (NH₃) in ppm über einen Zeitraum von sechs Wochen in Kontroll- und Versuchsstall. In Woche 1 wies der Versuchsstall signifikant höhere NH₃-Werte auf als der Kontrollstall. Ab Woche 2 lagen die Werte in beiden Gruppen zunächst auf vergleichbarem Niveau, wobei in Woche 3 ein leichter, aber signifikanter Anstieg im Versuchsstall gegenüber der Kontrollgruppe erkennbar war. Ab der vierten Mastwoche lagen die Ammoniakkonzentrationen im Kontrollstall nun durchgehend signifikant unter denen des Versuchsstalls. Die Ergebnisse lassen sich dadurch erklären, dass die Sensoren im Versuchsstall in der Nähe des zentralen Luftauslasses installiert waren, da dort die höchsten Ammoniakkonzentrationen erwartet wurden. Diese Installation sollte sicherstellen, dass auch in den Bereichen mit den höchsten Schadgaskonzentrationen die geforderten Grenzwerte (20 ppm für Ammoniak) stets eingehalten wurden. Dies konnte mit dem eingesetzten Konzept erreicht werden.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

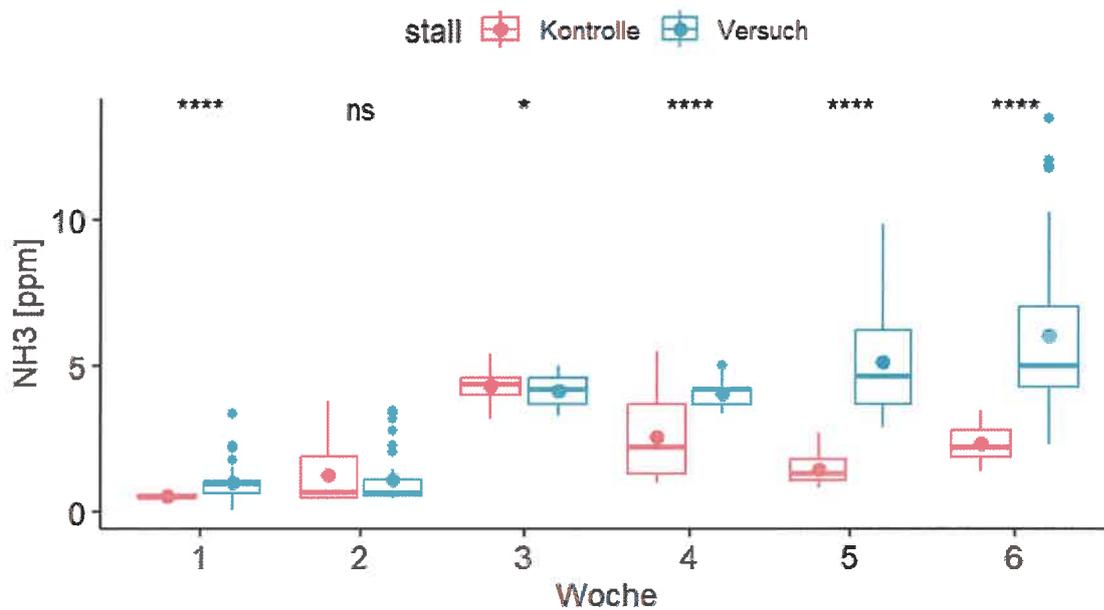


Abbildung 12: Ammoniakkonzentrationen in den Ställen (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; *: $p < 0.05$; ****: $p < 0.0001$)

CO₂-Konzentration

Ein ähnliches Bild lässt sich auch bei der Betrachtung der CO₂-Konzentrationen feststellen. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass es auch bei den CO₂-Konzentrationen einem Anstieg im Versuchsstall in den späten Mastphasen kam. Jedoch blieben auch hier die Werte unter den geforderten 3.000 ppm.

