

16th Conference Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

Herausgeber/Editor

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL)

KTBL-Tagungsband

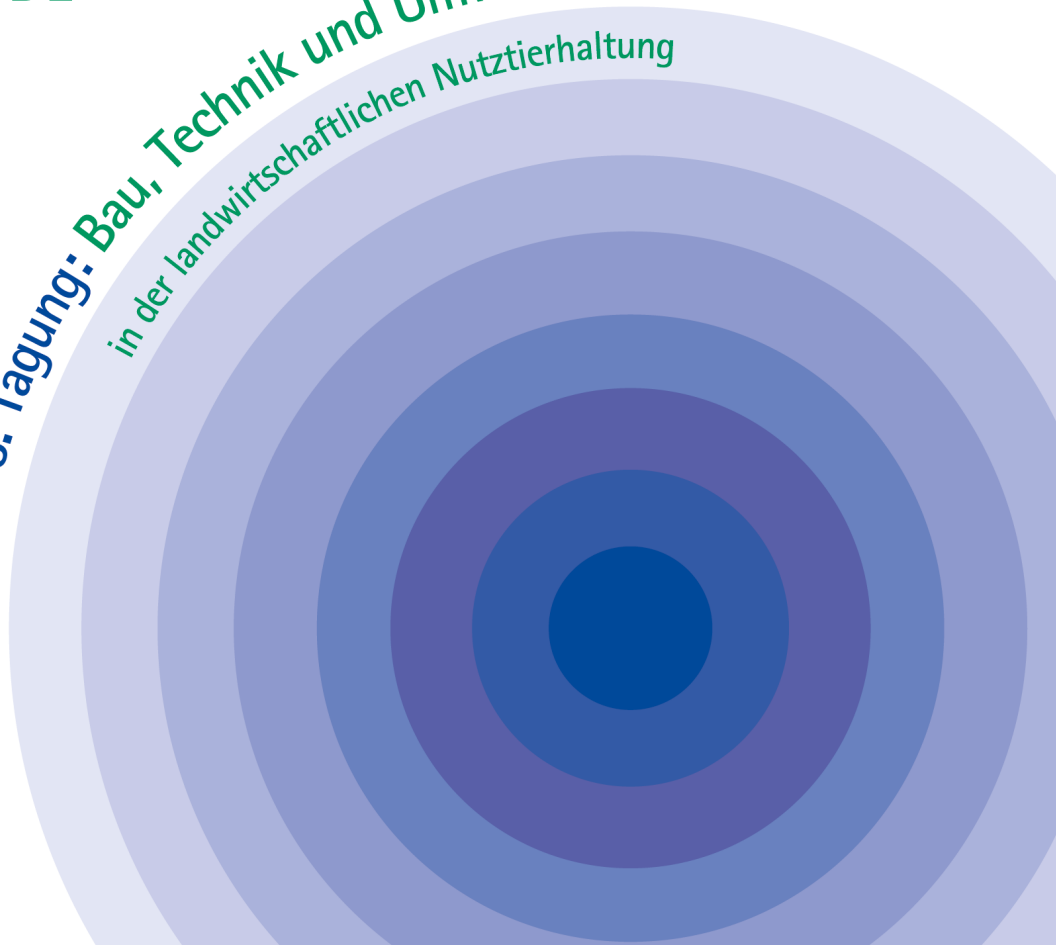
KTBL-Conference Proceedings

2024

VDI-MEG

KTBL

16. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2024
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

A series of concentric circles in various shades of blue and purple, centered on the page. The circles are of varying diameters, creating a tunnel-like or target-like effect. The colors transition from a light blue on the outside to a dark blue in the center.

16. Tagung

Bau, Technik und Umwelt

in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

10.–12. September 2024 in Freising

16th Conference

**Construction, Engineering
and Environment**

in Livestock Farming

September 10th–12th 2024 in Freising, Germany



Veranstalter / Presented by

Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Düsseldorf
*Max-Eyth-Society of Agricultural Engineering of the VDI (VDI-MEG),
Düsseldorf, Germany*



Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL),
Darmstadt
*Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL),
Darmstadt, Germany*



Europäische Gesellschaft landwirtschaftlicher Ingenieure (EurAgEng),
Cranfield, Großbritannien
*European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng),
Cranfield, Great Britain*



Ausrichter / Local Arrangements

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HWST), Freising
University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf (HWST), Freising, Germany



Technische Universität München (TUM), München
Technical University of Munich (TUM), Munich, Germany



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising
Bavarian State Research Center for Agriculture (LfL), Freising, Germany

Gefördert durch:



Förderer / Financial Support

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bonn/Berlin
Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL), Bonn/Berlin, Germany

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Fachliche Begleitung / Professional Support

Programmausschuss / Scientific Committee

Prof. Dr. Thomas Amon | Prof. Dr. Heinz Bernhardt | Prof. Dr. Barbara Benz |
Sebastian Bönsch | Prof. Dr. Wolfgang Büscher | Prof. Dr. Eva Gallmann |
Prof. Dr. Andreas Gronauer | Prof. Dr. Ir. Peter Groot Koerkamp | Dr. Jan Harms |
Prof. Dr. Eberhard Hartung | Prof. Dr. Sandra Rose | Birgit Spindler |
Prof. Dr. Matthias Schick | Prof. Dr. Ir. Bart Sonck | Prof. Dr. Martin Ziron

Bitte zitieren Sie dieses Dokument bzw. Teile daraus wie folgt: KTBL (2024):
Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. 16. Tagung, 10.–12.09.2024
in Freising, Darmstadt. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

© KTBL 2024

Herausgeber und Vertrieb

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

Telefon +49 6151 7001-0 | E-Mail: ktbl@ktbl.de

vertrieb@ktbl.de | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189

www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Titelfoto

© KTBL | Darmstadt

Vorwort

Es freut uns sehr, Sie zur 16. BTU-Tagung an der Technischen Universität München und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Freising begrüßen zu dürfen. Wir sind damit – nach Corona – wieder in dem traditionellen zweijährigen Rhythmus für unsere Tagung angelangt. Gleichzeitig möchten wir uns für die große Anzahl an Einreichungen bedanken, die die Bedeutung dieser Veranstaltungsreihe erneut unterstreicht.

Auch bei dieser Tagung soll ein breitgefächertes Spektrum an Themen den intensiven inter- und intradisziplinären Austausch ermöglichen. Eine gute Kommunikation zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft ist der Erfahrung nach ein Hauptanliegen der Teilnehmer. Diesen Ansatz zu fördern, lag im Fokus der Programmkommission bei der Auswahl der Beiträge.

Neue Erkenntnisse aus wissenschaftlicher, anwendungsorientierter und industrieller Forschung sollen auch bei dieser Tagung die zentrale Fragestellung, wie eine zukunftsorientierte und nachhaltige Tierhaltung aussehen soll, aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchten. Die Themen reichen von der Reduzierung der Emissionen durch innovative Haltungssysteme oder den Behandlungsmethoden von Abluft und Gülle über die Sensorik zur besseren Interpretation des Tierverhaltens bis hin zu neuen Stallkonzepten, die als Zukunftsställe zukünftige Haltungsmöglichkeiten erproben sollen. Innerhalb dieses ganzheitlich orientierten Themenfeldes werden wir uns während der Tagung intensiv bewegen. Um den innovativen Charakter der BTU-Tagung zu unterstreichen, wird es zwei Plenarvorträge zum Thema nachhaltiges und klimaorientiertes Bauen in der Nutztierhaltung geben.

Die inzwischen etablierten Methodenworkshops für junge Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen orientieren sich an aktuellen Bedürfnissen im wissenschaftlichen Arbeiten. Ein Aspekt ist hierbei Künstliche Intelligenz (KI). Durch die inzwischen verfügbaren „Large language models“ ergeben sich tiefgreifende Veränderungen in der Datengenerierung und -auswertung. Der wissenschaftlich sinnvolle Umgang mit diesen und anderen Werkzeugen der KI soll diskutiert werden. Der andere Methodenworkshop fokussiert sich auf das Tier an sich. In einem Kurs zu „CowSignals“ soll der Blick auf das Tier und seine direkten Bedürfnisse gestärkt werden.

In diesem Jahr werden die Vortragsveranstaltungen teilweise dreizügig parallel laufen. Die Methodenworkshops finden im Vorfeld der Tagung statt.

Wir wünschen Ihnen, auch im Namen aller Mitglieder des Programmausschusses, eine interessante und erfolgreiche BTU-Tagung.

Ihr



PROF. DR. HEINZ BERNHARDT
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Technische Universität München

Freising, September 2024



PROF. DR. JÖRN STUMPENHAUSEN
Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Preface

We are pleased to welcome you to the 16th BTU Conference at the Technical University of Munich and the University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf in Freising. After the Corona pandemic, we have returned to our traditional biennial rhythm for our conference. We would also like to thank you for the large number of submissions, which once again underlines the importance of this series of events.

This conference is designed to foster a rich exchange of ideas across a wide spectrum of topics, both within and between disciplines. Our experience has shown that effective communication between science, business, politics, and society is a key priority for our participants. The program committee has been dedicated to promoting this interdisciplinary approach in the selection of contributions.

We are eagerly looking forward to the in-depth exploration of the central question at this conference: what should future-oriented and sustainable animal husbandry look like? The topics we will delve into range from reducing emissions through innovative housing systems or methods for treating exhaust air and slurry to sensor technology for better interpreting animal behavior and to new barn concepts that aim to test future housing possibilities as “barns of the future”. We are excited to engage in these holistically oriented topics during the conference. To underscore the innovative character of the BTU Conference, we have planned two plenary lectures on sustainable and climate-oriented construction in livestock farming.

The now-established methods workshops for young scientists are oriented toward current needs in scientific work. One aspect of this is artificial intelligence. The recently available large language models bring about profound data generation and evaluation changes. The scientific handling of these and other AI tools will be discussed. The other methods workshop focuses on the animals themselves. In a course on “CowSignals”, the focus will be on the animal and its immediate needs.

This year, the lecture sessions will partially run in three parallel tracks. The methods workshops will take place before the start of the conference.

We wish you an interesting and successful BTU Conference on behalf of all program committee members.

Yours



PROF. DR. HEINZ BERNHARDT
Chair of Agricultural Systems Engineering
Technical University of Munich

Freising, September 2024



PROF. DR. JÖRN STUMPENHAUSEN
Faculty of Sustainable Agricultural and Energy Systems
University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf

Inhalt

CowToilet: Stressmessung bei der Kuh und das Spritzverhalten von Urin auf unterschiedlichen Bodenarten <i>CowToilet: stress measurement in cows and the spraying behavior of urine on different types of soil</i>	
MARIEKE WIJN, ANDREAS PELZER, UTA KÖNIG VON BORSTEL	11
Der H-Stall für eine gesündere Kälberaufzucht <i>H-calf barn concept for a better calf husbandry</i>	
LISA KÖHLER, PETER ZIEGER	18
Einfluss der Bodengestaltung auf die Trockenheit und Sauberkeit von Gummilaufflächen im Milchviehstall <i>Influence of floor design on the dryness and cleanliness of rubber walking surfaces in dairy cowsheds</i>	
IRIS BECKERT	25
Untersuchung von Konzepten einer Gruppenhaltung im Deckzentrum mit Blick auf Wohlbefinden und Verhalten von Sauen <i>Investigation of group housing concepts in the mating area with regard to sow welfare and behaviour</i>	
SWANTJE GEISLER, ASTRID VAN ASTEN, NICOLE KEMPER, IMKE TRAULSEN	29
Einfluss der Auslaufgestaltung auf die Flächen- und Tierverschmutzung <i>Influence of the outdoor run design on surface and animal fouling</i>	
SVENJA OPDERBECK, KATHRIN HÄGE, JOHANNA GROSSKLOS-BUMBALO, EVA GALLMANN	33
Optimierung des Stallklimas in frei gelüfteten Kälberställen <i>Climatic improvements in naturally ventilated calf barns</i>	
LUZIA EICHER, PETER STÖTZEL, JOCHEN SIMON	38
Einsatz eines Schlauchbelüftungssystems zur Klimaoptimierung in der Kälber- und Jungviehhaltung <i>Use of a tube ventilation system to optimize the climate in calf and young cattle farming</i>	
IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER, EDUARD ZENTNER, JAKOB NEUMAYER, CLAUDIA SCHMIED-WAGNER	43
Entwicklung und Bedarf von Ortungssystemen für Rinder auf der Weide <i>Development and need for tracking systems for cattle on pasture</i>	
JAN MAXA, DANIELA NICKLAS, JÖRG ROBERT, SIMON STEUER, TAMARA WIESEL, STEFAN THURNER	48

3D-Visualisierung von Stallbauplänen unter Berücksichtigung der Kuh-Perspektive zur optimalen Gestaltung von Ställen <i>3D visualization of barn construction plans considering the cow's perspective for the optimal design of barns</i>	
THILO ASCHMUTAT, BENITO WEISE, RAMONA WULF, LISA BACHMANN	52
„Netzwerk Fokus Tierwohl“ – geballte Strahlkraft für den Wissenstransfer in die Praxis <i>“Network Focus Animal Welfare” – concentrated radiance for the transfer of knowledge into practice</i>	
KATJA BRASE, CAROLINE LEUBNER, KATJA KULKE, IMKE ALBERS	57
Automated data gathering and dataflows in German livestock farming <i>Automatisierte Datenerfassung und Datenflüsse in der deutschen Nutztierhaltung</i>	
ANDRII BESIEDA, MARTIN KRAFT, ABU SHAFIULLAH, ARNE ORTLAND, OLAF KATENKAMP	62
BarnRobot Event: Demonstration von „Autonomen Adaptiven Agrarsystemen“ in der Milchviehhaltung <i>BarnRobot Event: demonstration of “Autonomous Adaptive Agricultural Systems” in dairy farming</i>	
JOHANNA AHMANN, MARIA TRILLING, ANDREAS PELZER, WOLFGANG BÜSCHER	68
Automatisierte Identifizierung von Verhaltenssequenzen bei Mastschweinen durch videodatenbasierte Verhaltenserkennung und Process Mining <i>Automated identification of behavioral sequences in fattening pigs through video data-based behavior recognition and process mining</i>	
ANDREAS MELFSEN, ARVID LEPSIEN, JAN BOSSELMANN, AGNES KOSCHMIDER, EBERHARD HARTUNG	73
Ökonomische Bewertung eines Sensorsystems zur Gesundheitsüberwachung in der Milchviehhaltung <i>An economic evaluation of sensor-assisted health monitoring in dairy farming</i>	
JOHANNA PFROMBECK, MARKUS GANDORFER, EVA ZEILER	78
Generierung synthetischer Sensordaten in der Rinderhaltung mittels GenAI <i>Generating synthetic sensor data in cattle farming using GenAI</i>	
REGINA ECKHARDT, REZA ARABLOUEI, KIEREN MCCOSKER, HEINZ BERNHARDT	82
Machine-to-Machine-Vernetzung der Geräte im Milchviehstall: Erwartungen steigen mit Erfahrungen aus der Praxis <i>Machine-to-Machine networking of devices in dairy barns: expectations rise with practical experiences</i>	
JERNEJ POTEKO, JAN HARMS	86

Optimierung der Energieeigennutzung mit vernetzten Energiesystemen auf landwirtschaftlichen Betrieben <i>Optimisation of energy self-consumption with networked energy systems on farms</i>	
FELIX MÜLLER	91
Energiemanagementsystem in der Landwirtschaft: effiziente Nutzung, Optimierung und Integration erneuerbarer Energien <i>Energy management system in agriculture: efficient use, optimization, and integration of renewable energies</i>	
FRANZ BEHM	97
Ermittlung des Marktpotenzials landwirtschaftlicher Energiemanagementsysteme in Deutschland <i>Determining the market potential of agricultural energy management systems in Germany</i>	
CHRISTOPH BADER, JÖRN STUMPENHAUSEN, HEINZ BERNHARDT	103
Ammoniak-Emissionsminderungspotenzial von Spaltenböden mit Gummieinsätzen und Dichtungsklappen in Milchviehställen <i>Ammonia emission reduction potential of slatted floors with rubber inserts and slat sealing flaps in dairy cattle barns</i>	
DIANA NETT, VERONIKA EBERTZ, PETER EBERTZ, WOLFGANG BÜSCHER, MANFRED TRIMBORN	111
Tierhaltungsverfahren bewerten – Tiergerechtigkeit und Ammoniakemissionen <i>Evaluating husbandry systems – animal welfare and ammonia emissions</i>	
LISA BRUCKER, FRANZISKA CHRIST, SARAH KIMMICH, ANNA RAUEN, JANINE BENTHIN, MARC BRACKE, KAREN KAUSELMANN, TOBIAS KRAUSE, MARGRET VONHOLDT-WENKER, BRIGITTE EURICH-MENDEN, DIETER HORLACHER, SEBASTIAN WULF	115
Effizienzsteigerung durch Güllezusätze: Praxisversuche mit Pressschneckenseparatoren für die Aufbereitung von Schweinegülle <i>Increasing efficiency through slurry additives: practical trials with press screw separators for the processing of pig slurry</i>	
CHRISTIN MEYER, HANS-JÜRGEN TECHNOW	120
Verkürztes Messverfahren zum Vergleich des NH ₃ -Minderungspotenzials von Gummiböden im Rinderstall <i>Abbreviated measurement method for comparing the NH₃ reduction potential of rubber floors in cattle barns</i>	
IRIS BECKERT, JÖRN BERGER	125
Projekt EmiMod: „Weiterentwicklung von Methoden zur Erfassung, Modellierung und Beurteilung des Emissionsgeschehens in Nutztierställen“ <i>Project EmiMod: “Further development of methods for recording, modelling and assessing emissions in livestock-buildings”</i>	
ULRIKE WOLF, DIETER HORLACHER, KATRIN WAGNER, BRIGITTE EURICH-MENDEN	129

Ermittlung von Geruchsemissionen an Geflügel- und Schweinebetrieben zur Ableitung von Emissionsfaktoren <i>Determination of odour emissions from poultry and pig farming to derive emission factors</i>	MICHAEL KROPSCH, DIETMAR ÖTTL, EDUARD ZENTNER	134
Möglichkeiten zur Minderung von Ammoniakemissionen durch Gülleadditive: Einfluss der Menge an Zuckerrübenmelasse auf den pH-Wert <i>Possibilities for reducing ammonia emissions through slurry additives: influence of the amount of sugar beet molasses on pH value reduction</i>	SUSANNE HÖCHERL, HELMUT RAMPELTSCHAMMER, MICHAEL KUTZOB	138
Neues Konzept für die Mastschweinehaltung – Reduktion von Emissionen und Immissionen <i>New concept for fattening pigs – reduction in emissions and immissions</i>	MICHAEL KROPSCH, EDUARD ZENTNER, DIETMAR ÖTTL, CHRISTIAN AUINGER, ANDREAS ZENTNER, IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER, HERBERT GALLER	142
Ammoniak-Emissionsminimierung in der Schweinehaltung durch vollständige Kot-Harn-Trennung und Urinstabilisierung <i>Minimizing ammonia emissions in pig housing by complete faeces-urine segregation and urine stabilization</i>	MARTIN KAUPENJOHANN, HELMUT DÖHLER	147
Ad-libitum-Fütterung laktierender Sauen: Auswirkungen auf Produktivität und Nährstoffausscheidungen <i>Ad libitum feeding of lactating sows: effects on productivity and nutrient excretion</i>	SARAH C. GORR, STEFAN J. HÖRTENHUBER, THOMAS D. PARSONS, CHRISTOPH WINCKLER, WERNER ZOLLITSCH, CHRISTINE LEEB	151
Sensorgestützte Lahmheitserkennung bei Milchkühen: Entwicklung und Anwendung von Regressionsmodellen auf Basis von Aktivitätsdaten <i>Sensor-assisted lameness detection in dairy cows: development and application of regression models based on activity data</i>	SARAH HERTLE, ISABELLA LORENZINI, SOPHIA SAUTER, BERNHARD HAIDN	155
Kuhgesundheitsmonitoring mit smaXtec auf deutschen Milchviehbetrieben: Einfluss auf Antibiotikaeinsatz und Wirtschaftlichkeit – erste Ergebnisse <i>Cow health monitoring with smaXtec on German dairy farms: impact on antimicrobial usage and farm economics – first results</i>	CARSTEN HÜMMER, REINHARD K. STRAUBINGER, JOHANNES HOLZNER	159
Internet of Livestock – ein intelligenter Multisensor zur Erfassung von Verhaltensmustern und Umweltparametern, Ortung und Vernetzung von Tieren und Akteuren am Beispiel der Milchviehhaltung <i>Internet of Livestock – a smart multi-sensor for recording behavioral patterns and environmental parameters, locating and networking animals and actors using the example of dairy farming</i>	DOREEN NITSCHKE, KIRSTEN KOUWERT, SANDRA ROSE, SUSANNE DEMBA, STEFFEN PACHE, SEBASTIAN SCHÄFER, DANILO ZIMMERMANN	163

Sensortechnik in der Färsenaufzucht <i>Sensor technology in heifer husbandry</i> FREDRIK REGLER, HEINZ BERNHARDT	169
Das Potenzial des Gesundheitsmonitorings smaXtec für Milchkühe – Tiergesundheit und Arbeitswirtschaft <i>The potential of smaXtec health monitoring for dairy cows – animal health and labor management</i> VICTORIA MÜLLER, SUSANNE MESSE, ROXANNE BERTHEL, MATTHIAS SCHICK	174
Validierung von Atemfrequenzsensoren zur automatischen, tierindividuellen Erfassung der Atemfrequenz <i>Validation of respiratory rate sensors for automatic, animal-specific recording of the respiratory rate</i> VICTORIA SCHMIDT, SARAH HERTLE, ISABELLA LORENZINI, SOPHIA SAUTER, BERNHARD HADN	178
Vergleich der satellitengestützten Ertragsschätzung mit der sensorgestützten Ertragsermittlung am selbstfahrenden Feldhäcksler im Grünland <i>Comparison of satellite-based yield estimation with sensor-based yield determination with the self-propelled forage harvester in permanent grassland</i> MARIA SCHNEIDER, JULIANA MACUHOVÁ, STEFAN THURNER	182
Reinigungsqualität von „aufnehmenden“ Entmistungsrobotern für planbefestigte Flächen <i>Cleaning quality from “collecting” dung-removal robot for solid floors</i> MICHAEL ZÄHNER, LEA PITZEN, FRIGGA DOHME-MEIER, SABINE SCHRADER	187
Platzierung der Liegeplätze von Rehkitzen in Wiesen bei den ersten Schnitten <i>Position of bed sites of roe deer fawns in mowed fields by first cuts</i> JULIANA MAČUHOVÁ, MARCO KIRSCHNER, TAMARA WIESEL, STEFAN THURNER	192
Positive Effekte von organischem Nestbaumaterial auf Erdrückungsverluste in Bewegungsbuchten mit Kurzzeit-Fixierung <i>Positive effects of nesting material on crushing losses in free farrowing pens with short-term fixation</i> JOHANN WAHMHOF, MARTIN WUTKE, NICOLE KEMPER, ASTRID VAN ASTEN, IMKE TRAULSEN	196
Wirtschaftlichkeit von Tragwerken in Holzbauweise <i>Economic viability of timber structures</i> FERDINAND OBERHARDT, JOCHEN SIMON	200
„Vario-Stall“, ein vielseitiger Experimentierstall zur Beantwortung der Frage: Von welcher Ressource benötigt die Kuh wie viel? <i>“Vario-Barn”, a versatile experimental barn to answer the question: how much of which resource does the cow need?</i> JAN HARMS, DIANA ANDRADE, ULRIKE BAUER, AGNES SIXT, JOCHEN SIMON	205

Chancen und Möglichkeiten der Ressource „Rinderstall“ durch ein Managementsystem hin zu mehr Nachhaltigkeit <i>Opportunities and possibilities of the resource “dairy cattle barn” through a management system towards more sustainability</i>	
CHRISTOPH KREITENWEIS-EISGRUBER, HEINZ BERNHARDT	210
Erprobung von Premium-Tierwohlställen für die Ferkelaufzucht im Hinblick auf Tierwohl und Praktikabilität <i>Testing of premium animal welfare barns for piglet rearing with regard to animal welfare and practicability</i>	
CHRISTINA JAIS, MAGDALENA KREBS, MARINA HETZNER, ANDREAS NÜSSLEIN	213
Innovatives Stallbaukonzept zur tierwohlgerechten Milchproduktion in einer Familienherde – Milchviehstall der Zukunft <i>Innovative barn concept for animal-friendly milk production in a family herd – dairy barn of the future</i>	
RAMONA WULF, SUSANNE DEMBA, LISA BACHMANN	217
Kombination von Photovoltaik und Freilandhaltung Legehennen <i>Combination of photovoltaics and free-range laying hens</i>	
SARAH KIMMICH, JENS HARTUNG, TABEA ALDINGER, BARBARA BENZ	222
Autorenindex <i>Index of authors</i>	226
Chronik <i>Chronicle</i>	233

CowToilet: Stressmessung bei der Kuh und das Spritzverhalten von Urin auf unterschiedlichen Bodenarten

CowToilet: stress measurement in cows and the spraying behavior of urine on different types of soil

MARIEKE WIJN, ANDREAS PELZER, UTA KÖNIG VON BORSTEL

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht das Spritzverhalten von Urin auf unterschiedlichen Bodenarten. Der Grund hierfür ist die Erkrankung Dermatitis Digitalis bei Kühen. Für die Untersuchung wurde ein Modellversuch entwickelt und aufgebaut. Zudem wird das Stressverhalten der Kühe innerhalb des Stalls analysiert. Fokussiert wird dabei betrachtet, wie sich die Herzfrequenz der einzelnen Kühe bei einem Besuch in der CowToilet von der Firma Hanskamp verhält. Hierfür wurden Kühe mit Pulsgurten und entsprechenden Pulsmessgeräten ausgestattet. Die Ergebnisse aus den Versuchen zeigen, dass die verschiedenen Bodenbeläge im Stall einen Effekt auf das Tierwohl und die Ammoniakbildung haben. Die Stressmessungen deuten darauf hin, dass es keine Anzeichen von Stress während des Besuchs in der CowToilet gibt.

Summary

This work investigates the splash behavior of urine on different soil types. The reason for this is the disease dermatitis digitalis in cows. A model experiment was developed and set up for the investigation. In addition, the stress perception of the cows within the barn is analyzed. The focus is on how the heart rate of the individual cows behaves during a visit to the CowToilet from the Hanskamp company. For this purpose, cows were equipped with heart rate belts and corresponding heart rate monitors. The results show that the different floor coverings in the barn have an effect on animal welfare and ammonia formation. The stress measurements indicate that there are no signs of stress during the visit to the CowToilet.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die moderne Landwirtschaft steht vor vielfältigen Herausforderungen, bei denen unter anderem der Klimaschutz und die tiergerechte Haltung eine wichtige Rolle spielen. Die CowToilet (Fa. Hanskamp, Doetinchem, Niederlande) zielt darauf ab, diese Probleme zu lösen, indem sie den Urin der Kühe direkt „an der Quelle aufnimmt“, bevor er sich mit dem Kot mischen und Ammoniak erzeugen kann. Dies minimiert die Ammoniakemissionen im Stall und somit in der Landwirtschaft. Demnach bietet die CowToilet ökologische Vorteile und stellt einen wichtigen Schritt in Richtung einer nachhaltigeren und verantwortungsbewussteren Milchviehhaltung dar (Bauer 2021). Ergebnisse zum Stressverhalten der Tiere innerhalb der CowToilet werden in dieser wissenschaftlichen Abschlussarbeit dargestellt. Außerdem wurde unabhängig von der CowToilet das Spritzverhalten von Urin auf unterschiedlichen Bodenarten untersucht, indem das Spitzmuster auf den hinteren Klauen (insbesondere im Ballenbereich) beurteilt und analysiert wurde. In Zusammenhang mit der CowToilet kann die Tiergesundheit verbessert werden da, das Aufweichen und die Anfälligkeit von Infektionen auf die Haut verringert wird.

2 Material und Methoden

2.1 Stressmessung an der CowToilet

Die CowToilet ist ein innovatives System. Es besteht aus einer Kraftfutterstation, welche am Ende mit einem Urinal abschließt (Abb. 1). Die Kühe können die Kuhtoilette freiwillig betreten. Das Prinzip der CowToilet beruht auf dem natürlichen Reflex der Kuh. Wird eine Kuh an einer bestimmten Stelle unter der Vulva berührt, setzt sie instinktiv Urin ab. Die CowToilet nutzt diesen Reflex, indem sie eine Massageeinheit einsetzt, die diesen Bereich stimuliert (Abb. 1). Sobald die Kuh zu urinieren beginnt, wird der Urin durch die CowToilet aufgefangen und in einen separaten Behälter geleitet (Hanskamp 2021). Zur Messung des Stresses bei den Tieren wurden Herzfrequenz sowie die Herzfrequenzvariabilität erfasst. Dazu wurden den Kühen Pulsgurte und -uhren angebracht (Abb. 2). Durchschnittlich betragen die Aufzeichnungen 12 Stunden.



Abb. 1: Die CowToilet im Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse (© M. Wijn)

Fig. 1: The CowToilet at the Haus Düsse Agricultural Research and Training Center (© M. Wijn)



Abb. 2: Anbringung des Pulsgurtes und der Pulsuhr (© M. Wijn)

Fig. 2: Attaching the heart rate monitor and heart rate belt (© M. Wijn)

2.2 Spritzverhalten von Urin

Im zweiten Teil der Untersuchung ging es um das Spritzmuster von Urin bei unterschiedlichen Bodenbeschaffenheiten. Dabei wurde zwischen Spaltenboden, natürlichem Weideboden und der Gummimatte profiKURA 3D (Fa. Kraiburg, Tittmoning) (Abb. 3) unterschieden. Diese Gummimatte ist mit einem Gefälle ausgestattet, welches den Urin schneller ablaufen lassen soll und somit die Trocknung fördert sowie die Ammoniakbildung reduziert (Kraiburg 2021).

Hierfür wurden bei mehreren Kühen der Abstand zwischen Boden und Vulva vermessen und im Anschluss aus den Daten ein Gestell (Modell) mit den mittleren Abmessungen gebaut, um den Urinfluss vom Zeitpunkt des Austretens aus der Kuh bis zum Auftreffen auf dem Boden simulieren zu können (Abb. 4 und 5).

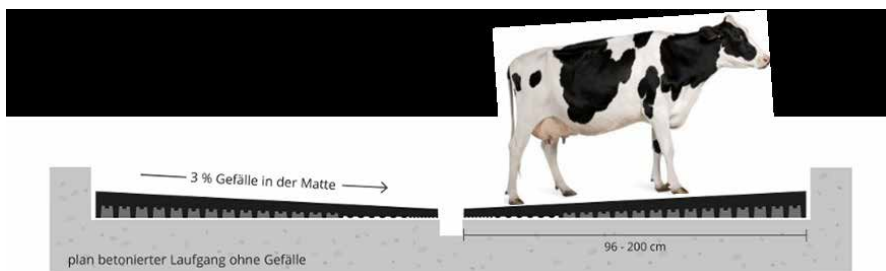


Abb. 3: Gummimatte profiKURA 3D (© Kraiburg)

Fig. 3: profiKURA 3D rubber mat (© Kraiburg)



Abb. 4: Vermessen der Kühe im Stall (© M. Wijn)
 Fig. 4: Measuring the cows in the barn (© M. Wijn)



Abb. 5: Auswerten (links) und konstruieren (rechts) des Modells (© M. Wijn)
 Fig. 5: Evaluate and construct the model (© M. Wijn)

3 Ergebnisse

Ergebnisse zur CowToilet

Bei den Auswertungen zum Stressverhalten innerhalb der CowToilet ($n = 6$ Tiere) konnte kein zusätzlicher Stress im Vergleich zu anderen Aufenthaltsorten und Aktivitäten wie Fressen, Melken oder Liegen festgestellt werden. Auch sonst verhielten sich die Kühe bei anderen Aktivitäten sehr ruhig. Dies wurde mithilfe der Sympathetic Nervous System(SNS)- und Parasympathetic Nervous System(PNS)-Indizes berechnet (Kubios 2021). In Abbildung 6 sind die einzeln errechneten Parameter in einem Diagramm aufgezeigt. Der gelbe Bereich zeigt an, wenn ein Tier Stress aufzeigt, was nur bei zwei Messwerten außerhalb der CowToilet der Fall war. Der grüne Bereich deutet darauf hin, dass kein Stress bei der Kuh vorzufinden ist.

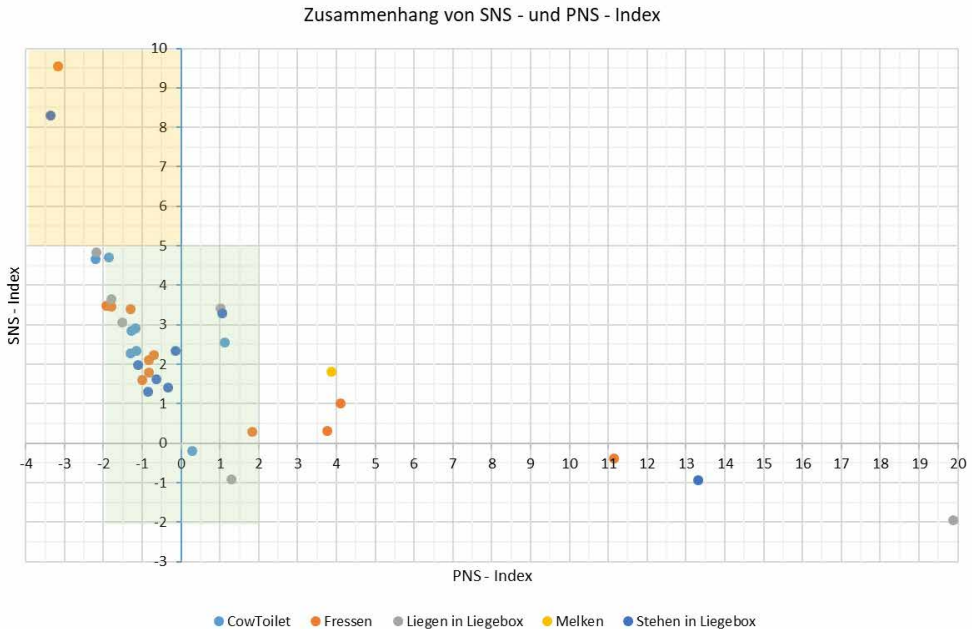


Abb. 6: Zusammenhang von SNS- und PNS-Index (© M. Wijn)

Fig. 6: Correlation between SNS and PNS index (© M. Wijn)

Unter Verwendung eines einseitigen T-Tests wurde weiterhin aufgezeigt, dass die erste und die vierte Laktation einen signifikanten Einfluss auf die Herzfrequenz der Kühe hat. Die Herzfrequenz der jüngeren Tiere lag höher als die der älteren Tiere. Weiterhin zeigte sich, dass es einen signifikanten Einfluss bei Tieren gab, welche bereits langfristig (seit 180 Tagen) die CowToilet nutzten. Sie hatten weniger Stress.

Ergebnisse zum Spritzverhalten auf unterschiedlichen Bodenarten

Die Ergebnisse zum Spritzverhalten zeigten deutlich, dass es Unterschiede zwischen den einzelnen Bodenbelägen gibt. Mithilfe von unterschiedlichen Ansichten und Grafiken konnte ermittelt werden, dass der Weideboden die geringsten Spritzweiten und damit die geringsten Verunreinigungen erreicht (Abb. 7). Die Abbildung 7 stellt die unterschiedlichen Bodenarten mit ihren Spritzmustern dar. M1 beschreibt hier den Auftrittspunkt des Urins auf den Boden. M2 bis M5 bilden die jeweiligen Entfernungen (in cm) vom Auftrittspunkt (M1) ab.

Der Radius um den Auftrittspunkt des Urins ist beim Weideboden am geringsten (Abb. 8). Was bei Abbildung 8 zusätzlich zu erkennen ist, ist, dass die profiKURA-3D-Gummimatte die Form des Spritzradius verändert: Durch das schnellere Abfließen des Urins entsteht eine tropfenförmige Form des Radius. Die Hinterbeine der Kuh werden jedoch ähnlich verschmutzt wie bei regulärem Spaltenboden.

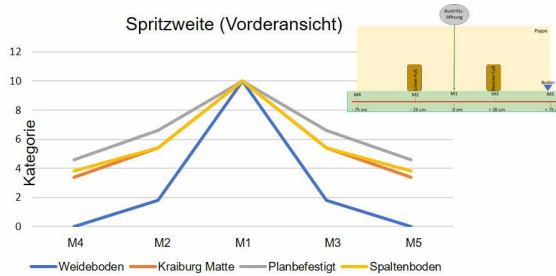


Abb. 7: Radius des Urins auf unterschiedlichen Bodenarten; M1 = Aufttrittspunkt des Urins; M2 bis M5 = verschiedene Entfernungen in cm vom Aufttrittspunkt (© M. Wijn)
 Fig. 7: Radius of the urine on different soil types; M1 = point of impact of the urine; M2 to M5 = different distances in cm from the point of impact (© M. Wijn)



Abb. 8: Radius-Darstellung der Spritzweite aus dem Modell in der Vorderansicht (© M. Wijn)
 Fig. 8: Radius representation of the spray distance from the model in the front view (© M. Wijn)

4 Ausblick

„Bis 2030 will Deutschland den Treibhausgasausstoß um mindestens 55 Prozent verringern. Das Klimaschutzgesetz sieht vor, die jährlichen Emissionen in der Landwirtschaft bis 2030 gegenüber 2014 um 14 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente zu reduzieren“, sagte das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung 2021. Die CowToilet gibt die Möglichkeit einer Kot-Harn-Trennung durch das Auffangen des Urins unmittelbar nach der Ausscheidung. So können Ammoniakemissionen minimiert werden. Es gibt noch einige Verbesserungsmöglichkeiten innerhalb des Systems, um die Urinaufnahme und die Funktionalität zu steigern. Zum Beispiel sollte die Kopplung mit gängigen Herdenmanagersystemen optimiert werden. Zukünftig sollten weitere Forschungsansätze in Bezug auf Lagerung und Verwertung des aufgefangenen Urins betrachtet werden. Dennoch ist die Kuhtoilette ein guter Ansatz für Ammoniakreduzierung in der Rinderhaltung.

Literatur

Bauer, S. (2021): Kuhtoilette: Top oder Flop? <https://www.schweizerbauer.ch/tiere/milchvieh/kuhtoilette-top-oder-flop/>, Zugriff am 25.06.2024

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Landwirtschaft und Klimaschutz. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/landwirtschaft-und-klimaschutz.html>, Zugriff am 16.08.2021

Hanskamp (2021): CowToilet. <https://hanskamp.nl/de/cowtoilet>, Zugriff am 25.06.2024

Kraiburg (2021): profiKURA 3D. <https://kraiburg-elastik.de/de-de/milchvieh/laufflaechen-und-melkbereich/laufgang-mit-schieber/profikura-3d/>, Zugriff am 27.04.2021

Kubios (2021): PNS and SNS indexes in evaluating autonomic function. <https://www.kubios.com/hrv-ans-function/>, Zugriff am 05.08.2021

Der H-Stall für eine gesündere Kälberaufzucht

H-calf barn concept for a better calf husbandry

LISA KÖHLER, PETER ZIEGER

Zusammenfassung

Kälberställe zu bauen, die in der Praxis auch wirklich gut funktionieren, bedeutet eine weitaus größere Herausforderung als der Bau von Kuhställen. Zu unterschiedlich sind hier die Anforderungen der noch nicht ruminierenden Kälber. Mit dem H-Stall aus Wisconsin ist nun zum ersten Mal dieses neuartige Kälberhaltungskonzept durch die Familie Köhler in Deutschland (Hessen) realisiert worden. Der Kälberstall wird wegen seines Grundrisses, der dem Großbuchstaben „H“ entspricht, auch als solcher bezeichnet. Der Stall zeichnet sich durch sein durchdachtes Konzept aus und unterscheidet sich grundsätzlich von sonstigen Kälberstallmodellen. Der Erfolg gibt den Betreibern recht. Mehr als 100 Kälber haben den Stall in einem Jahr durchlaufen, kein einziges musste behandelt werden. Die Kälber haben ein Maximum an Frischluft, Tageslicht, Platz und auch Biosicherheit. Die Flüssigfütterung erfolgt über einen Tränkeautomaten, der sich im Quergebäude befindet und erlaubt, alle 4 Gruppen gleichzeitig zu füttern. Die Kälber kommen so auf Tageszunahmen von zwischen 1.100 und 1.300 g bei sehr geringer Streubreite. Die Arbeitseffizienz ist durch den hohen Bewirtschafterkomfort und Technisierungsgrad außerordentlich gut.

Summary

Building a calf barn is a much bigger challenge as the construction of a cow barn. Neonatal calves are very susceptible to diseases and have a very small window of climate comfort. The “H-barn” concept from Wisconsin was recently built in Germany and is running very successful. Farmowner and veterinarian Lisa Köhler has raised more than 100 calves in one years time without any disease event or problems. The barn offers a maximum for fresh air, day-light, space for interaction and bio security. The automated feeder can serve 4 groups at the same time and allows individual feeding plans with more than 1.100 g and up to 1.300 g daily weight gain. Work efficiency is also outstanding.

1 Einleitung und Zielsetzung

Seit etwa 15 Jahren verstärkt sich, ausgehend von den USA, mit zunehmender Konsolidierung ein Trend, Kälber wieder ganzjährig in Kälberställen aufziehen zu wollen (Rodens 2012). Die Gründe dafür sind sehr vielfältig: Bessere Tierkontrolle und Früherkennung von Erkrankungen, bessere Arbeitseffizienz, kontrollierbares Klima und bessere, weitgehend konstantere Arbeitsbedingungen für das Pflegepersonal, um die wichtigsten Beweggründe zu nennen (Rodens 2012). Die oft rauen Klimabedingungen im mittleren Westen der USA, wie beispielsweise in Wisconsin hatten bei Kälbern in der Außen-Iglu-Haltung oft sehr negative Folgen für die Tiergesundheit (Lago et al. 2006). Aber auch in den Indoor-Kälberställen war eine Haltung mit sehr vielen Krankheitseinbrüchen behaftet, weshalb sich eine Arbeitsgruppe um Prof. Ken Nordlund seit den frühen 2000er-Jahren intensiv mit der Verbesserung der Haltungsbedingungen von Kälbern in Stallhaltung beschäftigte (Lago et al. 2006).

2 Material und Methoden

2.1 Entwicklung des H-Stall-Konzeptes

Der Landwirt Pete Kappelman aus Green Bay, Wisconsin, hatte sich über 10 Jahre hinweg intensiv Gedanken gemacht, wie er für seine 500er-Milchkuhherde einen gut funktionierenden Kälberstall realisieren könnte. Er besuchte zahllose Kälberställe in Wisconsin, Iowa, Idaho und Minnesota; doch so recht überzeugen konnte ihn kein einziger Indoor-Kälberstall. Da er schon immer offen für Neuerungen war – sein Vater hatte in Zusammenarbeit mit der Uni Wisconsin in Madison den ersten Melkstand in einem kommerziellen Betrieb realisiert – bezog er für sein Projekt und Vorhaben auch wieder die Experten der Uni Wisconsin ein. Durch die bahnbrechenden Erkenntnisse und Arbeiten aus der Kälberlungenentzündung-Studie (Lago et al. 2006) entwickelten sich an der Uni in Madison neuartige Haltungskonzepte mit speziellen Kälberboxen, Curtains und Lüftungsschläuchen (Positive Pressure Tubes). Pete Kappelman nahm selbst an einem Schulungskurs der Dairyland-Initiative zur Berechnung von Lüftungsschläuchen teil und vertiefte sich immer mehr in das Thema.

