

Abschlussbericht

# PigSys -

Verbesserung der Leistungsfähigkeit in der  
Schweinehaltung durch einen  
gesamtheitlichen Systemansatz

FKZ: 2817ERA07D

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gefördert.

Die Verantwortlichkeit für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim TLLLR.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Langtitel: Verbesserung der Leistungsfähigkeit in der Schweinehaltung durch einen gesamtheitlichen Systemansatz

Kurztitel: PigSys

Projektleiterin: Dr. Simone Müller

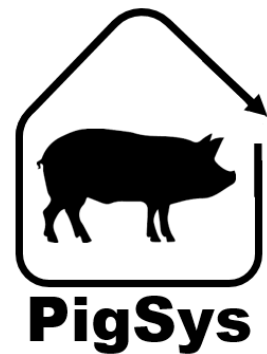
Abteilung: Landwirtschaftliche Erzeugung, Gartenbau und Bildung

Laufzeit: 01.09.2017 bis 31.12.2020

Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Zuwendungsempfänger: Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR)

Mitarbeit: Katja Kallenbach, TLLLR  
Bernd Lesch, TLLLR  
Anita Lange, TLLLR  
Phil Kirchhofer, TLLLR  
Hannah Graef, Universität Kassel  
Abozar Nasirhamadi, Universität Kassel  
Boris Kulig, Universität Kassel  
Barbara Sturm, Universität Kassel



März 2021

**Copyright:**

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>I.</b>	<b>BEITRAG DES ERGEBNISSES ZU DEN FÖRDERPOLITISCHEN ZIELEN</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE ERGEBNISSE DES VORHABENS</b>	<b>1</b>
II.1.	Ergebnisse der Feldversuche zur Validierung und Verifikation des Regelungssystems .....	1
II.2.	Ergebnisse zur Entwicklung des bildgestützten Überwachungs- und Klimaregelungssystems.....	6
II.3.	Wesentlichste Erfahrungen .....	7
II.4.	Verbreitungsaktivitäten .....	7
<b>III.</b>	<b>ANGEMESSENHEIT VON AUFWAND UND ZEIT</b>	<b>8</b>
<b>IV.</b>	<b>ARBEITEN DIE ZU KEINER LÖSUNG GEFÜHRT HABEN</b>	<b>8</b>
<b>V.</b>	<b>WISSENSCHAFTLICHE ANSCHLUSSFÄHIGKEIT</b>	<b>9</b>
<b>VI.</b>	<b>WÄREN DIE ARBEITERGEBNISSE AUCH OHNE BUNDESMITTEL ERREICHT WORDEN?</b>	<b>9</b>
<b>VII.</b>	<b>PRÄSENTATIONSMÖGLICHKEITEN FÜR MÖGLICHE NUTZER</b>	<b>10</b>
<b>VIII.</b>	<b>VERGLEICH DER AUSGABEN MIT DEM GESAMTFINANZIERUNGS- PLAN</b>	<b>11</b>
<b>IX.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>12</b>

## **I. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen**

Das Projekt "Pigsys - Verbesserung der Leistungsfähigkeit in der Schweinehaltung durch einen gesamtheitlichen Systemansatz" wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) finanziell unterstützt. Während der Projektlaufzeit wurden auf der Grundlage der in der Projektbeschreibung festgelegten Förderziele technische Lösungen entwickelt, die einen multidisziplinären Ansatz auf Systemebene zur Unterstützung von Schweineproduktionssystemen darstellen. Dieses Systemmodell der Massen- und Energieflüsse und das Entscheidungsunterstützungssystem sowie neuartige Gebäudeklimasysteme sollten eine nachhaltige Verbesserung der Systemleistung unterstützen. Durch einen skalenübergreifenden, multidisziplinären Ansatz stellt das Projekt sicher, dass alle für die Entwicklung nachhaltiger, sozialverträglicher und wirtschaftlich tragfähiger Schweineproduktionssysteme relevanten Aspekte angemessen berücksichtigt werden. Die geografische und klimatische Ausgewogenheit, mit Partnern aus verschiedenen europäischen Regionen und unter Einbeziehung von Frankreich, Deutschland und Dänemark als drei der fünf größten europäischen Schweineproduzenten, stellt die Relevanz des Projektes innerhalb der EU und darüber hinaus sicher. Das Ergebnis der Machbarkeit der Technologielösung für das Monitoring von Schweineställen und die Entwicklung eines Managementsystems, das innerhalb der Projektlaufzeit realisiert wurde, leistet einen wesentlichen Beitrag zu den oben genannten förderpolitischen Zielen. Innovative maschinelle Lernverfahren und fortschrittliche statistische Ansätze in verschiedenen Verarbeitungsbereichen des Schweinestallmanagements wurden und werden im Rahmen des Projekts in verschiedenen wissenschaftlichen, ingenieurtechnischen und tierbezogenen Artikeln veröffentlicht.