Relative Luftfeuchtigkeit

In Abbildung 13 ist der Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit (rF) über einen Zeitraum von sechs Wochen in beiden Ställen dargestellt. Während sich die mittlere Luftfeuchtigkeit in Woche 1 zwischen beiden Gruppen nicht signifikant unterschied, zeigten sich ab Woche 2 deutliche Unterschiede zugunsten des Versuchsstalls. In Woche 2 sowie in den Wochen 4 bis 6 war die relative Luftfeuchtigkeit im Versuchsstall signifikant geringer als im Kontrollstall. Der tendenziell niedrigere rF-Wert im Versuchsstall ist einerseits auf einen verminderten Einsatz der Sprühkühlung und der Gaskanonen und andererseits auf eine effektivere Ablüftung von Luftfeuchtigkeit zurückzuführen.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

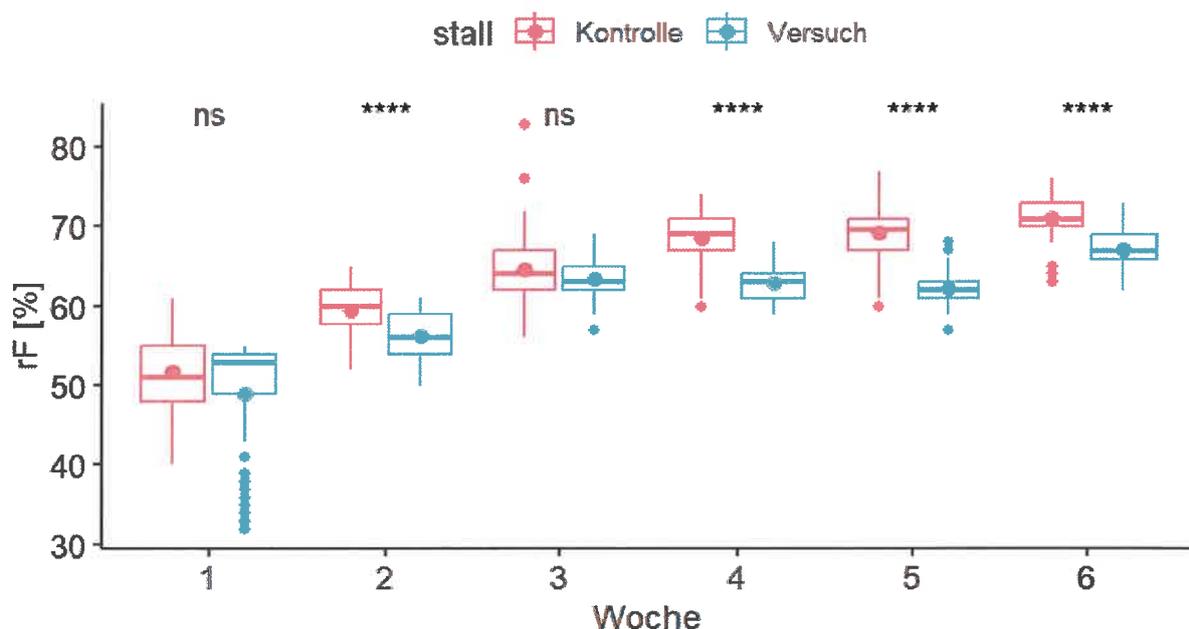


Abbildung 13: Relative Luftfeuchtigkeit in [%] im Versuchs- und im Kontrollstall pro Woche (10 Mastdurchgänge; ns: nicht signifikant; ****: $p < 0.0001$)

Enthalpie

In Abbildung 14 ist der Vergleich der Enthalpie (kJ/kg) bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen zwischen Kontroll- und Versuchsstall gezeigt. Über den gesamten Temperaturbereich hinweg ist ein konsistenter Unterschied zugunsten des Versuchsstalls erkennbar. Die horizontale rote Linie bei ca. 50 kJ/kg markiert dabei eine kritische Schwelle, ab der das thermische Belastungspotenzial für Tiere als erhöht gelten kann. Während beide Gruppen bereits bei 25 °C über diesem Wert liegen, ist die Enthalpie im Kontrollstall bei allen gezeigten Temperaturen durchgehend höher als im Versuchsstall. Die geringere Enthalpie im Versuchsstall ist insbesondere auf die geringere relative Luftfeuchtigkeit zurückzuführen. Allerdings muss klar festgestellt werden, dass das modifizierte Stallgebäude alleine nicht ausreicht, um Hitzestress für die Tiere zu verringern. Hier muss nach wie vor auf weitere Maßnahmen zurückgegriffen werden.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