Auch Familie Köhler besuchte vor ihrem Neubau einige neugebaute Kälberställe. Doch wo sie auch hinkamen, die Kälbergesundheit war unbefriedigend, Insbesondere die kleinsten Kälber litten sichtbar unter sozialem Stress und Immundepression, die sich in unterschiedlichen Ausprägungen zeigten. Viele Tiere zeigten Husten, Diarrhoe oder auch Hautpilzerkrankungen. Weiterhin zeigte sich, dass es kein durchdachtes Hygienekonzept wie ein Rein-Raus-Verfahren gab. Oft stand ein Tränkeautomat für zwei Stationen zur Verfügung und die Kälber wurden je nach aktuellem Platzangebot in die nächste Gruppe gesteckt.



Abb. 1: Der erste H-Stall in Deutschland steht in Lauterbach (Hessen) (© P. Zieger)

Fig. 1: The first H-shaped calf barn in Germany was built in Lauterbach (Hessen) (© P. Zieger)

2.2 Warum H-Konzept?

Die Grundidee des H-Stalles sollte gewährleisten, dass vier Gruppen von Kälbern an einem Ort, aber getrennt voneinander aufgezogen werden können. Jede Gruppe sollte einen eigenen kontrollierbaren Luftraum haben und ein Maximum an Tageslicht zulassen. Die Kälber kommen direkt nach der Kalbung und Biestmilchversorgung in eine neu zu belegende Gruppe. Dabei werden die Kälber im Kappelmanschen Vorbildstall die ersten Tage in zusammenklappbaren Einzelboxen in der hinteren Hälfte des Gruppenstalles gehalten. Nach maximal 2 Wochen und mit einem Mindestgewicht von 45 kg (fahrbare Waage ist in der Gruppe deponiert) werden die Kälber aus den Einzelboxen in die Gruppe entlassen und an den Automaten gewöhnt. Dabei kommt es de facto zu keinem Ortswechsel mit Klimaänderung. Im Betrieb Köhler werden die Kälber die ersten 10 Tage der Biest-/Transitmilchphase an der alten Hofstelle in einem Altgebäude in Einzelboxen gehalten, bevor sie dann in den H-Stall umziehen. Familie Köhler hat die Erfahrung gemacht, dass erst nach 10 Tagen eine alleinige Fütterung mit Milchaustauscher sinnvoll ist, was sich mit wissenschaftlichen Untersuchungen deckt (van Ackeren 2016). Da der Kälberstall etwas außerhalb vom Milchviehstall liegt, ist diese Methode für Familie Köhler aktuell am praktikabelsten. Denn aus arbeitswirtschaftlichen Gründen werden die Tiere am Kälbertränkeautomaten mit MAT versorgt. Dieser ist zentral im Quergebäude aufgestellt, damit er bei extrem kurzen Leitungswegen gleichzeitig auch alle 4 Gruppen unabhängig voneinander versorgen kann.

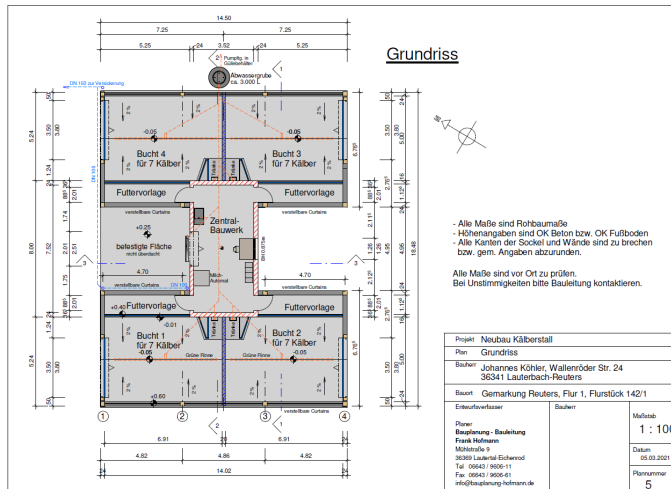


Abb. 2: Grundriss des H-Stalles (© P. Zieger)
Fig. 2: Construction plan of the H-barn (© P. Zieger)

2.3 Natürliche und künstliche Belüftung

Die Kälber der 4 Gruppen im H-Stall können jeweils ein Maximum an frischer Zu- und Abluft genießen. Die Curtains an den Längsseiten öffnen bis auf den Betonsockel und erlauben damit ein Maximum an natürlicher Belüftung. Zusätzlich gewährleistet ein Tube im First, dass im Winter die minimale Luftumwälzrate von 4 bis 6 Luftwechseln pro Stunde gewährleistet wird. Im Sommer kommen dagegen zwei Tubes zum Einsatz, die sogar eine 50-fache Luftumwälzung erzielen sollen.

2.4 Tages- und Sonnenlicht

Die Lage des H-Stalles ist dem Sonnenjahreszyklus angepasst. Die Längsschenkel befinden sich zum Süden hin. Die Überdachkonstruktion ist so beschaffen, dass die Sommer Sonneneinstrahlung lediglich auf den Futtergang gelangt und somit kein Aufheizen der Liegeflächen und des Stalles stattfindet. Im Winter hingegen erlaubt die tieferstehende Sonne durch die obere Plastiklichtbande ein Aufwärmen des Stallinneren. Das Maximum an möglichem Tageslichteinfall von bis zu drei Seiten soll sich positiv auf die Gesundheit und Entwicklung der Tiere auswirken können.

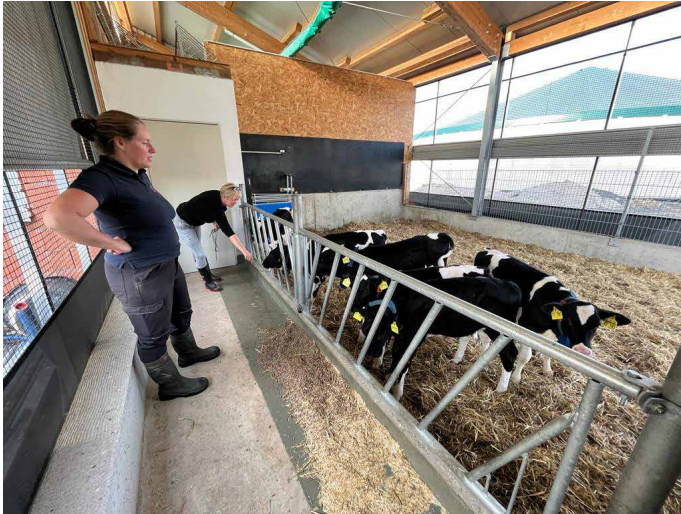


Abb. 3: Innenansicht: Gruppe mit Futtergang und Liegeflächen (© P. Zieger)
Fig. 3: Interior view: group with feeding corridor and lying areas (© P. Zieger)

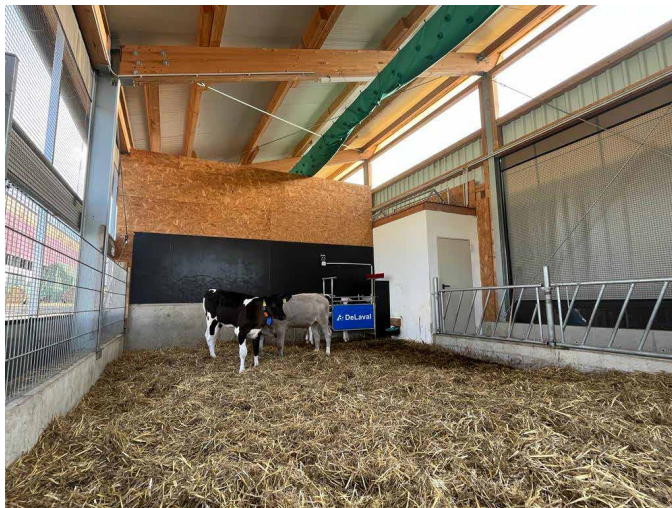


Abb. 4: Liegeblächenansicht einer von 4 Gruppen im H-Stall (© P. Zieger)
Fig. 4: Lying space area of 1 out of 4 groups of the H-calf barn (© P. Zieger)

2.5 Platzbedarf

Die Kälber sollten jeweils mindestens 3 m² Platz haben; bei Lisa Köhler haben die Kälber sogar bis zu 8 m² Platz. Die Gruppengröße beträgt maximal 6 bis 7 Kälber, bei Pete Kappelman dagegen bis zu 21 Kälbern, allerdings ist sein Stall auch deutlich größer.

2.6 Biosicherheit und Verzicht auf Ortswechsel

Jeglicher Wechsel bzw. Umsetzen von Kälbern ist ein nicht zu unterschätzender Risikofaktor für die Entstehung von Kälberkrankheiten. Im H-Stall Konzept werden die Kälber direkt nach der Geburt in die Gruppe gebracht und verbleiben dort bis nach dem Absetzen. Auch der Zutritt von Betriebspersonal oder Besuchern ist nur über den zentralen Versorgungsraum möglich. Desinfektionsmatten vor den Gruppeneingängen helfen mit, den Keimdruck signifikant zu reduzieren. Eine der vier Gruppen bleibt auch immer leer stehen, bevor sie wieder von neuem befüllt werden; auch diese Möglichkeit hilft deutlich, den Keimerregerdruck zu minimieren. Da man nur über den zentralen Versorgungsraum zu den einzelnen Abteilen gelangt, dient dieser Stall auch gleichzeitig als Hygieneschleuse. Das System macht es einem einfach aus hygienischer Sicht vieles richtig zu machen.

2.7 Arbeits- und Fütterungseffizienz

Die Gruppen müssen wegen der optimalen Frischluftsituation und großzügigen Platzbelegung in der Regel nicht zwischenentmistet werden, einmal in der Woche wird frisches Langstroh nachgestreut. Die Fütterung erfolgt als Flüssigfütterung über den im Zentralgebäude (Verbindungsraum zwischen den Gebäudelängsschenkeln) angeordneten Tränkeautomaten (Delaval, Förster Technik), Getränkt wird nach dem „40FIT-Tränkekonzept“ der Firma Förster Technik GmbH (Engen); dabei wird die ersten 35 Tage kontrolliert ad libitum gefüttert und dann über mindestens weitere 35 Tage hinweg kontrolliert auch abgetränkt (Zieger und Koch 2023). Kälbermüsli und Kälber-TMR wird im Trog von Hand vorgelegt. Der Arbeitsaufwand ist daher geringer als bei vielen anderen Haltungssystemen.

3 Ergebnisse

Im Stall von Lisa und Johannes Köhler sind seit Bezug des H-Stalles im Frühjahr 2023 mehr als 100 Kälber gehalten worden. Das Erstaunliche ist, dass seither kein einziges Kalb mehr behandelt werden musste. Die Kälber kommen mit 10 Tagen nach der Biest- und Transitmilchphase in die Gruppe an den Automaten und haben außerordentlich viel Platz (bei Belegung mit 7 Kälbern 6,2 m²).

Die neugeborenen Kälber erhalten so schnell wie möglich muttergebunden Kolostralmilch, die mit einem Brixrefraktometer untersucht wird. Es wird darauf geachtet nur Kolostrum zu vertränken, das einen Brix-Wert von > 23 % hat. Alternativ steht eingefrorenes Kolostrum und – zur Aufwertung minderwertigen Kolostrums – auch gefriergetrocknetes Kolostralpulver zur Verfügung. Auch die nächsten zwei Mahlzeiten erhalten die Kälber Milch ihrer Mutter und bekommen im Anschluss die Transitmilch der Mutter sowie weiteren Frischabkalbern als angesäuerte Kaltmilchtränke ad libitum. Am 8. Lebenstag werden Sie dann schrittweise auf Milchaustauscher umgestellt mit dem Ziel, sie am 10. Lebenstag am Tränkeautomaten anzulernen.

Die Ergebnisse sind umso erstaunlicher, da der Lüftungsschlauch aufgrund von WLAN-Problemen erst vor einigen Wochen in Betrieb gehen konnte. Die Tiere erzielen dabei im Schnitt zwischen 1.100 und 1.300 g Tageszunahmen. Die ersten 35 Tage

werden die Kälber am Automaten ad libitum gefüttert und dann linear bis Ende der 15. Woche abgetränkt. Die Konzentration des Milchaustauschers ist derzeit auf 150 g/l Tränke eingestellt. Die Kälber bekommen in der ersten Lebenswoche eine intranasale Rindergrippeschutzimpfung.

4 Diskussion/Ausblick

Das H-Stall Konzept ist mehr als nur ein neuartiger Kälberstall für die Innenhaltung der Tränkekälber. Das gesamte Konzept basiert auf vielen Aspekten, Erfahrungen und Einrichtungen, die alle der besseren Gesunderhaltung der neugeborenen Kälber dienen. In diesem Konzept sollen mögliche Stressfaktoren für Kälber weitestgehend ausgeschlossen, zumindest aber minimiert werden. Die Kälber bleiben in ihrer vertrauten Klima- und Komfortzone, werden nicht umgesetzt und wachsen mit den ihnen vertrauten Gruppenmitgliedern auf. Die Anzahl der Kälber in den Köhlerschen Gruppen ist mit 5 bis 7 Kälbern dabei deutlich kleiner als im US-amerikanischen Vorbild (dort bis zu 22 Kälber an einer Tränkestation), damit haben sie sehr viel Raum zur Interaktion (6,2 m²) und noch mehr frische Luft (31 m³ pro Kalb). Auch wird hier ein viel intensiveres Tränkemanagement betrieben und die Kälber erst mit 15 Wochen abgetränkt.

Die Tatsache, dass nur 1 x in 15 Wochen entmistet werden muss und nur 1 x pro Woche frische Stroheinstreu verteilt wird, unterstreicht die hohe Arbeitseffizienz des gesamten Systems. Die automatisierte Tränketeknik steuert hierbei allein eine geschätzte tägliche Arbeitszeiterparnis von rund 1,5 Stunden bei. Durch die bislang erfolgreiche Vermeidung von jeglichen Erkrankungen ergibt sich eine weitere Verbesserung der Arbeitseffizienz und damit auch die Aussicht auf einen weiteren deutlichen Leistungssprung bei den Kälbern, die in rund 2 Jahren in die Milchproduktion starten werden. Ganz zu schweigen von einer Aussicht auf ein langes produktives Leben.

Der H-Stall ist ein sehr gut durchdachtes Kälberhaltungskonzept für Milchviehbetriebe der mittleren Größenordnung von 100 bis 500 Kühe, die Wert auf maximale Arbeitseffizienz und bestmögliche Kälbergesundheit legen.

Literatur

- Lago, A. et al., (2006): Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. *J. Dairy Science* 89(10), pp. 4014–25, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72445-6
- Rodens, B. (2012): Kälberställe in den USA. 29. Rindergesundheitstag der Landesvereinigung für Milch und Milcherzeugnisse Hessen e.V., Gießen, unveröffentlicht
- van Ackeren, C. (2016) Aktuelles zu den Fütterungskonzepten für Aufzuchtkälber in den ersten Lebenswochen. In: 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, S. 71–73
- Zieger, P.; Koch, C. (2023): Die Macht der Winzigkeit. *Milchpraxis* 3, S. 24–28

Einfluss der Bodengestaltung auf die Trockenheit und Sauberkeit von Gummilaufflächen im Milchviehstall

Influence of floor design on the dryness and cleanliness of rubber walking surfaces in dairy cowsheds

IRIS BECKERT

Zusammenfassung

Trockene und saubere Laufflächen gelten in Rinderställen als Grundlage für geringe Ammoniakemissionen und als Basis für eine bessere Klauengesundheit.

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Trockenheit von Gummilaufflächen mit unterschiedlichen Neigungen und Oberflächen unter verschiedenen Versuchsbedingungen im Labor und in Praxisbetrieben zu vergleichen.

Das 3-prozentige Gefälle erwies sich erneut als optimaler Kompromiss zwischen Ablaufgeschwindigkeit und möglichst geringer Boden­neigung. Es führte zu einer höheren Trockenheit als bei nicht- oder weniger geneigten Varianten und beugte der Pfützenbildung vor. Mit abnehmender Neigung hatte auch die Oberflächenstruktur einen gewissen Einfluss auf die Abtrocknungsgeschwindigkeit. Güllerückstände, die den Harnabfluss deutlich reduzieren können, führten bei allen geprüften Böden zu einem mehr oder weniger starken „Schwammeeffekt“.

Für die Optimierung der Laufflächensauberkeit erscheinen neben der Auswahl eines geeigneten Bodens und dessen regelmäßiger Entmistung auch die Reinigungsqualität des Entmistungssystems und dessen Anpassung an den Boden essenziell.

Summary

Dry and clean walking surfaces in cattle barns are regarded as the basis for low ammonia emissions as well as the basis for better foot health.

The aim of these studies was to compare the dryness of rubber floors with different slopes under different test conditions in the laboratory and on practical farms.

The 3 % slope again proved to be the optimum compromise between drainage speed and the lowest possible floor gradient. It led to a higher dryness than non- or less-sloped variants and prevented the formation of puddles. With decreasing gradient, the surface geometry also had a certain influence on the drying speed. Slurry residues, which can significantly reduce urine drainage, led to some extent to the so-called „sponge effect“ on all tested floors.

In addition to the selection of a suitable floor and its regular manure removal, the cleaning quality of the manure removal system and its adaptation to the floor appear to be essential for the optimisation of floor cleanliness in practice.

1 Einleitung und Zielsetzung

Auch wenn Trockenheit und Sauberkeit des Stallbodens häufig als positive Faktoren für das Stallklima und die Tiergesundheit hervorgehoben werden, werden sie in der Regel nur subjektiv bewertet. In der Literatur gibt es nur einige wenige Parameter und Bestimmungsmethoden für Labor- bzw. Praxismessungen.

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Trockenheit von unterschiedlich geneigten Gummilaufflächen unter variablen Prüfbedingungen im Labor und auf Praxisbetrieben zu vergleichen. Die empirisch festgestellten Eigenschaften der Laufgangmatte profiKU-RA 3D (Fa. Kraiburg, Tittmoning) bei der ein 3-prozentiges Gefälle bereits in der Matte integriert ist, sollten anhand von konkreten Messungen eingehender untersucht und mit anderen Bodentypen und -oberflächen verglichen werden. Außerdem mussten vorab für die Fragestellung geeignete Prüfparameter ausgewählt und evaluiert werden.

2 Material und Methoden

Um die für die Fragestellung bestmöglichen Prüfparameter auszuwählen, die sowohl machbar als auch möglichst realitätsnah sind und belastbare Daten liefern, fanden im Vorfeld der eigentlichen Untersuchungen ausführliche Vorüberlegungen und Vorversuche mit diversen Messmethoden und Messgeräten statt.

Im Laborversuch wurde der Einfluss des Neigungswinkels sowie der Oberflächenstruktur untersucht. Dafür wurden die Ablaufgeschwindigkeit in Anlehnung an die Versuche von Steiner et al. (2012) sowie die Oberflächenfeuchte mit und ohne Gülleverschmutzung bei unterschiedlichen Neigungen und zwei verschiedenen Oberflächen in insgesamt über 70 Einzelversuchen gemessen. Die Oberflächenfeuchte wurde mithilfe von Saugpapier mit einer Abdeckung bestimmt, welches sofort vor Ort gravimetrisch ausgewertet wurde.

Der Praxistest fand in vier Boxenlaufställen für Milchkühe mit Schieberentmischung und mehreren Laufgangtypen im gleichen Stallgebäude statt. Dort wurden die Laborergebnisse zur Oberflächenfeuchte und Restverschmutzung auch im Vergleich zu anderen Böden des gleichen Stallgebäudes verifiziert. Neben der Restverschmutzung erwies sich die Trockenmasse der abgeschobenen Gülle als gut bestimmbares, wenn auch indirektes Maß für die Trockenheit der Oberfläche. Thermogramme der Oberflächen konnten keine ausreichend präzisen Daten zur Bestimmung der Ausbreitungsfläche des Harns liefern; sie boten jedoch eine Visualisierung des Ablaufverhaltens.

3 Ergebnisse

Wie bei den Untersuchungen von Steiner et al. (2012) hat sich, bezogen auf alle Bewertungskriterien, erneut ein Gefälle von 3 % als optimaler Kompromiss zwischen Ablaufgeschwindigkeit und möglichst geringer Bodenneigung bestätigt. Die hohe Ablaufge-

schwindigkeit bewirkt geringere Restfeuchten und Restverschmutzungen als weniger geneigte Böden, wie in Labor und Praxis gezeigt werden konnte. Bei größeren Neigungen über 3 % verbesserte sich die Ablaufgeschwindigkeit (Abb. 1) und insbesondere die Restfeuchte nur geringfügig.

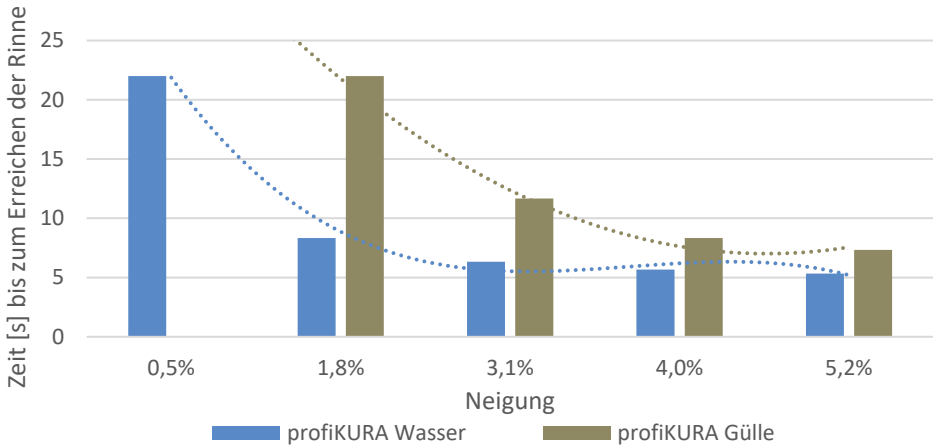


Abb. 1: Ablaufverhalten mit und ohne Gülleverschmutzung – Labortests (© Kraiburg)

Fig. 1: Drainage behaviour with and without slurry residues – lab tests (© Kraiburg)

Die Labor- und Praxisuntersuchungen veranschaulichen, dass Gülle den Ablauf von Flüssigkeiten wesentlich beeinflusst (Abb. 1). Die Ablaufgeschwindigkeit war bei Gülleverschmutzung in Abhängigkeit der Neigung und Oberfläche bis zu 10-mal langsamer als ohne Verschmutzung. Einerseits stellt die Verschmutzung eine mechanische Barriere dar, die den Abfluss sichtbar behindert. Andererseits erzeugt die Gülleverschmutzung eine Art „Schwammefekt“, bei der Feuchtigkeit aufgesaugt bzw. in ihrer Matrix gebunden werden kann. Dies erscheint für die Praxis bedeutsam, wenn man die nach dem Abschieben der Gülle noch auf dem Boden verbleibenden Mengen betrachtet: selbst visuell vergleichsweise gut gereinigte Stallböden hatten im Praxistest oft noch über 200 g feste Verschmutzungsrückstände pro m².

Auch die Oberflächenstruktur und das Profil haben Einfluss auf das Ablaufverhalten und die Restverschmutzung. Insgesamt war die Flüssigkeit auf der profiKURA-Oberfläche gleichmäßiger verteilt. In Kombination mit dem Gefälle wurde damit einer Pfützenbildung vorgebeugt. Im Laborversuch schien der Einfluss der Struktur bei geringeren Neigungen zuzunehmen. Unabhängig von der Gesamtmenge der Restverschmutzung war auf der 3 % geneigten profiKURA-Oberfläche der Anteil der feuchten Rückstände bei allen Labor- und Praxisuntersuchungen deutlich geringer als bei weniger geneigten Flächen. Erwartungsgemäß war die Gesamtmenge der Restverschmutzung bei höheren Außentemperaturen geringer als bei kälteren Temperaturen. Die Verhältnisse zwischen den Böden oder zwischen den festen und flüssigen Anteilen der Verschmutzungen änderten sich aber nicht.

Die Trockenmasse der abgeschobenen Gülle erwies sich als gut bestimmbarer Parameter. Er bestätigte dem 3-prozentigen Gefälle bei allen bewertbaren Betrieben eine 14 bis 27 % höhere Trockenheit als bei den Vergleichsböden – eben, 1 % geneigt, Rillen- bzw. Spaltenböden.

Bei der Dimensionierung der Harnsammelrinne in Kombination mit Gefälleböden zeigte sich bei den Betrieben, dass neben dem Volumen auch die Häufigkeit des Abschiebens und die Besatzdichte bedeutsam sind. So können je nach Einsatz auch Schieberführungen ausreichend sein – sofern ein gewisses Mindestvolumen geboten wird: In einem Beispielbetrieb mit einer sehr flachen Rinne reichte der Rinnenquerschnitt von 11 cm² zwar für den vollständigen Ablauf der Flüssigkeiten aus, beim Abschieben trat nach drei Viertel des Abschiebeweges aber eine Wiederverschmischung von Kot und Harn auf.

4 Ausblick

Auch wenn sich der Stallboden durch seine Oberflächenstruktur und Neigung optimieren lässt, erscheint es für die Praxis wichtig, gleichzeitig die Entmistungstechnik weiter zu verbessern. Besonders bei der Interaktion zwischen Boden und Entmistungstechnik – egal ob mittels Schieber oder Roboter – liegt noch großes Potenzial, um wirklich saubere Laufflächen zu garantieren. Neben der Funktionssicherheit sollte die Reinigungsqualität der Entmistungstechnik mehr an Bedeutung gewinnen.

Literatur

- Leinweber, T.; Zähler, M.; Schrade, S. (2019): Bewertung eines Entmistungsroboters bei Milchvieh aus ethologischer und verfahrenstechnischer Sicht. *Landtechnik* 74(3), S. 55–68
- Poteko J.; Zähler, M.; Steiner, B.; Schrade, S. (2018): Residual soiling mass after dung removal in dairy loose housings: Effect of scraping tool, floor type, dung removal frequency and season. *Biosystems Engineering* 170, pp. 117–129
- Steiner, B.; Keck, M.; Keller, M.; Weber, K. (2012): Vergleich des Abflussverhaltens auf planbefestigten Laufflächen in Rinderställen. *Agrarforschung Schweiz* 3(5), S. 258–263
- Zähler, M.; Poteko, J.; Zeyer, K.; Schrade, S. (2017): Laufflächengestaltung: Emissionsminderung und verfahrenstechnische Aspekte – erste Ergebnisse aus dem Emissionsversuchsstall Tänikon. *Bautagung Raumberg-Gumpenstein* 2017, S. 13–18

Untersuchung von Konzepten einer Gruppenhaltung im Deckzentrum mit Blick auf Wohlbefinden und Verhalten von Sauen

Investigation of group housing concepts in the mating area with regard to sow welfare and behaviour

SWANTJE GEISLER, ASTRID VAN ASTEN, NICOLE KEMPER, IMKE TRAULSEN

Zusammenfassung

In Zukunft wird eine Gruppenhaltung mit Kurzzeitfixierung im Deckzentrum verpflichtend. Um die Auswirkungen der geänderten Haltungsbedingungen auf das Zusammenleben der Sauen zu untersuchen, wurde in zwei konventionellen Ferkelerzeugerbetrieben (integrierte Arena, $n = 468$ in 9 Durchgängen vs. vorgeschaltete Arena mit Auslauf, $n = 272$ in 15 Durchgängen), eine Bewertung der Hautläsionen als Tierwohlparameter durchgeführt, ergänzt um eine Nutzungsanalyse des Auslaufs als Strukturelement und eine Wetterdatenaufzeichnung. Der Schweregrad der Hautläsionen nahm über die Zeit zu ($p < 0,001$). Auf Betrieb B konnten anteilig mehr gravierende Läsionen ermittelt werden ($p < 0,05$). Jüngere Sauen nutzten den Auslauf häufiger ($p < 0,05$). Ein Einfluss der Witterung auf die Auslaufnutzung konnte für Temperatur und Sonneneinstrahlung ermittelt werden ($p < 0,001$). Folglich kann die Gestaltung der Gruppenhaltung das Ausmaß von Hautläsionen beeinflussen. Für eine differenzierte Aussage zum Management von rauschenden Sauen ist jedoch die Betrachtung von Steuerungselementen, wie z.B. die Strukturierung durch einen Auslauf, wichtig.

Summary

In future, group housing with short-term fixation in the mating area will be mandatory. In order to investigate the effects of the changed housing conditions on the cohabitation of the sows, an evaluation of skin lesions as an animal welfare indicator was carried out in two conventional sow farms (integrated arena, $n = 468$ in 9 batches vs. preceding arena with an outdoor run, $n = 272$ in 15 batches), supplemented by an analysis of the visitation patterns of the outdoor run as a structuring element and weather data recording. The severity of the skin lesions increased with the number of days ($p < 0.001$). More severe lesions were detected on farm B ($p < 0.05$). Younger sows used the outdoor run more frequently ($p < 0.05$). An influence of the weather could be determined for temperature and solar radiation ($p < 0.001$). Consequently, the organisation of group housing can influence the extent of skin lesions. For a detailed statement on the management of sows in estrus, it's important to consider control elements such as structuring through an outdoor run.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Sauenhaltung in Deutschland steht vor großen Herausforderungen: Ab 2029 werden für eine Fortführung der Sauenhaltung bei vielen Betrieben Neu- und/oder Umbaumaßnahmen im Deckzentrum notwendig. Hintergrund hierfür ist die Novellierung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, die für das Deckzentrum eine Gruppenhaltung mit Kurzzeitfixierung sowie 5 m² Fläche pro Sau vorsieht (Friedrich-Loeffler-Institut 2022). Die Frage, wie eine tiergerechtere Gruppenhaltung während der herausfordernden Phase der Rausche ohne Leistungseinbußen realisiert werden kann, ist bisher für die konventionelle Haltung nicht ausreichend untersucht (Rault et al. 2014).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung zweier Gruppenhaltungskonzepte (integrierte Arena vs. vorgeschalteter Arena mit Außenauslauf), die sowohl Tierwohl als auch Produktivität berücksichtigen. Dabei standen Hautläsionen als Tierwohlindikator, Produktionsparameter wie Reproduktionserfolg und das Nutzungsverhalten des Auslaufs als Strukturierungselement im Fokus.

2 Material und Methoden

Bestandteil der Untersuchung waren zwei konventionelle Ferkelerzeugerbetriebe, die bereits eine Gruppenhaltung mit Kurzzeitfixierung im Deckzentrum etabliert haben (Betrieb A seit 2020, Betrieb B seit 2015). Insgesamt konnten auf Betrieb A (integrierte Arena und permanent 5 m²/Sau) neun Durchgänge (n = 486 Sauen) und auf Betrieb B (vorgeschaltete Arena mit Auslauf und 5 m²/Sau, ab Tag 4 Deckzentrum mit 3,5 m²/Sau) 15 Durchgänge (n = 272 Sauen) untersucht werden. Eine Bonitur der Hautverletzungen als Tierwohlparameter wurde an drei Boniturtagen (B₁: Tag 0, B₂: Tag 2 und B₃: Tag 6/7 nach Absetzen) für drei Körperkompartimente (Schulter, Rumpf, Schinken) mit einer Skala von a (keine/geringe Ausprägung an Hautverletzungen) bis d (sehr hohe Ausprägung) durchgeführt. Ein individueller Gesamtläsionsscore (GS) mit einer Skala von 0 (geringe Ausprägung) bis 2 (hohe Ausprägung) wurde aus den Kompartimentscores ermittelt (Welfare Quality® 2009). Der Besamungserfolg wurde auf Basis der Betriebsaufzeichnungen berechnet.

Um den Auslauf im Betrieb B als zusätzliches Strukturelement differenzierter zu untersuchen, wurde ein Kamerasystem (Hartford Electronics GmbH) mit 2 Kameras im Außenbereich und 2 Kameras im Innenbereich je Gruppe installiert. Für die Analyse des Nutzungsverhaltens über die ersten 4 Tage nach Absetzen (Tag 0 bis Tag 3) wurde die Anzahl der Besuche des Auslaufs (= mindestens 50 % der Sau im Außenbereich) mittels Timesampling alle 10 min und der Software BORIS erfasst, wobei in „liegend“ und „nicht liegend“ differenziert wurde (Friard and Gamba 2016). Um die Witterungsbedingungen berücksichtigen zu können, wurde eine Wetterstation über den Ausläufen installiert (Davis Instruments), welche Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Niederschlagsmenge sowie Sonneneinstrahlung stündlich erfasst. Zunächst wurde ein Durchgang mit durchschnittlichen Wetterbedingungen (T: 11,8 °C, Hum: 78,4 %, Niederschlag:

3,1 mm, Sonneneinstrahlung: 153 W/m²) analysiert. Für die statistische Analyse der Hautläsionen wurden in R (Version 4.2.2) Kruskal-Wallis-Tests verwendet. Die binäre logistische Regression wurde zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Hautläsionen und dem Besamungserfolg genutzt. Der Zusammenhang zwischen Besuchsanzahl und Tag, Tageszeit, Gruppe, Temperatur, Niederschlag sowie Sonneneinstrahlung wurde mittels eines gemischten linearen Modells untersucht.

3 Ergebnisse

Bei beiden Betrieben liegt der Schwerpunkt der Hautläsionen im Schulter- sowie Rumpfbereich. Für die einzelnen Körperkompartimente wird eine signifikante Zunahme an moderaten und schwerwiegenden Hautläsionen über die erste Woche nach Absetzen sichtbar ($p < 0,001$). Ausgenommen ist der Rumpfbereich auf Betrieb B, der von B_2 zu B_3 keine signifikante Änderung mehr zeigt (Abb. 1).

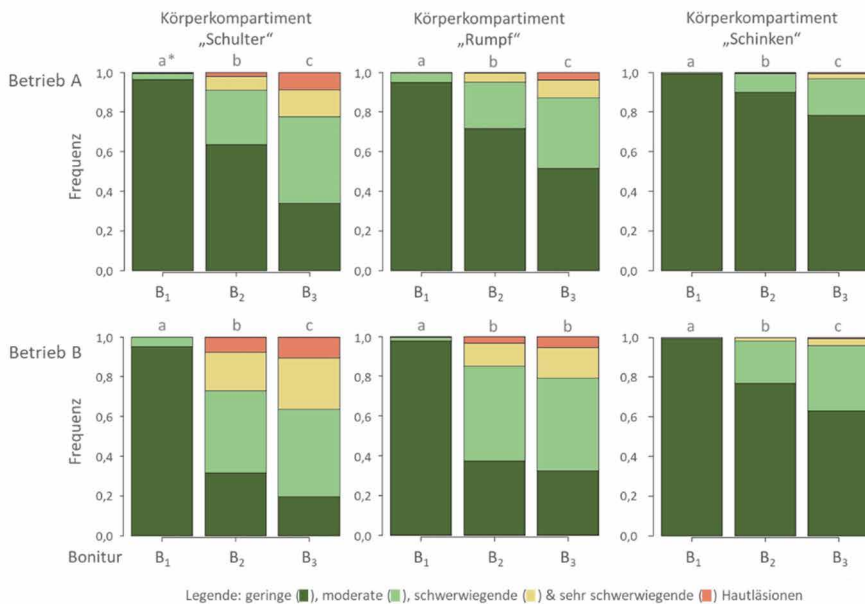


Abb. 1: Anteil der Sauen mit geringen, moderaten, schwerwiegenden und sehr schwerwiegenden Hautläsionen in Bonitur B₁, B₂ und B₃ für die einzelnen Körperkompartimente auf Betrieb A (n = 468) und Betrieb B (n = 272), * a-c signifikante Unterschiede zwischen den Bonituren ($p < 0,001$) (© S. Geisler)
 Fig. 1: Proportion of sows with minor, moderate, severe and very severe skin lesions in assessment B₁, B₂ and B₃ for the individual body compartments on farm A (n = 468) and farm B (n = 272), * a-c significant differences between the assessments ($p < 0.001$) (© S. Geisler)

Der Besamungserfolg lag auf Betrieb A ($n = 310$) im Durchschnitt bei 93 % und auf Betrieb B ($n = 143$) bei 85 %. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Ausprägung der Hautläsionen auf den Besamungserfolg festgestellt werden.

Die ersten Ergebnisse der Nutzung des Außenauslaufs lassen auf eine Hauptbesuchszeit zwischen 7:00 und 17:00 Uhr schließen, mit Zunahme der anteiligen Liegeevents in der Abendzeit. Im Tagesvergleich konnten die meisten Besuche am Tage des Absetzens verzeichnet werden ($p < 0,05$). Bei der Gruppe mit jüngeren Sauen ($\bar{x}_{\text{Parität}} = 2,5$) sind über den Beobachtungszeitraum mehr Besuche als bei der älteren Sauengruppe ($\bar{x}_{\text{Parität}} = 5,33$) zu sehen ($p < 0,05$). In diesem ersten Durchgang beeinflussten Temperatur ($p < 0,001$) und Sonneneinstrahlung ($p < 0,001$) die Besuchshäufigkeit, während der Niederschlag keinen signifikanten Einfluss zeigte.

4 Ausblick

Das Konzept der Gruppenhaltung mit Kurzzeitfixierung hat in den Betrieben einen Einfluss auf das Auftreten und den Schweregrade von Hautläsionen. Sauen nutzen den angebotenen Auslauf unterschiedlich häufig. Die Nutzung ist abhängig von verschiedenen Parametern, wie Tageszeit sowie Witterung und soll tiefergehend untersucht werden. Auch die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Ort der Verletzung und ausgeübten Verhalten (Rangordnungskämpfe, Rauscheverhalten) soll mittels Verhaltensbeobachtung analysiert werden, um herausfordernde Zeitpunkte identifizieren zu können. Sodass anschließend Handlungsempfehlungen zum Management von rauschenden Sauengruppen, z.B. über das Angebot eines Auslaufs als zusätzliches Strukturelement, abgeleitet werden können.

Literatur

- Friard, O.; Gamba, M. (2016): BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution* 7(11), pp. 1325–1330, DOI: 10.1111/2041-210X.12584
- Friedrich-Loeffler-Institut (2022): Ausführungshinweise TierSchNutzTV (Schwein). Anlage 2 zum Handbuch
- Rault, J.-L.; Morrison, R. S.; Hansen, C. F.; Hansen, L. U.; Hemsworth, P. H. (2014): Effects of group housing after weaning on sow welfare and sexual behavior. *Journal of animal science* 92(12), pp. 5683–5692, DOI: 10.2527/jas.2014-8238

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund des Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE, FKZ: 28N305603).

Einfluss der Auslaufgestaltung auf die Flächen- und Tierverschmutzung

Influence of the outdoor run design on surface and animal fouling

SVENJA OPPERBECK, KATHRIN HÄGE, JOHANNA GROSSKLOS-BUMBALO, EVA GALLMANN

Zusammenfassung

Betrachtet man die Entwicklungen in der Schweinehaltung, wird deutlich, dass zukunftsfähige Ställe in der Schweinehaltung über mehr Platz und Zugang zu Außenklima verfügen müssen. Bei der Gestaltung des Auslaufes bieten sich viele Möglichkeiten der Gestaltung an. Im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaften (EIP) entstanden unter anderem 19 Mastbetriebe mit unterschiedlich gestalteten Ausläufen. Über mehrere Jahre wurden auf diesen Betrieben unter anderem Daten zur Flächen- und Tierverschmutzung erhoben, um die Funktionssicherheit der Haltungssysteme und das Tierwohl zu bewerten. Diese Daten zeigen unter anderem, dass die Bodengestaltung im Auslauf, die Überdachung des Auslaufs, die Tränkeposition, aber auch das Platzangebot je Tier die Einteilung der Funktionsbereiche beeinflussen können. Die Erkenntnisse können als Entscheidungshilfe für zukünftige Stallplanungen dienen.

Summary

Looking at the developments in pig farming, it is clear that future-proof stables in pig farming must have more space and access to an outdoor climate. There are many options for designing the outdoor area. As part of the European Innovation Partnerships (EIP), 19 fattening farms with differently designed outdoor runs were established. Over the course of several years, data was collected on these farms, including data on surface and animal fouling, in order to assess the functionality of the housing systems and animal welfare. This data shows, among other things, that the floortype, the roofing, the drinking position and also the space available per animal can influence the division of the functional areas. The findings can serve as a decision-making aid for future barn planning.

1 Einleitung und Zielsetzung

Betrachtet man die gesellschaftlichen und politischen Entwicklungen in der Schweinehaltung, wird deutlich, dass die konventionelle Schweinehaltung sich in den nächsten Jahren hin zu Ställen mit einem erhöhten Platzangebot und Zugang zu Außenklima entwickeln wird (Faletar et al. 2023). Vor allem ein Auslauf bietet die Möglichkeit, die Buchtenstruktur zu optimieren und die Buchtenverschmutzung deutlich zu reduzieren (Höne et al. 2023). Bei der Gestaltung des Auslaufes gibt es verschiedenen Möglichkeiten der Bodengestaltung sowie der Gestaltung als Aktivitätsfläche durch beispielsweise Wühlbereiche oder Duschen (Wimmeler 2022).

Im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) befasste sich eine operationelle Gruppe in Baden-Württemberg mit der Verbesserung des Tier- und Umweltschutzes in der Schweinehaltung durch baulich-innovative Lösungen mit dem Ziel der Praxisverbreitung. Im Rahmen dieses Projektes wurden unter anderem 21 Mastbetriebe neu- und umgebaut. In all diesen Ställen wurde auf unterschiedliche Weise ein Auslauf integriert. Es wurden über Jahre hinweg Daten erhoben, um die Haltungssysteme im Hinblick auf Tierwohl und Funktionssicherheit zu bewerten.

Ziel dieser Untersuchungen ist es, unter anderem den Einfluss der Auslaufgestaltung auf die Buchten- sowie Tierverschmutzung zu erfassen.

2 Material und Methoden

Zwischen 2018 und 2022 wurden insgesamt 19 Betriebe in Baden-Württemberg untersucht. Im Durchschnitt lag die Gesamttierzahl pro Betrieb bei 813 Tieren (Minimum 240; Maximum 1.600). Pro Bucht waren zwischen 16 und 240 Tieren, im Mittel über alle Betriebe 42 Tiere pro Bucht eingestallt. Alle Betriebe verfügten über einen Auslauf und das gesamte Platzangebot pro Tier reichte von 1,52 bis zu 2,9 m².

Im Rahmen des Projekts EIP-Schwein wurden auf jedem Betrieb Daten in je einem Winter- und einem Sommerdurchgang erhoben. Unter anderem wurde die Verschmutzung der Tiere sowie der Buchten an jeweils 5 Terminen im monatlichen Rhythmus bonitiert. Erhoben wurden die tierbezogenen Daten nach dem „Leitfaden für die Praxis Schwein“ des KTBL (modifiziert nach Schrader et al. 2016). Um die Ergebnisse der Bonituren interpretieren zu können, wurden Ziel- und Alarmwerte des KTBL herangezogen (Schrader et al. 2020). Für die Verschmutzungsbonituren der Flächen wurden die Buchten in „Innen“ und „Auslauf“ unterteilt und diese jeweils in Teilflächen aufgeteilt. Die Boniturstufen wurden projektintern festgelegt. Die Einteilung erfolgte in „sauber und trocken“ (0), „sauber und teilweise feucht“ (1), „teilweise nass, einzelne Kothaufen“ (2) und „nass, stark verkotet“ (3).