Im Folgenden werden die wesentlichsten Ergebnisse dargestellt, die vom TLLLR in Zusammenarbeit mit der Universität Kassel innerhalb der Arbeitspakete 3 (Feldversuche inklusive Validierung und Verifikation des Regelungssystems) und 4 (Entwicklung des bildgestützten Überwachungs- und Klimaregelungssystems) erreicht werden konnten.

## **II. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens**

### **II.1. Ergebnisse der Feldversuche zur Validierung und Verifikation des Regelungssystems**

Das Stallklima hat einen direkten Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Nutztiere. Die Stallklimotechnik soll optimale Verhältnisse mit angepasstem Luft-massenaustausch möglichst unabhängig von der Witterung gewährleisten, wobei die für das Tier entscheidende Qualität der Stallluft wesentlich durch Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Schadgaskonzentrationen (Kohlendioxid, Ammoniak, Schwefelwasserstoff) und die Luftgeschwindigkeit im Tierbereich beeinflusst wird. Altersabhängige Vorgaben in der Regelungstechnik bzw. das Setzen bestimmter „Knickpunkte“ nach einer definierten Haltungsdauer berücksichtigen den differenzierten Wärmebedarf der wachsenden Tiere in den einzelnen Haltungswochen und sind heute Standard. Ziel ist es, eine moderate Absenkung der Raumtemperatur im Aufzucht-/Mastverlauf zu erreichen. Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages sollen nicht über 15 % liegen und können zumeist auch realisiert werden. Die größere Herausforderung ist die Einhaltung der für die Tiere optimalen Raumtemperatur im Sommer. Die Stalltemperaturen sollen so gering wie möglich über den Außenlufttemperaturen liegen, d.h. aber unter Umständen auch,



## Ergebnisse:

1. Die Untersuchungen in den beiden Betrieben zeigen, dass etablierte Klimaführungssysteme unter gemäßigten klimatischen Bedingungen eine gute Einhaltung der gewünschten Raumtemperaturen für die Aufzucht und Mast von Schweinen gewährleisten.
2. Anspruchsvolle Außenklimabedingungen (hohe Außentemperaturen, geringe Luftfeuchtigkeit) können jedoch zu deutlichen Sollwertabweichungen führen, d.h. zu hohen Stalltemperaturen oder einer sehr trockenen Stallluft. Abhilfe werden hier nur Lüftungssysteme schaffen, die eine Abkühlung der zugeführten Außenluft ermöglichen bzw. über das Prinzip der Verdunstungskälte zu einer Verminderung der Wärmebelastung im Stall führen. Im letzteren Fall würde zudem die z.T. vorherrschende geringe Luftfeuchte im Stall korrigiert.
3. Im Falle der beiden Betriebe zeigten die sensorgestützt erfassten Schadgaskonzentrationen, dass mit den bestehenden raumluftechnischen Anlagen und Regelungssystemen im Durchschnitt der Haltungsabschnitte keine Ammoniak- und Kohlendioxidbelastung festzustellen wäre. Damit sind im Allgemeinen die Voraussetzungen einer tierwohlgerechten und möglichst belastungsarmen Haltung erfüllt.

4. Beobachtete temporäre Belastungssituationen, d.h. Überschreitungen der in der TierSchNutzV § 26 (3) festgeschriebenen Ammoniak-/Kohlendioxidwerte, konzentrierten sich auf räumlich begrenzte Bereiche der Abteile (beispielhaft dargestellt für 2 Messorte in einem Abteil, Abb. 2).