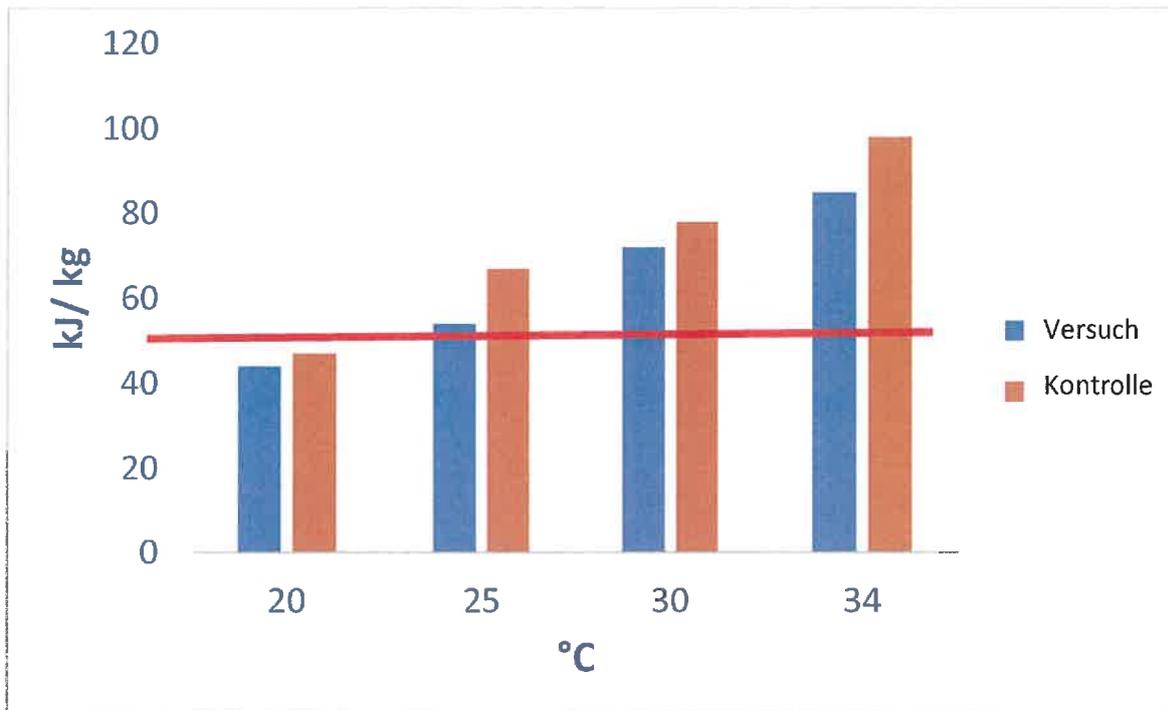


Abbildung 14: Enthalpie in kJ/kg in beiden Ställen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (10 Mastdurchgänge)

Ressourcenverbrauch

Abbildung 15 zeigt den Energieverbrauch je Tierplatz, unterteilt in Strom-, Gas- und Gesamtenergiebedarf, jeweils für Kontroll- und Versuchsstall. Auffällig ist der deutlich höhere Gesamtenergieverbrauch im Kontrollstall im Vergleich zum Versuchsstall. Während der Stromverbrauch im Versuchsstall geringfügig höher ausfällt, wird dies durch den verminderten Gasverbrauch kompensiert, so dass der Gesamtenergieverbrauch pro Tier im Versuchsstall geringer ausfällt. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die eingesetzte Technik mit der proaktiven Lüftungssteuerung im Versuchsstall energieeffizienter arbeitet. Dies ist insbesondere auf die höhere Effizienz von Dunkelstrahlern verglichen mit Gaskanonen zurückzuführen. Der insgesamt reduzierte Energieeinsatz pro Tier kann somit nicht nur wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen, sondern auch zur ökologischen Nachhaltigkeit des Stallgebäudes beitragen.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