Ausgewertet wurden die erhobenen Daten der Tierverschmutzung und der Buchtenverschmutzung getrennt für die Winter- und Sommerdurchgänge. Für diesen Beitrag werden beispielhaft die Einflüsse der Bodengestaltung im Auslauf (Spaltenboden; planbefestigt ohne Einstreu; planbefestigt eingestreut); der Überdachung (komplett bzw.

teilweise überdacht); der Tränkeposition (im Stall; im Auslauf; in Stall + Auslauf) sowie das Platzangebot je Tier (1,5 bis 1,64 m²; 1,65 bis 1,79 m²; 1,8 bis 2,9 m²) zunächst deskriptiv dargestellt. Die Ergebnisse der explorativen Datenanalyse werden im mündlichen Vortrag der Tagung vorgestellt und in Folgepublikationen aufbereitet.

3 Ergebnisse

Die mittlere Flächenverschmutzung (Boniturnotenspanne 0 bis 3) aller Betriebe war „Innen“ sehr gering: Winter $0,84 \pm 0,51$ (n = 1.084); Sommer $0,86 \pm 0,49$ (n = 1.811). Im Auslauf war die Verschmutzung dagegen deutlich höher: Winter $2,3 \pm 0,51$ (n = 1.084); Sommer $1,9 \pm 0,43$ (n = 1.811). In Abbildung 1 ist zu sehen, dass die Flächenverschmutzungen in Buchten mit eingestreutem Auslauf geringer war als in Buchten mit Spalten oder planbefestigtem Auslauf. Auch eine komplette Überdachung scheint vor allem die Sauberkeit der Innenflächen positiv beeinflusst zu haben. Betrachtet man das Platzangebot je Tier, zeigte sich, dass mit steigendem Platzangebot die Verschmutzung „Innen“ im Winter zunahm.

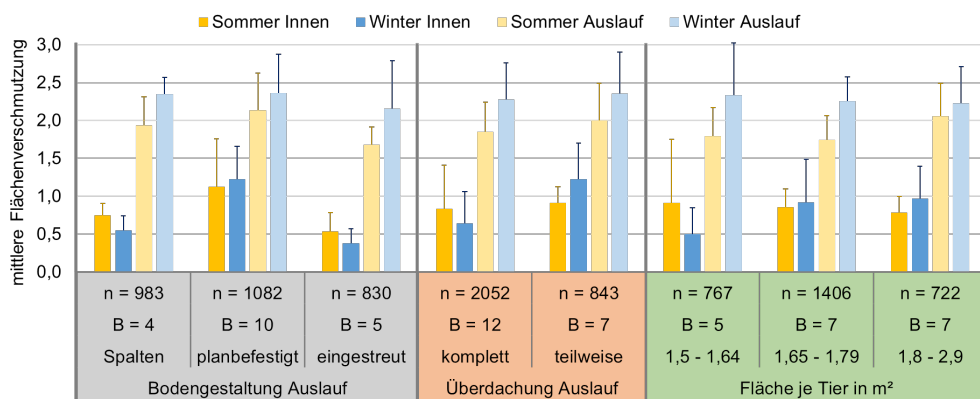


Abb. 1: Einfluss der Bodengestaltung im Auslauf (grau), der Überdachung des Auslaufes (orange) und der Fläche je Tier (grün) auf die Flächenverschmutzung (Boniturstufen 0 „sauber, trocken“ bis 3 „nass, stark verkotet“) Innen und im Auslauf. Gelbe Balken = Sommerdurchgänge; blaue Balken = Winterdurchgänge; n = Anzahl bonitierter Buchten über alle Durchgänge; B = Anzahl Betriebe.

(© S. Opderbeck)

Fig. 1: Influence of floor design in the outdoor run (gray), roofing of the outdoor run (orange) and the area per animal (green) on the fouling grade in the stable and in the outdoor run. Yellow bars = summer periods; blue bars = winter periods; n = number of evaluated pens across all periods; B = number of farms.

(© S. Opderbeck)

Die mittlere Tierverschmutzung, dargestellt anhand der Häufigkeit pro Boniturnote Null, Eins oder Zwei, über alle Betriebe war im Winter geringer (0 = 82 ± 11 %; 1 = 16 ± 11 %; 2 = 2 ± 2 %; n = 17.211) als im Sommer (0 = 61 ± 18 %; 1 = 31 ± 12 %; 2 = 9 ± 8 %; n = 23.497). In Abbildung 2 ist zu sehen, dass die Verschmutzung der

Tiere im Sommer in Buchten mit eingestreutem Auslauf häufiger höher war. Die Überdachung hingegen zeigte keinen eindeutigen Einfluss auf die Verschmutzung der Tiere. In Bezug auf die Fläche je Tier ist eine Tendenz im Sommer zu erkennen. Hier waren die Tiere häufiger stärker verschmutzt in der Datengrößenklasse mit dem geringsten Flächenangebot.

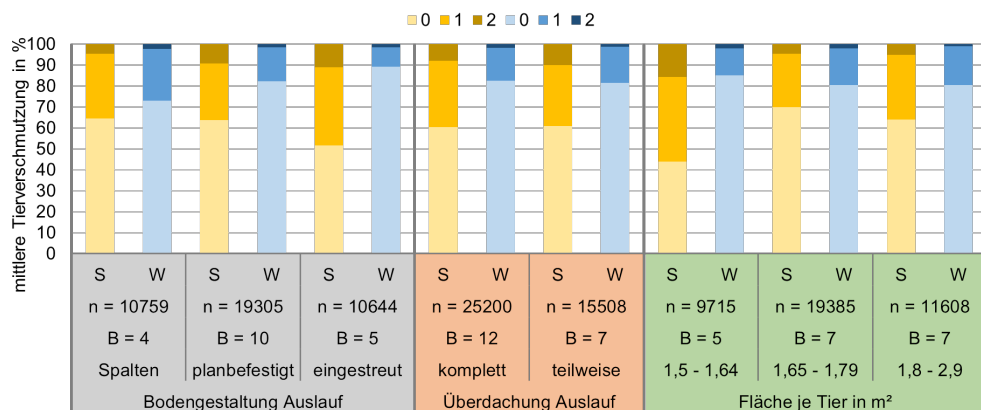


Abb. 2: Einfluss der Bodengestaltung im Auslauf (grau), Überdachung des Auslaufes (orange) und der Fläche je Tier (grün) auf die Tierverschmutzung. Boniturnoten 0 bis 2. Gelbe Balken = Sommerdurchgänge; blaue Balken = Winterdurchgänge; n = Anzahl bonitierter Tiere über alle Durchgänge; B = Anzahl Betriebe. (© S. Opderbeck)

Fig. 2: Influence of floor design in the outdoor run (gray), roofing of the outdoor run (orange) and the area per animal (green) on the animal fouling frequency per grade. Yellow bars = summer periods; blue bars = winter periods; n = number of evaluated pens across all periods; B = number of farms. (© S. Opderbeck)

Die Betriebe unterschieden sich auch hinsichtlich der Tränkeposition: Innen (9 Betriebe); Auslauf (6 Betriebe); Innen + Auslauf (4 Betriebe). Hier zeigt sich, dass die Innenflächen im Sommer in Buchten mit Tränken nur Innen ($0,72 \pm 0,23$; $n = 1.006$) und im Winter in Buchten mit Tränken nur im Auslauf ($0,56 \pm 0,34$; $n = 464$) am saubersten waren. In Bezug auf die Tierverschmutzung zeigte sich, dass die Tiere in Buchten mit einer Tränke nur Innen häufiger stärker verschmutzt waren: Winter 0 = 74 ± 13 %; 1 = 25 ± 13 %; 2 = $1 \pm 0,4$ % ($n = 7.348$); Sommer (0 = 51 ± 3 %; 1 = 42 ± 6 %; 2 = 7 ± 5 % ($n = 12.649$)).

4 Ausblick

Das Verhalten von Schweinen wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst, welche auch miteinander interagieren. Daher werden weitere Faktoren sowie deren Interaktion im Laufe des Jahres 2024 statistisch genauer ausgewertet.

Die untersuchten Ställe spiegeln die Haltungsform für Mastschweine der Zukunft wider und erfüllen die gesellschaftlichen und politischen Anforderungen in hohem Maße. Daher bieten die bisherigen Ergebnisse das Potenzial, als Entscheidungshilfe für den Stallbau und vor allem die Einteilung der Funktionsbereiche zu dienen. Die Rückschlüsse aus unseren Untersuchungen zur Buchten- und Auslaufgestaltung sind somit eine wertvolle Quelle für weiterführende Untersuchungen zur Gestaltung einer zukunftsfähigen Mastschweinehaltung.

Literatur

- Faletar, I.; Christoph-Schulz, I.; von Meyer-Höfer, M. (2023): Wahrnehmung der Tierhaltung aus Bürgerperspektive. Ergebnisse deutschlandweiter Online-Bürgerbefragungen. Deutsches Tierärzteblatt 71(8), S. 997–1001, https://bundestieraerztekammer.de/btk/dtbl/archiv/artikel.php?we_objectID=2938, Zugriff am 17.06.2024
- Höne, U.; Krause, E. T.; Bussemas, R.; Traulsen, I.; Schrader, L. (2023): Usage of outdoor runs and defaecation behaviour of fattening pigs. Applied Animal Behaviour Science 258, 105821, DOI: 10.1016/j.applanim.2022.105821
- Schrader, L.; Czycholl, I.; Krieter, J.; Leeb, C.; Zapf, R.; Ziron, M. (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Sauen, Saugferkel, Aufzuchtferkel und Mastschweine, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
- Schrader, L.; Schubert, A.; Rauterberg, S.; Schultheiß, U.; Zapf, R. (2020): Tierschutzindikatoren für Sauen und Saugferkel: Vorschläge zu Ziel- und Alarmwerten für die betriebliche Eigenkontrolle. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) und Friedrich-Loeffler-Institut Celle
- Wimmeler, C. (Hg.) (2022): Was macht einen Auslauf attraktiv und sauber? Gestaltung zum Wohl von Tier und Umwelt. Bio Austria Bauerntage. <https://orgprints.org/id/eprint/43535/>, Zugriff am 19.12.2023

Förderhinweis

Das Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz förderte das EIP-Projekt mit Mitteln aus der Europäischen Innovationspartnerschaft.



Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums – ELER
Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete

Optimierung des Stallklimas in frei gelüfteten Kälberställen

Climatic improvements in naturally ventilated calf barns

LUZIA EICHER, PETER STÖTZEL, JOCHEN SIMON

Zusammenfassung

Im Bereich der Kälbergesundheit besteht großer Verbesserungsbedarf. Zu den häufigsten Kälberkrankheiten zählen Atemwegserkrankungen, die unter anderem durch schlechtes Stallklima begünstigt werden. Die bisher verfügbaren Empfehlungen und Angaben zu einem für Kälber vorteilhaften Stallklima weichen jedoch zum Teil stark voneinander ab und müssen daher auf ihre Praxistauglichkeit überprüft werden. Dies wird das Ziel einer intensiven Literaturrecherche sein. Durch hygrothermische Simulationen wird die Auswirkung unterschiedlicher Fassadenvarianten und Lüftungsszenarien unter verschiedenen Außenklimabedingungen auf das Stallklima untersucht. Diese Simulationen beziehen sich auf einen neugebauten Kälberstall der Bayerischen Staatsgüter (BaySG) Achselschwang mit automatischer Lüftungssteuerung. In diesem Stall wird auch die Praxisphase stattfinden, in der die Auswirkungen des Stallklimas auf die Kälbergesundheit sowie Tierwohl und -verhalten untersucht werden. Ziel ist es, neue, validierte und belastbare Empfehlungen für Landwirtinnen und Landwirte zu entwickeln.

Summary

Insufficient calf health is a persisting problem and must be improved. One of the most frequent diseases in calves are respiratory disorders, which are mainly influenced by climatic conditions in calf barns. However, the recommendations concerning ideal climatic conditions for calves are not in agreement with each other and therefore need to be validated, which will be achieved in an extensive literature research. A hygrothermal simulation was conducted to investigate the effects of different facades and ventilation scenarios on the climatic conditions in a calf barn. The simulations were based on a calf barn currently under construction by Bayerische Staatsgüter (BaySG) Achselschwang equipped with an automatic ventilation system. In the practical part of the project, measurements of climatic parameters in this calf barn will be analysed for correlation with calf health, welfare, and behaviour. The goal of this project is to create validated and reliable references for farmers.

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei der Verbesserung des Gesundheitsstatus von Kälbern besteht großer Handlungsbedarf. Dies zeigt sich beispielsweise in einer aktuellen Studie (PraeRi 2020), in der 42% der Kälber als erkrankt diagnostiziert wurden. Zu den häufigsten Kälberkrankheiten zählen auch Atemwegserkrankungen, die unter anderem durch mangelhaftes Stallklima (Temperatur, Luftfeuchte, Staub, Schadgase, Strömung) begünstigt werden (Lorenz et al. 2011). Aus den bisher durchgeführten Studien zum Einfluss des Stallklimas auf die Kälbergesundheit lassen sich jedoch keine eindeutigen Empfehlungen zum Stallbau ableiten. Als gesichert kann bisher nur angenommen werden, dass Kälber eine sehr gute Luftqualität benötigen und gleichzeitig vor Zugluft, Nässe, direkter Sonneneinstrahlung sowie schnellen Temperaturwechseln geschützt sein müssen (Lorenz et al. 2011, Roland et al. 2016, Feldmann 2022). Diese Bedingungen können grundsätzlich durch eine mechanische Lüftung mit konditionierter Zuluft sichergestellt werden, was allerdings mit hohen Investitions- und Betriebskosten verbunden und deshalb nur bedingt zu empfehlen ist. Ziel des Projekts ist es, anhand einer umfassenden Literaturrecherche sowie Untersuchungen zur Korrelation zwischen Stallklimafaktoren und Kälbergesundheit auf einem Versuchsbetrieb der Bayerischen Staatsgüter (BaySG), Planungsempfehlungen für Kälberställe zu erarbeiten, um eine hohe Luftqualität bei gleichzeitiger Dämpfung der außenklimabedingten Schwankungen von Lufttemperatur, -feuchte und -bewegung zu erreichen, ohne dass dabei hohe Betriebskosten durch eine konditionierende Stallklimatechnik entstehen.

2 Material und Methoden

2.1 Literaturrecherche

Zu Beginn des Projekts wurde der aktuelle Stand des Wissens durch eine umfassende Literaturrecherche zur Korrelation des Stallklimas mit der Kälbergesundheit sowie des Tierwohls und -verhaltens durchgeführt. Dabei werden Merkblätter, Richtlinien und wissenschaftliche Studien ausgewertet und die darin enthaltenen Angaben auf ihre praktische Umsetzbarkeit überprüft. Die größten Differenzen zeigten sich bisher bei den Empfehlungen für die anzustrebenden Temperaturen im Stall, wo Angaben mit einer Spanne von 18 bis 20 °C bzw. 2 K Temperaturunterschied (Kunz 2020) bis 0 bis 25 °C bzw. 25 K Temperaturunterschied (Wathes et al. 1983) zu finden sind.

2.2 Stallklimasimulationen

Um den Einfluss der Gebäudehülle auf das Stallklima realitätsnah einschätzen zu können, sind mithilfe des Programms WUFI® (Wärme Und Feuchte Instationär) der Fraunhofer-Gesellschaft verschiedene hygrothermische Simulationen durchgeführt worden. Als Anwendungsbeispiel diente dabei der sich momentan im Bau befindliche Kälberstall der BaySG in Achselschwang. Dazu wurde ein Abteil für neugeborene Kälber dieses Stalls in der Software modelliert und die Wirkung unterschiedlicher Fassadenvarian-

ten und Lüftungsszenarien unter verschiedenen Außenklimabedingungen untersucht. Die Ergebnisse gingen in die Werkplanung ein und werden momentan in einem Abteil baulich-technisch umgesetzt.

2.3 Praxisphase

In der Praxisphase sollen auf dem Untersuchungsbetrieb die Außen- und Stallklimaparameter durch verschiedene Sensoren erfasst und verglichen werden. Dabei steht vor allem das Abteil im Fokus, das durch die in der Simulation gewonnenen Erkenntnisse baulich optimiert wurde und mit einer sensorgesteuerten Lüftung ausgestattet wird. Die hier gemessenen Stallklimaparameter werden mit denen eines Referenzabteils in demselben Stall verglichen, der ohne Wanddämmung und ohne Lüftungssteuerung ausgestattet ist. Die gemessenen Stallklimadaten werden dabei in Relation zur Tiergesundheit, Tierverhalten und Tierwohl gesetzt. Zur Erfassung dieser Parameter werden Videoaufzeichnungen ausgewertet und Behandlungsdaten des Betriebs erfasst.

3 Ergebnisse

3.1 Hygrothermische Stallklimasimulation

Die Simulationen zeigen, dass bei einer präzisen Steuerung der Luftwechselrate und Reduzierung der Transmissionswärmeverlusten durch Optimierung der U-Werte der Hüllbauteile eine deutliche Dämpfung der außenklimabedingten Schwankungen von Lufttemperatur, -feuchte und -bewegung in der Praxisanlage zu erwarten ist (Abb. 1 und Abb. 2). Als Steuergröße empfehlen sich dabei die CO_2 -Konzentration und die absolute Luftfeuchte.

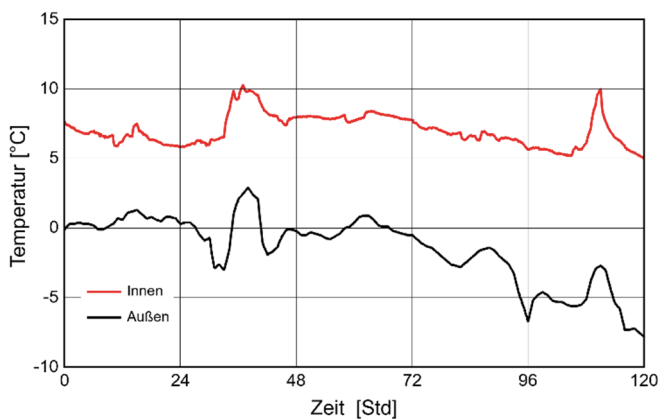


Abb. 1: Ergebnis der Simulation der Lufttemperatur im Zeitraum 07.12. bis 11.12.2021

Fig. 1: Result of the simulation of the air temperature in the period 7th to 11th december 2021

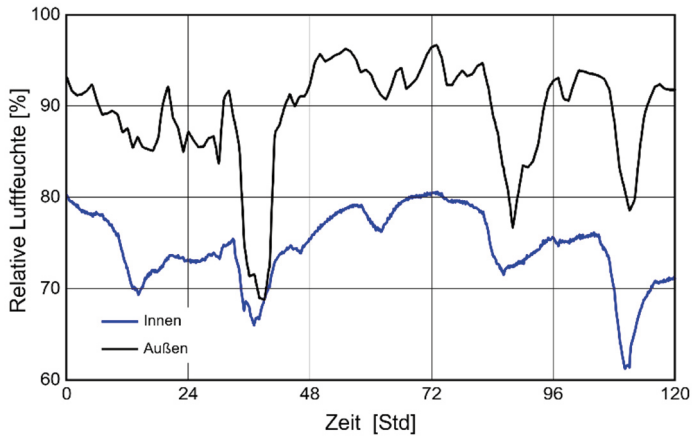


Abb. 2: Ergebnis der Simulation der Luftfeuchte im Zeitraum vom 07.12. bis 11.12.2021
 Fig. 2: Result of the simulation of the humidity in the period 7th to 11th december 2021

3.2 Ergebnisse Literaturrecherche und Praxisphase

Die endgültigen Ergebnisse aus Literaturrecherche und Praxisphase des Projekts liegen noch nicht vor, da das Projekt erst kürzlich gestartet wurde und sich der Stall noch im Bau befindet. Ziel ist es, dass aus den Untersuchungen wissenschaftlich fundiertere Empfehlungen für die bauliche Umsetzung von Kälberställen und die damit verbundenen Steuerungsmöglichkeiten der Fassadenverschlüsse entwickelt werden können. Aufgrund der Komplexität der Thematik Stallklimaoptimierung werden darüber hinaus weitere Untersuchungen nötig sein, um diesen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Kälbergesundheit in vollem Umfang leisten zu können.

Literatur

- Feldmann, M. (2022): Neue Ansätze für Aufzucht, Mast und Haltungstechnik – mit fitten Kälbern in die Zukunft. LfL-Information 10, S. 8–10
- Kunz (2020): Im Kälberstall zählen die Details. DLG-Mitteilungen 12, S. 42–45
- Lorenz, I. et al. (2011): Calf health from birth to weaning. III. Housing and management of calf pneumonia. Irish Veterinary Journal 64(1), 14, doi: 10.1186/2046-0481-64-14
- PraeRi (2020): Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie (PraeRi). Abschlussbericht
- Roland et al. (2016): Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. Journal of Dairy Science 99(4), pp. 2438–2452
- Wathes et al. (1983): Ventilation, air hygiene and animal health. Veterinary Record 113, pp. 554–559

Förderhinweis

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Einsatz eines Schlauchbelüftungssystems zur Klimaoptimierung in der Kälber- und Jungviehhaltung

Use of a tube ventilation system to optimize the climate in calf and young cattle farming

IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER, EDUARD ZENTNER, JAKOB NEUMAYER,
CLAUDIA SCHMIED-WAGNER

Zusammenfassung

Tierrgerechte Haltungssysteme sind untrennbar mit einer ganzjährig gesicherten und optimierten Belüftung verbunden. Risiken wie Hitzestress mit Vitalitäts- und Leistungsverlusten oder schädliche Zugluft sind einzudämmen. Gerade Kälber und Jungtiere stellen besondere Ansprüche an die Haltungsumgebung, die es zu berücksichtigen gilt: Das eingeschränkte Thermoregulationsverhalten und die Bereitstellung von Mikroklimazonen stellen in dieser Hinsicht eine große Herausforderung für die Klimatisierung dar. Im Rahmen einer Fallstudie wurde die Ganzjahrestauglichkeit einer Schlauchbelüftung in einem Kälberstall mit hohem Fokus auf die Luftqualität untersucht. Neben für die Tiergesundheit relevanten Erfassungsparametern (Tränkemenge, Krankheitsfälle, Management) wurden umfassende Klimaparameter erhoben. Die Verteilung der Zuluft mittels einer Schlauchbelüftung zeigte deutlich positive Effekte. Für die Haltung von Kälbern sowie erwachsenen Rindern wurde ein Schlauchbelüftungssystem nach einer Begutachtung durch die Fachstelle für tierrgerechte Tierhaltung und Tierschutz unter klar vorgegebenen Installations- und Betriebsbedingungen in Österreich anerkannt.

Summary

Animal-friendly husbandry systems are inseparably linked to secured and optimized ventilation all year round. Risks such as heat stress with loss of vitality and performance and noxious drafts must be reduced. Calves and young animals in particular place special demands on the stable environment that must be taken into account: The thermoregulation behaviour and the provision of microclimate zones represent a challenge for air conditioning. As part of a case study, the all-season suitability of a tube ventilation in a calf barn was examined with a strong focus on preventing drafts. In addition to health parameters (drinking quantities, sickness, management), comprehensive climate parameters were recorded. The distribution of fresh air by a tube ventilation showed clearly positive effects. The tested tube ventilation can be recommended for keeping calves and young cattle under clearly specified installation and operating conditions. After testing by the Department for Animal-Friendly Animal Husbandry and Animal Welfare, the system was officially recognized for cattle farming in Austria.

1 Einleitung und Zielsetzung

Ein wesentlicher Faktor zur Erhöhung des Tierwohls ergibt sich durch eine adäquate Anpassung der Haltungsumwelt, welche neben einer optimalen Ausführung des Stallgebäudes und der Aufstallungstechnik zu wesentlichen Teilen durch das (Raum-)Klima und die Luftqualität positiv beeinflusst werden kann (Van Os et al. 2023). Schlauchbelüftungen können das Stallklima unterstützen, wobei im Jungviehbereich eine ganzjährige Belüftung unter Beachtung des vorliegenden Wissensstandes im Winterhalbjahr nur in Kombination mit einer Vorwärmung der Zuluft oder Entnahme der Luft aus konditionierten Vorräumen erfolgen soll (Gstöttinger 2023). Eine zentrale Fragestellung ergab sich so für eine umfassende Prüfung einer Schlauchbelüftung ohne Vorkonditionierung der einströmenden Luft in einem Kälberstall im Hinblick auf das Strömungsverhalten im Tierbereich sowie Voraussetzungen zum ganzjährigen Betrieb.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsbetrieb und untersuchte Technik

In einem biologisch geführten Milchviehbetrieb (80 Milchkühe, FV x RF) mit einem 2021 neu errichteten Kälber- und Jungviehstall für 45 Tiere auf 1.060 Metern Seehöhe wurde in den Jahren 2022/23 eine Fallstudie durchgeführt. Der Jungviehstall ist vierseitig mit raumhohen, temperaturgesteuerten Curtains verschließbar und stirnseitig von zwei Sektionaltoren Richtung Futtertisch umschlossen. Die Schlauchbelüftungsanlage vet.smart.tubes (Fa. NEOWOLF GmbH, Graz, Österreich) wurde im Dezember 2021 im Kälber- und Jungviehstall installiert. Im Stallgebäude wurden hierbei zwei voneinander unabhängige, automatisiert geregelte Tubes installiert. Oberhalb des Tiefstreu-Laufstallbereiches für Jungtiere wird die Zuluft ostseitig angesaugt, oberhalb der eingestreuten Einzelboxen für Kälber wird westseitig angesaugt.



Abb. 1: Kälber- und Jungviehstall mit integrierter Schlauchbelüftung (© I. Mösenbacher)

Fig. 1: Calf and young cattle barn with integrated tube ventilation (© I. Mösenbacher)

Im Bereich der Kälberboxen ist ein FN035-Ventilator sowie im Bereich des Jungviehs ein Ventilator der Baureihe FN045 (Fa. Ziehl-Abegg, Künzelsau) mit EC-Technologie verbaut. Eine Ausrichtung der Düsen erfolgte im Kälberbereich längsseitig Richtung raumumschließende Oberflächen, um eine direkte Anströmung der Tierkörper zu meiden. Dies wurde über Rauchpatronen geprüft und visualisiert. Bei niedrigen Temperaturen wird auf eine moderate Belüftung mit geringen Drehzahlen und Lufraten gesetzt, so wurde entgegen der bisherigen Fachmeinungen die Möglichkeit einer ganzjährigen Belüftung in den Raum gestellt. Zusätzlich erfolgte im Schlauch des Jungviehs die Montage eines Ionisators.

2.2 Erhebungsparameter

Die Erhebungen fanden im Rahmen von zwei Messreihen statt: Eine Sommermessreihe wurde vom 23.07.2022 bis 05.09.2022 sowie eine Wintermessung vom 13.01.2023 bis 17.03.2023 durchgeführt. Erhoben wurden zuluftseitig im Schlauch sowie im Tierbereich die Lufttemperaturen, relative Luftfeuchtigkeit sowie die Strömungswerte in m/s. Ergänzend wurden im Tierbereich Messungen der Schadgaskonzentrationen durchgeführt.

3 Ergebnisse

Die Temperaturmessungen zeigten zwischen dem Tierbereich sowie der Zuluftansaugung starke Abweichungen. Die Maximaltemperatur im Bereich der Zuluft bei westseitiger Ansaugung betrug im Sommer 40,10 °C, wobei die höchst gemessene Temperatur im Kälberbereich bei 30,50 °C lag. Dies lässt darauf schließen, dass der Einsatz der Schlauchbelüftungsanlage bei Mittelwerten von 16,2 °C Hitzestress im Bestand deutlich minimieren kann. Das Reduktionspotenzial lag hier bei bis zu 9,6 Kelvin bei mittleren Strömungsgeschwindigkeiten von 1,98 m/s im Schlauch sowie 0,2 m/s im Tierbereich.

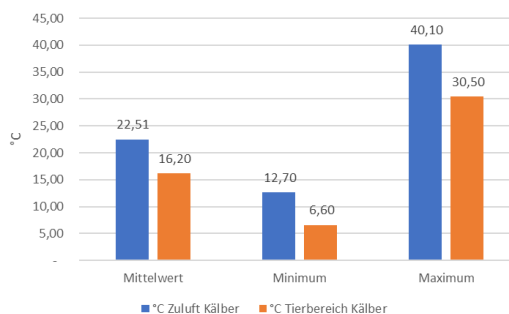


Abb. 2: Vergleich der Temperaturen im Zuluft- und Tierbereich der Kälber im Zeitraum 23.07.2022 bis 05.09.2022 (© I. Mösenbacher)

Fig. 2: Comparison of temperatures in the supply air and animal areas of calves in the period 23.07.2022 to 05.09.2022 (© I. Mösenbacher)

Vergleicht man die Temperaturen im jungviehseitigen Zuluftbereich, lagen aufgrund der ostseitigen Ansaugung sowohl Mittel-, Minimum- und Maximalwerte niedriger (Zuluft maximal 33,2 °C, Tierbereich maximal 30,0 °C und Mittel 16,2 °C). Bei den Temperaturmessungen in den Bereichen Zuluft und Tierbereich Kälber wurden während der Wintermessung sehr kalte Bedingungen erfasst. Die niedrigsten Temperaturen lagen im Bereich der Zuluft bei -13,1 °C (Kälber) bzw. -12,2 °C (Jungvieh), im Tierbereich ergaben sich Werte von -7,7 °C (Kälber) bzw. -11,4 °C (Jungvieh). Die gute Luftqualität wurde unterstrichen durch Schadgasgehalte von maximal 8 ppm Ammoniak sowie 822 ppm Kohlendioxid bei einer mittleren relativen Luftfeuchtigkeit von 60 bis 80 %. Mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s im Schlauch sowie 0,15 m/s im Tierbereich wurden aufgezeichnet, womit die Vorgaben von maximal 0,2 m/s Luftgeschwindigkeit im Tierbereich eingehalten werden konnten. Im Zuge eines Vor-Ort-Besuches wurden des Weiteren am 18.03.2023 zur Testung des Ionisators zusätzlich Keimmessungen mit einem AIR IDEAL® 3P® (bioMérieux SA, Lyon, Frankreich) durchgeführt (Schlauchaustrittsöffnung, Kälber- und Jungviehboxen). Die Keimmessung im Bereich des Jungviehs ohne Ionisator lag bei 29.000 Gesamtkeimen/m³, mit Ionisator betrug der Anteil 13.579 Gesamtkeime/m³, womit sich eine Reduktion um 53,17 Prozent ergab (Kälber -25 %).

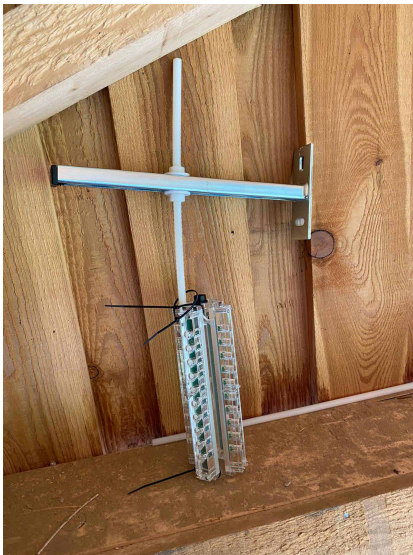


Abb. 3: Ionisationstechnik im vet.smart.tube (© J. Neumayer)
 Fig. 3: Ionisation technology in the vet.smart.tube (© J. Neumayer)

4 Diskussion

Neben der guten Wirksamkeit der Schlauchbelüftung in Bezug auf die Luftqualität sowie garantierten Zugluftfreiheit wurden auch Erkenntnisse in Bezug auf Temperatur- und Managementanforderungen von Jungtieren während kalter Jahreszeiten zutage gebracht. Die Bedingungen ergaben im Hinblick auf vorliegende Literatur sowie praktische Erfahrungen neue Blickpunkte in puncto Anpassungsfähigkeit von Kälbern. Ausschlaggebend ist in diesem Konnex das Management am Betrieb (ausreichende Kolostrumaufnahme nach Geburt, 1 x wöchentliches Entmisten und Einstreuen mit Nesting Score 3 sowie alle 3 Wochen Nassreinigung aller Buchten). Die Kälber wurden ad libitum getränkt (Tränkemenge 1. bis 3. LW: 14 bis 10 l/d; 3. bis 7. LW: 10 l/d; 8. bis 14. LW: 8 bis 6 l/d; 14. bis 16. LW: 6 bis 4 l/d). Im gesamten Erhebungszeitraum gab es bis auf ein einzelnes Kalb (Lungenentzündung) keine Auffälligkeiten betreffend die Gesundheit der Kälber.

Adäquate Handlungsanleitungen für den Einsatz von Schlauchbelüftungsanlagen wurden anlässlich dieser Messreihe sowie abschließend durch Erkenntnisse im Rahmen praktischer Betriebsbesuche erstellt, um neben einer Zugluftfreiheit beste Luftqualitäten sowie eine Funktionssicherheit garantieren zu können. Hohes Potential wird in Bezug auf suboptimale Haltungsumgebungen (Adaptierung von Altgebäuden) gesehen und so ergibt sich weiterführender Forschungsbedarf.

Literatur

- Gstöttinger, M. (2023): Schlauchlüftungen im Kälberstall. Fleckvieh Austria Magazin 5, S. 10/11
- Van Os, J.; Reuscher, K.; Dado-Senn, B.; Laporta, J. (2023): Thermal stress impacts on calf welfare. JDS Communications 17;5(3), pp. 253–258, doi: 10.3168/jdsc.2023-0443

Entwicklung und Bedarf von Ortungssystemen für Rinder auf der Weide

Development and need for tracking systems for cattle on pasture

JAN MAXA, DANIELA NICKLAS, JÖRG ROBERT, SIMON STEUER, TAMARA WIESEL,
STEFAN THURNER

Zusammenfassung

Im Gegensatz zur Stallhaltung von Rindern, wo bereits seit vielen Jahren Monitoringssysteme eingesetzt werden, basiert das Monitoring von Weidetieren derzeit hauptsächlich auf der GPS-Technologie. Für ein intensives Tiermonitoring wie im Stall ist diese Technologie jedoch weniger geeignet. Im Projekt „WeideInsight“ wird daher ein hybrides Ortungssystem mit Bluetooth Low Energy und Low-Power-Wide-Area-Network-Technologien für Rinder in kombinierter Stall- und Weidehaltung entwickelt. Darüber hinaus wurde im Rahmen einer Studie der aktuelle Einsatz und Bedarf von Ortungssystemen in Rinderhaltungsbetrieben mit Weidehaltung erhoben. Die Ergebnisse der befragten Betriebe zeigten, dass nur 2,5 % der Betriebe ein Ortungssystem für Rinder auf der Weide einsetzten, z.B. weil die Anschaffungskosten zu hoch sind oder weil es auf dem Markt kein geeignetes Ortungssystem für Rinder auf der Weide gibt.

Summary

In contrast to the barn, where monitoring systems for cattle have been used for many years, the monitoring of grazing animals is currently mainly based on GPS technology. However, this technology is less suitable for intensive animal monitoring such as in barns. The “WeideInsight” project is therefore developing a hybrid tracking system with Bluetooth Low Energy and Low Power Wide Area Network technologies for cattle in combined stable and pasture husbandry systems. In addition, a study was conducted to determine the current use and demand for tracking systems on cattle farms with pasture grazing. The results of the farms surveyed showed that only 2.5 % of farms used a tracking system for cattle on pasture, e. g. because the acquisition costs are too high or because there is no suitable tracking system for cattle on pasture on the market.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Ortung von Weidetieren basiert derzeit hauptsächlich auf der GPS-Technologie mit Datenübertragung über das Mobilfunknetz und wird bereits seit einigen Jahren in der Praxis eingesetzt. Aufgrund des hohen Stromverbrauchs für die Positionsbestimmung und Datenübertragung eignen sich diese Systeme insbesondere für weitläufige Weideflächen mit Junggrindern (Braunreiter et al. 2007), bei denen eine Positionsbestimmung mit niedriger Frequenz ausreicht (Maxa et al. 2015), jedoch weniger für Milchkühe, die auf intensiven Weideflächen grasen und regelmäßig im Stall gemolken werden. Derzeit fehlen jedoch in der Praxis Tierortungssysteme, die zuverlässig und mit hoher Frequenz Daten über den Standort der Tiere im Stall und auf der Weide liefern.

Im Projekt „WeideInsight“ wird daher in Zusammenarbeit von Forschung und Industrie ein kostengünstiges und energieeffizientes Ortungssystem für Rinder in kombinierter Stall- und Weidehaltung entwickelt und getestet. Darüber hinaus wurde der Bedarf an solchen Systemen für Rinderhaltungsbetriebe mit Weidehaltung untersucht.

2 Material und Methoden

2.1 Prinzip der hybriden Lokalisierung

Das Ortungssystem im Stall besteht aus Bluetooth-Tags, die in einem Gehäuse (Abb. 1) an den Halsbändern der Kühe befestigt wurden und Bluetooth-Low-Energy(BLE)-Beacons, die sich an bestimmten Positionen (z.B. tragende Stützen) auf einer Höhe von ca. 2,2 m im Stall befinden.

Die Lokalisierung auf der Weide basiert auf Low-Power-Wide-Area-Network(LPWAN)-Technologie und besteht aus mehreren LPWAN-Empfangsstationen, die den exakten Empfangszeitpunkt eines LPWAN-Signals messen, um den Standort des LPWAN-Senders, der an Weidetieren befestigt wird, zu bestimmen. Als Ortungsverfahren wird hierbei TDOA (Time Difference of Arrival) und Triangulation verwendet. Aufgrund der hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen ist für eine präzise Ortung im Bereich weniger Meter eine hochpräzise zeitliche Synchronisation der Empfangsstationen im Bereich weniger Nanosekunden notwendig.

2.2 Untersuchungen zum Einsatz von Ortungssystemen in der Rinderhaltung mit Weide

Parallel zur Entwicklung der neuen Ortungstechnologie wurde ein Fragenkatalog für eine deutschlandweite Online-Umfrage in der Software LimeSurvey erstellt und diese im Jahr 2023 durchgeführt. Das Fragenkatalog wurde in die Themenbereiche „Betriebsdaten“, „Rinder- und Weidehaltung“ und „Einsatz von Lokalisierungssystemen“ unterteilt. Ziel war es, den aktuellen Einsatz und Bedarf von Ortungssystemen bei Betrieben mit Rinderhaltung und Weide zu erfassen.



Abb. 1: Gehäuse des neu entwickelten Ortungssystems (links); LPWAN-Empfangsstation für die Lokalisierung der Rinder auf der Weide (rechts) (© J. Maxa)

Fig. 1: Housing of the newly developed tracking system (left); LPWAN receiving station for localising the cattle in the pasture (right) (© J. Maxa)

3 Ergebnisse

3.1 Hybride Lokalisierung

Aufgrund von Reflexionen an Stalleinrichtungen und Hindernissen sowie der Absorption durch den Kuhkörper und anderer Faktoren ist eine sehr genaue Lokalisierung, z.B. die genaue Position des Tieres in einer Liegebox, mit der BLE-Technik derzeit nicht möglich. Um die Positionsgenauigkeit des Lokalisierungssystems im Stall zu erhöhen, wird aktuell das Proximity-Verfahren mit dem nächstgelegenen Beacon und einem sogenannten Received-Signal-Strength Indicator(RSSI)-Filter von -50 dBm angewendet.

Nach der Installation des LPWAN-Systems zur Ortung auf der Weide sind Untersuchungen zur Funktionalität und Genauigkeit während der Weidesaison 2024 geplant.

3.1 Einsatz der Ortungssysteme in der Rinderhaltung mit Weide

Nach Durchführung der Befragung und anschließender Plausibilitätsprüfung wurden insgesamt 242 Betriebe, davon 46 % Haupterwerbs- und 54 % Nebenerwerbsbetriebe mit einem durchschnittlichen Rinderbestand von 67 Rindern in die Auswertung einbezogen. Bei den befragten Betrieben war die Umtriebsweide als Ganztagsweide mit einem Weidegang von 7 Monaten im Jahr am weitesten verbreitet. Weiterhin wurde festgestellt, dass separate Kontrollgänge zur Tierkontrolle auf der Weide (außerhalb der Melk- und Fütterungszeiten) in der Regel am häufigsten einmal täglich stattfanden. Nur 2,5 % der befragten Betriebe setzten ein Ortungssystem für Rinder auf der Weide ein, aber ca. 20 % der Betriebe hatten Interesse am Einsatz eines solchen Systems. Die hohen Anschaffungskosten sowie der Installationsaufwand und das Fehlen eines passenden Lokalisierungssystem für Rinder auf der Weide auf dem Markt waren Hemmnisse für den Einsatz in der Praxis.

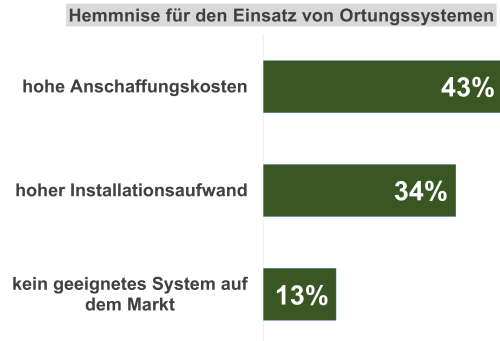


Abb. 2: Hemmnisse für den Einsatz von Ortungssystemen bei Rindern auf der Weide (242 befragte Betriebe) (© J. Maxa)

Fig. 2: Barriers to the use of tracking systems for cattle on pasture (242 farms surveyed) (© J. Maxa)

4 Ausblick

Im weiteren Projektverlauf sind noch Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Ortungssystem auf der Weide geplant. Neben der Genauigkeitsprüfung des Systems steht die Funktionalität der hybriden Lokalisierung im Vordergrund. Die neu entwickelte Technik der hybriden Lokalisierung kann dann in der Praxis aufgrund der geringeren Kosten und der höheren Energieeffizienz für bestimmte Haltungssysteme, wie z.B. das automatische Melksystem mit Weidehaltung, von Vorteil sein.

Literatur

- Braunreiter, C.; Rothmund, M.; Steinberger, G., Auernhammer, H. (2007): Einsatzpotenziale von GPS-Halsbändern für das alpine Weidemanagement. *Landtechnik* 62(2), S. 98–99
- Maxa J.; Thurner, S.; Wendl, G. (2015): Evaluation of different global navigation satellite tracking systems and analyses of movement patterns of cattle on alpine pastures. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, Special issue 2015: 18th World Congress of CIGR, pp. 326–335

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens (FKZ: 281C210F19) erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

3D-Visualisierung von Stallbauplänen unter Berücksichtigung der Kuh-Perspektive zur optimalen Gestaltung von Ställen

3D visualization of barn construction plans considering the cow's perspective for the optimal design of barns

THILO ASCHMUTAT, BENITO WEISE, RAMONA WULF, LISA BACHMANN

Zusammenfassung

Die 3D-Visualisierung von Stallkonzepten bzw. von Bauabschnitten soll entwickelt werden, um bereits im Planungsstadium Baufehler zu vermeiden. Besonderheit ist, dass das Objekt nicht nur aus Mensch-Perspektive, sondern auch aus Kuh-Perspektive interaktiv begehbar ist.

Die Grundlage zur digitalen Visualisierung sind die 2D-Grundrisse und -Ansichten im Genehmigungsstatus des „Milchviehstall der Zukunft“. Mithilfe von „Computer Aided Design“ und Game Engine werden die Zeichnungen in 3D-Modelle der virtuellen Welt übertragen. Zusätzliche Stalltechnik kann anschließend im Detail integriert werden. Der Stall ist nun aus menschlicher Perspektive interaktiv begehbar. Die Kuh-Perspektive in den virtuellen Stall zu integrieren, wird auf Basis der „Echemer Kuhbrille“ entwickelt. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der standortabhängigen sowie tages- und jahreszeitlichen Lichtverhältnisse im Stall und in einzelnen Bereichen, wie Abkalbebox oder Fressgänge, kann somit die 3D-Visualisierung dazu beitragen, alle Stallbereiche für Kühe nutzbar zu machen und das Wohlbefinden der eingestallten Tiere zu erhöhen.