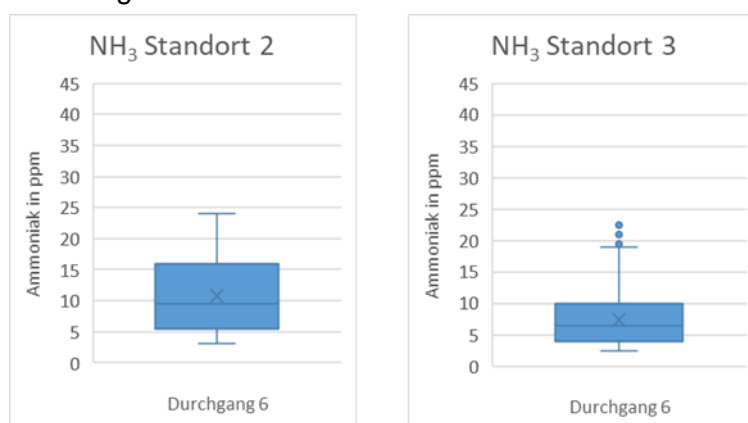


Abbildung 2: NH<sub>3</sub>-Konzentration am Standort 2 bzw. 3 im Frühjahr 2019 (Betrieb 1)

- Die räumlichen Schwerpunkte variierten in Abhängigkeit von der Jahreszeit, die sich jahreszeitabhängig wiederholten.
5. Weiterhin beeinflusste die Anbringungshöhe der Messsensoren die Ergebnisse. Sie hat je nach Strömungsverhältnissen im Abteil einen signifikanten Einfluss auf das Niveau und die Varianz der ermittelten Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentration.
  6. Im untersuchten Abteil des Betriebes 1 betrug die ermittelte Ammoniakkonzentration im Ablüfter im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum von Februar bis Juni 2020 das Doppelte der mittleren Messwerte, die an den 4 Messpunkten im Stall erfasst wurden. Für den untersuchten Betrieb konnte damit mit der NH<sub>3</sub>-Konzentration am Ablüfter für die untersuchte Haltungseinheit nicht die mittlere Schadgaskonzentration des Stallabteils charakterisiert werden.
  7. Die beobachteten Mittelwertunterschiede in der Ammoniakkonzentration in Abhängigkeit von Messort und Anbringungshöhe der Sensoren erfordern, diesen Einflussfaktor bei zukünftigen Untersuchungen zu berücksichtigen.
  8. Die beobachteten räumlichen Konzentrationsunterschiede der erfassten Schadgaskonzentrationen lassen einen nicht gleichmäßigen Austausch von Frisch- und Abluft in den untersuchten Haltungsabteilen vermuten. Damit ist zu postulieren, dass für eine Optimie-

rung der Stallklimaregelungstechnik unter der Berücksichtigung der Schadgaskonzentration nicht nur ein Sensor im Abteil ausreicht, sondern Informationen von mehreren Messpunkten vorliegen müssten.

9. Bei den Untersuchungen im letzten Projektjahr wurde die Aufgabenstellung modifiziert, um die Wirkungen der unterschiedlichen stallklimatischen Bedingungen im Abteil auf tierische Leistung sowie das Verhalten abzuschätzen und die Zusammenhänge zur aktuellen Klimaführung evaluieren zu können. Dafür wurden zwei Messorte mit Sensoren ausgerüstet, deren Haltungsumwelt (speziell die Ammoniakkonzentration) sich in den Voruntersuchungen unterschied.
10. Die biologische Leistung der in den Buchten unter beiden Messorten gehaltenen Masthybridferkel unterschied sich signifikant. Die Tiere im linken, vorderen Bereich hatten im Durchschnitt der drei Durchgänge eine geringere Zunahmeleistung und einen geringeren Futtermittelverzehr als die Tiere, die im rechten, hinteren Bereich zeitgleich aufgezogen wurden (Dauer des Haltungsabschnitts 40 Tage). In den die Tiergesundheit charakterisierenden Parametern wie Behandlungen, Merzungen oder Versetzungen und Ohrläsionen ließen sich keine statistisch gesicherten Unterschiede in den Häufigkeiten feststellen. Ein Zusammenhang zur Stallluftqualität während der Aufzucht wird aufgrund der vorliegenden Literaturbefunde nicht ausgeschlossen.
11. Die mittels Random Forest Analyse geprüften Zusammenhänge machten die komplexe