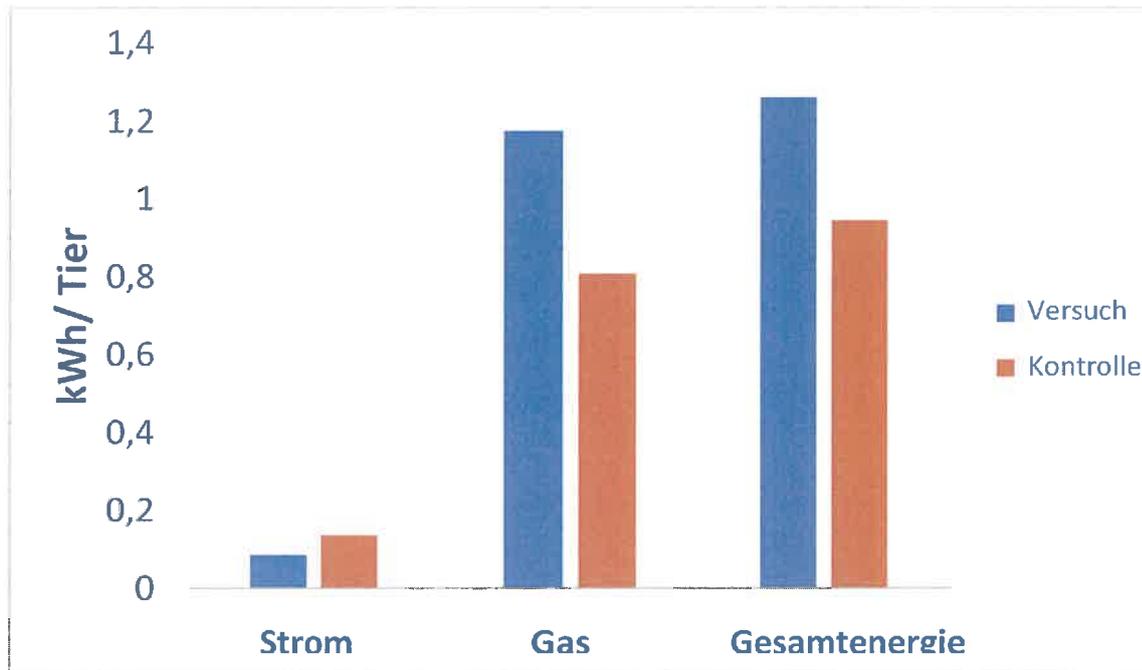


Abbildung 15: Energieverbrauch beider Ställe (10 Mastdurchgänge)

Abbildung 16 stellt den Wasserverbrauch pro Tierplatz in den Ställen gegenüber und zeigt dabei deutliche Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchsstall. Im Kontrollstall lag der Wasserverbrauch mit rund 7 l/Tier signifikant höher als im Versuchsstall, in dem der Verbrauch bei etwa 5 l/Tier lag. Dieser geringere Wasserverbrauch im Versuchsstall lässt auf einen effizienteren Umgang mit der Ressource Wasser schließen, möglicherweise bedingt durch eine optimierte Tränketchnik oder eine geringere Verschmutzung und Verschwendung. Neben ökologischen Vorteilen kann dies auch zur Reduktion der Feuchtigkeit im Stall beitragen, was wiederum die Einstreuqualität verbessert und Ammoniakemissionen verringern kann.