Summary

The 3D visualization of barn concepts and construction phases is to be developed in order to avoid construction errors at the planning stage. A special feature is that the barn can be interactively viewed not only from a human perspective, but also from a cow's perspective.

The basis for the digital visualization is the 2D floor plans and views in the approval status of the „Dairy barn of the future“. With the help of computer-aided design and game logic, the drawings are transferred into 3D models of the virtual world. Additional barn technology can then be integrated in detail. The barn is now accessible from a human perspective. Integrating the cow's perspective into the virtual barn is developed on the basis of the „Echem cow glasses“. Further conditions, such as location-, day- and season-dependent lighting conditions, can also be visualized in the barn and in individual areas, such as the calving box or feeding alleys. These findings in the 3D visualization can help to make all areas of the barn usable for cows and increase the well-being of the animals housed there.

1 Einleitung und Zielsetzung

Um eine langfristig positive Wirkung von Investitionen in neue Ställe auf das Betriebsergebnis von Milchviehhaltern zu erreichen, ist eine Bauplanung ohne Baufehler notwendig. Jedoch liefern Bauzeichnungen nur eine unzureichende Veranschaulichung, um auch standortabhängige Umweltbedingungen, wie Sonneneinstrahlung, hinreichend gut zu berücksichtigen.

Die digitale Visualisierung kann helfen, Baufehler bereits im Planungsstadium von Stallkonzepten bzw. von Bauabschnitten zu vermeiden. Darüber hinaus bietet die Berücksichtigung der Sinneswahrnehmung der Kuh die Möglichkeit, Ställe optimal für Kühe zu gestalten. Das Ziel dieses Projektes bestand darin, Baupläne des „Milchviehstall der Zukunft“ aus dem Projekt „Innovationen für gesunde und ‚glückliche‘ Kühe“ (Stallkonzept siehe Beitrag „Milchviehstall der Zukunft“) im Genehmigungsverfahren aus Mensch- und Kuh-Perspektive unter Berücksichtigung der Lichtverhältnisse interaktiv zu visualisieren.

2 Stallbaupläne virtuell begehbar machen

Die digitale Visualisierung von Stallbauplänen macht den Stall bereits vor der Bauausführung im Planungsstadium begehbar. Somit ist es möglich, sich im geplanten Objekt nicht nur aus Mensch-Perspektive virtuell zu bewegen, sondern auch aus Kuh-Perspektive. Planungsfehler, die die Arbeitswirtschaftlichkeit und das Tierwohl negativ beeinflussen, werden sichtbar und können behoben werden, bevor der Stall in Beton gegossen wird.

Der Workflow zur digitalen Visualisierung von Bauplanungen umfasst folgende Arbeitsschritte (Abb. 1): Die Idee zum Stallkonzept und zu den Standortbedingungen werden vom Bauherrn initiiert und vorgegeben. Das Stallkonzept wird in 2D-Grundrissen und -Ansichten im Genehmigungsstatus vom Bauplaner im „Computer Aided Design“ (CAD) umgesetzt. Architekturvisualisierer nutzen 3D-Modellierprogramme, um die zweidimensionalen Zeichnungen in die Ebenen und Volumen zu heben. Das entstandene 3D-Modell wird anschließend mit einem Computerspielprogramm (Game Engine) in eine virtuelle Welt übertragen. Über die herkömmlichen Visualisierungen als Bild (stehend) oder Animationsfilm (festgelegte Kamerafahrt) hinausgehend kann das Planungsobjekt interaktiv begangen werden (ähnlich eines First-Person-Computerspiels). Zusätzliche Assets (Bestandteile) des Stalls, wie beispielsweise das Fabrikat des gewählten automatischen Melksystems, können im Detail integriert werden. Somit ist es möglich, auch Oberflächenbeschaffenheiten zu simulieren. Aus menschlicher Perspektive können sich Bauherr und Planer anschließend interaktiv durch den Stall bewegen.

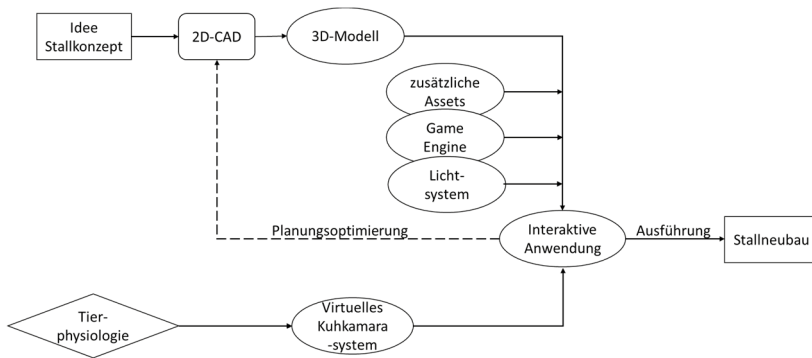


Abb. 1: Workflow zur digitalen Visualisierung von Bauplanungen unter Beteiligung vom Landwirt (□), Bauplaner (□), Architekturvisualisierer (○) und Wissenschaft (◇) (© R. Wulf)

Fig. 1: Workflow for digital visualization of construction plans with participation of farmers (□), construction planners (□), architecture visualizer (○) and science (◇) (© R. Wulf)

Die Kuh-Perspektive in den virtuellen Stall zu integrieren, baut auf der „Echemer Kuhbrille“ auf, die wissenschaftliche Erkenntnisse zur Sinneswahrnehmung von Rindern als Fluchttiere nutzt, um Tierhaltern mehr Verständnis für die Wahrnehmung und das natürliche Verhalten von Rindern zu vermitteln. Derzeit ist es möglich, das 330°-Sehfeld von Rindern in Echtzeit bildlich darzustellen (Abb. 2).

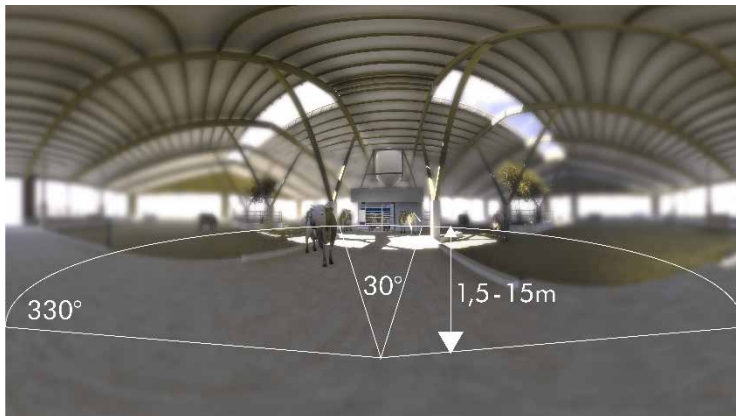


Abb. 2: 330°-Sichtfeld der Kuh (© Homebase2)

Fig. 2: 330° cow's field of vision (© Homebase2)

3 Optimierung der Lichtverhältnisse im Stall

Die Lichtverhältnisse im Stall werden u. a. durch die Jahreszeit, Dachkonstruktionsplanungen und Anordnung der Lampen beeinflusst. Jedoch ist auch die Sinneswahrnehmung von Menschen und Rindern unterschiedlich. So ist die Anpassung an veränderte Lichtverhältnisse bei Kühen 5-mal langsamer als beim Menschen. Hinzu kommt, dass Kontraste und Reflexionen von Kühen stärker wahrgenommen werden. Der jahreszeitlich bedingte Sonnenstand im Sommer bzw. Winter führt somit zu unterschiedlichen Lichtverhältnissen im Stall. Starker Lichteinfall mit hoher Strahlungswärme, der im Winter nicht vorhanden ist, kann im Sommer dazu führen, dass Kühe Stallbereiche nicht aufsuchen (Uzal Seyfi 2013). Die nutzbare Fläche, wie beispielsweise zum Fressen, wird kleiner als ursprünglich geplant.

Gegenwärtig kann die digitale Visualisierung folgende Punkte zur Optimierung der Lichtverhältnisse im Stall berücksichtigen:

- Oberflächenmaterial, wie z. B. Metall
- Sonnenlichtentwicklung nach tatsächlichen Koordinaten und Himmelsausrichtung für jeden Tag im Jahr: Sonnenstände, Schattenwurf, Veränderungen der Lichtsituation, z. B. an den Tagen der Uhrenumstellung
- Platzierung künstlicher Lichtquellen mit tatsächlichen Lichtschatten
- Hell-Dunkel-Adaptation von Rindern

Die Lichtsimulation im Planungsobjekt kann mittels Menüführung interaktiv über den Tages- und Jahreslauf gesteuert werden. Die Kenntnis und Veranschaulichung der standortabhängigen Lichtverhältnisse im Stall und in einzelnen Bereichen, wie Abkalbebox oder Fressgänge, im Bauplanungsstadium kann dazu beitragen, alle Stallbereiche für Kühe nutzbar zu machen und das Wohlbefinden der eingestellten Tiere zu erhöhen.

4 Ausblick

Die digitale Visualisierung von Stallbauplänen unter Berücksichtigung der Sinneswahrnehmung der Kuh wird zum ersten Mal nachgebildet. Noch befindet sich die 3D-Visualisierung in der Entwicklungsphase. Angestrebt wird, dass man am Ende wie bei einem Ampelsystem automatisch angezeigt bekommt, wo die kritischen Stellen im Stall sind: Grün bedeutet dann, dass alles in Ordnung ist. Rot zeigt, dass es in diesem Bereich zu Problemen hinsichtlich Nutzung und Tierwohl kommen kann, zum Beispiel bei starkem Lichteinfall.

Literatur

Uzal Seyfi, S. (2013): Hourly and seasonal variations in the area preferences of dairy cows in freestall housing. Journal of Dairy Science 96(2), pp. 906–917, <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5618>

Danksagung/Förderhinweis

Wir bedanken uns bei allen Projektbeteiligten des IGG-Projektes für die Unterstützung zur Entwicklung des Konzepts „Milchviehstall der Zukunft“. Weiterhin gilt unser Dank Baukonzept Neubrandenburg GmbH für die bauplanerische Umsetzung des Stallkonzepts.

Das Vorhaben wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen: 28N303901.

„Netzwerk Fokus Tierwohl“ – geballte Strahlkraft für den Wissenstransfer in die Praxis

“Network Focus Animal Welfare” – concentrated radiance for the transfer of knowledge into practice

KATJA BRASE, CAROLINE LEUBNER, KATJA KULKE, IMKE ALBERS

Zusammenfassung

Das bundesweite „Netzwerk Fokus Tierwohl“ hat sich zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zum Thema Tierwohl, Nachhaltigkeit und Umweltschutz in der landwirtschaftlichen Praxis zu verbessern. Zudem wird die Vernetzung zwischen Experten und Landwirten gefördert. Das Netzwerk besteht aus 17 Partnern.

Drei Tierwohl-Kompetenzzentren (TWZ) wurden eingerichtet, um Betriebe im Hinblick auf eine tiergerechte, umweltschonende und nachhaltige Tierhaltung zu unterstützen. Die TWZ Rind, Schwein und Geflügel bündeln, bewerten und vermitteln zielgruppenspezifische Fachinformationen. Zusätzlich wurden in den Bundesländern Tierwohl-Multiplikatoren als lokale Wissensvermittler eingesetzt. Sie bieten Veranstaltungen für Nutztierhaltende und die interessierte Öffentlichkeit in den Bundesländern an. Auf der Projektwebsite (www.fokus-tierwohl.de) werden die Ergebnisse und Veranstaltungen veröffentlicht.

Summary

The nationwide „Network Focus Animal Welfare“ aims to improve the transfer of knowledge on the topic of animal welfare, taking sustainability and environmental protection in agricultural practice into account. It has also the task of promoting networking between experts and farmers. The network consists of 17 partners.

Three Animal Welfare Competence Centers (AWCC) have been set up to support farms with regard to animal-friendly, environmentally friendly and sustainable animal husbandry. The AWCC cattle, pig and poultry bundle, evaluate and communicate specialist information for specific target groups. Animal welfare multipliers were established in the federal states as local knowledge brokers. They offer events for livestock farmers and the interested public in the federal states. The results and events are published on the project website (www.fokus-tierwohl.de).

1 Einleitung und Zielsetzung

Das seit Ende 2019 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderte Projekt „Netzwerk Fokus Tierwohl“ hat das Ziel, den Wissenstransfer zu dem Thema Tierwohl unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit und des Umweltschutzes in die landwirtschaftliche Praxis zu verbessern. Darüber hinaus hat es die Aufgabe, die Vernetzung zwischen Experten und Landwirten zu fördern. Fachspezifisches Wissen wird gebündelt und frei verfügbar bereitgestellt, ein Erfahrungsaustausch zwischen Praktikern, Wissenschaftlern, Beratenden und anderen Gruppen organisiert und damit die Wissensvernetzung innerhalb der Branche ermöglicht und gefördert. Die Tierwohl-Kompetenzzentren (TWZ) für die Tierarten Rind, Schwein und Geflügel tragen durch das Angebot von Wissenstransferveranstaltungen und die ausgearbeiteten, abgestimmten Fachbeiträge zur Förderung des Tierwohls auf den landwirtschaftlichen Betrieben bei. Sie unterstützen bei der Weiterentwicklung einer umweltschonenderen und nachhaltigeren Nutztierhaltung. Ein kontinuierlicher Austausch mit der Praxis ist dabei wesentlicher Bestandteil.

2 Material und Methoden

In zahlreichen Projekten und Vorhaben rund um die Grundlagen- und angewandte Forschung wurde in den letzten Jahren eine Vielzahl von Ergebnissen erarbeitet. Diese umfassenden Ausarbeitungen im Bereich Rind, Schwein und Geflügel sind mitunter nicht leicht abrufbar und weisen nur einen verhältnismäßig geringen Verbreitungs- und Bekanntheitsgrad in der landwirtschaftlichen Praxis auf. Daher schlossen sich im Mai 2020 die Landesdienststellen (Landwirtschaftskammern und Landesanstalten) aller Bundesländer mit der DLG e.V. und dem FiBL Deutschland e.V. unter Koordination des Verbands der Landwirtschaftskammern e.V. zusammen, um im Rahmen von Netzwerk Fokus Tierwohl bereits vorhandene Ergebnisse zu bündeln, bundesweit abzustimmen, aufzubereiten und über vielfältige Kanäle an verschiedene Zielgruppen zu kommunizieren. Das Netzwerk Fokus Tierwohl soll somit die Schnittstelle zwischen Forschung, Beratung und landwirtschaftlicher Praxis bilden und fachspezifische Informationen mithilfe einer strukturierten Wissensvernetzung verbreiten.

Zu Beginn der Projektlaufzeit wurden drei Expertenbeiräte für die Tierarten Rind, Schwein und Geflügel einberufen. Diese setzen sich aus Vertretern der Wissenschaft, den Landesdienststellen, der Praxis – vertreten durch Landwirte –, den Dachverbänden sowie Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette zusammen. Eine zentrale Aufgabe der Gremien ist die Formulierung von Schwerpunktthemen, die den Rahmen für die Arbeit im Bereich Rind, Schwein und Geflügel setzen. Die Expertenbeiräte erarbeiten umfangreiche Themenlisten, die als Grundlage für die unterschiedlichen Angebote des Wissenstransfers dienen.

Zudem werden die Themen herangezogen, um Arbeitsgruppen (AG) zu etablieren. Diese bestanden aus Experten der landwirtschaftlichen Institutionen, Mitarbeitenden

landwirtschaftlicher Betriebe, Beratern und Vertretern der Wissenschaft und Wirtschaft. Die Aufgabe der AG-Mitglieder besteht darin, durch ihr eigenes Fachwissen wissenschaftliche Ergebnisse und Praxiserkenntnisse zu bewerten, zu gewichten, zu bündeln und durch eigene Fachexpertise zu ergänzen. Die Ergebnisse der jeweiligen AG werden für den Wissenstransfer in die landwirtschaftliche Praxis konzipiert. Das Wissen ist dabei von Projektmitarbeitenden zielgruppengerecht aufbereitet und auf der Projektwebsite (www.fokus-tierwohl.de) veröffentlicht. Zusätzlich werden die entstandenen Fachinformationen durch Mitarbeitende in den einzelnen Bundesländern, den Tierwohlmultiplikatoren (TWM), verbreitet.

Die zweite Säule des Wissenstransfers bilden neben der Veröffentlichung von Fachinformationen auf der Projektwebsite die Wissenstransferveranstaltungen. Entsprechend der regionalen Strukturen und Bedarfe bieten die TWM kostenfreie Fortbildungsveranstaltungen in Form von Schulungen, Workshops, Seminaren, Vortragsveranstaltungen als auch Betriebsbesuchen zu den von den Expertenbeiräten benannten Schwerpunktthemen für die landwirtschaftliche Praxis und weiteren Zielgruppen an. Damit realisieren die TWM in den Bundesländern mit Experten aus Wissenschaft und Praxis den effektiven Wissenstransfer an die Teilnehmer. Dabei bringen diese erfahrenen und in der Praxis anerkannten Experten nicht nur vertiefende fachliche Informationen über ihr Expertenwissen, sondern insbesondere gewachsene Kontakte und Netzwerke – und damit die persönliche Verankerung mit der Praxis – in die Umsetzung des Projekts ein.

Ein weiterer Bestandteil des Netzwerk Fokus Tierwohl sind die Impulsbetriebe Tierwohl (Rind, Schwein und Geflügel), die sich bundesweit in regelmäßigen Treffen untereinander vernetzen. Zudem bringen die Impulsbetriebe ihr Wissen und ihre Expertise durch die Mitarbeit in den Expertenbeiräten und den AG sowie durch die Beteiligung bei der Erstellung medialen Fachinformationen in das Projekt mit ein.

3 Ergebnisse

Das Netzwerk Fokus Tierwohl hat mit einer Vielzahl von Veranstaltungen und dem Wissenstransfer über unterschiedlichste Formate viele Teilnehmende erreicht. Zudem fördert das Netzwerk die Verbreitung von Ergebnissen und Erkenntnissen verschiedener Forschungs- und Wissenstransferprojekte (z. B. MuD Tierschutz, EIP-Agri), die wichtige Aspekte zu den Themen Tierwohl und Nachhaltigkeit in der Haltung von Rindern, Schweinen und Geflügel bearbeiten.

In der nachfolgenden tabellarischen Übersicht sind die Ergebnisse des Wissenstransfers aufgeführt.

Tab. 1: Übersicht des Wissenstransfers in der ersten Förderperiode (Mai 2020 bis Dezember 2023)
 Tab. 1: Overview of knowledge transfer in the first period (may 2020 to december 2023)

Format des Wissenstransfers	Beschreibung (Stand 31.12.2023)
Veranstaltungen	Es wurden 1.318 Veranstaltungen mit insgesamt 71.573 Teilnehmenden durchgeführt. Insgesamt wurden 1.117 verschiedene Referenten von 507 verschiedenen Organisationen für die Vortragsveranstaltungen verwendet.
Website	Die Projektwebsite • hatte 403.670 Seitenaufrufe • verzeichnete in der Google Suche 1,25 Mio. Impressionen (d.h. Erscheinen der Seite auf dem Bildschirm der Nutzer) • erreicht bei Google eine durchschnittliche Positionierung der Suchanfragen unter den Top 20 • erscheint auf 75 Seiten auf Platz 1 bei Suchanfragen
Podcasts	Es wurden 12 Podcast-Episoden zu verschiedenen Themen der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung erstellt. Der Podcast ist über gängige Abonnement-Dienste (Spotify, Deezer) abrufbar. Die Podcast-Episoden wurden 31.605-mal aufgerufen.
Videos	37 Fachvideos wurden erstellt und auf dem YouTube-Kanal des Netzwerks Fokus Tierwohl veröffentlicht. Es konnten 35.835 Abrufe verzeichnet werden. Zusätzlich wurden 109 Kurzclips erstellt, die in verschiedenen Online-Artikeln redaktionell verwendet wurden.
Vodcasts	Insgesamt wurden 5 Vodcasts zu verschiedenen Themen aus dem Schweine- und Geflügelbereich erstellt.
Artikel/Fachbeiträge/Veranstaltungsberichte	Die fachlichen Beiträge aus den tierartspezifischen Arbeitsgruppen, aus sonstigen Förderprojekten sowie aus Veranstaltungsberichten der Bundesländer werden auf der Website zur Verfügung gestellt. • Rind: 58 Beiträge • Schwein: 57 Beiträge • Geflügel: 70 Beiträge
Leitfäden/Broschüren/Checklisten	Es wurden 4 Leitfäden, 2 Broschüren und 4 Checklisten (Rind/Schwein/Geflügel) als Printformat erarbeitet und veröffentlicht
Umfragen	Es wurden im Schweine- sowie im Rinderbereich je zwei Praktiker-Umfragen erstellt.
Soziale Medien	Bekanntmachung des Netzwerks und Verbreitung der Fachinformationen (Instagram, Twitter, Facebook)

4 Ausblick

Die erste Förderperiode wurde im Dezember 2023 abgeschlossen. Derzeit setzt das Netzwerk seine Arbeit im Zuge einer zweiten Förderperiode mit einem erweiterten Themenspektrum bis Ende 2026 fort. Unter anderem werden Themen wie die Wechselwirkungen von Tierwohl mit dem Klimaschutz, Emissionen und Energieeffizienz sowie die Ressourcenschonung, Nachhaltigkeit und Biodiversität vermehrt in die Arbeit integriert. Seit 2024 werden zudem Informationen zu den Tierarten Schaf, Ziege, Pferd und Neuweltkameliden transferiert. Die Zusammenarbeit mit Verbänden und Beratungsinstitutionen

und bestehenden MuD-Tierschutz-Projekten ist dabei unabdingbar. Eine Verstetigung über die Projektzeit hinaus wird angestrebt.

Förderhinweis

Das Netzwerk Fokus Tierwohl ist eingebettet in das Bundesprogramm Nutztierhaltung. Mit der Projektträgerschaft hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) beauftragt.

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung



Automated data gathering and dataflows in German livestock farming

Automatisierte Datenerfassung und Datenflüsse in der deutschen Nutztierhaltung

ANDRII BESIEDA, MARTIN KRAFT, ABU SHAFIULLAH, ARNE ORTLAND, OLAF KATENKAMP

Summary

The current analysis investigates the dataflows in livestock sector, using the example of broiler fattening, pig fattening and dairy cattle farming value chains in Germany. The data for the analysis was gathered using a standardized and anonymized online survey. Apart from the descriptive analyses, the correlation analyses and regression modelling with help of binomial GLM were applied. The results include the list of data positions that are gathered by the producers in the mentioned sectors, along with the way of gathering (automated/mostly automated/manual/no gathering), as well as the respective stakeholders with whom these data are shared and investigates the factors influencing the data gathering automation. Further, the analysis describes the dataflows associated with business-to-government data exchange, with regard to the forms and transfer methods as well as their amount and assesses the factors influencing the respective administrative burdens. Finally, an outlook is given with regard to the potentials of digital documentation and transfer of data as well as usage of sensor data to close the existing gaps with regard to data exchange between the producers and controlling institutions. Among other, the analysis results have shown that the companies in dairy cattle farming usually have a higher amount of automated gathered data compared to broiler and pig fattening, while the major company specialization stands as a pivotal factor, exerting the most significant influence on the adoption of automated data gathering, which, in its turn, usually results in a lower time requirement for business-to-government data exchange.

Zusammenfassung

Die vorliegende Analyse untersucht die Datenflüsse in der Tierhaltung am Beispiel der Wertschöpfungsketten Hühnermast, Schweinemast und Milchviehhaltung in Deutschland. Die Daten für die Analyse wurden mit einer standardisierten und anonymisierten Online-Umfrage erhoben. Neben den deskriptiven Analysen wurden Korrelationsanalysen und Regressionsmodellierung mithilfe des binomialen GLM angewendet. Die Ergebnisse umfassen die Liste der Datenpositionen, die von den Erzeugern in den genannten Sektoren erhoben werden, zusammen mit der Art der Erhebung (überwiegend automatisiert/teilautomatisiert/manuell/keine Erhebung) sowie den jeweiligen Stakeholdern, mit denen diese Daten geteilt werden, und untersucht die Faktoren, die die Automatisierung

der Datenerfassung beeinflussen. Darüber hinaus beschreibt die Analyse die mit dem Datenaustausch zwischen Unternehmen und Behörden verbundenen Datenflüsse hinsichtlich der Formen und Übertragungsmethoden sowie deren Menge und bewertet die Faktoren, die den jeweiligen Verwaltungsaufwand beeinflussen. Abschließend wird ein Ausblick auf die Potenziale der digitalen Dokumentation und Übertragung von Daten sowie der Nutzung von Sensordaten gegeben, um die bestehenden Lücken im Hinblick auf den Datenaustausch zwischen Erzeugern und Kontrollinstitutionen zu schließen. Die Analyseergebnisse haben unter anderem gezeigt, dass Unternehmen in der Milchviehhaltung im Vergleich zu Unternehmen in der Hühner- und Schweinemast meist über eine größere Menge an automatisiert erfassten Daten verfügen. In diesem Zusammenhang erwies sich die Spezialisierung des Unternehmens als entscheidender Faktor, der den größten Einfluss auf die Einführung der automatisierten Datenerfassung ausübt, was wiederum im Allgemeinen zu einem geringeren Zeitaufwand für den Datenaustausch zwischen Unternehmen und Behörden führt.

1 Introduction and objectives

The aim of the current analysis is to investigate the character of dataflows in agricultural and food industry using the examples of broiler fattening, pig fattening and dairy cattle farming value chains in Germany. The analysis comprises the assessment of existing and missing data and dataflows, identification of major stakeholders in terms of data exchange, as well as an investigation of the major factors influencing the degree of automation and administrative burdens. State agencies represent one of the major type of stakeholders with whom large portions of data are exchanged, due to reporting and other administrative obligations. With regard to business-to-government data exchange, sector-specific transactions are analysed by quantifying the amount and time consumption of required transactions and by identifying available transaction channels. Factors that influence the efficiency of such data exchange are assessed, and finally, a general outlook is given on the improvement potential that digital documentation and usage of sensor data offer in terms of time and resource efficiency for agricultural producers and control institutions.

2 Materials and methods

Data collection for the analyses was conducted using a standardized and anonymized online survey. The survey took place in two rounds: from February until August 2022 and from June until September 2023 throughout Germany. The target group for the survey were the producers in animal husbandry within the value chains broiler and pig fattening, as well as dairy cattle farming. The survey consisted of two parts, where the participants were invited to answer both or any of two parts. The first part of the survey investigated the farms' operational data collected, i.e. the kinds of data that might

be gathered during the production cycle. Survey participants were asked to indicate whether these data are collected in their farm, along with the type of data collection – manual, semi- or fully-automated collection, and with which stakeholders they share these data. The second part of the survey was related to legally required data exchange with state agencies and comprised three sections: section 1 – data exchange with state agencies (forms and transfer methods for the data exchange between the producers and related government agencies, along with time expenditure and frequency), section 2 – state on-site inspections (with regard to the government agency, time and frequency), and section 3 – channels and costs of gathering information on legal requirements for data exchange with state agencies, participation in training and advisory service with regard to reporting obligations (with regard to required time and cost).

For the preparation of the survey, the list of data kinds was obtained and logically grouped through analysing farm management and control software systems like “Big-FarmNet” from Big Dutchman AG (BigDutchmanAG 2018) and “NETRINDmlp” from VIT – United information systems animal husbandry (VIT 2023). The list of data kinds was specific to each of the three value chains. Together with the list of stakeholders, it was adjusted in consultation with value chain experts from research and practice during the survey preparation and pre-test phase. Major laws regulating the production activity in each of three value chains and resulting in data exchange with state agencies were identified by qualitative interviews with market experts in the relevant fields and by using the local regulatory information system resources of Lower Saxony (NI-VORIS). The list of reports and other forms of data exchange between the producers and state agencies, resulting from legislative requirements, as well as appropriate channels of data transfer were collected by a detailed analysis of these laws and regulations. For the current analyses, only regulated business-to-government data flows, that are specific to agricultural production were considered, while general transactions, for example with regard to income taxes or customs procedures, were omitted. The extend of influence of the factors affecting the degree of automation was assessed with help of bivariate correlation analyses followed by multivariate analysis using binomial Generalized Linear Model (GLM). Two models based on binomial GLM were developed, where the dependent variables were expressed in terms of the number of data positions (count) falling into one of two categories with respect to data collection method: MGD - manually collected data (0) or AGD - automated collected data (1) and MGD - manually collected data (0) or MAGD - mostly automated collected data (incl. transfer into a software as FMIS – Farm Management and Information System) (1), assuming binomial distribution.

3 Results and discussion

A large portion of the data (almost 50 % for broiler fattening, over 60 % for pig fattening and around 40 % for dairy cattle farming) is gathered manually (Fig. 1). Compared to the other two value chains, dairy cattle farming shows the highest degree of automation. In broiler and pig fattening, the highest automation degree of data recording applies to

barn climate, drinking water consumption, feed consumption, live weight/daily gain, and outdoor climate. In dairy farming, automated data recording applies predominantly to stocking density, milk quality data, milk performance data, facilities' operating data, and master data. On the other side, data items that are mostly manually recorded are animal losses, vaccinations/medicinal treatments, feed data, and drinking water quality in broiler and pig fattening, and drinking water quality, market information, treatment data, and breeding values in dairy cattle farming. A number of data positions, usually available during the production cycle in the respective value chains, might not always be gathered by the producing companies. The amount of such data positions is the highest in pig fattening, where they include first of all drinking water consumption, animal activity, outdoor climate, facilities' operating data and data about self-produced feed belong. In broiler fattening to the non-gathered data positions belong first of all market data, self-produced feed data and administrative data, and in dairy cattle farming – facilities' operating data, barn climate data, market data and stock density.

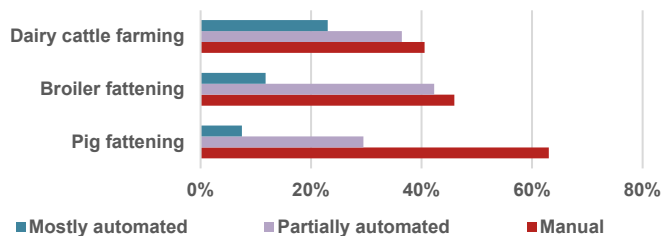


Fig. 1: The type of data collection (share of data positions collected on average) (© Thünen-Institut)

Abb. 1: Art der Datenerhebung (Anteil der durchschnittlich erhobenen Datenpositionen)

(© Thünen-Institut)

Larger companies are gathering more data, what mostly holds for all three value chains. The automated data collection has also shown to be associated with lower time requirement for the fulfilment of data exchange obligations in broiler fattening and dairy cattle farming. With regard to the degree of automation, as shown in Figure 2, the company's major specialization in the respective field has the highest influence on the amount of automated or mostly automated gathered data. Also, the level of education, working experience, the number of production certificates and the number of animals (alone and in interaction with the number of employees) positively influence the adoption of automated data gathering practices, while age has a negative effect.

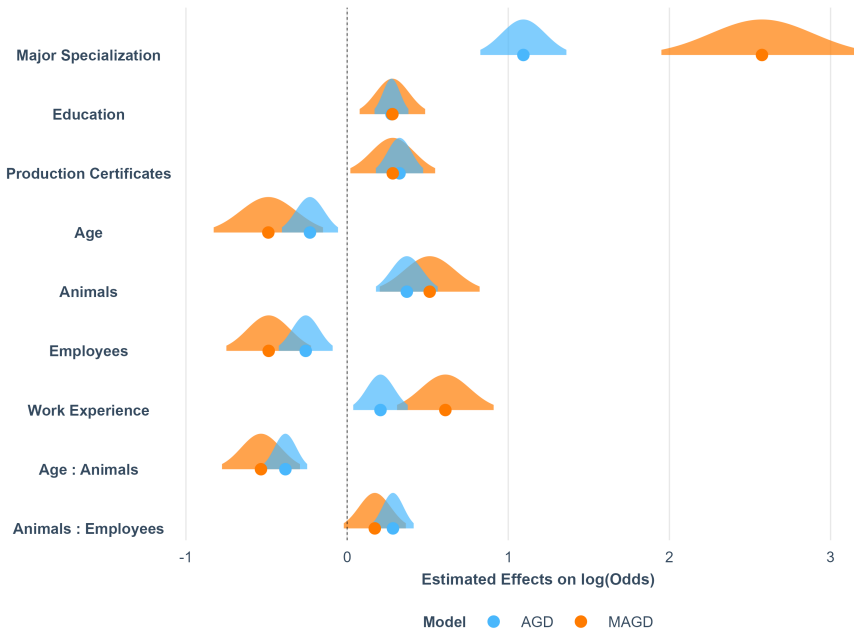


Fig. 2: Estimated effects of influencing factors on the log-odds (likelihood) of automation in broiler fattening (AGD = all data with automated gathering; MAGD = mostly automated gathered data, incl. transfer into FMIS system) (© Thünen-Institut)

Abb. 2: Geschätzte Auswirkungen der Einflussfaktoren auf die Log-odds (Wahrscheinlichkeit) der Automatisierung in der Hähnchenmast (AGD = alle Daten mit automatisierter Erfassung; MAGD = überwiegend automatisiert erfasste Daten, inkl. Übertragung in das FMIS-System) (© Thünen-Institut)

Government agencies, veterinarians, followed by quality control in broiler fattening as well as pig fattening and by dairy quality management (QM) in dairy cattle farming, are the main stakeholders with whom the producers in the mentioned value chains are sharing data. About half of the data shared with the key stakeholders in the broiler and pig fattening industry is collected automatically. In dairy farming, the number of automated recorded items almost twice as high as that of manually recorded data.

Nine major laws are mostly regulating data exchange with state agencies in broiler fattening, pig fattening and dairy cattle farming value chains in Germany (German – Tierschutzgesetz, Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, Tierschutztransportverordnung, Tierhalter-Arzneimittelanwendungs- und Nachweisverordnung, Tiergesundheitsgesetz, Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch, Viehverkehrsverordnung, Tierkörperbeseitigungsgesetz, Düngegesetz). Such data exchange takes place with five industry-specific state agencies (German – Tierseuchenkasse, Veterinäramt, Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit – LAVES, Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere – HIT, Tierarzneimittel Datenbank - TAM).

The most often used form of data exchange, fulfilling legal requirements, is still paper form, especially in broiler fattening and dairy cattle farming. That is first of all the

case for data exchange with state veterinary office for all three value chains. The most widely applied data transmission methods include first of all keeping the records for control during an on-site inspection, also postal delivery is often used. Web-interfaces are available only for part of the governmental agencies, namely Veterinary Drugs Database (TAM), Traceability and Information System for Animals (HIT) (HI-Tier 2023) and Animal Disease Service (NDSTSK 2024), but usually not available at State Veterinary Office and State Office for Consumer Protection and Food Safety.

For the example of barn climate data, the reports like “Bestandsbuch” for constant data and “Stallbuch” for variable data represent the examples of reporting to state agencies (veterinary service), where currently paper form of reporting is still applied and on-site inspections are required (NDSTSK 2024), although such forms of control often lack accuracy and are time-consuming. At the same time, with regard to the constant data, digital documentation and transmission of the production facilities’ test results (annual testing by manufacturers and daily testing by operators) offer potential advantages in terms of time and resource efficiency for agricultural producers and control institutions. The variable data with regard to barn climate is currently checked by the control institutions only occasionally, representing a picture at particular timepoint, therefore the consumer- as well as animal welfare interest groups might be uncertain if the production process always follows the legally prescribed standards. These concerns could be addressed by using the data continuously collected with help of sensors and stored in farm management and information systems databases. In this regard, the readiness of agricultural producers to share these data should be addressed in terms of promoting trust and compliance with government institutions and control measures, while the regulatory standards should clearly outline the procedures as well as consequences of non-compliance, indicate tolerance levels and offer rather analytical and consultative measures.

References

- BigDutchmanAG (2018): BigFarmNet. <https://www.bigfarmnet.com/portal/portal-de.html>
- HI-Tier (2023): Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere. <https://www.hi-tier.de/>, accessed 18.06.2024
- NDSTSK (2024). Niedersächsische Tierseuchenkasse - Meldepflicht. <https://www.ndstsk.de/uebersicht/meldepflicht>, accessed 18.06.2024
- NI-VORIS (2024): Lower Saxony Regulations Information System (Niedersächsisches Vorschrifteninformationssystem: NI-VORIS). <https://www.nds-voris.de>, accessed 18.06.2024
- VIT (2023): NETRINDmlp. Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. <https://www.vit.de/vit-fuers-tier/vit-fuers-rind/milchleistungspruefung/unsere-produkte/netrindmlp>, accessed 18.06.2024

Acknowledgement

The project “Zukunftslabor Agrar“ is funded by the Ministry for Science and Culture of Lower Saxony and by the Volkswagen Foundation.

BarnRobot Event: Demonstration von „Autonomen Adaptiven Agrarsystemen“ in der Milchviehhaltung

BarnRobot Event: demonstration of “Autonomous Adaptive Agricultural Systems” in dairy farming

JOHANNA AHMANN, MARIA TRILLING, ANDREAS PELZER, WOLFGANG BÜSCHER

Zusammenfassung

Durch den Strukturwandel werden in immer weniger Milchviehbetrieben immer mehr Tiere gehalten, ohne dass die Betreuungsressourcen in gleichem Maße mitwachsen. Neue Strategien sind notwendig, um in der deutschen Milchviehhaltung weiterhin effizient und nachhaltig zu produzieren. Die Nutzung von „Autonomen Adaptiven Agrarsystemen“ stellt eine mögliche Strategie dar. Die bereits auf dem Markt befindlichen Systeme sollen im Rahmen eines regelmäßig stattfindenden BarnRobot Events mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten präsentiert werden. Dieser Beitrag beschreibt das Konzept des Events. Die Events richten sich sowohl an Personen aus der Praxis, der Beratung und an Firmen sowie an Personen aus Forschung und Wissenschaft. Im Jahr 2022 fanden erstmals zwei Events (Düsser Milchviehtage und EuroTier) mit Laufflächenreinigungsrobotern statt, welche positive Rückmeldungen von Teilnehmenden und Anbietern erfuhren. Landwirtinnen und Landwirte und Beratende konnten Fragen direkt an Mitarbeitende des jeweiligen Anbieters richten und so feststellen, welches System mit ihrem Betrieb kompatibel ist.

Summary

Structural changes in agriculture mean that each dairy farm is keeping more cows with fewer resources. New strategies are needed to continue efficient and sustainable production in German dairy farming. The use of “Autonomous Adaptive Agrarsystems” is one possible strategy. The systems already on the market are to be presented as part of a regular BarnRobot Event with different thematic focuses. This paper describes the concept of the event. The events address people from practice, consulting, companies, and people from research and science. In 2022, two events were held for the first time (Düsser Milchviehtage and EuroTier). Scraper robots were introduced at these events, and both events received positive feedback from participants and providers. Farmers and advisors were able to ask questions directly to representatives of the respective suppliers and find out which system is compatible with their farm.

1 Einleitung

In der deutschen Landwirtschaft findet seit einigen Jahrzehnten ein Strukturwandel statt. Die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe mit Milchviehhaltung nimmt ab, während die durchschnittliche Herdengröße pro Betrieb zunimmt (Michie et al. 2020, Statistisches Bundesamt o.J.). Heutzutage werden mehr Kühe mit weniger verfügbaren Ressourcen wie landwirtschaftliche Nutzfläche, Wasser und Arbeitskräften gehalten (Neethirajan 2020). Gleichzeitig nimmt das öffentliche Interesse an Aspekten wie Tierwohl, Nachhaltigkeit und Umweltschutz zu (Schöpe 2005, Wendl 2016). Angesichts der sich schnell verändernden Bedingungen und der intensiven Arbeit in der Milchviehhaltung ist es zwingend erforderlich, effizientere Strategien für die Produktion und Haltung von Milchvieh zu entwickeln (Neethirajan 2020).

Eine Option stellen „Autonome Adaptive Agrarsysteme“ wie Melk-, Lauflflächenreinigungs- oder Fütterungsroboter dar. Diese Systeme können regelmäßig anfallende Arbeiten unterstützen oder diese in großen Teilen gesamtheitlich übernehmen. Viele neue Systeme können durch Sensoren prozessbegleitend auf veränderte Rahmenbedingungen reagieren. Diese Art von Robotik findet nicht nur auf dem Acker statt, sondern auch im Stall. Dabei geht es um die Verbesserung des Tierwohls, die Verminderung von Umweltbelastungen sowie um die Optimierung der Arbeitsbedingungen und der Wirtschaftlichkeit. In der Milchviehhaltung gibt es bereits verschiedene Systeme, die diese Ziele verfolgen. Die Systeme unterscheiden sich allerdings in ihren Arbeitsweisen, betrieblichen Voraussetzungen und den zugrundeliegenden Technologien. Daher ist nicht jedes System mit jedem Betrieb kompatibel.

Um Landwirtinnen und Landwirten sowie Beratern den Zugang zu verschiedenen Systemen zu erleichtern, wurde durch das Experimentierfeld „CattleHub“ ein BarnRobot Event ins Leben gerufen. Das BarnRobot Event soll sowohl die Interessen der Praxis als auch der Forschung gleichermaßen berücksichtigen und eine Möglichkeit bieten, verschiedene Systeme im direkten Vergleich zu betrachten. In diesem Beitrag werden das zugrundeliegende Konzept des BarnRobot Events beschrieben und erste Erfahrungen aus der Umsetzung bewertet.

2 Konzept und Zielgruppen

Die Idee für das BarnRobot Event entstand im Zusammenhang mit dem Experimentierfeld „CattleHub“. Die Umsetzung erfolgt hauptsächlich durch die Universität Bonn und die Landwirtschaftskammer NRW am Standort Haus Düsse. Das BarnRobot Event soll alle zwei Jahre im Frühjahr bei den Düsener Milchviehtagen und im Herbst bei der Euro-Tier desselben Jahres stattfinden. Für jedes Event wird im Vorfeld ein Themenschwerpunkt festgelegt (2022: Lauflflächenreinigungsroboter; 2024: Futteranschieberroboter). Nach der Festlegung des Themenschwerpunktes werden Unternehmen, die Technologien im entsprechenden Bereich anbieten, zur Teilnahme an beiden Events eingeladen. Das Ziel ist, möglichst alle relevanten Anbieter anzusprechen, das Konzept zu erläutern und

eine Vielzahl von Systemen unter möglichst stallähnlichen Bedingungen zu präsentieren. Das Konzept sieht vor, dass die Interessen der Praxis und der Forschung gleichermaßen berücksichtigt werden. Zielgruppe 1 umfasst daher Personen aus der Praxis, Beratung und Firmen. Das Ziel der Demonstration ist der Abbau von Berührungsängsten und Hemmschwellen gegenüber digitalen Techniken. Außerdem sollen Fragen zu den Leistungsmerkmalen der Geräte und deren Einsatzbedingungen mit den anwesenden Firmen geklärt werden. Landwirtinnen und Landwirten sowie Beratenden wird die Möglichkeit geboten, die Systeme im direkten Vergleich zu betrachten. So kann auch die Frage beantwortet werden, wie das System zur konkreten Betriebssituation passt. Ziel ist es außerdem, die Öffentlichkeit über positive Effekte für Tierwohl und Umwelt zu informieren. Darüber hinaus kann es den Unternehmen im Wettbewerb Einsicht geben, wo sie mit ihrer Technik stehen.