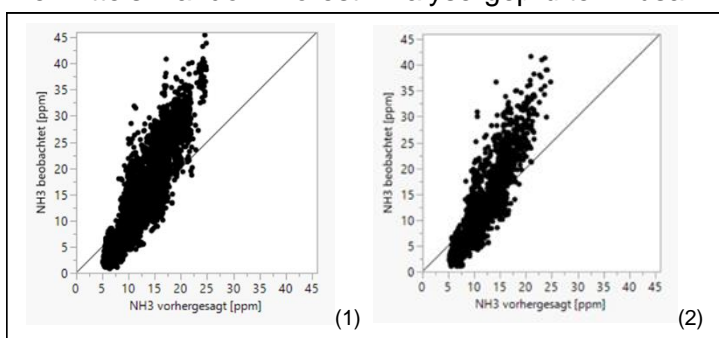


Abbildung 3: Beobachtete über durch das Modell vorhergesagte Ammoniakkonzentrationen (NH<sub>3</sub>) des (1) Trainingsdatensatzes und (2) Validierungsdatensatzes des 2. Durchganges für beide Sensoren

Abhängigkeit des bestehenden Regelungssystems und zugleich auch gewisse Grenzen deutlich. Das über beide Standorte erstellten Modell hat ein hohes Bestimmtheitsmaß von 68,5 %. Der Standort des Sensors erklärt fast 50 % der beobachteten Varianz der Ammoniakkonzentration. Damit werden alle die Effekte zusammengefasst, die letztlich für die beobachteten Standortunterschiede verantwortlich sind und ursächlich nur vermutet werden können (z.B. ausrüstungstechnisch bedingtes Strömungsverhalten im Abteil).

Die Ergebnisse machen jedoch auch deutlich, dass zwischen den beiden Standorten unterschiedliche Bedingungen herrschen. Die relativ geringeren Ammoniakkonzentrationen im hinteren Bereich des Abteils können relativ gut auf der Basis der Einflussgrößen Buchtentemperatur und Luftgeschwindigkeit am Ablüfter vorhergesagt werden. Demgegenüber kann das Schätzmodell für den linken, vorderen Abteilbereich die tatsächlich auftretenden Ammoniakkonzentrationen nur eingeschränkt vorhersagen, d.h. es kann nicht verallgemeinert werden. Offensichtlich herrschen in diesem Teil des Abteils Bedingungen, die sich durch die bekannten Regelgrößen weniger bestimmen lassen. Diskutiert wurden als mögliche Ursache unbekanntes Strömungsverhältnisse und eventuell auch Gülleventilation.

12. Bei hohen temporären und lokal begrenzten Ammoniakkonzentrationen im Stall hatte die Ventilation bzw. Luftgeschwindigkeit einen erheblichen Einfluss auf die Stallluftqualität. Dies wird als Indiz gesehen, dass die Luftzirkulation nicht wie erwartet gleichmäßig im gesamten Abteil erfolgt und im untersuchten System zu der beobachteten temporären Schadgasanreicherung führen kann. Demzufolge konnte in dem vorliegenden Stallsystem eine bestimmte Ammoniakkonzentration durch die ausgewählten Klimaführungsparameter nur bei bestimmten Standortbedingungen reproduziert werden.

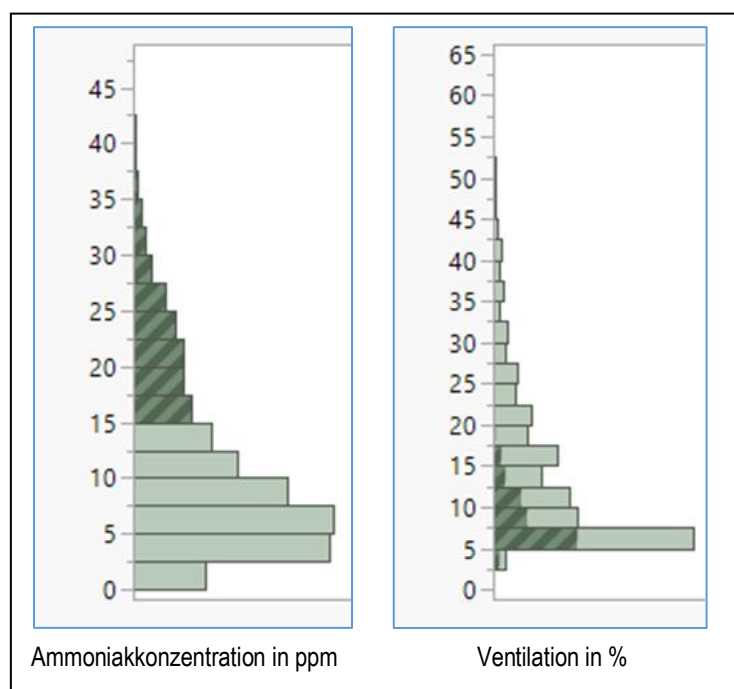


Abbildung 4: Histogramme der Ammoniakkonzentration bzw. Ventilation; schraffiert: Werte über 15 ppm