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

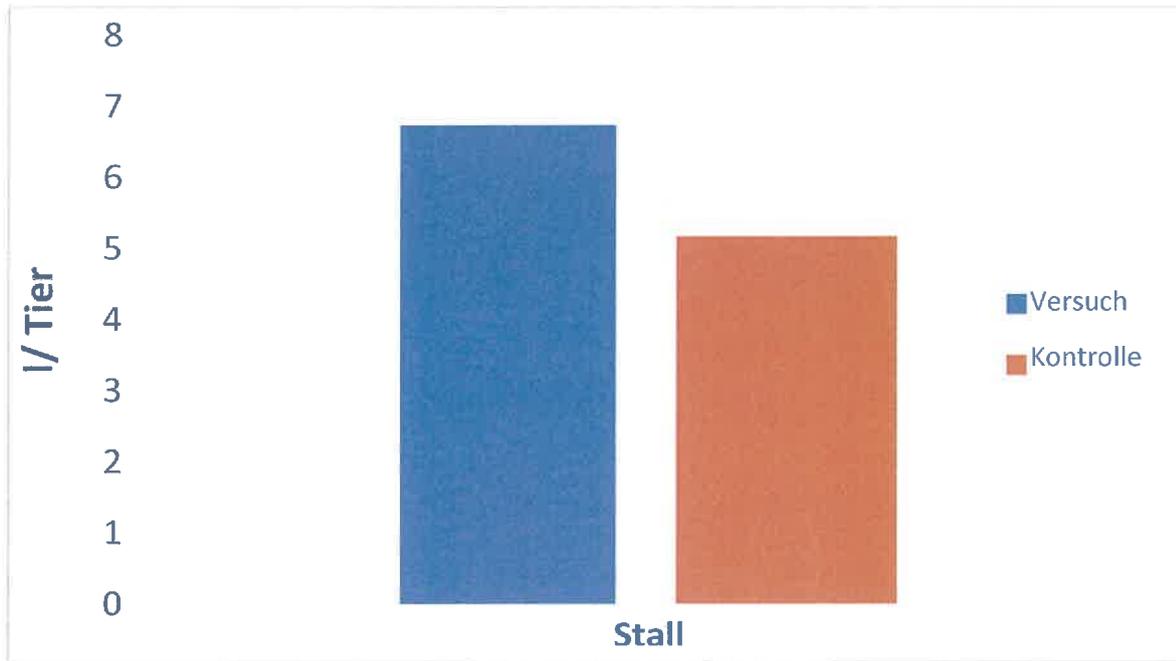


Abbildung 16: Wasserverbrauch im Versuchs- und im Kontrollstall in l/Tier (10 Mastdurchgänge)

4. Ergebnisse des Innovationsprojektes

4.4 Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen EIP-Themen

Ein thematischer Schwerpunkt der EIP-Agri-Projekte des 5. Aufrufs war es, wettbewerbsfähige, Ressourcen schonende und tiergerechte Produktionssysteme in der konventionellen Tierhaltung zu fördern oder neu zu entwickeln. Komplettneubauten sind immer genehmigungspflichtig und werden zunehmend nicht mehr genehmigt. Dies erfordert die Entwicklung von Möglichkeiten, bereits vorhandene Stallgebäude so aufzurüsten, dass die Tiergesundheit und das Tierwohl verbessert wird, bei gleichzeitigem Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe. Das im Projekt „BM23“ entwickelte und getestete Gebäude zielt auf die Modernisierung und Verbesserung bereits vorhandener, konventioneller Hähnchenmastställe ab. Hierdurch kann einerseits die Tiergesundheit verbessert werden und gleichzeitig ökonomische Vorteile für die Betriebe durch die Einsparung von Ressourcen erzielt werden. Somit trägt das Projekt „BM23“ zur Verbesserung und Weiterentwicklung einer tiergerechten Haltung von konventionell gehaltenen Mastbroilern bei.

5. Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Das Ziel dieses Projektes war die Entwicklung eines optimierten, neuartigen Haltungssystems für Masthähnchen, welches einerseits zu Verbesserungen der Tiergesundheit und andererseits zur Einsparung von Ressourcen wie Energie und Wasser führen sollte. Zur Verbreitung der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse wurde das Projekt und die daraus entstandenen Erkenntnisse auf diversen zielgruppengerechten Tagungen und Fortbildungsveranstaltungen vorgestellt. Somit bestand die Möglichkeit für landwirtschaftliche Betriebe, die nicht Partner im Projekt waren, sich umfassend über die Möglichkeiten und Limitierungen des Umbaus zu informieren. Das entwickelte und erprobte Gebäudekonzept lässt sich so in den allermeisten konventionellen Hähnchenmastställen einbauen. Angesichts der derzeitigen Energiepreise führt ein entsprechender Umbau relativ schnell zu einem positiven ökonomischen Ergebnis.