Als Zielgruppe 2 sind Personen aus dem Bereich der Forschung, Wissenschaft und des wissenschaftlichen Nachwuchses angesprochen. Während der EuroTier findet neben der moderierten Demonstration der Systeme auch ein Innovationswettbewerb zum Themenschwerpunkt statt. Nachwuchsgruppen sollen neue Anwendungen identifizieren und mit einem Videoclip vorstellen, damit eine Jury die Ideen im Vorfeld bewerten kann. Die besten Ideen aus den Videoclips werden öffentlich prämiert und auf der EuroTier vorgestellt. Die Ausschreibung erfolgt frühzeitig, damit die Gruppen die Düsener Milchviehtage besuchen und die am Markt verfügbaren Systeme kennenlernen können. Aus den gewonnenen Eindrücken können dann neue Anwendungen abgeleitet werden.

3 Erfahrungen aus dem ersten Event

Das erste BarnRobot Event fand 2022 während der Düsener Milchviehtage statt. Es wurden zwei Sammelroboter und fünf Schieberoboter zur Laufflächenreinigung in Milchviehställen präsentiert. Für die Vorführung der Sammelroboter wurde auf dem Gelände von Haus Düsse ein fachlich orientierter Parcours aufgebaut (Abb. 1a). Die Schieberoboter wurden im vorhandenen Boxenlaufstall gezeigt (Abb. 1b). Auf der planbefestigten Fläche wurden Liegeboxen simuliert, um auch das Verhalten der Roboter beim Umfahren von Ecken zu zeigen. Im Boxenlaufstall wurden die Ecken durch den Einbau eines IBC-Wassertanks simuliert. Um die Verschmutzung einheitlich zu halten, wurde Flüssigmist-separat mit einer definierten Menge Wasser gemischt und vor jedem Durchgang auf der jeweiligen Fläche verteilt.

Täglich fand eine moderierte Vorführung der Roboter statt. Vorteilhaft war die Anwesenheit eines Technikers pro Roboter, der Fragen der Zuschauer direkt beantworten konnte. Die Rückmeldung der Teilnehmenden und Anbieter war positiv, da Unterschiede zwischen Systemen (z.B. Geschwindigkeit) deutlich sichtbar wurden. Es ist zu betonen, dass kein direkter Wettbewerb etwa mittels Bewertung der Systeme durch ein Punktesystem von den Anbietern gewünscht wurde. Auf der EuroTier wurde ein kompletter Parcours errichtet und die verschiedenen Roboter in ähnlicher Weise vorgestellt.

Die positiven Rückmeldungen auf den Düsser Milchviehtagen und der EuroTier 2022 zeigen, dass ein Bedarf für solche Veranstaltungen besteht. Das BarnRobot Event soll in den kommenden Jahren zu einer regelmäßig stattfindenden Veranstaltung ausgebaut werden. Erfahrungen und Erkenntnisse aus den bereits durchgeführten Veranstaltungen werden genutzt, um das Event noch professioneller und innovativer zu gestalten.



Abb. 1: Parcours für die Sammel- (a) und Schieberoboter (b) beim ersten BarnRobot Event 2022 (© M. Trilling)

Fig. 1: Course for the collection (a) and scraper robots (b) at the first BarnRobot Event 2022 (© M. Trilling)

Literatur

- Michie, C.; Anadonovic, I.; Davison, C.; Hamilton, A.; Tachtazis, C.; Jonsson, N.; Duthie, C.-A.; Bowen, J.; Gilroy, M. (2020): The Internet of Things enhancing animal welfare and farm operational efficiency. *Journal of Dairy Research* 87(1), pp. 20–27, <https://doi.org/10.1017/S0022029920000680>
- Neethirajan, S. (2020): The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research* 29, 100367, <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>
- Schöpe, M. (2005): Die veränderte Rolle der Landwirtschaft zu Beginn des 21. Jahrhunderts. *Ifo Schnelldienst* 58(09), S. 21–26, <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>
- Statistisches Bundesamt (o. J.): Betriebe mit Milchkuhhaltung nach Bestandsgrößenklasse. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/tierhaltung/rinderhaltung/>, Zugriff am 15.02.2024
- Wendl, G. (2016): Technik in der Rinderhaltung. In: Frerichs, L. (Hg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2015*. Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, S. 183–194

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE108A18 (Experimentierfeld CattleHub).

Automatisierte Identifizierung von Verhaltenssequenzen bei Mastschweinen durch videodatenbasierte Verhaltenserkennung und Process Mining

Automated identification of behavioral sequences in fattening pigs through video data-based behavior recognition and process mining

ANDREAS MELFSEN, ARVID LEPSIEN, JAN BOSSELMANN, AGNES KOSCHMIDER, EBERHARD HARTUNG

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, die Anwendung von Process Mining auf Videodaten von Schweinen zu demonstrieren, um die Analyse von Verhaltensmustern zu erleichtern. Für die Analyse wurden die Videodaten von Mastschweinen in zwangsbelüfteten Einflächengebieten wie auch in freibelüfteten Schweineställen mit strukturierten Mehrflächengebieten und (teil-)überdachtem Auslauf verwendet. Der Ansatz in dieser Studie beruht auf einer Reihe von einzelnen Auswertungsschritten, die ein Process Mining für diesen Datensatz ermöglichen. Diese Schritte umfassen die Objekterkennung und -verfolgung, die Aktivitätserkennung in den Videodaten in räumlich und zeitlicher Auflösung und die Prozessmodellanalyse. Jeder Schritt gibt Einblicke in das Verhalten von Schweinen zu verschiedenen Zeitpunkten und an verschiedenen Orten innerhalb der Bucht und bietet immer detailliertere Beschreibungen typischer Verhaltensweisen bis hin zu Prozessmodellen, die verschiedene Verhaltenssequenzen für geclusterte Datensätze widerspiegeln. Dieser datengesteuerte Ansatz erweist sich als geeignet für die umfassende Analyse von Verhaltensabläufen von Mastschweinen.

Summary

The aim of this study was to demonstrate the application of process mining on video data of pigs to facilitate the analysis of behavioural patterns. The video data of fattening pigs in forced-ventilated single-area pens as well as in free-ventilated pig houses with structured multi-area pens and (partially) covered outdoor runs were used for the analysis. The approach in this study is based on a series of individual evaluation steps that enable process mining for this data set. These steps include object detection and tracking, activity detection in the video data in spatial and temporal resolution, and process model analysis. Each step provides insights into the behaviour of pigs at different times and locations within the pen, providing increasingly detailed descriptions of typical behaviours up to process models reflecting different behavioural sequences for clustered datasets. This data-driven approach proves to be suitable for the comprehensive analysis of behavioural sequences of fattening pigs.

1 Einleitung und Zielsetzung

Das Verhalten der Schweine in den verschiedenen Funktionsbereichen spielt eine entscheidende Rolle für Tierwohl, Tiergesundheit und Umweltauswirkungen. Die Einhaltung dieser Bereiche durch spezifisches Tierverhalten hat positive Effekte auf das Wohlbefinden der Tiere, verhindert zusätzliche Arbeitsbelastungen und reduziert Ammoniakemissionen. Eine Herausforderung besteht jedoch darin, diese Verhaltensmuster kontinuierlich zu überwachen und Abweichungen frühzeitig zu erkennen, um darauf basierend die Haltungsbedingungen wie die Steuerung der klimatischen Bedingungen zu optimieren.

Während in der Literatur bereits Untersuchungen zur Identifizierung von einzelnen Verhaltensweisen wie Fressen, Trinken oder Liegen mithilfe von Bildanalyseverfahren beschrieben werden (Bergamini et al. 2021, Chen et al. 2021 und 2020, Fernández-Carrión et al. 2017, Nasirahmadi et al. 2017, Yang et al. 2018) fehlt es oft an Methoden, die das Zusammenspiel dieser Aktivitäten und deren zeitliche Abfolge erfassen können.

Process Mining ist eine bewährte Methode, um Einblicke in Daten zu gewinnen, indem man sie in eine Abfolge von Aktivitäten, ein sogenanntes Prozessmodell, strukturiert (van Zelst et al. 2021). Obwohl Process Mining bisher in erster Linie im geschäftlichen Kontext eingesetzt wurde, kann es auch für Disziplinen von Nutzen sein, die sich mit großen Datenmengen und der Wahrhaftigkeit von Daten befassen, wie z.B. die Lebens- oder Naturwissenschaften.

In dieser Untersuchung wird diese Methode zur Bewertung von Verhaltensabfolgen verwendet und zeigt vielversprechende Ansätze. Anhand von Videodaten und maschineller Bildanalyse wurden Muster und zeitliche Abfolgen im Verhalten von Schweinegruppen identifiziert. Dies ermöglicht nicht nur Einblicke in das Wohlbefinden der Tiere wie auch Erkenntnisse über das zeitliche und räumliche Verhalten der Tiere, sondern kann auch zu Rückschlüssen auf die Nutzung von Funktionsbereichen in strukturierten Mehrflächenbuchten genutzt werden. In diesem Beitrag wird der methodische Ansatz schrittweise erläutert und anhand der Videodaten systematisch angewendet. Die Methodik basiert hierbei auf einem bestehenden Ansatz (Lepsien et al. 2023) und ersten realen Anwendungsfällen aus zwangsbelüfteten Ställen mit Einflächenbuchten, wird aber um die praktische Anwendung in freibelüfteten Schweineställen mit strukturierten Mehrflächenbucht aus laufenden Untersuchungen erweitert werden.

2 Material und Methoden

2.1 Datenaufnahme und Tierverhalten

Über mehrere Wochen wurden Videodaten von Mastschweinen in zwangsbelüfteten Einflächenbuchten wie auch in freibelüfteten Schweineställen mit strukturierten Mehrflächenbuchten und (teil-)überdachtem Auslauf aufgezeichnet. Parallel dazu wurden Daten zu klimatischen Bedingungen sowie Informationen zur Bodentemperatur im Stall und im Auslauf aufgezeichnet.

2.2 Detection, Tracking und Activity Recognition

Zur Erkennung der Schweinepositionen und -bewegungen wurde ein YOLOv7-Classifer für die Objekterkennung und ein ByteTrack-Tracker für das Mehrfachobjekt-Tracking eingesetzt. Die Aktivitäten der Schweine wurden anhand von Convolutional Neural Networks (CNN) zur Aktionserkennung erfasst. Ein SlowFast 4x16-Netzwerk, vortrainiert auf Kinetics, wurde für die Erkennung verschiedener Verhaltensweisen eingesetzt. Das Tierverhalten wurde in den Verhaltensweisen Liegen, Stehen, Sitzen, Bewegen, Untersuchen, Fressen, Abkoten, Spielen und andere differenziert.

2.3 Process Mining

Die erkannten Aktivitäten wurden mittels Process-Mining-Algorithmen analysiert. Dazu wurden die Aktivitätsdaten in einem strukturierten Event-Log zusammengefasst und mittels Trace Clustering in separate Cluster unterteilt. Anschließend wurden Prozessmodelle für jeden Cluster erstellt. Diese Methodik ermöglichte eine detaillierte Analyse des Verhaltens von Mastschweinen und die Identifizierung von Mustern und Prozessen in ihrem Verhalten.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie umfassen die Quantifizierung von Aktivitäten in räumlicher und zeitlicher Auflösung mit einem Schwerpunkt auf der Entwicklung einer Prozessanalyse mittels Process Mining zur Verhaltenserkennung bei Schweinen. Die ersten Ergebnisse spiegeln die Analysen von Verhaltensmustern basierend auf Videodaten aus den zwangsbelüfteten Einflächenbuchten wider.

Die allgemeine Aktivität in der Bucht wurde anhand von Durchschnittsbewertungen über den Tag hinweg über verschiedene Beobachtungstage hinweg quantifiziert. Es wurden klar erkennbare Aktivitätsmuster zu bestimmten Zeiten des Tages festgestellt, die mit Fütterungszeiten und dem allgemeinen Tagesablauf im Stall korrelierten. Die räumliche Verteilung der Aktivität innerhalb der Bucht zeigten klare Unterschiede in den Aktivitätszentren zu verschiedenen Tageszeiten. Die Genauigkeit von Objektverfolgung und Verhaltenserkennung zeigten hinreichend akzeptable Ergebnisse, wobei die Objekterkennung mit einer mittleren durchschnittlichen Präzision von 0,864 bewertet wurde und die Verfolgungsleistung ausgewertet und mit den Ground-Truth-Annotationen verglichen wurde. Die Verhaltenserkennung erzielte eine mittlere durchschnittliche Präzision von 0,7365 und zeigte Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von ähnlichen Verhaltensweisen wie Sitzen und Liegen.

Das Process Mining wurde verwendet, um spezifische Verhaltenssequenzen zu analysieren. Dabei wurden Prozessmodelle entwickelt, die die Abfolge von Aktivitäten über die Zeit hinweg darstellen. Es wurden mehrere charakteristische Verhaltenssequenzen identifiziert, wie z.B. Bewegung als Zwischenschritt vor und während des Fressens sowie Untersuchungsverhalten als Vorläufer für verschiedene Verhaltensweisen wie Spielen oder Koten. Verschiedene Prozessschleifen zeigten Wechsel zwischen Verhaltensweisen wie Koten und Untersuchen sowie Bewegung und Untersuchungsverhalten, die letztendlich zum erneuten Hinlegen führten.

4 Ausblick

Der vorgestellte Ansatz zur Identifizierung von Verhaltenssequenzen bei Schweinen mittels Process Mining zeigt vielversprechende Ergebnisse. Diese Methode bietet eine vielversprechende Möglichkeit zur automatisierten Bewertung des Schweinverhaltens auf Basis von Videodaten und kann wichtige Einblicke in das natürliche Verhalten sowie in Abweichungen liefern, die Managemententscheidungen beeinflussen können. Weitere laufende Untersuchungen aus freibelüfteten Schweineställen mit (teil-)überdachtem Auslauf und strukturierten Mehrflächenbuchten werden in den nächsten Monaten abgeschlossen und Teil der Ergebnisvorstellung sein.

Literatur

- Bergamini, L.; Pini, S.; Simoni, A.; Vezzani, R.; Calderara, S.; D'Eath, R.; Fisher, R. (2021): Extracting Accurate Long-term Behavior Changes from a Large Pig Dataset. In: Proceedings of the 16th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications. Science and Technology Publications, pp. 524–533, <https://doi.org/10.5220/0010288405240533>
- Chen, C.; Zhu, W.; Norton, T. (2021): Behaviour recognition of pigs and cattle: Journey from computer vision to deep learning. *Comput. Electron. Agric.* 187, 106255, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106255>
- Chen, C.; Zhu, W.; Steibel, J.; Siegford, J.; Wurtz, K.; Han, J.; Norton, T. (2020): Recognition of aggressive episodes of pigs based on convolutional neural network and long short-term memory. *Computers and Electronics in Agriculture* 169, 105166, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105166>
- Fernández-Carrión, E.; Martínez-Avilés, M.; Ivorra, B.; Martínez-López, B.; Ramos, Á.M.; Sánchez-Vizcaino, J.M. (2017): Motion-based video monitoring for early detection of livestock diseases, *PLoS ONE* 12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183793>
- Lepsien, A.; Koschmider, A.; Kratsch, W. (2023): Analytics Pipeline for Process Mining on Video Data. In: Di Francescomarino, C.; Burattin, A.; Janiesch, C.; Sadiq, S. (Eds.), *Business Process Management Forum*, vol. 490. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 196–213
- Nasirahmadi, A.; Hensel, O.; Edwards, S.A.; Sturm, B. (2017): A new approach for categorizing pig lying behaviour based on a Delaunay triangulation method. *Animal* 11(1), pp. 131–139, <https://doi.org/10.1017/S1751731116001208>
- van Zelst, S.J.; Mannhardt, F.; de Leoni, M.; Koschmider, A. (2021): Event abstraction in process mining: literature review and taxonomy. *Granul. Comput.* 6, pp. 719–736, <https://doi.org/10.1007/s41066-020-00226-2>
- Yang, Q.; Xiao, D.; Lin, S. (2018): Feeding behavior recognition for group-housed pigs with the Faster R-CNN. *Computers and Electronics in Agriculture* 155, pp. 453–460, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.002>

Förderhinweis

Das Projekt ProcessPig wird durch die EU im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP Agri) und das Landesprogramm Ländlicher Raum des Landes Schleswig-Holstein (LPLR) für drei Jahre gefördert.

Ökonomische Bewertung eines Sensorsystems zur Gesundheitsüberwachung in der Milchviehhaltung

An economic evaluation of sensor-assisted health monitoring in dairy farming

JOHANNA PFROMBECK, MARKUS GANDORFER, EVA ZEILER

Zusammenfassung

Zur ökonomischen Analyse der Funktionalität der Gesundheitsüberwachung eines Sensorsystems stehen Daten von 65 Kühen, die einen smaXtec Pansenbolus Classic trugen, zur Verfügung. Der Bolus erfasst kontinuierlich Bewegungsaktivität und Körperkern-temperatur und sendet einzeltierbezogen gesundheitsrelevante Meldungen. Ein Ex-Post-Abgleich dieser Meldungen mit dokumentierten Krankheitsdiagnosen zeigte für das Sensorsystem Sensitivitäten der Erkennung von Erkrankungen von 64 % für Retentio secundinarum, 61 % für klinische Hypokalzämie, 43 % für Mastitiden, 25 % für Metritis und 5 % für Erkrankungen des Bewegungsapparates. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde in einem Workshop mit Veterinären abgeschätzt, welche Auswirkungen der Einsatz dieses Sensorsystems auf verschiedene krankheitsspezifische Parameter besitzt. Die Zielgröße eines stochastischen Bewertungsmodells stellt den Gewinnbeitrag (GWB) bei einer Investition in das Sensorsystem dar. Die Ergebnisse zeigen, dass der Erwartungswert des GWB für eine Investition in das Sensorsystem bei +7 bzw. +12 €/Kuh · a (70 bzw. 210 Kühe) für eine Herde mit guter Gesundheit, bei +28 bzw. +33 €/Kuh · a für eine Herde mit durchschnittlicher Gesundheit und bei +63 bzw. +68 €/Kuh · a für eine Herde mit schlechter Gesundheit liegt.

Summary

Data from 65 cows wearing a smaXtec rumen bolus Classic are available for an economic analysis of the functionality of the health monitoring of a sensor system. The sensor system continuously records activity and core body temperature and provides animal-specific health-related messages. By comparing these messages with documented disease diagnoses, sensitivities for disease detection of the sensor system were determined ex post. The sensitivities are 64 % for retentio secundinarum, 61 % for clinical hypocalcemia, 43 % for mastitis, 25 % for metritis, and 5 % for diseases of the locomotor system. Based on these findings, the effects of using this sensor system on several disease-specific parameters were assessed in a workshop with veterinarians. The economic evaluation was carried out using a stochastic model with the net return of investment in the sensor system as the target variable. The net return of investment is on average +7 or +12 €/cow · a (70 or 210 cows) for a herd with good health, +28 or +33 €/cow · a for a herd with average health, and +63 or +68 €/cow · a for a herd with poor health.

1 Einleitung und Zielsetzung

Aktivitätsverhalten und Körperkerntemperatur können beim Vorliegen einer Erkrankung Veränderungen aufweisen und daher bei einem kontinuierlichen Monitoring relevante Indikatoren für das Gesundheitsmanagement einer Milchviehherde darstellen (Stygar et al. 2021). Die Intention des Einsatzes von Sensorsystemen ist es daher, Krankheitsfälle präziser und optimalerweise auch früher zu diagnostizieren. Diese Arbeit legt dar, inwiefern das Gesundheitsmonitoring einer Milchviehherde mit einem kommerziellen Sensorsystem (Pansenbolus) unterstützt werden kann und welches ökonomische Potenzial daraus resultiert.

2 Material und Methoden

Der zugrundeliegende Datensatz stammt vom Versuchs- und Bildungszentrum für Rinderfütterung – Staatsgut Achselschwang (Bayern, Deutschland), auf welchem 65 Milchkühe unterschiedlicher Rassen (vorwiegend Fleckvieh, zudem Brown-Swiss, Rot- und Schwarzbunte) einen Pansenbolus Classic (smaXtec animal care GmbH, Graz, Österreich) trugen. Mittels eines kontinuierlichen Monitorings von Bewegungsaktivität und Körperkerntemperatur wurden vom Sensorsystem gesundheitsspezifische Meldungen ausgegeben. Zudem lagen Dokumentationen zu Krankheitsdiagnosen vor, welche im Rahmen des Projekts Pro Gesund vom Hoftierarzt gestellt wurden. Die Auswertung inkludiert die Diagnosegruppen Mastitiden, klinische Hypokalzämien, Erkrankungen des Bewegungsapparates, Metritis und Retentio secundinarum. Die erfassten Daten umfassen den Zeitraum Juli 2018 bis Juni 2020 (Pfeiffer and Gandorfer 2022).

Die ökonomische Bewertung wurde anhand eines stochastischen Modells, mit dem GWB bei einer Investition in das Sensorsystem als Zielvariable, durchgeführt. Der GWB umfasst Veränderungen im Deckungsbeitrag (DB), den zusätzlichen Investitionsbedarf und Veränderungen der Arbeitszeit, welche ökonomisch bewertet werden (Abb. 1). Zunächst wurden die gesundheitsspezifischen Meldungen des Sensorsystems mit den dokumentierten Diagnosen abgeglichen. Dabei wurde für jede der fünf Diagnosegruppen in einem jeweiligen Betrachtungszeitraum die Sensitivität des Sensoralgorithmus berechnet (Anzahl richtig-positiver Diagnosen/ Anzahl aller Diagnosen, in %). Veränderungen im DB beim Einsatz des Sensorsystems wurden mittels SimHerd (SimHerd A/S, Viborg, Dänemark), einem Simulationsmodell für Milchviehherden, analysiert. In SimHerd wurden die jeweiligen Abhängigkeiten des DB von den Parametern Inzidenz, Zellgehalt, Risiko eines milden Krankheitsverlaufes und Tage weggeschüttete Milch ermittelt und mit linearen Gleichungen dargestellt. In einem Workshop mit Veterinären (n = 9) im Juli 2022 wurden die Erkenntnisse zu den Sensitivitäten des Sensorsystems hinsichtlich der Erkennung von Krankheitsfällen diskutiert. Darauf basierend wurden individuelle Einschätzungen der Veterinäre zu möglichen Veränderungen der in SimHerd variierten Parameter für ein Szenario „mit Sensorsystem“ erfasst. Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu diesen Parametern wurden mit der Funktion RiskCumul in @RISK

(Palisade Corporation, Ithaca, NY) in das ökonomische Modell integriert. In SimHerd wurden Herden mit guter, durchschnittlicher und schlechter Gesundheit mit einer Milchleistung von jeweils 9.000 kg simuliert. Es wurden Herdengrößen von 70 und 210 Kühen betrachtet. Szenarien hinsichtlich der Lohnkosten werden im vorliegenden Beitrag der Übersichtlichkeit halber nicht betrachtet. Der zugrunde gelegte jährliche Investitionsbedarf beträgt bei den berücksichtigten Tierzahlen und Lohnansätzen zwischen 47 und 52 €/Kuh · a.

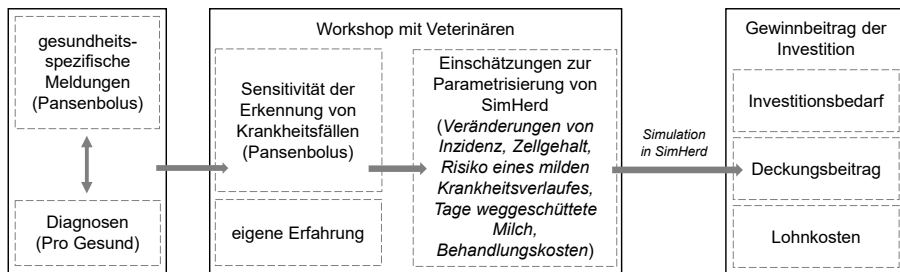


Abb. 1: Vorgehensweise zur Ermittlung des Gewinnbeitrags bei einer Investition in das Sensorsystem
(© J. Pfrombeck)

Fig. 1: Procedure for determining the net return of investing in the sensor system

3 Ergebnisse und Diskussion

Das Sensorsystem gab bei Retentio secundinarum in 7 von 11 Fällen (Sensitivität = 64 %), bei klinischer Hypokalzämie in 19 von 31 Fällen (Sensitivität = 61 %), bei Mastitis in 30 von 70 Fällen (Sensitivität = 43 %), bei Metritis in 6 von 24 Fällen (Sensitivität = 25 %) und bei Erkrankungen des Bewegungsapparates in 2 von 42 Fällen (Sensitivität = 5 %) eine gesundheitsbezogene Meldung aus. Ein Teil dieser Gesundheitsmeldungen wurde bereits an den Tagen vor der Diagnose ausgegeben, was eine gewisse Früherkennung von Krankheitssymptomen durch das Sensorsystem widerspiegelt. Da die Diagnosestellung keinem einheitlichen Goldstandard folgte, umfasste die Auswertung keine Erkrankungsfälle ohne klinische Symptome (z.B. subklinische Hypokalzämie) und keine Erkrankungsfälle, bei denen keine Behandlungen notwendig waren. Die auf diesem Datensatz basierenden, individuellen Einschätzungen der Veterinäre waren, dass die Anwendung des Sensorsystems zu einem Rückgang der Mastitisinzidenz um 7 bis 32 % und zu einem Rückgang der Zellzahl um 6 bis 33 % in der Gesamtherde führen könne. Weitere individuelle Einschätzungen der Veterinäre waren, dass von den erkannten Fällen (richtig-positiv) 40 bis 85 % bei Mastitis, 10 bis 50 % bei Metritis, 20 bis 90 % bei klinischer Hypokalzämie und 0 bis 50 % bei Retentio secundinarum einen milden Krankheitsverlauf haben können, z.B. durch einen früheren Behandlungsbeginn. Bezogen auf alle vom Sensorsystem erkannten Krankheitsfälle könne die Anzahl an Tagen

weggeschütteter Milch den Veterinären zufolge um 0 bis 29 % bei Mastitis, 0 bis 33 % bei Metritis und 0 bis 100 % bei Retentio secundinarum reduziert werden.

Der modellierte Erwartungswert für den GWB bei einer Investition liegt damit bei +7 bzw. +12 €/Kuh · a (70 bzw. 210 Kühe) für eine Herde mit guter Gesundheit, bei +28 bzw. +33 €/Kuh · a für eine Herde mit durchschnittlicher Gesundheit und bei +63 bzw. +68 €/Kuh · a für eine Herde mit schlechter Gesundheit. Bei den im vorliegenden Beitrag betrachteten Szenarien liegt das Minimum für den GWB bei 24 €/Kuh · a und das Maximum bei +106 €/Kuh · a. Da die Ergebnisse für die Mehrheit der Simulationsläufe eine positive Auswirkung einer Investition in das ausgewählte Sensorsystem auf die Wirtschaftlichkeit zeigen, decken sie sich nicht vollständig mit den Erkenntnissen von Steeneveld et al. (2015), welche keine Veränderung von Produktivität und Lohnkosten nach einer Investition in ein Sensorsystem dokumentierten.

Über diesen Beitrag hinausreichende Analysen zu Szenarien hinsichtlich Lohnkosten zeigen, dass diese die Höhe des GWB maßgeblich beeinflussen und daher genauer beforscht werden sollten. Das ökonomische Potenzial des Sensorsystems wird weiterhin von den Funktionen der Brunsterkennung und der Erkennung des Abkalbens beeinflusst. Weitere ökonomisch relevante Krankheiten konnten auf Basis des vorliegenden Datensatzes nicht berücksichtigt werden. Eine neuere Version des betrachteten Pansenbolus erfasst zusätzlich das Wiederkauen, woraus sich weiteres Potenzial hinsichtlich der Früherkennung von Krankheitsfällen ergeben kann (Stygar et al. 2021).

Literatur

- Pfeiffer, J.; Gandorfer, M. (2022): Data-driven dairy farming: An analysis of sensor-assisted health monitoring. In: 10th European Conference on Precision Livestock Farming, 29.08.–01.09.2022, Vienna, Austria, pp. 344–349
- Steeneveld, W.; Hogeveen, H.; Lansink, A. O. (2015): Economic consequences of investing in sensor systems on dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture* 119, pp. 33–39
- Stygar, A. H.; Gómez, Y.; Berteselli, G. V.; Dalla Costa, E.; Canali, E.; Niemi, J. K.; Llonch, P.; Pastell, M. (2021): A systematic review on commercially available and validated sensor technologies for welfare assessment of dairy cattle. *Frontiers in Veterinary Science* 8, <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.634338>

Förderhinweis und Danksagung

Dieses Projekt wurde gefördert durch EIT Food, KAVA 21351 Grow Workshops: AgTech European Farmer Academy und das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (D/17/01). Ein Dank gilt den Mitarbeitenden des Staatsguts Achselschwang.

Generierung synthetischer Sensordaten in der Rinderhaltung mittels GenAI

Generating synthetic sensor data in cattle farming using GenAI

REGINA ECKHARDT, REZA ARABLOUEI, KIEREN MCCOSKER, HEINZ BERNHARDT

Zusammenfassung

In der modernen Rinderhaltung ist die Datenerfassung essenziell für Effizienz, Tierwohl und Nachhaltigkeit. Diese Studie erforscht den Einsatz Generativer Künstlicher Intelligenz (GenAI) zur Erzeugung synthetischer Sensordaten mit dem Ziel, Herausforderungen in der Datenerhebung und -qualität zu adressieren. Durch den Einsatz spezifischer Transformer-Modelle auf existierenden Sensordaten untersucht die Arbeit, inwieweit diese Modelle in der Lage sind, realistische synthetische Daten zu generieren, um KI-gestützte Modelle zur Vorhersage des Rinderverhaltens basierend auf den Sensordaten zu verbessern. Besonders der Informer und der Reformer überzeugen hinsichtlich der Fehlerreduktion (RMSE und MedAE), was das Potenzial von GenAI zur Erweiterung der Datengrundlage und Verbesserung der Vorhersagen über das Tierverhalten unterstreicht. Die Erkenntnisse aus dieser Studie tragen wesentlich dazu bei, zukunftsfähige und verbesserte Ansätze in der Rinderhaltung zu entwickeln, die kommenden Herausforderungen gerecht werden.

Summary

In modern cattle farming, data collection is essential for efficiency, animal welfare and sustainability. This study explores the use of Generative Artificial Intelligence (GenAI) to generate synthetic sensor data with the aim of addressing challenges in data collection and quality. By applying specific transformer models to existing sensor data, the work investigates the extent to which these models are able to generate realistic synthetic data to improve AI-based models for predicting cattle behavior. The Informer and the Reformer are particularly convincing in terms of error reduction (RMSE and MedAE), which underlines the potential of GenAI to expand the data basis and improve predictions of animal behavior. The findings from this study will make a significant contribution to developing sustainable and improved approaches in cattle farming that will meet future challenges.

1 Einleitung und Zielsetzung

In der modernen Rinderhaltung spielen Daten eine entscheidende Rolle im Hinblick auf Effizienz, Tierwohl und Nachhaltigkeit. Die Nutzung von Sensoren zur Sammlung von Daten über das Verhalten und den Gesundheitszustand der Tiere sowie die Anwendung von KI-Modellen zur Analyse dieser Daten und zur Vorhersage potenzieller Risiken sind mittlerweile kaum wegzudenken. Diese Technologien ermöglichen es, Zusammenhänge zu erkennen, die für den Menschen schwer zu erfassen sind, und bieten somit eine wertvolle Unterstützung in der Landwirtschaft. Trotz des Potenzials dieser Technologien stehen Rinderhalter, insbesondere in Australien, vor erheblichen Herausforderungen. Die weitläufigen Farmgebiete der Region erschweren die Datenerhebung, was sowohl die Menge als auch die Qualität der verfügbaren Daten limitiert.

Angesichts dieser Herausforderungen verfolgt diese Arbeit das Ziel, synthetische Daten zu generieren, die realistisch genug sind, um die tatsächlich erhobenen Daten sinnvoll zu ergänzen. Dies ermöglicht ein effizienteres Training von KI-Modellen und führt wiederum zu präziseren und widerstandsfähigeren Lösungen in der Rinderhaltung. Darüber hinaus erlaubt die Erzeugung synthetischer Daten die Nachbildung von Szenarien, die in der Realität noch nicht vorgekommen sind, wie zum Beispiel extreme Wetterereignisse im Zuge der globalen Erwärmung. Diese Möglichkeit ist für Australien besonders relevant, da die im Freien lebenden Herden unmittelbar den klimatischen Veränderungen ausgesetzt sind. Die Simulationen bieten somit die Chance, sich auf zukünftige Herausforderungen vorzubereiten und neue Bewältigungsstrategien im Vorfeld zu erproben.

2 Material und Methoden

2.1 Daten

In diesem Projekt wurden Daten aus einer Untersuchung des CSIRO auf der Darbalara Farm der University of Queensland genutzt. Diese Daten wurden von einem 3-Achsen-Beschleunigungssensor namens eGrazor erfasst, einem Gerät, das speziell für die Überwachung von landwirtschaftlichen Tieren konzipiert wurde. Eine Gruppe von 23 Rindern trug diesen Sensor als Halsband, der über 30 Tage hinweg etwa 50 Messungen pro Sekunde entlang der x-, y- und z-Achsen sowie die dazugehörigen Zeitstempel aufzeichnete. Die Überprüfung der Daten zeigte, dass die Aufzeichnungen der ersten beiden Tage fast durchgehend konstante und daher unplausible Werte aufwiesen, die im Folgenden ausgeschlossen werden.

Angesichts der umfangreichen Datenmenge und der Komplexität der Modelle haben wir für unsere Analyse einen einstündigen Datensatz mit etwa 180.000 Datenpunkten aus den gesamten Daten extrahiert. Dieser wurde dann in 70 % Trainings-, 10 % Validierungs- und 20 % Testdaten aufgeteilt, wobei die ursprüngliche Reihenfolge beibehalten wurde.

Zusätzliche Hilfsvariablen, wie die Minute der Stunde, wurden aus den Zeitstempeln abgeleitet, sodass insgesamt fünf Variablen für das Modelltraining zur Verfügung standen. Die Hilfsvariablen unterstützen das Modell, zeitabhängige Muster zu identifizieren. Die Chronologie der Daten wurde während der Analyse beibehalten, um die Integrität der Zeitreihen sicherzustellen. Die Zielvariablen der Modellierung waren die Beschleunigungswerte entlang der Achsen x, y und z.

2.2 Modelle

Für dieses Projekt nutzen wir Transformer-Modelle, die für ihre Fähigkeit bekannt sind, den Kontext innerhalb von Datenreihen zu verstehen und daraus neue Datenpunkte zu generieren. Besonders konzentrieren wir uns auf Varianten dieser Modelle, die für die Analyse von Zeitreihendaten und die Berücksichtigung von saisonalen Mustern optimiert wurden. Im Einzelnen untersuchen wir den Autoformer, Informer, Reformer sowie den regulären Transformer, die alle darauf ausgelegt sind, Eingabesequenzen in neue Sequenzen zu transformieren – eine Fähigkeit, die auch für die Vorhersage zukünftiger Datenpunkte essenziell ist (Wu et al. 2021).

Die Länge der Eingabesequenz legen wir auf 256 Zeitschritte fest, eine Konfiguration, die sich in der Analyse von Sensordaten als effektiv erwiesen hat (Arablouei et al. 2021). Die spezifischen Einstellungen der Modelle folgen den Empfehlungen der Autoformer-Studie, die vielversprechende Ergebnisse in der Zeitreihenanalyse erzielt hat. Zur Evaluierung der Modelle nutzen wir den Root Mean Squared Error (RMSE) und den Median Absolute Error (MedAE). Der RMSE ermöglicht eine intuitive Einschätzung des Fehlers, während der MedAE durch seine Robustheit gegenüber Ausreißern eine realistischere Fehlerbewertung bietet.

3 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse der verschiedenen Modelle dargestellt:

Tab. 1: Performance der Transformermodelle

Tab. 1: Performance of the transformer models

Modell	RMSE	MedAE
Autoformer	0,503	0,239
Informer	0,236	0,123
Reformer	0,239	0,121
Transformer	0,242	0,128

RMSE = root mean squared error, MedAE = median absolute error

Die besten Ergebnisse konnten der Informer und der Reformer erzielen, wobei der Informer den niedrigsten RMSE aufweist und der Reformer den niedrigsten MedAE. In Bezug auf die Berechnungszeit benötigen alle vier Modelle etwa 0,5 Sekunden pro

Iteration. Bei einer Spannweite von etwa 17,1 und einer Standardabweichung von etwa 0,9 (basierend auf normalisierten Daten, über die drei Achsen hinweg) sind beide deutlich über den RMSE und MedAE Fehlern, was zusätzlich die Qualität der Modelle unterstreicht.

4 Diskussion

Die Anwendung von Transformer-Modellen auf einen relativ kleinen Datensatz hat bereits vielversprechende Ergebnisse erzielt und das große Potenzial für ihren Einsatz auf umfangreichere Datenmengen, wie die Sensordaten eines gesamten Monats, hervorgehoben. Eine Ausweitung des Datensatzes würde das Verständnis für die täglichen Gewohnheiten der Rinder vertiefen, was wiederum die Genauigkeit der Modelle erhöhen könnte. Durch die Analyse größerer Datensätze könnten längere Eingabesequenzen, die sich über mehrere Stunden oder Tage erstrecken, genutzt werden, um längerfristige Vorhersagen über das Verhalten der Rinder zu ermöglichen. Dieser Ansatz bietet insbesondere für den praktischen Einsatz erheblichen Mehrwert, da er genauere Prognosen über zukünftiges Tierverhalten und damit verbundenes Tierwohl ermöglicht.

Die erzielten Ergebnisse schaffen eine solide Basis für die Erzeugung synthetischer Daten, die gezielte Szenarien abbilden können. Besonders aussichtsreich erscheint die Integration von Klimadaten, die für den gleichen Erhebungszeitraum verfügbar sind, bisher aber aufgrund ihrer unterschiedlichen zeitlichen Auflösung nicht berücksichtigt wurden. Die Harmonisierung und Zusammenführung beider Datenquellen könnten tiefergehende Erkenntnisse ermöglichen, da klimatische Verhältnisse das Verhalten und die Gesundheit der Tiere wesentlich beeinflussen. Zukünftige Forschung sollte zudem die Daten aller beteiligten Rinder einbeziehen sowie Strategien entwickeln, die eine effiziente Verarbeitung größerer Datensätze ermöglichen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Generierung synthetischer Sensordaten das Potenzial hat, existierende Modelle zum Rinderverhalten und Tierwohl zu verfeinern und gleichzeitig die Erstellung von Daten für bisher unerforschte Szenarien zu ermöglichen, was realistische Einblicke in diese Szenarien bietet.

Literatur

- Arablouei, R.; Currie, L.; Kusy, B.; Ingham, A.; Greenwood, P.; Bishop-Hurley, G. (2021): In-situ classification of cattle behavior using accelerometry data. *Computers and Electronics in Agriculture* 183, 105045, doi.10.1016/j.compag.2021.106045
- Wu, H.; Xu, J.; Wang, J.; Long, M. (2021): Autoformer: Decomposition Transformers with Auto-Correlation for Long-Term Series Forecasting. *Advances in Neural Information Processing Systems* 34, pp. 22419–22430

Machine-to-Machine-Vernetzung der Geräte im Milchviehstall: Erwartungen steigen mit Erfahrungen aus der Praxis

Machine-to-Machine networking of devices in dairy barns: expectations rise with practical experiences

JERNEJ POTEKO, JAN HARMS

Zusammenfassung

Die zunehmende Automatisierung in Milchviehställen, insbesondere durch Roboter, beeinflusst die täglichen Abläufe wie Melken, Füttern und Entmisten. Diese intelligenten Technologien passen sich flexibel den aktuellen Bedingungen im Stall an, jedoch hängt die Autonomie des Gesamtsystems Milchviehstall von der Kommunikation zwischen den Geräten ab. Das Experimentierfeld DigiMilch an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, erfasst mittels Online-Befragungen die Erwartungen und Erfahrungen von Landwirtinnen und Landwirten bezüglich der Vernetzung und Kommunikation zwischen den Geräten in Milchviehställen. Die Ergebnisse zeigen, dass die (Vor-)Erfahrungen mit automatisierten Geräten die Erwartungen beeinflussen und somit in den Ställen mit mehreren automatisierten/autonomen Geräten den Bedarf an M2M-Vernetzung von Geräten unterschiedlicher Hersteller aufzeigen.

Summary

The increasing automation in dairy barns, particularly through robots, affects daily processes such as milking, feeding, and mucking out. These intelligent technologies adapt flexibly to current conditions in the barn, but the autonomy of the overall dairy barn system depends on communication between devices. The Experimental field DigiMilch at the Bavarian State Research Center for Agriculture, Institute of Agricultural Engineering and Animal Husbandry, captures farmers' expectations and experiences regarding the networking and communication between devices in dairy barns through online surveys. The results indicate that experiences with automated devices influence expectations, highlighting the need for M2M networking of devices from different manufacturers in barns with multiple automated/autonomous devices.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Milchviehställen übernehmen zunehmend Roboter alltägliche Aufgaben wie das Melken, die Fütterung, das Nachschieben von Futter und die Entmistung mit einem hohen Maß an Automatisierung und Autonomisierung (Noack et al. 2023).

Diese intelligente Stalltechnik ermöglicht es, automatisierte Abläufe an die aktuellen Bedingungen in dem Stall anzupassen. Die Intelligenz dieser Geräte basiert hauptsächlich auf den von ihren eigenen Sensoren gesammelten Daten, die es ihnen ermöglichen, ihre Abläufe flexibel an die aktuellen Bedürfnisse im Stall anzupassen. Die Autonomie des Gesamtsystems Milchviehstall hängt jedoch vom Datenfluss zwischen den Geräten oder Maschinen ab. Die Kommunikation von Maschine zu Maschine (M2M) zwischen den Geräten würde es ihnen ermöglichen, nicht nur ihre eigenen Daten, sondern auch die Daten anderer Geräte bei der Planung und Ausführung von regelbasierten Abläufen zu berücksichtigen.

Aktuell regelt die Landwirtin oder der Landwirt die Geräte im Stall und trifft manuelle Einstellungen, wie zum Beispiel wann und was gefüttert wird und wo die Entmistung stattfinden soll. Um die Autonomie aller Geräte im Stall auszuschöpfen, ist jedoch eine M2M-Vernetzung grundlegend notwendig. Kleinere Roboter (z.B. Entmistungsroboter) werden oft bei der M2M-Kommunikation übersehen. Wenn jedoch die autonomen Geräte ihre eigenen Abläufe selbstständig ändern, können sie mit den voreingestellten Abläufen dieser Geräte kollidieren. Derzeit ist ein Datenaustausch zwischen den Geräten nicht möglich (Poteko et al. 2022). Durch persönliche Gespräche mit Landwirten wurde aufgezeigt, dass ihre Erfahrungen mit digitalen Technologien mit der Anzahl der automatisierten oder autonomen Geräte in ihren Ställen verbunden sind (Poteko et al. 2023).

Im Experimentierfeld DigiMilch werden mittels Online-Befragungen die Erwartungen und Erfahrungen von Landwirtinnen und Landwirten hinsichtlich der Vernetzung und Kommunikation zwischen den Geräten in Milchviehställen erfasst. Das Ziel ist es zu untersuchen, welche Erwartungen die Endanwender der Technologie aus arbeitswirtschaftlicher Perspektive haben und wie sie die aktuelle Situation der Vernetzbarkeit der Geräte im Stall wahrnehmen.