13. Der starke Zusammenhang zwischen Luftgeschwindigkeit und Außentemperatur im untersuchten Stallsystem führt dazu, dass in bestimmten Abteilmitteln höhere Ammoniakkonzentrationen nicht vermieden werden können. Daher ist eine Lüftung, die nach den realen Außen- und angestrebten Raumtemperaturen geregelt wird, nicht in jedem Fall ausreichend, um die Schadgaskonzentrationen zu regulieren.
14. Ein optimiertes Klimaführungssystem sollte die kritischen Größen der Temperatur und Ammoniakkonzentration als Zielgrößen umfassen, die permanent an mehreren Messorten erfasst werden.
15. Obwohl das Tierverhalten, kategorisiert mittels automatischer Bildauswertung nach Anteil stehender bzw. liegender Tiere innerhalb eines Zeitraumes von elf aufeinander folgenden Tagen, für die Tiergruppe in der Bucht mit den höheren Ammoniakkonzentrationen (Messort 1) mit 39 % um 3 % häufiger stehende Tiere als in der Bucht mit den relativ moderaten  $\text{NH}_3$ -Gehalten in der Stallluft (Messort 3) zeigt, ist die z.T. fehlende bis geringe

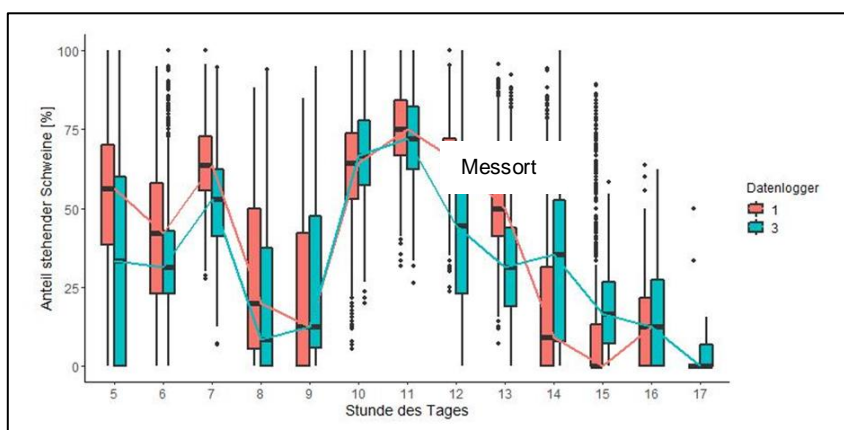


Abbildung 5: Anteil stehender Schweine im Tagesverlauf am 25.02.2020 je Messort (signifikanter Unterschied zwischen beiden Messorten)

- bis moderate Effektstärke des Standortes zu berücksichtigen.
16. Dennoch waren die mittels Random Forest aufgestellten Schätzmodelle ausnahmslos stabil. Das Verhalten der Schweine wird neben dem genetisch determinierten Anteil durch die gleichen Einflussparameter bestimmt, weswegen sich die zuvor erstellten Modelle je



Sensor und Zeitraum stark ähneln. Obwohl kein Modell in der Lage war, das Verhalten der Schweine in dem jeweils anderen Zeitraum vorherzusagen, wird die zentrale Bedeutung der Schadgaskonzentration als Gesamtheit von Ammoniak und Kohlendioxidkonzentration auf das Verhalten erkennbar. Die Konzentrationen beider Gase stellten in allen Fällen die einflussreichsten Parameter auf den Anteil stehender Tiere dar. Diese Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass die Schadgaskonzentrationen das Verhalten von Schweinen beeinflussen kann.

Die auszugsweise dargestellten Ergebnisse<sup>1</sup> unterstützen die These, dass begründete Optimierungspotentiale bestehen, die für die (Weiter)Entwicklung umfassender sensor- und bildgestützte Klimaregelungssysteme sprechen.