6. (Geplante) Verwertung und Nutzung der Ergebnisse

Die im Projekt gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse sollten einen Beitrag dazu leisten, die Möglichkeit und den Nutzen sowohl für die Tiergesundheit als auch für die Schonung von Ressourcen zu liefern. Die gewonnenen Erkenntnisse weisen darauf hin, dass das modifizierte Stallgebäude mit der proaktiven Lüftung positive Effekte hat. Auch wenn es zum derzeitigen Zeitpunkt noch weiteren Forschungs- und Optimierungsbedarf gibt, ist aus dem Projekt „BM23“ ein Konzept hervorgegangen, welches absolut praxistauglich ist. Weitere Ställe befinden sich bereits im entsprechenden Umbau.

7. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Im Rahmen des praxisbezogenen Projektes „BM23“ war es möglich, ein Gebäudekonzept zu entwickeln und zu testen, welches als Umbau in bestehende konventionelle Hähnchenmastställe integriert werden kann. Durch die umfassende Datenerhebung während des Projektverlaufs ließen sich die positiven Effekte auf die Tiergesundheit und auch die Einsparung von Ressourcen erklären. Da das Projekt sowohl zeitlich als auch finanziell begrenzt war, bestehen jedoch noch einige Fragestellungen, deren Klärung weiterer Untersuchungen bedarf. Zur Klärung dieser Fragestellungen bedarf es noch weiterer Untersuchungen:

- Warum zeigte sich keine Reduktion der Atemwegserkrankungen?
- Wie müssten ein Stallgebäude und ein Lüftungssystem beschaffen sein, dass zur Reduktion von Atemwegserkrankungen beiträgt?
- Wie lässt sich das Konzept in Ställen, die in Freilandhaltung betrieben werden, umsetzen?
- Wie lässt sich arbeitseffizient die Verminderung der benötigten Einstreumenge erreichen?
- Wie lässt sich das Gebäude und die Lüftung so verbessern, dass auch bei hohen Temperaturen kein Hitzestress für die Tiere entsteht?

8. Kommunikations- und Disseminationskonzept

Während des Projektverlaufs wurden Ergebnisse bzw. neue Erkenntnisse innerhalb der OG auf entsprechenden OG-Treffen kommuniziert und besprochen. Die OG-Treffen wurden halbjährlich angesetzt. Die Termine für die Betriebsbesuche wurden jeweils telefonisch abgestimmt. Ab dem Einsatz des proaktiven Lüftungskonzeptes fand ein kontinuierlicher Austausch mit den Betrieben per Telefon statt, um die Lüftungseinstellungen zu besprechen. Zwischen der Stalltuning GmbH und den Betrieben fand ein fortwährender Austausch bezüglich der Optimierung und Einstellung der technischen Ausrüstung statt.

Außerhalb der internen OG-Treffen wurden erste Projektergebnisse auf verschiedenen Tagungen präsentiert. Die vollständigen Ergebnisse liegen derzeit aufgrund einer Verzögerung bei der Videoaufzeichnung noch nicht vor. Hierdurch bedingt finden momentan noch Auswertungen statt.

Der Plan zur Verbreitung der Ergebnisse orientierte sich an zielgruppengerechter Auswahl der Medien. Die Verbreitung der Ergebnisse unter Wissenschaftlern und Amtstierärzten erfolgt mittels Beiträgen bei nationalen und internationalen wissenschaftlichen Tagungen. Des Weiteren werden Artikel in wissenschaftlichen peer-reviewed Zeitschriften veröffentlicht werden.

Zur Verbreitung unter Landwirten und anderen Praktikern wurden Vorträge auf entsprechenden Fortbildungsveranstaltungen gehalten. Außerdem wurden Beiträge im DGS Magazin sowie der Land & Forst veröffentlicht. Darüber hinaus fand ein Interview mit dem Netzwerk Fokus Tierwohl statt. Eine Übersicht der aus dem Projekt hervorgegangenen Veröffentlichungen ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Bereits erfolgte und noch geplante Veröffentlichungen der Projektergebnisse

Medium	Art der Veröffentlichung	Jahr
EIP-Agri - Netzwerk Fokus Tierwohl - Mastgeflügel	Vortrag	2022
Netzwerk Fokus Tierwohl + BroilerNet-Seminar	Vortrag	2024
BroilerNet Good Practice	Factsheet	2024
Tagung European Poultry Congress	Poster	2024
Tagung European Conference on Precision Livestock Farming	Vortrag	2024
Tagung DGfZ	Vortrag	2024
Tagung ISAH & SEAO-HUN International Conference	Vortrag	2024
Artikel DGS	Artikel	2024