2 Material und Methoden

Datengrundlage bildet eine Online-Umfrage der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, die darauf abzielt, die Vernetzung digitaler Technologien in Milchviehställen zu untersuchen. Sie wurde zwischen November 2020 und Februar 2021 mit auf Milchviehbetrieben tätigen Personen durchgeführt. Sie erfasst Informationen zur eingesetzten Stalltechnik auf den Betrieben sowie Erfahrungen und Erwartungen mit digitalen Technologien.

Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich auf Umfrageteilnehmer mit einem Milchviehbetrieb in Bayern (n = 231), aufgeteilt in sechs Kategorien nach dem Grad der Automatisierung der Haltung. Zwei Kategorien verwenden mechanische Technik (Anbin-

dehaltung [M1], Laufstall mit einem Melkstand [M2]). Automatisierte Betriebe nutzen einen Laufstall mit einem automatischen Melksystem [A1] bzw. zusätzlich zu A1 einen Futteranschieberoboter [A2], einen Entmistungsroboter [A3] oder beide Roboter [A4]. Die Erwartungen und die Erfahrungen mit der Vernetzung der Geräte werden anhand von Likert-Skalen dargestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Anteile der Landwirtinnen und Landwirte, die eine Zeitersparnis (Abb. 1) oder eine erhöhte Flexibilität der Arbeit (Abb. 2) durch die Vernetzung verschiedener Stalltechniken erwarten, sind abhängig vom Grad der Automatisierung der Haltung.

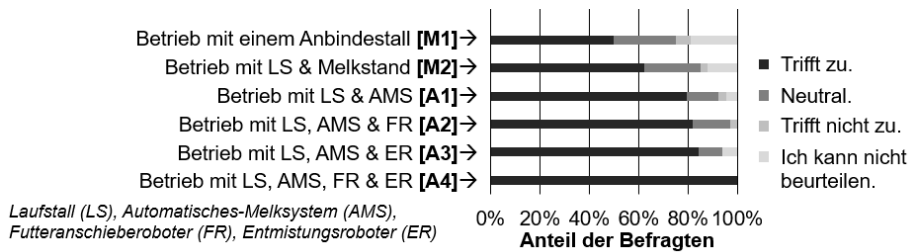


Abb. 1: Anteile der Befragten, die Zeitersparnis durch die Vernetzung von Geräten im Milchviehstall erwarten (n = 231) (© J. Poteko)

Fig. 1: Percentage of survey participants anticipating time savings through machine networking in the dairy housing (n = 231) (© J. Poteko)

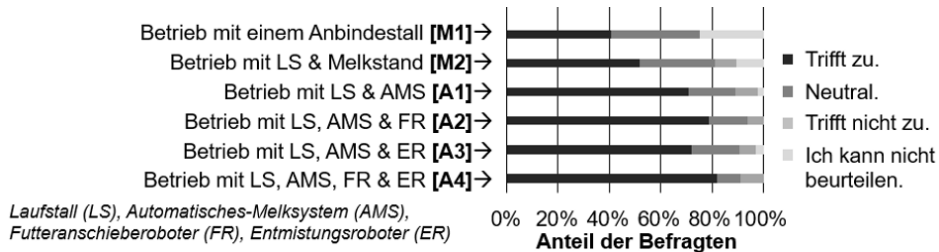


Abb. 2: Anteile der Befragten, die erhöhte Flexibilität bei der Arbeit durch Vernetzung von Geräten im Milchviehstall erwarten (n = 231) (© J. Poteko)

Fig. 2: Percentage of survey participants anticipating greater work flexibility through machine networking in the dairy housing (n = 231) (© J. Poteko)

Es ist deutlich erkennbar, dass Landwirte mit weniger Erfahrung im Umgang mit automatisierten Geräten [M1 und M2] im Vergleich zu erfahrenen Anwendern der Automatisierung [A1 bis 4] geringere Erwartungen an Zeitersparnis und Flexibilisierung der Arbeitszeit haben. Die höchsten Erwartungen wurden von Landwirten geäußert, die die meisten automatisierten Techniken verwenden [A4].

Die Vorerfahrungen sind bedeutsam in Bezug auf den Bedarf an Vernetzung der Geräte (Abb. 3). Während nur etwa 10 % der Befragten aus der Gruppe [M1] die Vernetzung der Geräte als unzureichend betrachten, haben etwa 30 % der erfahrenen Anwender automatisierter Technik [A1 bis 4] bereits den Bedarf an Vernetzung erlebt. Die Befragten [A4] beurteilen, dass die Vernetzung ein relevantes Thema ist, sobald mehrere automatisierte Geräte in einem Stall installiert sind.

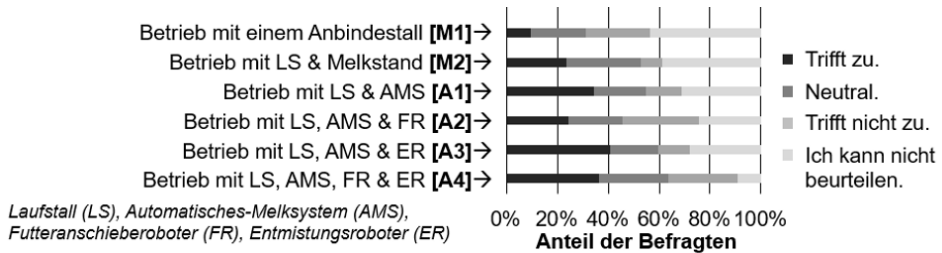


Abb. 3: Anteile der Befragten, die Erfahrungen mit unzureichender Vernetzung der Geräte im Milchviehstall erlebten (n = 231) (© J. Poteko)

Fig. 3: Percentage of survey participants who encountered insufficient machine networking in the dairy housing (n = 231) (© J. Poteko)

4 Ausblick

Solange autonome Geräte nicht über die Aktivitäten anderer Geräte informiert sind, bleiben ihre Entscheidungsfähigkeiten oft ungenutzt und sie können den Endnutzer nicht effektiv unterstützen. Der Bedarf an M2M-Vernetzung ist insbesondere gegeben, wenn mehrere autonome Geräte in einem Stall eingesetzt sind. Die zukünftig zunehmende Anzahl intelligenter Geräte wird die Bedeutung und den Bedarf an M2M-Vernetzung erhöhen.

Literatur

- Noack, P. O.; Gerth, S.; Hoffmann, C.; Lorenzini, I.; Poteko, J.; Rothmund, M.; Schlenz, F.; Walther, H. (2023): Precision Farming – Smart Farming – Digital Farming. Grundlagen und Anwendungsfelder. Berlin, VDE Verlag
- Poteko, J.; Lübke, P.; Harms, J. (2022): Vernetzung der Technik im Milchviehstall: Bedarf der Landwirte erkennen. In: 15. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2022, 13.–15. September 2022 in Soest, S. 90–93
- Poteko, J.; Harms, J. (2023): M2M networking of devices in the dairy barn. In: AgroVet-Strickhof Conference, Current and Future Research Projects, Lindau, S. 24

Förderhinweis und Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms Experimentierfelder in der Landwirtschaft. Unser herzlicher Dank gilt dem LKV Bayern, der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und wirtschaftlichen Projektpartnern für ihre Unterstützung bei der Verteilung der Online-Umfrage an die landwirtschaftlichen Betriebe.

Optimierung der Energieeigennutzung mit vernetzten Energiesystemen auf landwirtschaftlichen Betrieben

Optimisation of energy self-consumption with networked energy systems on farms

FELIX MÜLLER

Zusammenfassung

Mithilfe von Energiemanagementsystemen (EMS) soll der Verbrauch eigenerzeugten Stroms auf landwirtschaftlichen Betrieben optimal genutzt und damit Kosten eingespart werden.

Um EMS unter Praxisbedingungen testen zu können, werden acht verschiedene Systeme auf landwirtschaftlichen Betrieben verbaut und getestet. Testkriterien sind dabei u. a. die Wirtschaftlichkeit, Anwenderfreundlichkeit, Kundenservice und Datensicherheit. Die Kosten liegen dabei bei industriellen Systemen zwischen 8.000 und 16.000 €. Einfachere Systeme sind schon für 1.300 € inklusive Messgeräte erhältlich. Dabei unterscheiden sich die Systeme teilweise stark in Funktion und Darstellung. Es ist vom Betriebsleiter und Betrieb abhängig, welches System für den landwirtschaftlichen Betrieb infrage kommt.

Die Untersuchungen sollen Landwirten als Hilfestellung dienen, um sich für ein für den Betrieb geeignetes und rentables System zu entscheiden.

Summary

Energy management systems (EMS) are intended to optimise the use of self-generated electricity on farms and thus save costs.

In order to be able to test EMS under practical conditions, eight different systems are being installed and tested on farms. The test criteria include cost-effectiveness, user-friendliness, customer service and data security. The costs for industrial systems are between 8,000 and 16,000 €. Simpler systems are available for as little as 1,300 € including measuring devices. The systems differ greatly in terms of function and visualisation. It depends on the farm manager and the farm which system is suitable for the farm.

The studies are intended to help farmers decide which system is suitable and profitable for their farm.

1 Einleitung und Zielsetzung

Energiekosten sind ein wichtiger Faktor der Wirtschaftlichkeit eines landwirtschaftlichen Betriebs. In den letzten Jahren stiegen die Preise der Energiekosten für Verbraucher stark an (Verivox GmbH o.J.). Gleichzeitig gehen die Einspeisevergütungen für PV-Anlagen zurück und erste PV-Anlagen laufen aus der EEG-Förderung aus (Verbraucherzentrale NRW e.V. 2024). Daher ist es wirtschaftlicher den zugekauften Strom durch eigenerzeugten zu ersetzen.

Mithilfe von Energiemanagementsystemen können Daten zu Verbrauch und Erzeugung erfasst, ausgewertet und visualisiert werden. Dies soll dazu führen, dass eigenerzeugte Energie effizienter in den Betriebsablauf eingebunden werden kann. Stromspeicher können dabei helfen die Effizienz weiter zu erhöhen (Bernhardt 2023).

In der Industrie sind Energiemanagementsysteme schon lang verbreitet (Javied et al. 2015). Diese werden von dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gefördert (BAFA o.J.). Ziel dieses Projekts ist es zu testen, ob Energiemanagementsysteme auch in der Landwirtschaft sinnvoll Anwendung finden. Dazu werden auf ausgewählten Praxisbetrieben verschiedene Systeme installiert und analysiert: zum einen solche, die jetzt schon in der Industrie eingesetzt werden und zum anderen solche, die explizit für landwirtschaftliche Betriebe entwickelt wurden.

Es werden über den Projektzeitraum hinweg Daten erhoben und diese dann auf mögliche Einsparungsmöglichkeiten hin überprüft. Die Systeme werden dann abschließend bewertet und das Energieeinsparpotenzial wird ermittelt.

2 Material und Methoden

Anhand der Liste der förderfähigen Energiemanagementsysteme des BAFA wurden per Internetrecherche geeignete Systeme für landwirtschaftliche Betriebe ausgewählt und auf verschiedenen Praxisbetrieben von einem Techniker der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in die Elektroverteilungen eingebaut. Abbildung 1 zeigt Energiezähler, um die Erzeugung und Verbrauch auf dem Betrieb zu erfassen und einen Tastkopf, um die Daten des Energieversorgers auslesen zu können. Die Praxisbetriebe konnten zum Teil aus vorhergehenden Forschungsprojekten der LfL gewonnen werden. Weitere Betriebe wurden von den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vorgeschlagen.



Abb. 1: Messgeräte und Tastkopf zur Erfassung von Verbrauchs- und Erzeugungsdaten (© F. Müller)

Fig. 1: Measuring devices and probe head for recording consumption and generation data (© F. Müller)

Die Kriterien zur Auswahl der Betriebe lauteten: Eigenerzeugung von Energie (PV-Anlage oder Biogasanlage), verschiedene zeitlich steuerbare elektrische Verbraucher (elektrischer Futtermischwagen, Güllepumpen, Futtermühle) und Interesse des Betriebsleiters. Ein weiterer wichtiger Punkt war, ob der Einbau und die Einrichtung eines Energiemanagementsystems am Betrieb technisch möglich sind. Hier wurde darauf geachtet, ob zum Beispiel ausreichend Platz für Zähler und Datenlogger war und ob der Betrieb mit WLAN ausgestattet ist. Insgesamt wurden sieben Betriebe (je ein Fresseraufzucht-, Schweinemast-, Schweinemast- und Zucht- sowie vier Milchviehbetriebe) aus der Praxis sowie zwei Staatsgüter mit Milchviehhaltung (BaySG Grub und BaySG Almesbach) für das Projekt gewonnen.

Die Kriterien für die Bewertung der Energiemanagementsysteme können in drei Kategorien eingeteilt werden:

1. Gesamtbetrieb: Wirtschaftlichkeit der Investition, Integrierbarkeit in das System und Erweiterbarkeit
2. Hardware/Software: Langlebigkeit der Technik, Anpassung an die Bedürfnisse des Anwenders/der Anwenderin, Übermittlung von Alarmen und Benachrichtigungen, Möglichkeit Berichte bzw. Reports zu erstellen
3. Service: Kundenservice, Datensicherheit

Neben der Bewertung der Energiemanagementsysteme sollen alle Optimierungsmöglichkeiten festgehalten und deren Einsparung erfasst werden.

3 Ergebnisse

Inzwischen laufen auf fünf verschiedenen Betrieben Energiemanagementsysteme. Auf jedem der Betriebe ist ein System eines anderen Herstellers eingebaut, um die Produkte verschiedener Hersteller miteinander vergleichen zu können. Drei weitere Systeme sollen noch installiert werden. Unterschiede lassen sich vor allem bei Anschaffungskosten und laufenden Kosten feststellen. Deshalb ist es wichtig, das System an den Stromverbrauch anzupassen. Denn, um wirtschaftlich zu arbeiten, müssen die Investitionskosten durch den eingesparten, zugekauften Strom wieder erwirtschaftet werden. Es wurden, bis auf eins, Systeme verbaut, die auf eine industrielle Anwendung ausgelegt sind. Der Grund dafür ist, dass bis jetzt nur wenige Energiemanagementsysteme am Markt verfügbar sind, die tatsächlich für landwirtschaftliche Betriebe entwickelt wurden.

Die Kosten des günstigsten Systems liegen für den Datenlogger, mit dem die Daten erfasst werden, und die Messtechnik bei knapp 1.300 €. Zusätzlich kommen noch monatliche Kosten für eine Softwareerweiterung hinzu, diese ist allerdings optional. Pro Kanal und Monat kostet hier eine Pro-Lizenz 2,20 €. Es gibt allerdings die Option, die Kanäle auf Lebenszeit für eine einmalige Zahlung von 179 € zu erwerben. Das System lässt sich allerdings nicht konfigurieren und die Platzierung von Grafiken nicht verändern. Die Einrichtung ist dagegen sehr einfach. Es stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, Daten grafisch darstellen zu können. In Abbildung 2 sind die Lastgänge einzelner Verbraucher in einem Liniendiagramm dargestellt, dabei handelt es sich um einen Screenshot eines Diagramms aus der EMS-Software „smart-me“ der Firma smart-me AG (smart-me AG 2013). Außerdem ist es möglich, Geräte mit sogenannten Wenn-Dann-Aktionen über intelligente Zähler unter bestimmten Bedingungen automatisch an- und auszuschalten. Dies ist ein wichtiger Punkt, um selbst erzeugten Strom bestmöglich nutzen zu können. Der Betrieb hat allerdings keine Möglichkeiten einen höheren Anteil seines Bedarfs über PV-Stroms zu decken, deswegen würde sich das System ohne weitere Investitionen, z.B. ein Batteriespeicher, nicht rechnen.

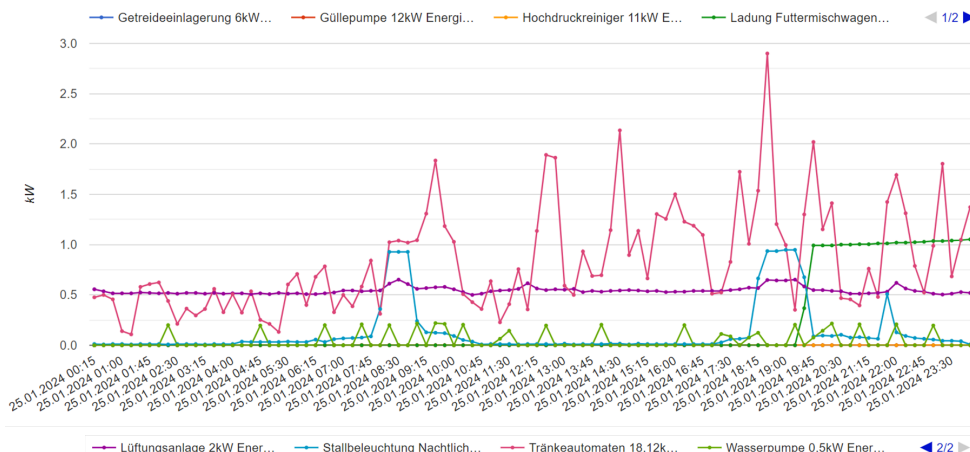


Abb. 2: Lastgänge einzelner Verbraucher in smart-me (eigene Darstellung) (© F. Müller)

Fig. 2: Load profiles of individual consumers in smart-me (own diagram) (© F. Müller)

Die Kosten für die weiteren Systeme liegen zwischen 8.000 und 16.000 €. Momentan werden Verbrauchsdaten und Lastprofile erhoben, um auszuwerten, ob diese Systeme wirtschaftlich sind und an welchen Stellen im Betrieb noch Strom eingespart bzw. zugekaufter Strom durch Selbsterzeugten ersetzt werden kann. Außerdem wird eine Open-Source-Software zur Darstellung eingesetzt, allerdings bedarf es hier Programmierkenntnissen, um die Messtellen einzurichten und das Visualisierungsprogramm zu konfigurieren. Die Kosten für die Installation und Inbetriebnahme als Auftragsvergabe an einen Programmierer liegen laut Hersteller etwa bei 400 bis 500 €. Diese Software hat den Vorteil, dass Daten verschiedener Systeme und Messtechnikanbieter erfasst werden können. Dies funktioniert mithilfe einer Datenbank, auf der diese zwischengespeichert und dann ausgelesen und weiterverarbeitet werden. Das System ist hinsichtlich der Hardware zur Datenerfassung sehr flexibel. Ein weiteres System, das momentan noch installiert wird, ermöglicht Verbraucher anzuschalten, wenn ausreichend Strom von den PV-Anlagen produziert wird, um diesen dann effektiv zu nutzen. Auf dem Praxisbetrieb wird konkret die Schrotmühle angesteuert, die dann die verschiedenen Mischprogramme ablaufen lässt, diese stoppt erst dann, wenn das Programm komplett abgeschlossen ist. Falls nicht ausreichend Solarstrom zur Verfügung steht, wird Strom aus dem Netz bezogen.

Es werden jetzt Daten für alle Betriebe gesammelt und dann analysiert, um betriebs-spezifische Optimierungsmöglichkeiten aufzuzeigen und diese dann entsprechend umzusetzen.

4 Ausblick

Die Erkenntnisse, die mithilfe der Praxisbetriebe gewonnen werden, sollen Landwirten am Ende des Projekts eine Hilfestellung geben, wie sie ihren eigenerzeugten Strom besser nutzen können. Die Energiewende ist eine große Herausforderung, bietet aber viele Chancen, von denen auch landwirtschaftliche Betriebe profitieren können, deshalb soll, wenn möglich auch in Erfahrung gebracht werden, wie und ob Landwirte sich netzdienliche Leistungen vergüten lassen können und somit Teil eines resilienten, zukunftsfähigen Netzes werden können.

Literatur

- BAFA (o. J.): Liste förderfähiger Energiemanagementsoftware. https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul3_Energiemanagementsysteme/ems_liste_foerderfaehige_software.html, Zugriff am 15.06.2024
- Bernhardt, H. (2023): Digitales Energiemanagement im Milchviehbereich. Informatik Spektrum 46, S. 3–7
- Javied, T.; Rackow, T.; Franke, J. (2015): Implementing Energy Management System to Increase Energy Efficiency in Manufacturing Companies. Procedia CIRP 26, pp. 156–161
- smart-me AG (2014): smart-me [Browserbasierte Software]. <https://web.smart-me.com/technologie/smart-me-cloud/>, Zugriff am 15.06.2024
- Verbraucherzentrale NRW e. V. (2024): Photovoltaik: Was tun mit der Ü20-Anlage, wenn die EEG-Förderung endet? <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/photovoltaik-was-tun-mit-der-ue20anlage-wenn-die-eegfoerderung-endet-50846>, Zugriff am 15.06.2024
- Verivox GmbH (o. J.): Verbraucherpreisindex Strom: Kostenentwicklung für Privatkunden. <https://www.verivox.de/strom/verbraucherpreisindex/>, Zugriff am 15.06.2024

Energiemanagementsystem in der Landwirtschaft: effiziente Nutzung, Optimierung und Integration erneuerbarer Energien

Energy management system in agriculture: efficient use, optimization, and integration of renewable energies

FRANZ BEHM

Zusammenfassung

Die Forschungsinitiative CowEnergySystem zielt auf die Weiterentwicklung von Milchviehsystemen in Süddeutschland ab. Schwerpunkte sind die Automatisierung von Ställen, Energieeffizienz, Integration ins regionale Stromnetz, nachhaltiger Stallbau, Lebensmittelqualität, Tiergesundheit und ethologische Aspekte. Das aktuelle Projekt von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, der Technischen Universität München sowie den Industriepartnern BEDM GmbH, Rudolf Hörmann GmbH & Co.KG, sowie der Baumgartner GmbH & Co. KG strebt die Entwicklung eines autonomen Energie-Management-Systems für Milchviehställe an. Dieses System soll eine nachhaltige Produktion von Energie und Milch ermöglichen und basiert auf Big-Data-Analysen und Entscheidungsalgorithmen. Durch Lastmanagement- und Nachfragesteuerungsstrategien soll der Energieverbrauch optimiert werden. Die Gebäudeautomatisierung steuert Geräte wie Melkmaschinen und Klimaanlage intelligent. Prognoseanwendungen helfen, den zukünftigen Energiebedarf vorherzusagen. Netzfremdliche Dienste und virtuelle Kraftwerke tragen zur Netzstabilität bei und generieren zusätzliche Einnahmen für landwirtschaftliche Betriebe (Bernhard et al. 2021).

Summary

The research initiative CowEnergySystem aims to advance dairy farming systems in Southern Germany. Key focuses include the automation of barns, energy efficiency, integration into the regional power grid, sustainable barn construction, food quality, animal health, and ethological aspects. The current project, undertaken by the Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Sciences, the Technical University of Munich, and industry partners BEDM GmbH, Rudolf Hörmann GmbH & Co. KG, and Baumgartner GmbH & Co. KG, aims to develop an autonomous energy management system for dairy barns. This system is designed to enable the sustainable production of energy and milk and is based on big data analyses and decision algorithms. By employing load management and demand response strategies, energy consumption will be optimized. Building automation will intelligently control devices such as milking machines and climate control systems. Forecasting applications will help predict future energy needs. Grid-friendly services and virtual power plants will contribute to grid stability and generate additional revenue for agricultural operations (Bernhard et al. 2021).

1 Zielsetzung

Das Energiemanagementsystem in der Landwirtschaft strebt an, die Energieeffizienz zu steigern, erneuerbare Energien zu maximieren und landwirtschaftliche Betriebe zu wichtigen Akteuren im Energiesektor zu machen. Es umfasst Aspekte wie Lastmanagement, Demand-Side-Management, Überwachung und Monitoring von Energieflüssen, Prozessoptimierung sowie Integration moderner Technologien und erneuerbarer Energiequellen (Höhendinger et al. 2018).

Ziel des vom BMEL geförderten Verbundforschungsvorhabens „CowEnergySystem“ war die Entwicklung eines autonomen Energiemanagementsystems (EMS) für Milchviehställe. Ein Zentrales Monitoring- und Steuerungsmodul analysiert Daten von Sensoren im Milcherzeugungssystem. Entscheidungsalgorithmen auf Basis von Big Data ermöglichen optimierte Energieflüsse und Lastmanagement sowie Prognosemodelle (Wetter, Speicherzyklen, Energieerträge usw.). Ein Demonstrator wurde auf einem Praxis-Pilotbetrieb getestet. Weitere Untersuchungen sollen zeigen, dass das On-Farm EMS dauerhaft und zuverlässig ist. Störungen werden analysiert, die Funktionsweise der technischen Systemelemente wird überprüft und die Notstromfunktion sowie Netzdienstleistungen mit dem Stromversorgungsunternehmen werden getestet. Eine Null-Serie soll auf bis zu 10 weiteren landwirtschaftlichen Betrieben installiert werden, um die Funktionsfähigkeit bei unterschiedlicher technischer Ausstattung zu überprüfen (Stumpenhausen et al. 2023).

Die Bedeutung des ländlichen Raums bei der umweltfreundlichen Energieversorgung wird zunehmen, besonders durch die Potenziale der Energieproduktion in der Milchviehhaltung. Ein optimiertes Lastmanagement im Stall, erhöhte Eigenverbrauchs- und Autarkiequoten sowie ein netzdienlicher Anschluss an die regionale Stromversorgungsstruktur sind entscheidend. Das entwickelte EMS unterstützt diese Ziele der Energiewende und eröffnet Landwirten neue Einkommensquellen sowie verbesserte Produktionskontrolle.

Die Verbesserung der elektronischen Steuerung, Regelung, Überwachung und Automation des Produktionsverfahrens ermöglicht Ressourceneinsparungen und fördert das Tierwohl. Das entwickelte EMS ist bereits auf einem Praxisbetrieb in Funktion und hat einen Technologiereifegrad von „7“. Es läuft automatisch und relevante Daten zur Energieerzeugung, -speicherung und -verbrauch können jederzeit abgerufen und übertragen werden. Zukünftige Untersuchungen sollen die generelle Funktionstüchtigkeit sicherstellen, insbesondere unter Praxisbedingungen (Stumpenhausen und Bernhardt 2019).

2 Material und Methoden

Das Energie- und Produktionsmanagementsystem soll eine ausgewogene und nachhaltige Erzeugung von Energie und Milch gleichzeitig ermöglichen. Auf diese Weise dient die Innovation der Steigerung der Ressourceneffizienz. Entscheidungsalgorithmen, die eine effektive Steuerung des EMS gewährleisten, werden durch den Einsatz von Big-

Data-Analysen erstellt. Die benötigten Daten liefern vorhandene Sensoren und zusätzliche Sensoren, die bei Bedarf in das Gesamtsystem integriert werden. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion sowie regenerativer Energie kann diese Energie für eine autarke Produktion und zur Deckung des Bedarfs eines regionalen Energieversorgungsnetzes genutzt werden.

2.1 Stallautomatisierung und zentrale Steuerung der Anlagen

Die Integration automatisierter Systeme und einer zentralen Steuerung ermöglicht es landwirtschaftlichen Betrieben, verschiedene Stallprozesse zu optimieren. Dazu gehören die automatische Regelung von Belüftung, Fütterung und Temperatur. Diese Maßnahmen reduzieren nicht nur den Arbeitsaufwand, sondern optimieren auch den Energieverbrauch, indem die Anlagen nur bei Bedarf aktiv sind. Dies führt zu einer effizienteren Ressourcennutzung und einem verringerten ökologischen Fußabdruck (Stumpenhausen und Bernhardt 2023).

2.2 Nahtlose Integration elektrischer Akteure

In landwirtschaftlichen Betrieben sind verschiedene elektrische Akteure wie Energieerzeuger (z.B. Solar- und Biogasanlagen) und Verbraucher (z.B. Pumpen, Kühlanlagen, Beleuchtungssysteme) vorhanden. Durch eine nahtlose Integration dieser Akteure in das Energiemanagementsystem können Betriebe die verfügbaren Energiequellen effizient nutzen und Kosten einsparen, was zu einer verbesserten Energieeffizienz führt.

2.3 Energieeffizienz und Integration von Energiespeicherlösungen

Die Verbesserung der Energieeffizienz ist für die langfristige Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe entscheidend. Der Einsatz verschiedener Energiespeicherlösungen ermöglicht es, den aus erneuerbaren Energiequellen wie Solar- oder Windenergie erzeugten Strom effizient zu speichern und bei Bedarf zu nutzen (Stumpenhausen et al. 2023).

2.4 Schutz und Überwachung der Produktion und Tiergesundheit

Technologische Innovationen spielen eine entscheidende Rolle beim Schutz der Lebensmittelqualität und Tiergesundheit in landwirtschaftlichen Betrieben. Automatisierte Systeme zur Überwachung des Tierwohls, der Tiergesundheit und der Lebensmittelqualität tragen dazu bei, die Gesundheit der Nutztiere zu verbessern und die Qualität landwirtschaftlicher Produkte zu gewährleisten. Dies steigert nicht nur die Sicherheit und Zufriedenheit der Verbraucher, sondern auch die langfristige Rentabilität landwirtschaftlicher Betriebe (Hartwig-Kuhn 2021).

2.5 Lastmanagement und Demand Side Management

Lastmanagementstrategien zielen darauf ab, Spitzenlasten zu reduzieren und den Energieverbrauch zu optimieren. Durch die intelligente Steuerung von Energieverbrauchern können landwirtschaftliche Betriebe ihre Energieeffizienz verbessern und Kosten senken. Demand-Side-Management umfasst Maßnahmen, die darauf abzielen, den Energiever-

brauch aktiv zu steuern, um eine optimale Nutzung der verfügbaren Ressourcen zu gewährleisten (Stumpenhausen et al. 2023).

2.6 Vorhersagemodelle (Speicherzustand, Wetter usw.)

Die Nutzung von Vorhersagealgorithmen ermöglicht es landwirtschaftlichen Betrieben, den zukünftigen Energiebedarf besser zu prognostizieren und entsprechende Maßnahmen zur Optimierung des Energieverbrauchs einzuleiten. Dadurch können Kosten gesenkt und die Nachhaltigkeit des Betriebs verbessert werden, indem unnötiger Energieverbrauch vermieden wird.

2.7 Smart Grid und Netzdienlichkeit

Landwirtschaftliche Betriebe können zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen, indem sie netzdienliche Dienste anbieten und ein virtuelles Kraftwerk bilden. Durch die aktive Teilnahme am Strommarkt können sie nicht nur ihren eigenen Energiebedarf decken, sondern auch zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen und zusätzliche Einnahmen generieren. Dies trägt zur langfristigen Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe bei und stärkt ihre Wettbewerbsfähigkeit auf dem Energiemarkt.

3 Ergebnisse

Die Implementierung eines Energiemanagementsystems in der Landwirtschaft hat eine Vielzahl von positiven Ergebnissen gezeigt. Durch die gezielte Optimierung des Energieverbrauchs und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien konnten landwirtschaftliche Betriebe nicht nur ihre Energiekosten senken, sondern auch ihre Energieeffizienz signifikant verbessern. Die Integration von Gebäudeleitechnik und die Nutzung von Forecast-Applikationen haben dazu beigetragen, den Energieverbrauch weiter zu optimieren und eine nachhaltige Energieversorgung sicherzustellen. Die nahtlose Integration elektrischer Akteure hat landwirtschaftlichen Betrieben ermöglicht, flexibel auf veränderte Rahmenbedingungen zu reagieren und ihre Energieversorgung effizient zu gestalten. Darüber hinaus haben landwirtschaftliche Betriebe durch die Bereitstellung netzdienlicher Dienste und die Bildung virtueller Kraftwerke eine wichtige Rolle in der Energiewende eingenommen und die Integration erneuerbarer Energien vorangetrieben (Stumpenhausen et al. 2023).

Im Mittelpunkt dieses Forschungsvorhabens steht die Entwicklung eines intelligenten und selbststeuernden Energiemanagementsystems. Dabei liegt der Fokus auf der Erfassung und Auswertung einer breiten Palette von Daten aus den technischen, wirtschaftlichen und sozialen Bereichen. Insbesondere werden Daten zu Stallkomponenten, Energieverbrauch und Arbeitsstrukturen erfasst und als wesentliche Kennwerte betrachtet. Im Gegensatz zum Ackerbau fehlt jedoch eine einheitliche Datenschnittstelle wie der ISOBUS-Standard, was bedeutet, dass Informationen von jedem System, sei es ein Melkroboter oder ein Fütterungsroboter, separat gesammelt werden müssen. Um den Energieverbrauch und die -erzeugung in Einklang zu bringen, werden diese Werte

im Energiemanagementsystem (EMS) mittels Simulationen im Voraus geplant. Hierbei werden insbesondere Wettervorhersagen, Stallklimadaten und Daten der Milchkühe berücksichtigt. Die Automatisierung der Stalltechnik trägt dazu bei, den Stromverbrauch auszugleichen. Die verschiedenen regenerativen Energiequellen werden unterschiedlich geplant; so ermöglicht beispielsweise Biogas eine kontinuierliche Energieversorgung oder kann als Energiespeicher dienen (Höhendinger et al. 2018).

Die Erfassung von Energieverbrauch, -versorgung und Tierdaten bildet die Grundlage des EMS. Überschüssige Energie kann in das regionale Netz eingespeist werden, wobei die Speicherung und der Stromeinkauf entscheidend für die regionale Stromversorgung sind. Das EMS bietet außerdem die Möglichkeit, einzelne Komponenten wie Reinigungsroboter und Fütterungsroboter besser aufeinander abzustimmen (Stumpenhausen et al. 2023).

Die Flexibilitätsoptionen, die sich aus den Speichern ergeben, können den regionalen Energieversorgern über die Betriebsebene zur Verfügung gestellt werden. Das EMS koordiniert die Aufnahme oder Bereitstellung von Energie mit dem regionalen Energieversorger und berücksichtigt dabei verschiedene Daten, wie den Energiebedarf für die Milchkühe, den Stand der Energiespeicher und das simulierte Energieerzeugungspotenzial (Stumpenhausen et al. 2023).

4 Ausblick

Die Zukunftsaussichten für das Energiemanagementsystem in der Landwirtschaft sind äußerst vielversprechend und bieten ein breites Spektrum an Möglichkeiten. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung von Technologien und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien wird das Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz in landwirtschaftlichen Betrieben weiter zunehmen. Hierbei werden insbesondere die Integration von Gebäudeleittechnik, die Nutzung von Vorhersagemodellen und die verstärkte Einbindung erneuerbarer Energien eine zentrale Rolle spielen. Langfristig könnten landwirtschaftliche Betriebe eine entscheidende Rolle in der dezentralen Energieversorgung übernehmen. Indem sie aktiv an der Produktion, Speicherung und Verteilung von Energie teilnehmen, tragen sie nicht nur zur Sicherstellung einer nachhaltigen Energieversorgung bei, sondern unterstützen auch die Entwicklung des ländlichen Raums.

Die aktive Teilnahme am Strommarkt und die Bildung virtueller Kraftwerke eröffnen den landwirtschaftlichen Betrieben zusätzliche Chancen, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken und einen bedeutenden Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes zu leisten. Durch die Flexibilität, die ein Energiemanagementsystem bietet, können landwirtschaftliche Betriebe ihre Energieproduktion und -nutzung an die aktuellen Marktanforderungen anpassen und dadurch potenzielle Erlöse maximieren. Investitionen in Speichertechnologien attraktiver zu machen oder sogar die netzdienliche Speicherung in Form einer betriebsüberdimensionierten Speichertechnologie gefördert werden.

Literatur

- Bernhardt, H.; Höhendinger, M.; Stumpenhausen, H. (2021): Development of the technical structure of the “Cow Energy” concept. *Agronomy* 11, p. 1915, <https://doi.org/10.3390/agronomy11101915>
- Hartwig-Kuhn, S. (2021): Ein Energiemanagementsystem für den Milchviehhalter. *LKV Magazin* 3, S. 15–18
- Höhendinger, M.; Bernhardt, H.; Stumpenhausen, J.; Krieg, H.-J.; Frech, L. (2018): Entwicklung eines integrierten Farm-Management-Systems für die kombinierte Milch- und Energieproduktion in landwirtschaftlichen Betrieben und Vernetzung in ein regionales Energienetz (CowEnergy). In: BLE Innovationstage Innovative Ideen – smarte Produkte, 23.–24. Oktober 2018, Bonn, S. 433–436
- Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2019): Entwicklung der technischen Architektur des „Stall 4.0“-Konzepts. In: 13. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 24.–26. September 2019, Bonn, S. 275–280
- Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H.; Werner, D. (2023): Energiemanagement im Milchviehstall. *Milchpraxis* 4, S. 8–11

Förderhinweis

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Ermittlung des Marktpotenzials landwirtschaftlicher Energiemanagementsysteme in Deutschland

Determining the market potential of agricultural energy management systems in Germany

CHRISTOPH BADER, JÖRN STUMPENHAUSEN, HEINZ BERNHARDT

Zusammenfassung

Angesichts des weltweit steigenden Bedarfs entwickelt sich die Ressource Energie zu einem bedeutenden Kostenfaktor in Industrie und Gesellschaft. Durch den gesellschaftlich gewünschten Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger rückt die Nutzung regenerativen Energien weltweit, aber gerade in Deutschland, zunehmend in den Mittelpunkt und die Energiemärkte sind durch Inflation angespannter und durch den wachsenden Bedarf auch volatiler.

Von dieser Entwicklung sind besonders der ländliche Raum und die Landwirtschaft, und hier die energieintensiven, tierhaltenden Betriebe betroffen und dadurch vor zusätzliche betriebswirtschaftliche Herausforderungen gestellt. Durch die Möglichkeit der Nutzung von Photovoltaikanlagen auf Dächern landwirtschaftlicher Betriebsgebäude oder die Verwertung der in der Tierhaltung anfallenden Reststoffe in Biogasanlagen kann zusätzlich Energie erzeugt werden. Gerade für diese Betriebe ergeben sich so bisher ungenutzte Potenziale und zusätzliche Synergien, um die eigene preiswerte Energie im Betrieb selbst zu nutzen oder den Stromüberschuss als Marktteilnehmer direkt in das öffentliche Stromnetz zu liefern. Die Landwirtschaft könnte dadurch als Akteur einer regionalen Energieversorgung dienen und so regionale dezentrale Energienetze aufbauen. Um das Potenzial zur nachhaltigen Energieerzeugung überhaupt nutzen zu können, sind jedoch intelligente Stromspeicherkonzepte und ein entsprechendes Energiemanagementsystem (EMS) zwingend notwendig, um sowohl interne Produktionsprozesse als auch die variierende Energienachfrage und -angebot im Stromnetz aufeinander abzustimmen. Da sich die landwirtschaftlichen Produktionsverfahren sowohl einzelbetrieblich als auch regionsspezifisch sehr unterscheiden, ist die Verbreitung eines Energiemanagementsystems stark von der Akzeptanz der Nutzer bestimmt. Braisierend auf einer Projektstudie auf Grundlage einer Online-Befragung mit 1.057 Rückmeldungen kann das aktuelle Interesse der Praktiker an einem maßgeschneiderten EMS abgeleitet werden und bildet gleichzeitig die Grundlage für künftiges Vermarktungskonzept.

Summary

In view of rising global demand, energy as a resource is becoming a significant cost factor in industry and society. As a result of society's desire to phase out the use of fossil fuels, the use of renewable energies is increasingly taking centre stage worldwide, but especially in Germany, and the energy markets are becoming increasingly tense due to inflation and more volatile as a result of growing demand.

Rural areas and agriculture are affected by this development, especially energy-intensive livestock farms, which face additional economic challenges. Additional energy can be generated using photovoltaic systems on the roofs of agricultural buildings or the utilization of residues from animal husbandry in biogas plants. For these farms, this opens previously untapped potential and additional synergies for using their own inexpensive energy on the farm or supplying the surplus electricity directly to the public grid as a market participant. Agriculture could thus serve as an actor in a regional energy supply and thus establish regional decentralized energy networks. However, to be able to use the potential for sustainable energy generation at all, intelligent electricity storage concepts and a corresponding energy management system (EMS) are essential to coordinate both internal production processes and the varying energy demand and supply in the electricity grid. As agricultural production methods differ greatly from farm to farm and region to region, the spread of an energy management system is strongly determined by user acceptance. Based on a project study based on an online survey with 1,057 responses, the current interest of practitioners in a customized EMS can be derived and at the same time forms the basis for future marketing concepts.

1 Grundlagen

Seit 2013 befasst sich die Forschungsinitiative „Stall 4.0“ mit der praxisorientierten Erarbeitung systemspezifischer Grundlagen für die Implementierung eines On-Farm-Energiemanagementsystems (EMS) für landwirtschaftliche Milchviehbetriebe (Stumpenhausen und Bernhardt 2013). Die Forschung im Verbund der Technischen Universität München und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf arbeitet in Kooperation mit drei Projektpartnern aus der Industrie mit der Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) an einem mehrstufigen Forschungsprogramm mit definierten Projektabschnitten und konnte bereits auf zwei praktischen Pilotbetrieben aussagekräftige Erkenntnisse über die notwendigen Anforderungen an ein derartiges On-Farm-Energiemanagementsystem gewinnen. Das EMS wurde in einer praxistauglichen Hard- und Softwarelösung umgesetzt (Stumpenhausen und Bernhardt 2019) und hat mittlerweile den Status der Marktreife erreicht. Parallel zum wachsenden Automatisierungsgrad in Form von autonomen Landmaschinen und Feldrobotern in Landwirtschaft und Gartenbau (Gaus et al. 2017) entwickelt sich auch die Forschung in der Innenwirtschaft in Richtung integrierter Milch- und Energieproduktion (Integrated Dairy Farming) mit höchstem Automatisierungsgrad und sensorgeregelter Produktionssteuerung (Lokhorst 2018, Tedeschi et al. 2021). Durch die produktionsübergreifenden Anforderungen an die Mensch-Tier-Technik-Interaktionen werden im Projekt weitere Testbetriebe in das Programm aufgenommen, um weitergehende wissenschaftliche Erkenntnisse und neue Grundlagen für eine intelligente Vernetzung jeweils relevanter Systemelemente zu gewinnen und darüber hinaus eine komplexe Kommunikationsstruktur für das betriebsindividuelle Lastmanagement (Höld et al. 2015, Gräff et al. 2015) auch außerhalb der Produktionsrichtung Milcherzeugung zu entwickeln. Durch die für die Tierhaltung notwendigen baulichen Anlagen (Stallungen und Lagergebäude) besteht die Möglichkeit einer eigenständigen Energieerzeugung (Photovoltaik, Windkraft, Biogas) vor Ort (Bernhardt et al. 2021). Gerade die ganzheitliche Systembetrachtung zeigt im Bereich der erneuerbaren Energien eine realistische Chance zu einer effizienteren und nachhaltigeren Verwertung bereits vorhandener Ressourcen.