## **II.2. Ergebnisse zur Entwicklung des bildgestützten Überwachungs- und Klimaregelungssystems**

2 D-Videokameras wurden verwendet, um ein Überwachungssystem insbesondere durch Deep-Learning-Modelle zu entwickeln. Die entwickelten Modelle ermöglichten eine kontinuierliche Überwachung der Tierhaltung sowie der Aktivität der Tiere in Schweineställen. Diese Modelle können auch auf Mikrocontroller übertragen werden, um sie in verschiedene Haltungsbedingungen zu integrieren. Die mit Hilfe von Bildverarbeitungstechniken gewonnenen Daten wurden weiterverwendet, um Steuerungsalgorithmen zur Überwachung und Querprüfung von Prozessparametern zu entwickeln. Diese entwickelten Regelalgorithmen werden weiter in ein Demonstrationsmodell umgesetzt, um ein voll funktionsfähiges Modell einer Stallklimaregelung unter Einbeziehung weiterer Parameter wie  $\text{NH}_3$ - und  $\text{CO}_2$ -Konzentration sowie der Luftgeschwindigkeit zu entwickeln. Dazu wurden folgende Schwerpunkte in enger Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Agrartechnik der Universität Kassel bearbeitet:

- Auswahl, Beschaffung und Integration von Komponenten einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) sowie der notwendigen Peripheriegeräte und -komponenten
- Programmierung der SPS zur Realisierung eines simulierbaren Systemmodells
- Modellierung des Klimasystems mittels MatLab, einer speziellen Ingenieurssoftware zum Programmieren und Simulieren technologischer Prozesse
- Implementierung einer grafischen Benutzeroberfläche für das Demonstrationssystem
- Bau eines voll funktionsfähigen Demonstrationsmodells inklusive Implementierung der Verhaltensauswertung mittels SPS, basierend auf den Empfehlungen vom Projektpartner Uni Kassel
- Test dieses modellierten Klimasystems mit den realen Daten und Betrachtung des Systemverhaltens

Die mittels Sensoranalyse- und Datenfusionsmethoden erstellten Klimasensormuster und Datenfusionsansätze konnten in das entwickelte Klimaregelungsmodell implementiert werden (Universität Kassel/Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum). Ausführliche Informationen zur Bildverarbeitung und Regelalgorithmen finden Sie im Erfolgskontrollbericht der Universität Kassel.

Ergebnisse:

---

<sup>1</sup> Ausführliche Berichterstattung im Abschlussbericht des TLLLR

Das entwickelte Demonstrationsmodell ist somit in der Lage mittels der Gassensoren und der beschriebenen optischen Auswertung des Liegeverhaltens die Luftzufuhr über Klappen realitätsgetreu zu regeln. Das Liegeverhalten wird dabei über 3D-Gedruckte Modellbuchten mit unterschiedlichem Liegeverhalten der Schweine simuliert.

Die in den Schaltschrank der SPS eingebaute Benutzeroberfläche gibt dabei alle Relevanten Messwerte sowie deren Grenzbereiche inklusive ampelfarbiger Visualisierung bei Annäherung an Grenzbereiche aus und bei Überschreitung selbiger einen Alarm.

### **II.3. Wesentlichste Erfahrungen**

1. Die dargestellten Ergebnisse gelten für die untersuchten Projektbetriebe mit der bestehenden Ausrüstungstechnik. Es ist nicht abzuschätzen, wieweit die Beobachtungen verallgemeinerungsfähig sind.
2. Aufgrund der bekannten Verschiedenartigkeit der bestehenden raumluftechnischen Anlagen in der Schweinehaltung sollte eine Erhebung in einer repräsentativen Stichprobe Schweine haltender Betriebe erfolgen, um die Ergebnisse bezüglich der Bedeutung zu verifizieren.
3. Darüber hinaus wurde deutlich, dass für eine belastbare Analyse der beobachteten stallklimatischen Besonderheiten innerhalb eines Haltungsabteils umfassende Strömungssimulationen notwendig wären. Eine Optimierung der Regelungstechnik für die Stallklimaführung bedingt, die Strömungsverläufe des Luftaustausches zu kennen, um sie gerichtet beeinflussen zu können. Dieser Faktor ist bei Anschlussprojekten zu berücksichtigen.