8. Kommunikations- und Disseminationskonzept

Netzwerk Fokus Tierwohl	Interview	2025
Fortbildung Berater	Vortrag	2025
Artikel Land & Forst	Interview	2025
N.N.	wissenschaftlicher Artikel (Tiergesundheit)	geplant 2025
N.N.	wissenschaftlicher Artikel (Tierverhalten)	geplant 2025
N.N.	wissenschaftlicher Artikel (Gebäudetechnik und Ökonomie)	geplant 2025
Tagung International Conference on Production Diseases in Farm Animals	Vortrag	geplant 2025

Literatur

Agrarstrukturhebung, Statistisches Bundesamt, 2016

Berg, C. "Pododermatitis and hock burn in broiler chickens." in Measuring and auditing broiler welfare (2004), ISBN : 9780851998053 , Pages 37-49.

Edwards Jr, H. M. (2000). Nutrition and skeletal problems in poultry. Poultry Science, 79(7), 1018-1023.

Emeash, H. H., Ali, M. M., & El Bably, M. A. (1997). Effect of some pollutants as stressors on some behavioural patterns and performance of broiler chickens. Vet. Med. J. Giza, 45, 307-314.

Greco, M. V., Franchi, M. L., Rico Golba, S. L., Pardo, A. G., & Pose, G. N. (2014). Mycotoxins and mycotoxigenic fungi in poultry feed for food-producing animals. The Scientific World Journal, 2014(1), 968215.

Hocking, Paul & MAYNE, R.K. & ELSE, R.W. & FRENCH, N.A. & GATCLIFFE, J.. (2008). Standard European footpad dermatitis scoring system for use in turkey processing plants. World's Poultry Science Journal. 64. 323 - 328. 10.1017/S0043933908000068.

Jericho K W, Magwood S E. 1977. Histological features of respiratory epithelium of calves held at differing temperature and humidity. Canadian Journal of Comparative Medicine, 41, 369–379.

Kjaer, J. B., Su, G., Nielsen, B. L., & Sørensen, P. (2006). Foot pad dermatitis and hock burn in broiler chickens and degree of inheritance. Poultry science, 85(8), 1342-1348.

Kjaer, J. B., & Bessei, W. (2013). The interrelationships of nutrition and feather pecking in the domestic fowl. Arch Geflügelk, 77, 1-9.

Kristensen, H. H., Prescott, N. B., Perry, G. C., Ladewig, J., Ersbøll, A. K., Overvad, K. C., & Wathes, C. M. (2007). The behaviour of broiler chickens in different light sources and illuminances. Applied Animal Behaviour Science, 103(1-2), 75-89.

Mayne, R.K., Else, R.W., Hocking, P.M. (2007): High litter moisture alone is sufficient to cause footpad dermatitis in growing turkeys, British Poultry Science, 48 (5), 538-545

Meluzzi, A., & Sirri, F. (2009). Welfare of broiler chickens. Italian Journal of Animal Science, 8(sup1), 161-173.

Rath, N. C., Huff, G. R., Huff, W. E., & Balog, J. M. (2000). Factors regulating bone maturity and strength in poultry. Poultry science, 79(7), 1024-1032.

Rautenschlein und Ryll (2014): Erkrankungen des Nutzgeflügers; Sohlenballenabszesse, Eugen Ulmer KG

Scheibe, Günther. 2009. Heizungstechnik in Geflügelställen. KTBL Fachartikel.

Literatur

Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV) neugefasst durch B. v. 22.08.2006 BGBl. I S. 2043; zuletzt geändert durch Artikel 1a V. v. 29.01.2021 BGBl. I S. 146

Winder, C. B., Sargeant, J. M., Novy, A., Logue, C. M., Sato, Y., & O'Connor, A. (2018). The efficacy of litter management to prevent disease and/or antibiotic use in broiler poultry: A protocol for a systematic review.

Zucker, B. A., Trojan, S., & Müller, W. (2000). Airborne gram-negative bacterial flora in animal houses. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 47(1), 37-46.