Abbildung 1 zeigt die komplexen Strukturen des integrierten Systems mit den verschiedensten Einflussbereichen. Im Gegensatz zur Außenwirtschaft gibt es für das EMS bislang keine einheitlichen Datenschnittstellen wie z. B. in Form des ISOBUS-Standards in der Landmaschinentechnik. Deshalb mussten für jedes Systemelement eigene Aktoren entwickelt werden, um für eine optimierte betriebsinterne Netz- und Kommunikationstechnik zu sorgen. Bei diesen Aktoren handelt es sich um elektronische Module, die als Bestandteile des technischen Stallsystems zwischen dem EMS und den einzelnen Energieverbrauchern interagieren und so eine anpassungsfähige Systeminstallation gewährleisten. Durch dieses eigene Sensornetz können alle wichtigen Informationen über ein Cloud-System gespeichert und weitergeleitet werden. Durch das EMS wird es dann möglich, sowohl den Einsatzzeitpunkt als auch die Einsatzdauer der einzelnen Aggregate im Tagesverlauf, insbesondere durch Abgleich von Energieerzeugung und Energieverbrauch, zu flexibilisieren. Das EMS nutzt weitere prozessrelevante Systemda-

ten, wie Leistungsdaten der Milchkühe, aktuelle Wetterprognosen und Stallklimadaten, um Echtzeit-Simulation zu erzeugen (Höhendinger et al. 2018). Daraus kann das EMS Rückschlüsse auf den künftigen Energiebedarf der vorhandenen Stallkomponenten schließen. Beispielsweise wenn sich durch den Einsatz des E-Futtermischwagens die Tieraktivität auf den Fressbereich konzentriert, ergibt sich ein günstiger Zeitpunkt das Reinigungsprogramm des Automatischen Melksystems (AMS) starten zu lassen. Die für die Reinigung benötigte Energie muss logischerweise zu diesem Zeitpunkt dann auch über die aktuelle Energieproduktion oder bereits vorher gespeicherte Energie zur Verfügung stehen. Das Speicherkonzept muss deshalb eine Diversifikation an Stromverfügbarkeit enthalten, damit das EMS die zentrale Steuerung der Energieströme nach Angebot und Bedarf managen kann. Die Energieerzeugung auf einem landwirtschaftlichen Betrieb zeichnet sich in der Regel dadurch aus, dass im Durchschnitt mehr Strom erzeugt als durch interne Prozesse verbraucht werden kann. Somit kann der Energieüberschuss nutzbringend an das öffentliche Stromnetz abgegeben werden. Der Betrieb wird demnach nicht nur energieautark, sondern generiert durch vorhandene Ressourcen eine weitere Einnahmequelle und wird zum zukunftsfähigen, dezentralen Energiedienstleister für den ländlichen Raum (Höhendinger et al. 2018).

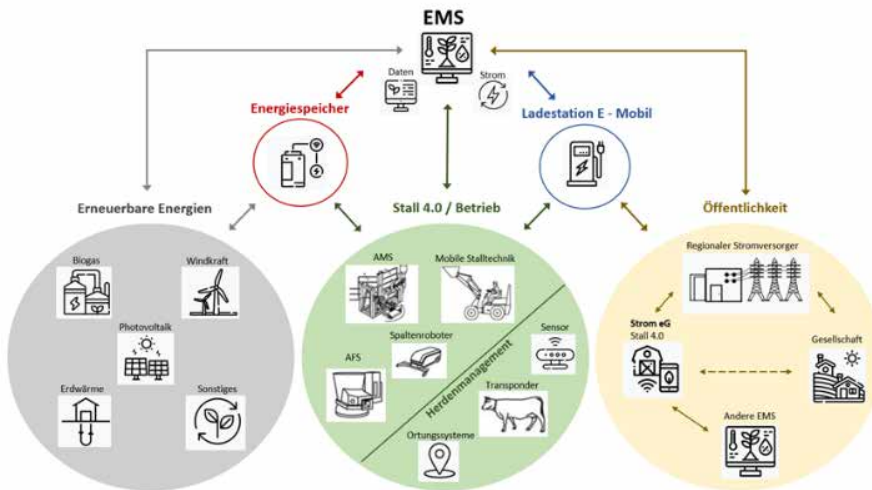


Abb. 1: Integration des On-Farm-Energiemanagementsystems in die Produktionsabläufe eines Milchviehbetriebs (© Technische Universität München)

Fig. 1: Integration of the on-farm energy management system into the production processes of a dairy farm (© Technische Universität München)

2 Erste Ergebnisse der Projektstudie zur Ermittlung des Marktpotenzials

In der Projektstudie wurden neben Betriebsstandort (nach Bundesländern), Altersstruktur der Betriebsleiter, Produktionszweige, Stromerzeugung, Energiespeicher usw. auch Fragen zur grundsätzlichen Akzeptanz von einem Energiemanagementsystem gestellt. Abbildung 2 verdeutlicht, dass von den 1.057 verwertbaren Umfragen 80,61 % ein grundsätzliches Interesse an einem Energiemanagementsystem gezeigt haben, weitere 5,49 % eher noch unsicher waren. Lediglich 13,90 % hatten kein Interesse an einem solchen EMS.

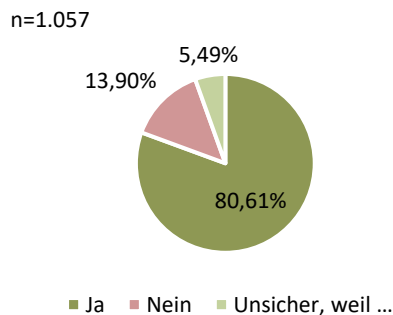


Abb. 2: Antworten zur Frage nach dem grundsätzlichen Interesse an einem Energiemanagementsystem (n = 1.057) (© C. Bader)

Fig. 2: Answers to the question about basic interest in an energy management system (n = 1,057) (© C. Bader)

Um die Bedeutung unterschiedlicher Faktoren für den Einsatz eines Energiemanagementsystems zu ermitteln, konnten sich die Umfrageteilnehmer bei den Antworten zwischen gar keiner (1), geringer (2), hoher (3) und sehr hoher Bedeutung (4) entscheiden. Dabei zeigte sich nachfolgendes Ergebnis (Tab. 1).

Tab. 1: Bedeutung der wichtigsten Faktoren beim Einsatz eines Energiemanagement-systems (n = 1.057)
Tab. 1: Importance of the most important factors when using an energy management system (n = 1,057)

Ranking	Faktoren	Gewichtung
1	Wirtschaftlichkeit	3,51
2	Bessere Ausnutzung des am Hof produzierten Stroms, Steuerung der Energieflüsse	3,24
3	Energieeinsparung	3,21
4	Gewinnmaximierung durch bedarfsgerechte Einspeisung	3,12
5	Autarke Energieversorgung	2,91
6	Persönlicher Beitrag zu einer umweltfreundlicheren Energieversorgung	2,82
7	Steigerung des Images der Landwirtschaft	2,64
8	Vorbereitung auf die Zeit nach dem EEG-Zuschuss	2,57
9	Zeitersparnis durch ein automatisiertes Energiemanagementsystem	2,49

Über die Hälfte der Antwortenden (56,86 %) gaben an, dass für sie die Wirtschaftlichkeit des EMS die wesentlichste Bedeutung hat; für weitere 38,86 % hat dieser Aspekt eine hohe Bedeutung. Lediglich für 3,69 % war der Wirtschaftlichkeitsaspekt von geringer oder gar keiner Bedeutung (0,95 %).

Eine zwingend notwendige Komponente für die Inbetriebnahme eines Energiemanagementsystems ist neben dem eigenen Stromverbrauch durch entsprechende Abnehmer (Melkanlage, Kühlung, Elektrofahrzeuge usw.) die Stromerzeugung direkt vor Ort. Deshalb gehören gerade die Betriebe zum unmittelbaren Zielmarkt, die eine EEG-Anlage (Anlage, die den Strom aus erneuerbaren Energien wie z.B. Wind, Sonne, Wasser oder Biomasse produziert) betreiben (Bundesnetzagentur 2024). Die Projektstudie ergab, dass von den 1.057 Teilnehmern nur 15,70 % keine adäquate Ausstattung für die Energieerzeugung auf ihrem Betrieb besitzen. Die Bundesrepublik Deutschland weist nach Angaben des Statistischen Bundesamt im Jahr 2023 (DESTATIS 2024) eine Zahl von 255.010 landwirtschaftlichen Betrieben aus. In Abbildung 3 wird aufgrund vorhandener Restriktionen und Annahmen dementsprechend abgeleitet, dass Deutschland einen möglichen Zielmarkt von 173.290 Betrieben (oder 67,95 % Marktpotenzial) besitzt.

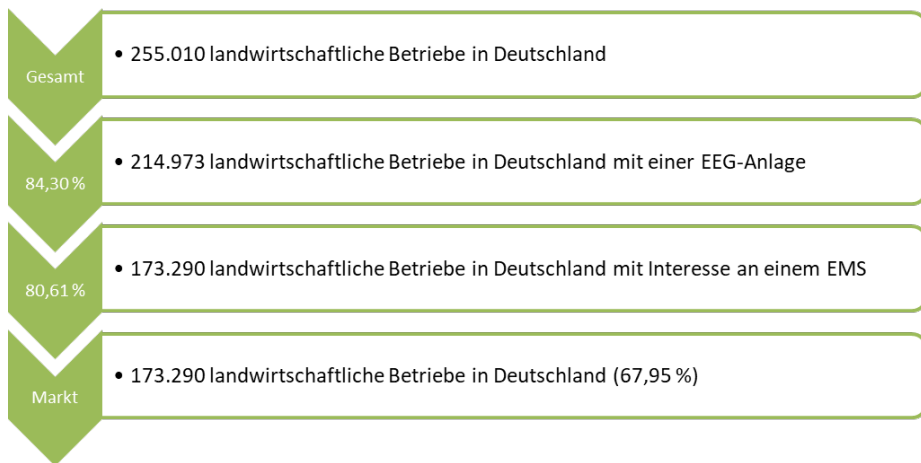


Abb. 3: Bestimmung des Zielmarktes anhand der Angaben aus der Projektstudie (© C. Bader)

Fig. 3: Determination of the target market based on the information from the project study (© C. Bader)

3 Ausblick

In einer Projektstudie wurde mittels Online-Befragung herausgearbeitet, wie das Interesse an dem im Verbundforschungsprojekt „Stall 4.0“ entwickelten On-Farm-Energiemanagementsystem innerhalb der Landwirtschaft in Deutschland abgeschätzt werden könnte. Da sich die landwirtschaftlichen Betriebe innerhalb ihrer Produktionsverfahren, aber auch von Region zu Region stark unterscheiden, muss von einem variierenden Nutzungs- und Anforderungsprofil der Landwirte an ein EMS-System ausgegangen werden.

Deshalb ist es für die Projektverantwortlichen und Entwickler von besonderem Interesse, einzuschätzen, inwieweit sich der industrielle Prototyp überregional vermarkten lässt und welche konkreten Anforderungen das System erfüllen muss. Gerade eine entsprechende Wirtschaftlichkeit, die bessere Nutzung des am Hof eigenerzeugten Stroms, die Steuerung der zugehörigen Energieflüsse, mögliche Energieeinsparung und das Streben nach Gewinnmaximierung sind die entscheidende Werttreiber, die die Akzeptanz der Landwirte im Hinblick auf die Einführung eines Systems stark beeinflussen. Grundsätzlich ist die Bereitschaft für die Investition in ein EMS mit über 80 % sehr positiv. Durch die Installation weiterer Testbetriebe lassen sich noch zusätzliche Modellkonzeptionen über unterschiedliche Produktionsverfahren hinweg erarbeiten. Damit können durch weiterreichende Analysen tiefergehende Erkenntnisse bezüglich der Zielgruppen für das künftige Vermarktungs- und Marketingkonzept gewonnen werden. Schließlich kann aufgrund der ersten Erhebungen bereits festgehalten werden, dass der Zielmarkt an landwirtschaftlichen Betrieben (67,95 %) ein großes Potenzial für den Markteintritt eröffnet.

Mithilfe weiterer Analysen sollen die Zusammenhänge für unterschiedliche Produktionsverfahren noch genauer nach Zielgruppen spezifiziert werden.

Literatur

- Bader, C.; Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2024): Prediction of the Spatial and Temporal Adoption of an Energy Management System in Automated Dairy Cattle Barns in Bavaria – “CowEnergySystem”. *Energies* 17(2), 435, <https://doi.org/10.3390/en17020435>
- Bernhardt, H.; Höhendinger, M.; Stumpenhausen, J. (2021): Development of the Technical Structure of the “Cow Energy” Concept. *Agronomy* 11(10), 1915, <https://doi.org/10.3390/agronomy11101915>
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2024): Netzanschluss EE-Anlagen. Bonn. [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/Netzanschluss/start.html#:~:text=Der%20Netzanschluss%20von%20EE%20%2DAnlagen,Anschluss%20von%20EE%20%2DAnlagen%20vorgesehen.&text=Eine%20Erneuerbare%2DEnergien%2DAnlage%20\(%2C%20Sonne%2C%20Wasser%20oder%20Biomasse](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/Netzanschluss/start.html#:~:text=Der%20Netzanschluss%20von%20EE%20%2DAnlagen,Anschluss%20von%20EE%20%2DAnlagen%20vorgesehen.&text=Eine%20Erneuerbare%2DEnergien%2DAnlage%20(%2C%20Sonne%2C%20Wasser%20oder%20Biomasse), Zugriff am 24.06.2024
- Gaus, C.-Ch.; Minßen, T.-F.; Urso, L.-M.; de Witte, Th.; Wegener, J. (2017): Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen. Schlussbericht zu FKZ 14NA004 und 14NA011 sowie 14NA012. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, https://orgprints.org/id/eprint/32438/1/32437_14NA004_011_012_thuenen_institut_de_Witte_Landmaschinen_Pflanzenbau.pdf, Zugriff am 24.06.2024
- Gräff, A.; Wörz, S.; Dietrich, J.; Höld, M.; Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2015): Effects of a simulated power cut in AMS on milk yield valued by statistics model. *International Journal of Engineering Research and Applications* 5(12), pp. 7–12
- Höhendinger, M.; Stumpenhausen, J.; Wörz, S.; Krieg, H.-J.; Dietrich, R.; Frech, L.; Bernhardt, H. (2018): Einbindung externer Datenquellen und Komponenten in ein On-Farm Energiemanagementsystem. 38. GIL-Jahrestagung, 26. bis 27.02.2018, Kiel, S. 107–110

- Höld, M.; Bernhardt, H.; Gräff A.; Stumpenhausen, J. (2015): Grundlagenerarbeitung zur Implementierung eines On-Farm Energie Management Systems im Milchviehstall. 35. GIL-Jahrestagung, 23. bis 24.02.2015, Geisenheim, S. 73–76
- Lokhorst, C. (2018): An introduction to smart dairy farming. Wageningen, Hogeschool van Hall Larenstein
- Marimon, F.; Casadesús, M. (2017): Reasons to Adopt ISO 50001 Energy Management System. Sustainability 9(10), 1740, <https://doi.org/10.3390/su9101740>
- Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2019): Integrated Dairy Farming – Ein Forschungsansatz für den Stall 4.0. Technik in Bayern 22(2), S. 12–13
- Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2013): On-Farm EMS | Praxisorientierte Erarbeitung systemspezifischer Grundlagen für die Implementierung eines Smart-Grid fähigen On-Farm Energie Management Systems für Milchviehställe mit höchstem Automatisierungsgrad und weitgehend autonomer Versorgung über dezentrale regenerative Energieproduktion. <https://www.hswt.de/forschung/projekt/765-on-farm-ems>, Zugriff am 24.06.2024
- Tedeschi, L.O.; Greenwood, P.L.; Halachmi, I. (2021): Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming. Journal of Animal Science 99(2), pp. 1–11, <https://doi.org/10.1093/jas/skab038>

Förderhinweis und Danksagung

Die Forschung wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Das Projekt wird von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Innovationsförderprogramms durchgeführt. Vielen Dank an alle Partner des Forschungsprojektes „CowEnergySystem“ sowie an Familie Posch in Schechen/Bayern und Familie Demmel in Königsdorf/Bayern, die uns ihre Betriebe für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben.

Ammoniak-Emissionsminderungspotenzial von Spaltenböden mit Gummieinsätzen und Dichtungsklappen in Milchviehställen

Ammonia emission reduction potential of slatted floors with rubber inserts and slat sealing flaps in dairy cattle barns

DIANA NETT, VERONIKA EBERTZ, PETER EBERTZ, WOLFGANG BÜSCHER,
MANFRED TRIMBORN

Zusammenfassung

Im EmiMin-Projekt wurden verschiedene baulich-technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Tierhaltung untersucht. Im Bereich der Milchviehhaltung lag der Fokus u. a. auf dem Ammoniak-Emissionsminderungspotenzial von Spaltenböden mit Gummieinsätzen und Dichtungsklappen.

Ziel dieser Studie war es, die Böden unter deutschen Praxisbedingungen zu testen und das Emissionsminderungspotenzial im Vergleich zu den im EmiDat-Projekt gemessenen Emissionen zu quantifizieren. Dazu wurden entsprechende Böden auf vier Milchviehbetrieben zusammen mit passenden Spaltenreinigungsrobotern installiert und die Emissionen im Jahresverlauf erfasst.

Durch den Einsatz der Dichtungsklappen konnten die Ammoniakemissionen im Mittel um 9 % verringert werden. Der Minderungseffekt wurde durch Faktoren wie die generelle Entmistungstechnik, die Fütterung der Tiere wie auch die dauerhafte Funktionstüchtigkeit der Dichtungsklappen unerwartet stark beeinflusst.

Summary

The EmiMin project investigated various structural and technical measures to reduce emissions in livestock farming. In the area of dairy cattle farming, the focus was on the ammonia emission reduction potential of slatted floors with rubber inserts and slat sealing flaps.

The aim of this study was to test the floors under German practical conditions and to quantify the emission reduction potential in comparison to the emissions measured in the EmiDat project. For this purpose, appropriate floors were installed on four dairy farms together with suitable robot scrapers and the emissions were recorded over the seasons.

The use of the slat sealing flaps reduced ammonia emissions by an average of 9%. The reduction effect was unexpected influenced by factors such as the general slurry removal technique, the feeding of the animals and the long-term functionality of the slat sealing flaps.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Milchviehställen entsteht ein Großteil des Ammoniaks nach der Mischung von Kot und Harn auf den Laufgängen, die als große emissionsaktive Oberflächen wirken. Bei Spaltenböden gibt es zusätzlich Emissionen aus dem unterflur gelagerten Flüssigmist. Im Rahmen des EmiDat-Projektes wurden vom KTBL auf zwölf Milchviehbetrieben in Deutschland die Ammoniakemissionen der Ställe im Jahresverlauf untersucht. Im Mittel der vier Betriebe mit planbefestigten Böden und externer Flüssigmistlagerung ergaben sich Emissionen in Höhe von $13,6 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Bei den vier Betrieben mit Spaltenböden und externer Flüssigmistlagerung ergaben sich Emissionen in Höhe von $10,3 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Bei den vier Betrieben mit Spaltenböden und Flüssigmistlagerung im Keller lagen die Emissionen bei $12,7 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Janke et al. 2023).

Die Freisetzung von Ammoniak und somit die Emissionen des Stalls können durch emissionsarme Spaltenböden mit Gummieinsätzen gemindert werden (Abb. 1). Diese fördern zudem die Trittsicherheit und die Klauengesundheit der Tiere und sorgen für ein rasches Ableiten des Urins von der Spaltenbodenoberfläche. Der zusätzliche Einsatz von Dichtungsklappen in den Spalten reduziert den Gasaustausch zwischen Flüssigmistkeller und Stallraum. Eine regelmäßige und gründliche Reinigung der Böden mittels Reinigungsrobotern mit Wassersprüheinrichtung ist eine unabdingbare Voraussetzung für die emissionsmindernde Wirkung und Funktionsfähigkeit dieser Böden.

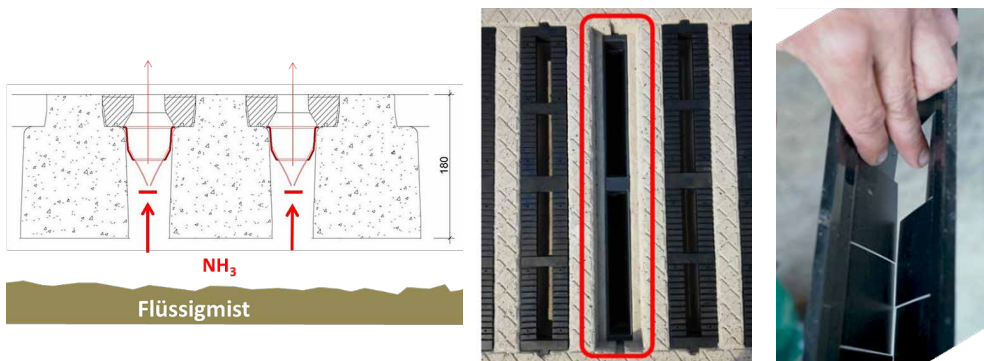


Abb. 1: Spaltenboden (Funktionszeichnung links) mit Gummieinsätzen (Mitte) und Dichtungsklappen (rechts) (© A. Beton, KTBL, verändert)

Fig. 1: Slatted floor (functional drawing on the left) with rubber inserts (center) and slat sealing flaps (right) (© A. Beton, KTBL, verändert)

Ziel der Untersuchungen, die innerhalb des Gesamtprojektes EmiMin durchgeführt wurden, war die exakte Ermittlung des Minderungspotenzials dieser Spaltenböden mit emissionsmindernden Klappen unter Praxisbedingungen auf vier ausgewählten deutschen Milchviehbetrieben zu unterschiedlichen Jahreszeiten.

2 Material und Methoden

Die Messungen fanden von Juni 2020 bis Dezember 2022 in Anlehnung an KTBL (2001) und das VERA-Messprotokoll (VERA 2018) auf vier Milchviehbetrieben statt. Dabei wurden jeweils zwei Wochen in der Winter-, Sommer- und Übergangszeit beprobt. Die vier Betriebe waren bereits mit Spaltenböden und Gummieinsätzen ausgestattet. Die Dichtungsklappen wurden nachträglich ca. 6 Monate vor dem Beginn der Messungen eingebaut.

Die Gaskonzentrationen (CO_2 , NH_3) wurden im Stall über zwei Messleitungen in einer Höhe von etwa 2,5 m entlang der Längsseite des Gebäudes sowie an zwei oder drei Außenpunkten mit FTIR-Messgeräten erfasst. Dabei wurden je Stunde mindestens fünf Werte für den Innen- und Außenbereich gemessen. Das durch die Tiere metabolisch produzierte Kohlendioxid (CO_2) fungierte bei der Messung als natürliches Tracergas, um die Luftwechselrate des Stalls zu quantifizieren. Die Berechnung der Emissionen erfolgte nach der CO_2 -Bilanzmethode (VERA 2018).

Das Minderungspotenzial wurde nach dem „Multisite approach“ (VERA 2018) berechnet. Dabei wurden die gemessenen Emissionen der vier Ställe mit der Minderungsmaßnahme den Emissionen der vier Betriebe mit Spaltenböden und Flüssigmistlagerung im Keller aus dem EmiDat-Projekt gegenübergestellt ($12,7 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{a}^{-1}$).

3 Ergebnisse

Die gemessenen NH_3 -Emissionen lagen bei den vier Betrieben mit Dichtungsklappen in den Spaltenböden im Mittel bei $11,54 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{a}^{-1}$. Betrieb A zeigte weniger als 3 kg NH_3 -Emissionen im Jahresverlauf während die Betriebe B, C und D zwischen $12,7$ und $16,9 \text{ kg NH}_3 \text{ TP}^{-1} \text{a}^{-1}$ emittierten (Abb. 2). Im Vergleich zu den Referenzställen aus EmiDat ergab sich eine mittlere emissionsmindernde Wirkung der Spaltenböden mit Gummieinsätzen und Dichtungsklappen von 9 %.

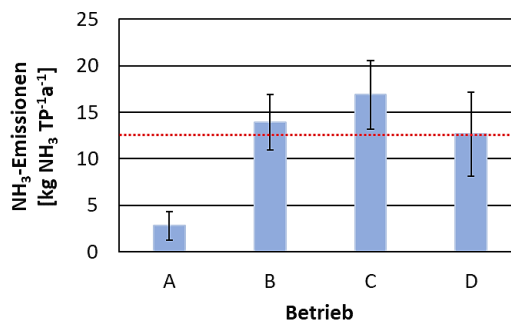


Abb. 2: NH_3 -Emissionen der vier Milchviehställe mit Dichtungsklappen in den Spaltenböden; Mittelwerte und Standardabweichung aller sechs Messwochen; gepunktet: Referenzwert aus EmiDat
 Fig. 2: NH_3 emissions of the four dairy cattle barns with slat sealing flaps in the slatted floors; mean values and standard deviation of all six measurement weeks; dotted: reference value

4 Diskussion

Der durchschnittliche emissionsmindernde Effekt der Dichtungsklappen war in den Untersuchungen mit 9 % relativ gering. Es gab aber deutliche Unterschiede zwischen den vier untersuchten Betrieben. Beim Betrieb A scheint die Entmistungstechnik einen besonderen Einfluss auf die NH_3 -Emissionen zu haben, denn hier wird das Schwemm-mistverfahren angewendet. Dabei kommt es auf der Flüssigmistoberfläche zur Ausbildung einer starken Schwimmschicht. Dagegen wurde bei Betrieb C mit den höchsten NH_3 -Emissionen der Flüssigmistkanal täglich aufgerührt, was eine Schwimmschichtbildung verhinderte.

Auch die Futterzusammensetzung des Betriebs scheint die Funktion der Dichtungsklappen zu beeinflussen. So kam es bei diesem Betrieb im Trockensteherbereich zu einer großflächigen Verstopfung der Spaltenschlitze. Dies führte dazu, dass der Urin nicht mehr abfließen konnte und sich große Pfützen auf dem Spaltenboden bildeten.

Die Funktionsfähigkeit der Dichtungsklappen nahm bei allen Betrieben im Laufe der Zeit ab. Sie schlossen nicht mehr vollständig, wodurch es zu vermehrtem Luftaustausch kam. Ein regelmäßiger Wechsel wäre daher zu empfehlen.

Neben der gemessenen Emissionsminderung berichteten die Landwirte von einem positiven Effekt auf die Tiergesundheit. Die Auftrittsflächen aus Gummi waren für die Klauengesundheit vorteilhaft. Die Tiere zeigten ein sichereres Gangbild und deutlicheres Brunstverhalten. Dies wirkt sich im Allgemeinen positiv auf die Nutzungsdauer und Remontierungsrate aus und führt zusätzlich zu reduzierten betrieblichen Emissionen, was aber bei den Emissionsmessungen dieser Studie nicht berücksichtigt wurde.

Literatur

- Janke et al. (2023): Ammoniak- und Treibhausgasemissionen der Nutztierhaltung und Minderung – Rinderhaltung. Tagung „Emissionen der Tierhaltung 2023 – erheben, beurteilen, mindern“, 10.–11. Oktober 2023, Bonn, https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tagungen_2023/Emissionen_Nutztierhaltung/Vortraege/Janke.pdf, Zugriff am 09.02.2024
- KTBL (2001): Messmethoden für Ammoniak-Emissionen. KTBL-Schrift 401, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- VERA (2018): VERA Test Protocol for Livestock Housing and Management Systems, Version 3:2018-09, https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Test-protocol_Housing_v3_2018.pdf, Zugriff am 09.02.2024

Förderhinweis

Die Förderung des Projektes „EmiMin“ erfolgte aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank. Förderkennzeichen: 839 183.

Tierhaltungsverfahren bewerten – Tiergerechtigkeit und Ammoniakemissionen

Evaluating husbandry systems – animal welfare and ammonia emissions

LISA BRUCKER, FRANZISKA CHRIST, SARAH KIMMICH, ANNA RAUEN, JANINE BENTHIN, MARC BRACKE, KAREN KAUSELMANN, TOBIAS KRAUSE, MARGRET VONHOLDT-WENKER, BRIGITTE EURICH-MENDEN, DIETER HORLACHER, SEBASTIAN WULF

Zusammenfassung

Zur Bewertung aktueller und zukünftiger Haltungsverfahren für Rinder, Schweine, Hühner und Puten wurden Methoden zur dynamischen Kalkulation eines Tiergerechtigkeitspotenzials und eines Ammoniak(NH_3)-Emissionspotenzials entwickelt. Basierend auf einem semantischen Modell gibt eine Dezimalzahl zwischen 0 und 1 das Tiergerechtigkeitspotenzial eines Haltungsverfahrens an. Das NH_3 -Emissionspotenzial wird mithilfe eines Stoffflussmodells abgeschätzt und als relative Abweichung zu einem Bezugsverfahren ausgewiesen. Beide Methoden kommen bei der Verfahrensbewertung in der Web-Anwendung InKalkTier zum Einsatz.

Summary

Methods for the dynamic calculation of an animal welfare potential and an ammonia (NH_3) emission potential were developed to evaluate current and future husbandry systems for cattle, pigs, chickens and turkeys. Based on a semantic model, a decimal number between 0 and 1 indicates the animal welfare potential of a husbandry system. The NH_3 emission potential is estimated using a material flow model and specified as a relative deviation from a reference system. Both methods are used in the evaluation of husbandry systems in the web application InKalkTier.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Nationale Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren (KTBL 2006) ermöglichte erstmals die Bewertung der Tiergerechtigkeit und Umweltwirkung von Haltungsverfahren (HV). Seither ist die Vielfalt an HV gewachsen; zum Beispiel werden in der Schweinehaltung vermehrt freigelüftete Ställe mit Auslauf gebaut. Die Untersuchungen zu Tiergerechtigkeit und Emissionsgeschehen sind jedoch nur auf eine begrenzte Anzahl an Verfahren beschränkt.

Ziel des Projekts war es, dynamische Bewertungsmethoden zu entwickeln, um bestehende sowie künftige Verfahrensvarianten im Rahmen der Stallbauplanung und -beratung, von Baugenehmigungsverfahren sowie der Aus- und Weiterbildung bewerten zu können.

2 Methoden

2.1 Tiergerechtigkeitspotenzial (TP)

Der Berechnung des TP liegt ein semantisches Modell in Anlehnung an Bracke et al. (2002) zugrunde. Mithilfe des Modells können Literaturaussagen aus wissenschaftlichen Studien genutzt werden (Abb. 1), um Eigenschaften (Attribute) eines HV sowie deren spezifische Ausführungen (Level, z.B. perforierter oder planbefestigter Boden) hinsichtlich der Tiergerechtigkeit zu bewerten.

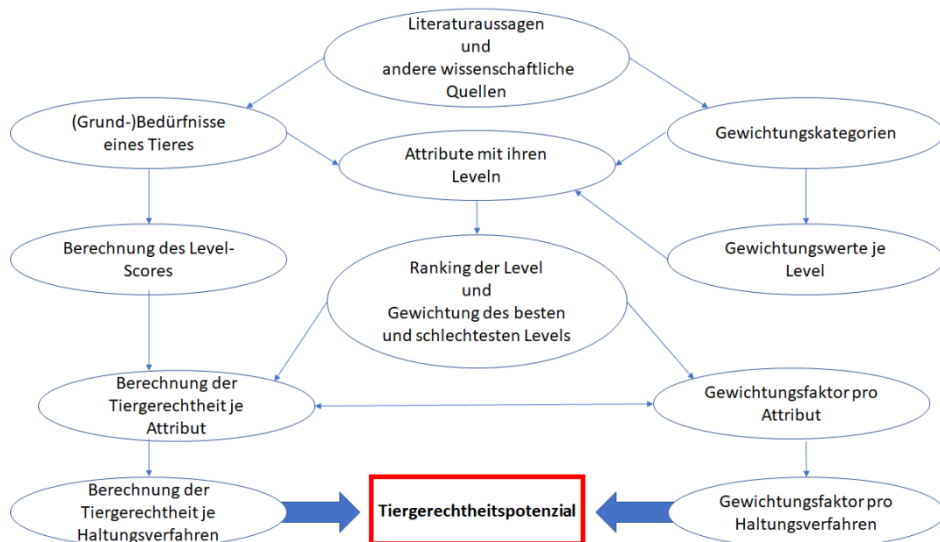


Abb. 1: Semantischer Modellansatz zur Bewertung des TP (Bracke et al. 2002, verändert)

Fig. 1: Semantic modelling approach for the assessment of the animal welfare potential (Bracke et al. 2002, modified)

Angesichts des Mangels an wissenschaftlichen Studien für neue und innovative HV werden die Modellkalkulationen durch Bewertungen von Fachexpertinnen und -experten ergänzt. Für einige Produktionsrichtungen basiert die Bewertung des TP ausschließlich auf solchen Experteneinschätzungen.

2.2 NH₃-Emissionspotenziale

Die Abschätzung der NH₃-Emissionspotenziale stützt sich auf Stoffflussmodelle (Abb. 2), die den Stallbereich einschließlich Auslauf sowie die Lagerung von Wirtschaftsdünger umfassen.

Die potenzielle Emissionsquelle für Ammoniak ist die Menge an ammoniakalischem Stickstoff (TAN = Total Ammoniacal Nitrogen), die ausgehend von der Stickstoffstandardausscheidung (DLG 2014) kalkuliert wird. Auf Basis der Ergebnisse von Emissionsmessprojekten des KTBL sowie von Literaturwerten und Experteneinschätzungen der Arbeitsgruppe werden spezifische Emissionsfaktoren für die emissionsrelevanten Bereiche innerhalb der HV abgeleitet. Diese Faktoren variieren je nach Lüftungsverfahren und Flächengestaltung. Bei Einsatz emissionsmindernder Maßnahmen wird die entsprechende Minderungsleistung an der wirkungsrelevanten Stelle im Modell angerechnet. Darüber hinaus wurde ein Zusammenhang zwischen der Größe der emissionsrelevanten Fläche und den NH₃-Emissionen abgeleitet und angewandt.

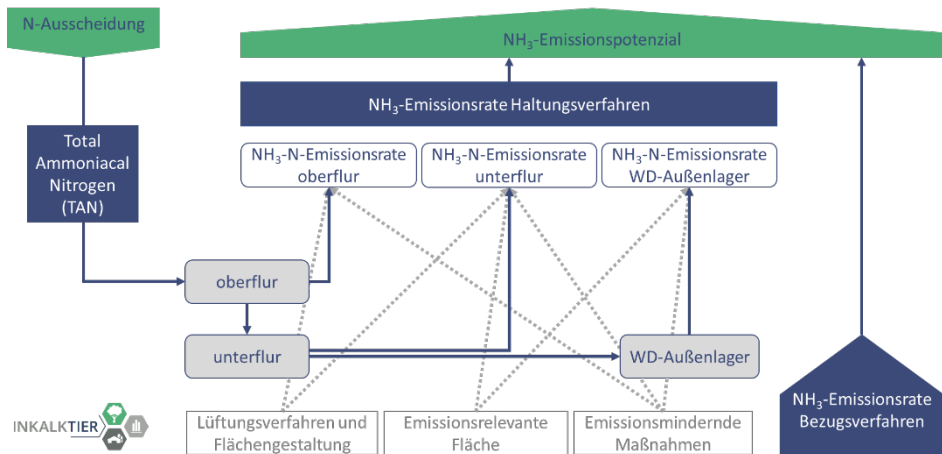


Abb. 2: Stoffflussmodell für HV der Schweinemast mit perforierten Kot-/Harnbereichen einschließlich der Einflussfaktoren auf die Emissionsraten oberflur, unterflur und aus dem Wirtschaftsdüngeraußenlager (WD = Wirtschaftsdünger) (© KTBL)

Fig. 2: Material flow model for housing systems with slatted elimination areas for fattening pigs and the factors influencing the emission rates of the floor, the pit and the external manure storage (© KTBL)

3 Bewertungsergebnisse

3.1 Tiergerechtigkeitspotenzial (TP)

Das TP eines HV gibt an, welchen Beitrag dieses Verfahren potenziell zu einer tiergerechten Haltung leisten kann. Das TP wird als Dezimalwert zwischen 0 und 1 berechnet, wobei ein Wert von 1 für ein besonders tiergerechtes HV steht. Das TP ergibt sich aus der Summe der Beiträge der einzelnen Attribute des Verfahrens. Die Bewertungsergebnisse dienen als Orientierungshilfe, die insbesondere den Vergleich verschiedener HV ermöglicht. Das zugrunde liegende Modell berücksichtigt primär ressourcenbezogene Indikatoren wie baulich-technische Elemente und setzt bei managementbezogenen Indikatoren eine gute fachliche Praxis voraus.

3.2 NH₃-Emissionspotenziale

Das Emissionspotenzial stellt die prozentuale Abweichung der NH₃-Emissionsrate eines HV von der NH₃-Emissionsrate des produktionsrichtungsspezifischen Bezugsverfahrens dar. Zusätzlich wird das dem Emissionspotenzial zugrunde liegende Management unter Voraussetzung der guten fachlichen Praxis beschrieben. Darüber hinaus erfolgt eine Einschätzung der Qualität der Datengrundlage, die für die Bewertung herangezogen wird.

4 Ausblick

Die vorgestellten Bewertungsmethoden werden in der Web-Anwendung InKalkTier zur Bewertung von HV für Rinder, Schweine, Hühner und Puten eingesetzt und in der dazugehörigen Infothek ausführlich erläutert. Darüber hinaus erfolgt in der Web-Anwendung eine Einordnung der HV hinsichtlich der Emissionspotenziale für Geruch und der Investitionskosten. Weitere Informationen sind verfügbar unter: www.ktbl.inkalktier.de

Literatur

- Bracke, M. B. M.; Spruijt, B. M.; Metz, J. H. M.; Schouten, W. G. P. (2002): Decision support system for overall welfare assessment in pregnant sows A: Model structure and weighting procedure. *Journal of Animal Sciences* 80, pp. 1.819–1.834, <https://doi.org/10.2527/2002.8071819x>
- DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG, Band 199, Frankfurt/Main, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft DLG-Verlag
- KTBL (2006): Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. KTBL-Schrift 446, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Förderhinweis und Danksagung

Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.

Wir danken den Mitgliedern der projektbegleitenden KTBL-Arbeitsgruppen für die fachliche Unterstützung.

Effizienzsteigerung durch Güllezusätze: Praxisversuche mit Pressschneckenseparatoren für die Aufbereitung von Schweinegülle

Increasing efficiency through slurry additives: practical trials with press screw separators for the processing of pig slurry

CHRISTIN MEYER, HANS-JÜRGEN TECHNOW

Zusammenfassung

Der Praxisversuch untersuchte die Effekte verschiedener Zusatzmittel bei der Separation von Schweinegülle mittels Pressschneckenseparatoren. Ein Fällungsmittel, ein Floccungsmittel aus kationischer Stärke und eine aktivierte Pflanzenkohle wurden getestet. Das Fällungsmittel reduzierte den Phosphatgehalt in der Dünngülle, beeinträchtigte jedoch die Gesamtmasseabscheidung in den Feststoffen. Kationische Stärke zeigte minimale Auswirkungen auf die Nährstoffverteilung, während die Zugabe von aktivierter Pflanzenkohle zu einer geringfügigen Anreicherung von Nährstoffen in den Feststoffen führte. Die Versuche boten wichtige Einblicke in die Potenziale und Grenzen der Zusatzmittel, um die Effizienz der Separation zu steigern. Eine kritische Kosten-Nutzen-Analyse der Effizienzsteigerung ist jedoch erforderlich. Weitere detaillierte Untersuchungen sind notwendig, um die Effektivität und Anwendbarkeit der Methoden zu bewerten und mögliche Optimierungen zu identifizieren.

Summary

The practical trial investigated the effects of various additives in the separation of pig slurry using press screw separators. A precipitant, a flocculant made from cationic starch and an activated biochar were tested. The precipitant reduced the phosphate content in the thin slurry, but impaired the total mass separation in the solids. Cationic starch showed minimal effects on nutrient distribution, while the addition of activated biochar led to a slight accumulation of nutrients in the solids. The trials provided important insights into the potential and limitations of the additives to increase the efficiency of separation. However, a critical cost-benefit analysis of the increase in efficiency is required. Further detailed investigations are necessary to evaluate the effectiveness and applicability of the methods and to identify possible optimisations.

1 Einleitung und Zielsetzung

Neben der notwendigen Abgabe von Nährstoffen aus viehintensiven Regionen werden Wirtschaftsdünger aufbereitet, um die Produkt- und Düngeeigenschaften zu verbessern und eine gezieltere Düngung zu ermöglichen. Eine gängige Methode ist die Separation von Gülle und Gärresten in eine feste und flüssige Phase, wobei die flüssige Phase in der Regel auf dem Betrieb verbleibt, während die feste Phase abgegeben wird. Da die Massen- und Nährstoffabscheideraten bei Schweinegülle mit niedrigem TS-Gehalt mit einer Zentrifuge wesentlich höher sind als bei der Verwendung eines Pressschneckenseparators (Hjorth et al. 2010) findet diese trotz höherer Kosten eine vermehrte Anwendung. Daher wurde im Rahmen des Modell- und Demonstrationsvorhabens „SlurryUpgrade“ geprüft, ob die Zugabe von Additiven die Massen- und Nährstoffabtrenngrade bei der Separierung von Schweinegülle mit Pressschneckenseparatoren beeinflussen und eine Effizienzsteigerung erreicht werden kann (Popovic et al. 2014, Rolf et al. 2021).

2 Material und Methoden

An der Versuchsstation der LWK Niedersachsen in Wehnen wurden 2023 drei verschiedene Güllezusätze mit einem Pressschneckenseparator getestet. Die getesteten Zusätze umfassten eine Eisen-III-Chlorid-Sulfat-Lösung zur Phosphorfällung sowie ein biologisches Flockungsmittel aus einer kationischen Stärke. Außerdem wurde eine aktivierte Pflanzenkohle mit effektiven Mikroorganismen geprüft, hergestellt aus unbehandeltem Holz, pflanzlichen Stoffen aus der Futtermittelherstellung und Gesteinsmehl. Um ihren Einfluss deutlicher zu erfassen, wurde die Aufwandmenge der Pflanzenkohle um 30 % gesteigert. Die Wirkung der Zusatzmittel wurde zunächst in Glaszylindern getestet und dann im Separationscontainer überprüft. Proben von Rohgülle, Dünngülle und Feststoffen wurden vor und während des Separationsvorgangs entnommen. Die Pflanzenkohle blieb drei Wochen im Rohgülletank, bevor sie separiert wurde. Die nasschemischen Analysen der Proben wurden von der LUFA Nord-West durchgeführt.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Vorversuche mit dem Güllezusatz auf Basis kationischer Stärke deuteten auf eine deutliche Bildung von Flocken hin. Insbesondere konnte eine intensivere Flockenbildung bei der Zugabe des Flockungsmittels in die Dünngülle beobachtet werden. Daraufhin wurden zwei Versuche durchgeführt: einer mit Zugabe des Flockungsmittels in die Rohgülle (Variante 1) und ein weiterer mit Zugabe des Flockungsmittels in die Dünngülle, gefolgt von der Rückführung in die Rohgülle und anschließender Separation (Variante 2). In der Variante 1 zeigte die Analyse der Ergebnisse eine tendenziell leichte Anreicherung von Gesamtstickstoff, Phosphor und Calciumoxid in den Feststoffen (Tab. 1).

Tab. 1: Hauptversuch mit Flockungsmittel. Gezeigt werden die Nährstoffgehalte (kg/m^3) von separierter Mastschweinegülle mit und ohne Zusatz (Variante 1) sowie die Zugabe des Mittels in die Dünngülle (Variante 2).

Tab. 1: Main trial with flocculant. The nutrient contents (kg/m^3) of separated fattening pig slurry with and without additive (variant 1), as well as the addition of the agent to the thin slurry (variant 2) are shown.