### **II.4. Verbreitungsaktivitäten**

Unter Leitung und Koordination der Uni Kassel wurden Stakeholder aus allen Partnerländern informiert und in das Projekt einbezogen. Um das Projekt international zu präsentieren, nahmen die Partner an Konferenzen und internationalen Messen (z.B. Euro-Tier 2018) teil. Die Projekt-Website wurde entwickelt und regelmäßig aktualisiert, basierend auf den neuesten Ergebnissen des Projekts (<http://pigsys.eu/>). Die Partner veröffentlichten Presseartikel in ihren lokalen Zeitungen/Magazinen über die Projektergebnisse. Um das Projekt in der Öffentlichkeit zu präsentieren, wurden die Accounts in den sozialen Medien regelmäßig über den Projektfortschritt, Veröffentlichungen usw. aktualisiert (<https://www.researchgate.net/project/PigSys-Improving-pig-system-performance-through-a-whole-system-approach>).

Um die Sichtbarkeit des Projekts zu erhöhen, wurden Videoclips über die Ergebnisse der einzelnen WP produziert.

(<https://www.youtube.com/watch?v=OJL9u5M9C3k&list=PLFnIwoEx7IG9shR4sPEwIRixZ-ZudiGQ2u&index=9>).

Einige Partner hielten Workshops über ihre Projektergebnisse ab und gaben praktische Empfehlungen für die teilnehmenden Landwirte. Es wurden Schulungsmaterialien für Landwirte erstellt, um sie über die Vorteile des Einsatzes der sensorbasierten Überwachung von Schweinebetrieben zu informieren. Es wurde eine Zusammenarbeit mit SusPig und SusPigSys-Projekten in einer Sonderausgabe (SI) der Zeitschrift "Sustainability" durchgeführt. ([https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special\\_issues/Sustainable\\_Pig\\_Production](https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Sustainable_Pig_Production)).

Die Koordinatorin hat das Gesamtprojektmanagement durchgeführt, die Kommunikationsstruktur überwacht und den Projektfortschritt kontrolliert. Die Koordinatorin erstellte ein Risikoregister für das Projekt. Die Leiter der Arbeitspakete überprüften das Risikoregister, um eine

Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Risikos vorzunehmen und einen Notfallplan zu erstellen. Jährliche und regelmäßige Treffen wurden organisiert, abgehalten und es wurde darüber berichtet.

In Deutschland wurde über das Projekt PigSys im DLG-Arbeitskreis „Haltungs- und Fütterungstechnik Schwein“ am 27.6. 2019 vorgestellt. Es wurden Spezialberater für Schweinehaltung über das Projekt und die geplanten Modifikationen von Klimaführungssystemen informiert. Darüber hinaus wurden Kontakte zu Firmen aufgenommen, die sich mit der Herstellung von Sensoren für den Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis (Schwerpunkt Schweinehaltung) beschäftigen, um die Zuverlässigkeit der integrierten Sensoren noch weiter zu optimieren.

Die Einbeziehung der Wirtschaftspartner (Schweinehalter in Thüringen bzw. Deutschland) erfolgt in den nächsten Monaten, da die Auswertung der umfangreichen Daten kürzlich abgeschlossen wurde.

Über das Netzwerk Fokus Tierwohl werden die Ergebnisse innerhalb der AG Emissionsminderung des Tierwohlkompetenzzentrums Schwein bei den weiteren Schwerpunktthemen berücksichtigt.

### **III. Angemessenheit von Aufwand und Zeit**

Für das TLLLR wurden für die Projektbearbeitung innerhalb der Laufzeit von insgesamt 39 Monaten eine personelle Ausstattung von insgesamt 19 Personenmonaten, davon 12 für den Projektsachbearbeiter und 7 für die Projektleiterin geplant. Der tatsächliche Aufwand hat den über das Projekt abgesicherten Aufwand bei weitem überschritten. Die tatsächlich entstandenen Aufwendungen sind auf mindestens das Doppelte für die Datenorganisation, Versuchsbetreuung und Auswertung usw. zu beziffern. Auch die Projektleitung konnte mit dem geplanten Budget nicht für die umfassende Bearbeitung des Projektes abgesichert werden. Die bestehenden Restriktionen bei der Projektplanung aufgrund der Mittelverfügbarkeit haben Umverteilungen von Aufgaben im TLLLR erfordert, die zur Rückstellung bestehender Dienstaufgaben führten.

### **IV. Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben**

Das Ziel, ein integriertes Klimaregelungssystem zu entwickeln und zu erproben, das sowohl aus der Erfassung von Sensordaten, der Entwicklung von Regelalgorithmen, einschließlich Sicherheitsfunktionen, als auch auf der Bildverarbeitung klimabezogener Verhaltensbesonderheiten und der Anpassung der Hardware an das erforderliche Klima besteht, konnte aufgrund der bereits im Zwischenbericht 2020 beschriebenen Situation nur bis zum laborbasierten Modell entwickelt aber praktisch nicht umgesetzt werden. Die geplante praktische Umsetzung bedürfte komplexere Simulationen und möglicherweise Eingriffe in die Stallklimotechnik, die eine technische und wirtschaftliche Machbarkeit überschritten hätten bzw. auch nicht dem Projektziel entsprachen. Die Anpassung der Zielstellungen innerhalb der Arbeitspakete für den Projektpartner TLLLR erfolgte unter der Maßgabe, dass in der geplanten Projektlaufzeit eine Überprüfung der saisonal bedingten Beobachtungen der Änderung stallklimatischer Gegebenheiten sowie deren Auswirkungen auf die tierischen Leistungen unter Produktionsbedingungen im Vordergrund stand. Eine reproduzierte Abbildung temporärer, saisonal und räumlich bedingter differenzierter Belastungssituationen für die Tiere, verifiziert durch möglicherweise

statistisch zu sichernde Leistungsunterschiede hat den komplexen Projektgedanken des Gesamtsystemansatzes essentiell unterstützt.

## **V. Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit**

Das bestehende Projektkonsortium, bestehend aus 8 Partnern, konnte erfolgreich ein Entscheidungsunterstützungssystem, ein mechanistisches, dynamisches und deterministisches Modell, künstliche Intelligenz und statistische Modelle zur Überwachung, Bewertung und Optimierung der Klimakontrolle und des Managements von Schweinebetrieben generieren. Die Universität Kassel als Koordinatorin profitiert von den Ergebnissen des Projektes in mehrfacher Hinsicht. Durch die nachgewiesene Machbarkeit der Verbesserung von Schweinehaltungssystemen und die Entwicklung von Algorithmen zur Überwachung des Tierverhaltens ist die Universität Kassel zuversichtlich, das generierte Wissen direkt in die Praxis umzusetzen und Unterstützung bei den Herausforderungen der Tierhalter zu leisten. Mit diesem Projekt wurden zukunftsweisende und praxisnahe Forschungsergebnisse erzielt, die einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigeren Verarbeitung und dem Ausbau der Forschung auf diesem Gebiet an der Universität Kassel leisten. Das umfangreiche Know-how ermöglicht zum einen die Ausbildung und gezielte Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf diesem Gebiet und zum anderen die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse in wissenschaftlichen Artikeln. Dies ist mit einem unmittelbaren wissenschaftlichen Fortschritt verbunden.

## **VI. Wären die Arbeitsergebnisse auch ohne Bundesmittel erreicht worden?**

Die Bearbeitung der Arbeitspakete in enger Symbiose mit der Uni Kassel wäre ohne die Bundesmittel/Förderung nicht möglich gewesen.

Die Zusammenarbeit zwischen Uni Kassel und TLLLR erbrachte vielfältige Synergien für die Nutztierhaltung und die Verfahrenstechnik. Das bestehende Netzwerk wird weiter gepflegt.

## VII. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Die Ergebnisse des Projekts wurden im Rahmen von wissenschaftlichen Konferenzen, vor allem aber in Seminaren und Workshops für Praktiker vorgestellt (siehe II.4). Mehrere Papers wurden bereits in High-Impact-Journals veröffentlicht, eine Reihe von Konferenzbeiträgen wurde geleistet und Artikel in Stakeholder-Medien wurden publiziert. Darüber hinaus wurden wichtige Forschungsergebnisse und praktische Erkenntnisse unserer Forschung im Projekt in der Zeitschrift Pig Progress veröffentlicht, die ein internationales Publikum aus Landwirten, Züchtern, Tierärzten und Dienstleistern hat.

(<https://www.pigprogress.net/Home/General/2020/11/Combining-sensors-for-better-climate-control-661447E/>)

In dem Abschlussbericht

### ***EU-Projekt „PigSys***

#### ***Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Schweinehaltungssystemen durch Anwendung eines Gesamtsystemansatzes“***

*AP3/4: Überwachungs- und Klimaregelungssysteme*

*Ergebnisse aus Feldversuchen zur Erhebung sensor- und bildgestützter  
Informationen in der Schweinehaltung*

wurden die Ergebnisse des TLLLR zu den Arbeitspaketen 3 und 4 innerhalb des EU-Projektes PigSys ausführlich dargestellt.