	Nährstoffgehalte (kg/m^3)	Gülleart	Ges.-N	$\text{NH}_4\text{-N}$	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Variante 1	Ohne Zusatzmittel	Rohgülle (5,1 % TS)	3,6	2,3	2,1	2,5	2,2	1,1
		Dünnphase (2,6 % TS)	3,2	2,2	1,5	2,5	1,5	0,7
		Feststoff (30,7 % TS)	6,6	3,0	6,2	2,7	6,9	3,3
	Flockungsmittel in Rohgülle	Rohgülle (4,8 % TS)	3,5	2,2	1,9	2,4	1,9	0,9
		Dünnphase (2,8 % TS)	3,2	2,3	1,6	2,4	1,5	0,8
		Feststoff (30,5 % TS)	7,2	3,0	7,0	2,6	8,9	3,5
Variante 2	Ohne Zusatzmittel	Rohgülle (4,5 % TS)	3,4	2,1	1,7	2,5	1,9	0,9
		Dünnphase (2,8 % TS)	3,1	2,0	1,4	2,5	1,5	0,7
		Feststoff (30,5 % TS)	7,0	2,6	5,4	2,7	7,3	2,8
	Flockungsmittel in Dünngülle	Dünnphase vor Separation + Flockungsmittel (2,9 % TS)	3,1	2,1	1,4	2,5	1,5	0,7
	Flockungsmittel in Dünngülle nach erneuter Separation	Rohgülle (+geflockte Dünnphase) (3,7 % TS)	3,3	2,1	1,6	2,5	1,7	0,8
		Dünnphase (3,0 % TS)	3,3	2,2	1,5	2,5	1,6	0,7
		Feststoff (28,1 % TS)	6,3	2,5	4,1	2,6	5,7	2,1

Obwohl die Flockung in der Dünngülle verbessert war, spiegelte sich dieser Effekt nicht in den Separationsergebnissen wider (Variante 2). Hier konnte keine Nährstoffanreicherung in den Feststoffen festgestellt werden (Tab. 1).

Im Rahmen des Vorversuchs wurde die Wirksamkeit des Fällungsmittels nachgewiesen, indem mit der Zugabe dieses Mittels eine Verringerung des im Überstand der Gülle enthaltenen Diphosphorpentoxid (P_2O_5) beobachtet wurde. Dies wurde durch die Anwendung verschiedener Analysemethoden bestätigt, darunter eine P_2O_5 -Analyse nach Königswasseraufschluss zur Bestimmung des Gesamt- P_2O_5 -Gehaltes. Außerdem fand eine Untersuchung zur Bestimmung des wasserlöslichen P_2O_5 statt und eine Analyse des P_2O_5 -Gehalts in einer Neutralammoncitratlösung, was der Löslichkeit des P_2O_5 in der Bodenlösung entspricht. Die Ergebnisse zeigen sowohl eine Reduktion des P_2O_5 nach Königswasseraufschluss als auch des wasserlöslichen P_2O_5 nach Zugabe des Mittels. In Bezug auf das in Neutralammoncitrat gelöste P_2O_5 konnte keine Reduktion des P_2O_5 -Gehaltes festgestellt werden. Im Hauptversuch wurde ein erhöhter P_2O_5 -Gehalt in den Feststoffen festgestellt, der von 7,0 kg/t auf 7,6 kg/t gesteigert werden konnte. Allerdings war die Massenabscheidung des P_2O_5 in die Feststoffe in der Variante mit zugeführtem Fällungsmittel etwas geringer als ohne Mittelzugabe.

Die Tabelle 2 zeigt die Nährstoffgehalte (kg/m^3) einer separierten Mastschweinegülle; sowohl mit als auch ohne Zugabe von Pflanzenkohle. Der Gesamtstickstoffgehalt der Feststoffe betrug 5,7 kg/t, während er nach Zugabe der Pflanzenkohle nach dreiwöchiger

Einwirkzeit auf 5,2 kg/t sank. Die Gehalte an Phosphor, Kalium und Calciumoxid wiesen eine Erhöhung in den Feststoffen nach Zugabe der Kohle auf.

Tab. 2: Nährstoffgehalte von separierter Mastschweinegülle sowohl ohne als auch mit Pflanzenkohle
Tab. 2: Nutrient content of separated pig slurry without and with biochar

	Ges.-N (kg/m ³)	NH ₄ -N (kg/m ³)	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	K ₂ O (kg/m ³)	CaO (kg/m ³)
Pflanzenkohle	2,7	0,001	5,0	3,3	14,8
Rohgülle	1,9	1,2	1,6	1,7	1,6
Dünnphase	1,8	1,2	0,96	1,7	0,88
Feststoff	5,7	2,1	5,5	1,7	7,1
Rohgülle + Pflanzenkohle	2,0	1,2	1,3	1,7	1,2
Rohgülle + Pflanzenkohle ¹⁾	2,0	1,2	1,4	1,7	1,8
Dünnphase + Pflanzenkohle ¹⁾	1,8	1,1	0,9	1,6	1,0
Feststoff + Pflanzenkohle ¹⁾	5,2	2,2	6,6	2,1	8,5

¹⁾ Nach 3 Wochen Einwirkzeit/after 3 weeks exposure time.

4 Diskussion

Die Vorversuche mit dem Flockungsmittel zeigten eine deutliche Flockenbildung, doch diese spiegelte sich nur bedingt in den Separationsergebnissen wider. Möglicherweise waren die Flocken zu klein, fein oder instabil und wurden während der Pumpprozesse während der Separation teilweise zerstört. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Anwendung des Flockungsmittels bei der geprüften Schweinegülle nur geringfügige Auswirkungen auf die Nährstoffverteilung haben könnte.

Hinsichtlich des in Neutralammoncitrat gelösten Phosphats zeigte das Fällungsmittel keine Wirkung, was darauf hindeutet, dass ausschließlich wasserlösliches und somit leicht verfügbares Phosphat gefällt werden kann. Dies entspricht der Funktion von Fällungsmitteln wie dem verwendeten Eisen-III-Chlorid-Sulfat, die in der Lage sind, wasserlösliche Phosphate in feste Salze (Flocken) auszufällen (Hahn 1987). Die geringere Massenabscheidung könnte durch die veränderten Abtrenneigenschaften der Feststoffe mit Mittelzugabe erklärt werden, da die Rohgülle insgesamt viskoser war, was die Abtrennung von Dünngülle und Feststoffen erschwerte.

Insgesamt zeigt sich, dass durch die Zugabe von Pflanzenkohle eine tendenzielle Anreicherung der Nährstoffe in den Feststoffen festzustellen ist, wenn auch in geringem Ausmaß. Allerdings wurde eine Reduktion des Gesamt-N-Gehaltes nach dreiwöchiger Einwirkzeit festgestellt. Dies könnte möglicherweise auf eine Ammoniakentweichung zurückzuführen sein. Da jedoch keine Gasmessungen durchgeführt wurden, kann dies durch diesen Praxisversuch nicht eindeutig bestätigt werden.

2023 war das erste Versuchsjahr, sodass die Ergebnisse durch fehlende Versuchswiederholung zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht statistisch abgesichert sind und somit nur

erste Eindrücke bieten können. Weitere Untersuchungen sind somit erforderlich, um diese Effekte genauer zu verstehen und mögliche Optimierungen zu identifizieren.

Literatur

- Hahn, H. (1987): Wassertechnologie: Fällung, Flockung, Separation. Berlin/Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg
- Hjorth, M.; Christensen, K.V.; Christensen, M.L.; Sommer S.G. (2010): Solid–liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, pp. 153–180
- Popovic, O.; Fabrizio, G.; Dinuccio, E.; Balsari, P. (2014): Improvement of pig slurry mechanical separations using chitosan and biochar. *Biosystems engineering* 127, doi.10.1016/j.biosystemseng.2014.08.009
- Rolf, J.; Weide, T.; Brüggling, E.; Wetter, C. (2021): The application of biodegradable flocculants derived from potato starch for nutrient recovery in pig manure. *Global Journal of Agricultural Research* 9(3), pp. 1–15

Förderhinweis

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Projektträger: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2820ABS320.

Verkürztes Messverfahren zum Vergleich des NH₃-Minderungspotenzials von Gummiböden im Rinderstall

Abbreviated measurement method for comparing the NH₃ reduction potential of rubber floors in cattle barns

IRIS BECKERT, JÖRN BERGER

Zusammenfassung

In der Untersuchung wurde ein verkürztes Messverfahren zur Bewertung des Ammoniak(NH₃)-Emissionsminderungspotenzials verschiedener geschlossener Bodensysteme in einem Milchviehstall unter Praxisbedingungen getestet. Ziel war es, eine effiziente und praxisnahe Methode zu etablieren, die den Einfluss des Stallmanagements minimiert und direkte Vergleiche ermöglicht. Durch Anpassung bestehender Messkonzepte wurden zwei Bodensysteme – ein 1 % sowie ein 3 % zur Mittelrinne geneigter Gummiböden unter sonst identischen Bedingungen verglichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Bodensystem mit 3-Prozent-Quergefälle eine um durchschnittlich 42 % geringere NH₃-Emission aufweist, was auf die verbesserte Flüssigkeitsableitung und geringere Restfeuchte zurückzuführen ist. In Kombination mit Simulationsmodellen könnte diese verkürzte Messmethode zur schnelleren Abschätzung von Emissionsminderungspotenzialen beitragen.

Summary

In this study, an abbreviated measurement method for evaluating the ammonia (NH₃) emission reduction potential of different closed floor systems in a dairy barn was tested under practical conditions. The aim was to establish an efficient and practical method that minimises the influence of barn management and enables direct comparisons. By adapting existing measurement concepts, two floor systems – a 1 % and a 3 % rubber floor inclined to the centre channel – were compared under otherwise identical conditions.

The results show that the floor system with a 3 % slope has an average of 42 % lower NH₃ emission, which can be attributed to the improved liquid drainage and lower residual moisture. In combination with simulation modelling, this shortened measurement method could contribute to a faster estimation of emission reduction potentials.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Methoden zur Bewertung des NH_3 -Emissionsminderungspotenzials sind häufig sehr zeitaufwendig und durch vielfältige Einflussfaktoren komplex aufgebaut. Aktuelle Ergebnisse zeigen, dass die gewählten Testställe einen erheblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben können. So wäre ein Verfahren wünschenswert, das Praxisbedingungen abbildet, aber den Einfluss des Stalles und dessen Management weitgehend ausklammert – idealerweise in einem effizienteren Zeitrahmen und unter Einbindung verschiedener Systeme im direkten Vergleich. Nach ausführlicher Vorüberlegen wurden für diese Untersuchung bestehende Messkonzepte nach VDI/LAI herangezogen und für die Fragestellung angepasst.

Ziel dieser Untersuchungen war es, das NH_3 -Minderungspotenzial verschiedener Bodensysteme mit einem adaptierten und verkürzten Messverfahren unter Praxisbedingungen relativ zueinander abzuschätzen. Zur Einordnung der Ergebnisse wurden in den hier beschriebenen Messungen zwei bereits gut untersuchte Bodensysteme für Laufgänge innerhalb eines Milchviehstalles bei ansonsten identischen Messbedingungen verglichen: ein 1 % zur Mittelrinne hin geneigter Betonboden mit Gummiauflage gegenüber der Gummimatte „profiKURA 3D“, bei der ein 3-%-Quergefälle bereits integriert ist.

2 Material und Methoden

2.1 Vorüberlegungen zur Adaption der Messmethode

Besonders zum Vergleich von Prototypen für NH_3 -Minderungsmaßnahmen im Rinderstall fehlt momentan eine adäquate Messmethode, die zu schnellen Ergebnissen führt. Vergleichende Labormethoden sind oft nur mittelfristig verfügbar und berücksichtigen den Tiereffekt nur bedingt. Für industrielle Anwendungen wird die Leistung von Emissionsminderungsmaßnahmen durch Vor-Ort-Messungen nach VDI-Richtlinien ermittelt. Im Unterschied zu den Abnahmemessungen soll das Endergebnis der verkürzten Messung kein Absolutwert sein, sondern die Relation der Bodensysteme zueinander abbilden. Diese Messergebnisse könnten später in die teils bereits verfügbaren Simulationsmodelle zur Abschätzung des Emissionspotenzials eines Stalles unter Berücksichtigung der anderen Einflussfaktoren einfließen. Der Bewertungsfehler aus verkürzter Messmethode und Simulationsmodell könnte geringer sein als der Messfehler von aufwendigeren Messreihen mit Case-Control-in-time-Ansatz oder einem nur bedingt umsetzbaren „multi-site approach“.

Die Verkürzung des Messverfahrens soll durch folgende Aspekte ausgeglichen werden: Case-Control-Ansatz innerhalb eines Stalles, in einer Herde bei identischem Management, einer möglichst hohen Stichprobe, zeitgleiche Messungen zum direkten Vergleich von Maßnahmen, Einordnung der Restverschmutzung durch Messung an jedem Messpunkt und Dokumentation des Abschiebezeitpunkts.

2.2 Messmethode

Die Untersuchung fand in einem Boxenlaufstall für Milchkühe mit Schieberentmistung statt, in dessen Laufgängen beide Bodensysteme verbaut waren. Die Messungen erfolgten im Juli 2023 bei Stalltemperaturen zwischen 14 und 21 °C und 69–83 % rF während des normalen Stallbetriebs in der Hochleistungsherde. Die direkte Umgebung der Messstelle wurde während der Messdauer zur Sicherheit von Mensch, Tier und Messgeräten abgesperrt.

In 36 Einzelmessungen an 2 x 18 Messstellen mit jeweils drei Wiederholungen à 30 min wurde die NH_3 -Konzentration über beide Bodenbelagstypen bestimmt. Unter Anwendung der VDI-Richtlinie 3880 (2011) und der DIN EN 15259 (2008) wurden Probenahmen mittels zwei baugleicher, aktiv belüfteter Aufsatzhauben für passive Flächenquellen durchgeführt. Die eingebauten regelbaren Ventilatoren sicherten einen identischen Volumenstrom über den durch die Hauben abgedeckten Bodenbelägen. Ebenso wurde das Probengasvolumen über die Pumpen mit Gasuhren synchronisiert.

Die Zeit nach dem Abschieben wurde dokumentiert und ausgewählte Messstellen vor der Probenahme mit frischem Harn bzw. einem Urin-Kot-Gemisch aus der Harnsammelrinne benetzt, um verschiedenen Praxisbedingungen zu simulieren. Die Restverschmutzung wurde an jeder Messstelle, wie in Beckert (2023) beschrieben, ermittelt.



Abb. 1: Messhauben im praktischen Einsatz mit Verschmutzungstest (rechts) (© I. Beckert)

Fig. 1: Test chambers in practical use and soiling test (right) (© I. Beckert)

3 Ergebnisse

Bei dem 3-Prozent-Gefälle fielen die ermittelten NH_3 -Mittelwerte rund 42 % geringer als auf dem 1 % geneigten Boden aus (Tab. 1) – nach Korrektur um einen Ausreißer: um 44 %. Die maximale Minderung betrug 78 %. Die erweiterte Messunsicherheit der NH_3 -Werte lag nach VDI 4219 bei 12 %. Die mittlere Restverschmutzung war bei den Probenahmestellen mit 3-Prozent-Neigung im Mittel 14 % niedriger als die Referenz, die mittlere Restfeuchte nach Abzug der festen Verschmutzungsanteile sogar um 57 % geringer.

Tab. 1: Messergebnisse und NH_3 -Minderung
 Tab. 1: Measurement results and NH_3 reduction

Bodenbehandlung	Einheit	n	m_{NH_3} 1 % geneigt	m_{NH_3} profiKURA 3D	Minderung %
Frisch (maximal 15 Minuten) abgezogen	$\text{mg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$	2 x 9	0,064	0,026	59
Nach > 1 h abgezogen	$\text{mg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$	2 x 3	0,067	0,039	42
+ 800 ml frischer Harn	$\text{mg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$	2 x 3	0,125	0,081	35
+ 600 ml Kot-Harn-Mix	$\text{mg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$	2 x 3	0,153	0,103	32
Mittel über alle	$\text{mg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$				42
Mittlere Restverschmutzung	g/m^2	2 x 18	524	450	-14
Mittlere Restfeuchte	g/m^2	2 x 18	418	181	-57

4 Diskussion

Die Messergebnisse bestätigen die Modellrechnungen aus dem Gutachten von Monteny (2021), bei dem das Emissionsminderungspotenzial der profiKURA 3D auf Basis der Ergebnisse aus den Versuchsställen von Zähler et al. (2017) auf übliche Praxisställe extrapoliert und auf 44 % geschätzt wurde.

Messstellen mit zusätzlich aufgetragenem frischem Harn oder Kot-Harn-Gemisch minderten die NH_3 -Massenströme weniger als nur frisch abgezogene Stellen. Hier könnten eine noch nicht abgeschlossene Hydrolyse oder ein noch nicht vollständiger Ablauf der Flüssigkeiten Einfluss gehabt haben. Die deutlich geringere Restfeuchte auf der Oberfläche deutet auf einen schnelleren Flüssigkeitsablauf hin und trägt wohl zu einem gewissen, wenn nicht wesentlichen Anteil zur NH_3 -Minderung bei.

Zur weiteren Bewertung der Methode sind weitere Messungen mit anderen Bodentypen in Vorbereitung. Sofern die Ergebnisse diese vielversprechende Tendenz bestätigen, könnte die verkürzte Methode in Kombination mit einem geeigneten Simulationsmodell zur schnelleren Abschätzung von NH_3 -Emissionsminderungspotenzialen beitragen.

Literatur

- Beckert, I. (2023): Trockenheit von geeigneten Laufflächen im Rinderstall.
 BFL-Beratertagung 25./26.09.2023, Bad Sassendorf
- DIN EN 15259 (2008): Luftbeschaffenheit – Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht. Deutsche Fassung EN 15259:2007, Berlin, Beuth Verlag GmbH
- Monteny, G. J. (2021): Model-based assessment of the reduction potential for NH_3 -emission of the innovative solid floor Kraiburg – ProfiKURA 3D, internes Dokument
- VDI Richtlinie 3880 (2011): Olfaktometrie – statische Probennahme. ICS 13.040.01
- Zähler M., et al. (2017): Laufflächengestaltung: Emissionsminderung und verfahrenstechnische Aspekte – erste Ergebnisse aus dem Emissionsversuchsstall Tänikon.
 Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2017, S. 13–18

Projekt EmiMod: „Weiterentwicklung von Methoden zur Erfassung, Modellierung und Beurteilung des Emissionsgeschehens in Nutztierställen“

Project EmiMod: “Further development of methods for recording, modelling and assessing emissions in livestock-buildings”

ULRIKE WOLF, DIETER HORLACHER, KATRIN WAGNER, BRIGITTE EURICH-MENDEN

Zusammenfassung

Im Rahmen des Verbundprojektes „EmiMod – Weiterentwicklung von Methoden zur Erfassung, Modellierung und Beurteilung des Emissionsgeschehens in Nutztierställen“ werden Methoden zur Bestimmung von Emissionen von diffusen Flächenquellen (z.B. frei gelüftete Schweine- und Rinderställe mit Ausläufen/Laufhöfen und weiterer externer Emissionsquellen wie Güllebehälter) untersucht und weiterentwickelt. Im Fokus des Vorhabens stehen die Emissionen von Ammoniak, klimawirksamen Gasen, Geruch und Bioaerosolen.

Das Hauptziel besteht darin, die Methodik zur Untersuchung dieser Emissionen zu vereinfachen und ein differenziertes Bewertungsverfahren für das Emissionsgeschehen bei diffusen Flächenquellen zu entwickeln. Dies soll für verschiedene Untersuchungszwecke angewendet werden können, einschließlich der Bestimmung von Emissionsfaktoren, der Ermittlung von Emissionsminderungsleistungen und des praktischen Emissionsmonitorings.

Summary

As part of the joint project „Further development of methods for recording, modelling and assessing emissions in livestock buildings“ (EmiMod), methods for determining emissions from diffuse area sources (e.g. freely ventilated pig and cattle barns with outdoor yards and other external emission sources such as slurry tanks) are being investigated and further developed. The project focuses on emissions of ammonia, climate-impacting gases, odour and bioaerosols.

The main objective is to simplify the investigation methodology and to develop a differentiated procedure for assessing the emission behaviour of diffuse area sources. This should be applicable for various research purposes, including the determination of emission factors, the determination of emission reduction performance and practical emission monitoring.

1 Einleitung und Zielsetzung

Das Forschungsvorhaben EmiMod zielt darauf ab, Methoden zur Bestimmung von Emissionsraten aus der Nutztierhaltung weiterzuentwickeln. Insbesondere sollen die Datengrundlagen für eine sachgerechte Beurteilung von Tierwohlställen mit freier Lüftung und Ausläufen im Hinblick auf das Emissionsgeschehen verbessert werden. Im Fokus steht die Vereinfachung der Untersuchungsmethodik und die Entwicklung geeigneter Bewertungsverfahren, die für unterschiedliche Untersuchungszwecke angepasst sind. Diese Ziele umfassen die Bestimmung von Emissionsfaktoren, die Bewertung von Maßnahmen zur Emissionsreduktion und das Emissionsmonitoring in der praktischen Anwendung.

Zur Erreichung dieser Ziele werden folgende Kernpunkte verfolgt:

- Optimierung der zeitlichen und räumlichen Auflösung der Emissionsmessungen
- Implementierung robuster Messmethoden und Sensortechnologien für die Emissionsmessgrößen (Ammoniak, klimarelevante Gase, Geruch, Bioaerosole) und relevante Einflussgrößen
- Validierung der weiterentwickelten Messmethoden durch Vergleich mit etablierten Referenzmessverfahren
- Anwendung von Modellierung und Simulation zur Ableitung und Prognose von Emissionsraten
- Identifikation angepasster Messstrategien, die hinreichend genaue Ergebnisse für die jeweiligen Untersuchungszwecke liefern
- Transfer des erworbenen Wissens an Praxis-Messinstitute und die fachspezifische Öffentlichkeit zur breiten Anwendung der Erkenntnisse



Abb. 1: Logo des Verbundprojekts EmiMod (© KTBL)

Fig. 1: Logo of the EmiMod joint project (© KTBL)

2 Material und Methoden

2.1 Vorgehensweise

Der EmiMod Projektverbund umfasst insgesamt 9 Projektpartner:

- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.
- Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- Universität Hohenheim
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Johann Heinrich von Thünen-Institut
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Die geplanten Messkampagnen umfassen zeitlich und räumlich parallele Messungen mit verschiedenen Messmethoden an Forschungsbetrieben. Für Rinder wurden die Liegeboxenlaufställe in Riswick und Groß Kreutz ausgewählt, für Mastschweine erfolgen die Untersuchungen am Außenklimastall mit Auslauf in Wehnen.

Ziel dieser Messkampagnen ist es, die eingesetzten Messmethoden im Vergleich zum Referenzmessverfahren zu validieren und darauf aufbauend differenzierte Messstrategien zu entwickeln, die hinreichend genaue Ergebnisse für den jeweiligen Untersuchungszweck liefern. Zudem erfolgt eine Weiterentwicklung verschiedener Probennahme- und Analyseverfahren. Die Anpassung und Verbesserung der Messstrategien erfolgt in einem iterativen Prozess. Dieser Prozess stützt sich auf die erhobenen Messdaten und integriert Erkenntnissen aus mechanistischen Modellierungen, numerischen Strömungssimulationen sowie Künstliche-Intelligenz(KI)-Anwendungen.

2.2 Ammoniak und klimarelevante Gase

Die Weiterentwicklung der Messmethodik zur Erfassung der Emissionsflüsse von Ammoniak und klimawirksamen Gasen umfasst den Einsatz folgender Messmethoden:

- Low-cost-Sensorik für Ammoniak und klimarelevante Gase inklusive meteorologischer Messdaten
- Mid-cost-Sensorik
- Open-Path-Lasermessungen
- Messbaum mit nachfolgender GC- und FTIR-Analytik
- Verschiedene Haubenmessverfahren

An den Standorten werden diese Messmethoden mit etablierten Referenzmessverfahren kombiniert, insbesondere mit der Tracergas-Ratio-Methode mit natürlichem oder künstlichem Tracer.

Neben den Messungen werden Modellierungen unter Verwendung verschiedener Ansätze und Zielsetzungen durchgeführt. Diese umfassen sowohl Modellierungen zur Unterstützung der Messungen – z.B. durch numerische Strömungssimulationen oder Windkanaluntersuchungen – als auch Modellierungen zur Vorhersage der Emissionsflüsse. Hierbei wird ein mechanistisches Modell zur Vorhersage der Ammoniakfreisetzung aus Urinpfüten weiterentwickelt und mit Echtzeit-Messdaten verknüpft. Zusätzlich entsteht ein empirisch-mechanistisches Modell zur Vorhersage von Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger.

2.3 Geruch

Die Weiterentwicklung der Methoden für die kontinuierliche Erfassung und Bewertung von Geruchsemissionen und -immissionen aus der Tierhaltung ist von großer Bedeutung. Im Rahmen des EmiMod-Projekts werden zwei spezifische Untersuchungsansätze verfolgt:

„Diskontinuierlicher Ansatz“: vergleichende Untersuchung verschiedener Methoden zur Geruchsbestimmung (u. a. Olfaktometrie, Gaschromatographie-Olfaktometrie, instrumentelle Geruchsüberwachung mittels elektronischer Nasen, Begehungen) an den Untersuchungsstandorten und Einordnung der Eignung zur Bestimmung der Geruchs-

emissionen als auch -immissionen. Zudem ist eine Weiterentwicklung bezüglich Beprobung und (Daten-)Analyse vorgesehen.

„Kontinuierlicher Künstliche-Intelligenz(KI)-unterstützter“ Ansatz: mit den Messmethoden der elektronischen Nase und der Ionenmobilitätsspektrometrie (IMS) besteht die grundsätzliche Möglichkeit, Gerüche zeitkontinuierlich zu erfassen. Zur Bestimmung und Beurteilung von Gerüchen im Umfeld der Ställe ist der Einsatz mehrerer Messtationen mit diesen Techniken über einen Jahresverlauf vorgesehen. Die Auswertung der dabei gewonnenen zeitlich hoch aufgelösten Daten erfolgt mit Unterstützung durch KI.

2.4 Bioaerosole

Da die Standardverfahren für Bioaerosolmessungen für die Anwendung an freibelüfteten Ställen ungeeignet sind, werden im Rahmen von EmiMod Mess- und Bewertungsmethoden für diese Standorte weiterentwickelt. Diese Weiterentwicklung umfasst folgende Messtrategien:

- Automatische Probenahme von Bioaerosolen zur kultivierungsabhängigen Bestimmung der Gesamtbakterien und dem stallspezifischen Leitparameter *Staphylococcaceae* als standardisiertes Referenzverfahren.
- Online-Bioaerosolmessung mit Fluoreszenz-Partikelspektrometern als zeitlich hochauflösende Echtzeitmessung.
- Ermittlung tierartspezifischer und gesundheitsrelevanter Leitparameter auf Basis metagenomischer und metaproteomischer Analysen sowie der Analyse des toxischen Potenzials dieser Bioaerosolkomponenten und des komplexen Bioaerosols. Etablierung von Methoden zur Quantifizierung der Leitparameter nach „High-Volume“-Sammlungen auf Filtern.

Diese Ansätze erlauben erstmals die Ableitung spezifischer und gesundheitsrelevanter Leitparameter für die Tierhaltung. Basierend auf diesen Parametern können verschiedene Tierhaltungsanlagen hinsichtlich ihrer Emissionen und deren gesundheitlichem Belastungspotenzial bewertet werden.

2.5 KI-Anwendungen

Die Emissionen von Ammoniak, Methan und Gerüchen aus Ställen werden wesentlich durch die mit Kot und Harn verschmutzten Oberflächen bestimmt. Bisher werden diese Daten mithilfe manueller Bewertungen oder Beobachtungen erfasst, die lediglich Momentaufnahmen mit grober zeitlicher und räumlicher Auflösung liefern. Für eine effektive Verbesserung der Erfassungs- und Bewertungsmethoden ist es jedoch essenziell, dass Bild- oder Videoinformationen quasi-kontinuierlich und mit hoher räumlicher Auflösung erhoben werden. Dies setzt eine automatisierte Erfassung, Identifizierung und anschließende Verarbeitung der Daten voraus, um sie als Parameter in die mechanistische Emissionsmodelle einfließen zu lassen.

In den EmiMod-Untersuchungsställen werden Wärmebild- und RGB-Kameras (Überwachung) eingesetzt, um Bild- und Videodaten zu sammeln, die anschließend mittels KI analysiert werden. Der Fokus liegt auf folgenden Aspekten:

- KI-basierte Objektdetektion zur Erkennung und Lokalisation von Urinpfüten inklusive der Schätzung von Frequenz und Geometrie als Maß für das Ausscheidungsverhalten
- Ableitung der Temperatur von Urinpfüten aus Wärmebildinformationen als Indikator für das „Alter“ der Pfützen
- Kontinuierliche Überwachung von Funktionsbereichen und Erfassung der Aufenthaltsbereiche zur Beobachtung von Ruhe- und Aktivitätsmustern

Die ausgewerteten Bildinformationen bieten über den direkten Einsatz in Modellen hinaus Einsichten in die Funktionalität des Stalles (Einhalten von Funktionsbereichen) und identifizieren Zeiträume mit erhöhten oder verringertem Emissionspotenzial. Dies ermöglicht es, gegebenenfalls gezielte Managementmaßnahmen zu ergreifen.

3 Ergebnisse

Das Projekt EmiMod ist im Juli 2023 gestartet. Die ersten Messungen sind für Herbst 2024 geplant, zum Zeitpunkt der Einreichung dieses Beitrags liegen noch keine Ergebnisse vor.

4 Ausblick

Im Rahmen von EmiMod ist die Erstellung einer fundierten Informationsbasis geplant, um verschiedene Stallsysteme hinsichtlich ihrer Emissionen bewerten zu können. Es werden spezifische Methoden zur Emissionsbestimmung entwickelt, die je nach Untersuchungszweck angewendet werden können. Dazu gehören die Ableitung von Emissionsfaktoren, die Bewertung der Wirksamkeit von Emissionsminderungsmaßnahmen sowie das Monitoring des Emissionsverhaltens von Ställen.

Diese Methoden werden in einem „Messmethodenhandbuch“ zusammengefasst und zugänglich gemacht. Die Bereitstellung der Ergebnisse erfolgt über eine KTBL-Web-Anwendung, während die Untersuchungsdaten im Fachrepositorium Lebenswissenschaften (FRL) veröffentlicht werden.

Förderhinweis

Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages, Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen: 28N2065-01 bis -04 und 28N2065-06 bis 10.

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Projektträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Ermittlung von Geruchsemissionen an Geflügel- und Schweinebetrieben zur Ableitung von Emissionsfaktoren

Determination of odour emissions from poultry and pig farming to derive emission factors

MICHAEL KROPSCH, DIETMAR ÖTTL, EDUARD ZENTNER

Zusammenfassung

In Österreich wurden im Rahmen des Projektes „OdourS II“ erstmals systematische Geruchsuntersuchungen an Geflügel- und Schweinebetrieben im Jahresverlauf durchgeführt. Für Geruchsausbreitungsberechnungen stehen in erster Linie die Emissionsfaktoren der VDI-Richtlinie 3894 Blatt 1 (VDI 2011) sowie jene des Reports Nr. Lu-01-2021 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung (2021) zur Verfügung. Da es sich hier zum Teil um Daten handelt, die vor mehr als 10 Jahren publiziert wurden, war es erforderlich, den Entwicklungen im Stallbau und dem Einsatz von Emissionsminderungsmaßnahmen in einer breit angelegten Praxiserhebung Rechnung zu tragen.

Insgesamt wurden drei Legehennen- und drei Mastgeflügelbetriebe 42 Mal geruchstechnisch untersucht und 40 Einzeluntersuchungen fanden an Schweinebetrieben in der Zuchtsauenhaltung und in der Ferkelaufzucht statt. Mit den aktuellen Geruchsemissionsdaten aus der Praxis kann nun der Stand der Technik im Stallbau und der Einsatz emissionsmindernder Maßnahmen in Immissionsberechnungen berücksichtigt werden.

Summary

As part of the “OdourS II” project, systematic odour studies were carried out for the first time in Austria on poultry and pig farms during the course of the year. For odour dispersion calculations the emission factors of VDI Guideline 3894 Sheet 1 (VDI 2011) and those of Report No. Lu-01-2021 of the Office of the Styrian Government (2021) are primarily available. As some of these data were published more than 10 years ago, it was necessary to take account of developments in barn construction and emission reduction measures in a broad-based practical survey.

In total, three laying hen and three fattening poultry farms were examined 42 times and 40 individual odour-examinations were carried out on pig farms in breeding sow husbandry and in piglet rearing. With the current odour emission data from practice, the state of the art in barn construction and the use of emission-reducing measures can now be taken into account in immission calculations.

1 Einleitung und Zielsetzung

In landwirtschaftlichen Bau- und Beschwerdeverfahren ist die Verwendung von computergestützten Ausbreitungsrechnungen, zur Ermittlung der Geruchsimmissionen im Bereich der umgebenden Nachbarschaft, mittlerweile Stand der Technik. Wesentliche Parameter zur Eingabe in Softwareprogramme für Geruchsimmissionsberechnungen sind die Geruchsemissionsfaktoren der zu betrachtenden Nutztierart(en); diese legen die Quellstärke, in Geruchseinheiten pro Sekunde pro Großvieheinheit (GE/s/GVE), fest.

Um Ausbreitungsrechnungen möglichst realitätsnah erstellen zu können sind, neben der Miteinbeziehung der Bebauung, der Topografie und der vorherrschenden Windsituation, verlässliche Emissionsfaktoren von zentraler Bedeutung. Die Verwendung von zu niedrigen Geruchsemissionsfaktoren kann zur Unterschätzung der Geruchsausbreitung und somit nach Inbetriebnahme des begutachteten Stallgebäudes zu einer vorab nicht identifizierten Belastung mit möglicherweise negativen Konsequenzen für Betriebsführer und Anrainer, bis hin zu jahrelangen Rechtsstreitigkeiten, führen. Umgekehrt ist es jedoch auch nicht zielführend, ein unangemessen hohes „Sicherheitspolster“ auf Emissionsfaktoren „draufzuschlagen“ um jedmögliche Beeinträchtigung der Nachbarschaft auszuschließen.

Ergänzend zu den langjährigen Untersuchungen zu Geruchsemissionen in den Forschungsstallungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bestand das Erfordernis, Legehennen- und Geflügelmastbetriebe sowie Schweinezucht- und Ferkelaufzuchtbetriebe in der Praxis in die Betrachtung miteinzubeziehen. Zum einen wurden in Österreich in einzelnen Bereichen bis dato keine Geruchserhebungen durchgeführt und zum anderen war der Weiterentwicklung im Bereich Stallbau (Stichwort „Emissionsminderung“) Rechnung zu tragen.

2 Material und Methoden

Zur standardisierten Ermittlung der Luftraten bei den Geflügelbetrieben wurden Kaminelemente (Höhe jeweils 1 m, Durchmesser entsprechend den Kaminen der Praxisbetriebe) angeschafft und mit geeichten ProVent-Messventilatoren (Fa. Reventa, Horstmar, Deutschland) ausgestattet. Die Messkamine wurden in die Regenhauben der Abluftrohre eingeführt und auf die aus dem Stall ragenden Kamine aufgesetzt. Die Signale des Messventilators wurden mit einem Datenlogger (mikromec multisens, Fa. Technetics, Freiburg, Deutschland) aufgezeichnet und mithilfe kaminspezifischer Tabellenwerte in den Abluftvolumenstrom umgerechnet.

Bei den Schweinebetrieben musste ein alternativer Weg zur Ermittlung der Luftraten gewählt werden. Der Grund dafür lag in der Luftführung über zentrale Sammelschächte, die ein Abluftgemisch aus verschiedenen Abteilen (Zuchtsauenstall, Ferkelaufzuchtstall usw.) abführen. Die Volumenstrombestimmung wurde in den spezifischen Abluftschächten (die in den zentralen Schacht mit Mischluft münden), durch normierte Netzmessungen über die rechteckigen Querschnitte mit dem Universal-Klimamessgerät „testo 400“ (Fa. Testo, Wien, Österreich), durchgeführt. Das testo 400 wurde auch zur Ermittlung der Ablufttemperatur

und der relativen Feuchte herangezogen; die Konzentrationsbestimmung von Ammoniak erfolgte durch ein Dräger X-am 8000 (Fa. Drägerwerk, Lübeck, Deutschland).

Zur Entnahme eines definierten Anteils an Probenluft aus dem Abluftstrom – zur Untersuchung am dienststelleneigenen Olfaktometer TO8 (Fa. Olfasense, Kiel, Deutschland) gemäß ÖNORM EN 13725 (2006) und VDI 3884 Blatt 1 (2015) sowie VDI 3880 (2011) – wurden 10-Liter-Nalophansäcke mit 20 µm Folienstärke (Fa. Kalle, Guntramsdorf, Österreich) verwendet. Die Probensammlung erfolgte mit dem CSD 30-Probenahmegerät (Fa. Olfasense, Kiel, Deutschland) jeweils zwischen 07:00 und 10:00 Uhr. Um eine repräsentative Probenahme zu gewährleisten, wurde die Abluft an vier Punkten über den Kaminquerschnitt (bzw. über den Querschnitt des Abluftsammlkanals) entnommen und über eine zusammenführende Zuleitung (bei den Kaminen) in den Nalophansack eingeleitet (Abb. 1a, b).



Abb. 1a, b: Ziehung von Geruchsproben an einem Kamin und in einem Abluftschacht (© M. Kropsch)
 Fig. 1a, b: Taking odour samples from a chimney and an exhaust shaft (© M. Kropsch)

Die Emissionsfaktoren wurden unter Heranziehung der mittleren Tierlebensmasse (gem. VDI 3894 Blatt 1) abgeleitet. Aus der Geruchsstoffkonzentration (GE/m^3) und dem Abluftvolumenstrom (m^3/h) leitet sich die Geruchsfraucht (GE/h) ab. Der Geruchsemissionsfaktor ($\text{GE}/\text{s}/\text{GVE}$) berechnet sich dann aus der Geruchsfraucht dividiert durch die Gesamt-GVE dividiert durch 3.600.

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden drei Legehennen- und drei Mastgeflügelbetriebe 42 Mal geruchstechnisch untersucht. Die Analyse der Geruchsproben bei den Legehennenbetrieben resultierte in einem mittleren Emissionsfaktor von 10 $\text{GE}/\text{s}/\text{GVE}$, bei Verwendung des fixen GVE-Wertes für Legehennen nach VDI 3894 Blatt 1 und in einem mittleren Emissionsfaktor von 41 $\text{GE}/\text{s}/\text{GVE}$ bei den untersuchten Mastgeflügelbetrieben.

40 Einzeluntersuchungen (130 Probensäcke für die Olfaktometrie) wurden an Schweinebetrieben in der Zuchtsauenhaltung (mit und ohne Ferkel) und in der Ferkelaufzucht durchgeführt. Bei den Sauen ohne Ferkel resultiert die Analyse der Geruchsproben in einem mittleren Emissionsfaktor von 23 $\text{GE}/\text{s}/\text{GVE}$ bei Verwendung des fixen GVE-Wertes für Sauen ohne Ferkel nach VDI 3894 Blatt 1;

bei den Sauen mit Ferkel (Abferkelung) in einem durchschnittlichen Faktor von 33 GE/s/GVE und in der Ferkelaufzucht in einem mittleren Faktor von 55 GE/s/GVE.

4 Fazit

Auftraggeber der gegenständlichen Untersuchungen war das Amt der Steiermärkischen Landesregierung; die Ergebnisse aus dem Projekt flossen in die Publikation „Emissionen aus der Tierhaltung“ ein (Abb. 2, Bericht Nr. ABT15-Lu-04-2023). Mit den nunmehr vorliegenden aktuellen Geruchsemissionsdaten aus der Praxis kann der Stand der Technik im Stallbau und der Einsatz emissionsmindernder Maßnahmen (bspw. N-reduzierte Fütterung) in Immissionsberechnungen Berücksichtigung finden.

	stickstoffreduzierte Fütterung (Mittel über alle Mastphasen unter 16,1 % XP-88%TM)	0,90
	stark stickstoffreduzierte Fütterung (Mittel über alle Mastphasen unter 15,7 % XP-88% TM)	0,80
	Auslauffläche	0,80
	Tiefstreustallhaltung	0,75
	Kot-Harn-Trennung	0,25
	Gülleabkühlung unter Spaltenboden	0,70
	geprüfter Futtermittelzusatz	0,75
	Luftwärmetauscher mit Staubabsonderung	0,80
	Zuluftkühlung	0,90

Abb. 2: Emissionsrichtlinie mit exemplarischen Minderungsfaktoren für Geruch
(© Amt der Steiermärkischen Landesregierung)

Fig. 2: Emission guideline with exemplary reduction factors for odour (© Office of the Styrian Government)

Literatur

- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2023): Emissionen aus der Tierhaltung – Bericht Nr. ABT15-Lu-04-2023, Graz
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2021): Geruchsemissionen aus der Tierhaltung – Bericht Nr. Lu-01-2021, Graz
- ÖNORM EN 13725 (2006): Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie, Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2006-04-01
- VDI 3880 (2011): Olfaktometrie – Statische Probenahme, VDI 3880:2011-10, Berlin, Beuth Verlag GmbH
- VDI 3884-1 (2015): Olfaktometrie – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie – Ausführungshinweise zur Norm DIN EN 13725, VDI 3884 Blatt 1:2015-02, Berlin, Beuth Verlag GmbH
- VDI 3894-1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde, VDI 3894 Blatt 1:2011-09, Berlin, Beuth Verlag GmbH

Möglichkeiten zur Minderung von Ammoniakemissionen durch Gülle-additive: Einfluss der Menge an Zuckerrübenmelasse auf den pH-Wert

Possibilities for reducing ammonia emissions through slurry additives: influence of the amount of sugar beet molasses on pH value reduction

SUSANNE HÖCHERL, HELMUT RAMPELTSHAMMER, MICHAEL KUTZOB

Zusammenfassung

Die Zugabe von Zuckerrübenmelasse als Nahrungsquelle für die in der Gülle enthaltenen Mikroorganismen führt zu einer pH-Wert-Senkung und infolgedessen zu einer Minderung der Ammoniakfreisetzung. Bisher gibt es jedoch nur wenige Kenntnisse über die erforderliche Zugabemenge zur Senkung des pH-Wertes bei Wirtschaftsdüngern unterschiedlicher Herkunft. In einem Versuch im Labormaßstab zeigte sich vor allem bei Rindergülle ein deutlicher Einfluss der Zugabemenge auf den pH-Wert bei einer Temperatur von 20 °C. Während eine Zugabemenge von 5 % Zuckerrübenmelasse zu Rindergülle den pH-Wert auf 4,9 nach 7 Tagen senken konnte, erreichte eine Zugabemenge von 5 % bei Schweinegülle nur eine Senkung des pH-Wertes auf 6,3. Die Pufferkapazität des Wirtschaftsdüngers ist für die benötigte Menge ausschlaggebend, welche sich jedoch je nach Wirtschaftsdünger unterscheiden kann.

Summary

The addition of sugar beet molasses as a food source for the microorganisms contained in the slurry leads to a reduction in the pH value and consequently to a reduction in the release of ammonia. So far, however, there is little knowledge about the amount required to lower the pH value of manure of different origins. In a laboratory-scale test, the amount of manure added showed a clear influence on the pH value at a temperature of 20 °C, particularly in the case of cattle manure. While an addition of 5 % sugar beet molasses to cattle slurry was able to reduce the pH value to 4.9 after 7 days, an addition of 5 % to pig slurry only achieved a reduction in the pH value to 6.3. The buffer capacity of the manure is decisive for the required quantity, which can differ depending on the manure.

1 Einleitung und Zielsetzung

Nach der NEC-Richtlinie muss Deutschland die Ammoniakemissionen bis zum Jahr 2030 um 29 % gegenüber dem Referenzjahr 2005 mindern. Ammoniak entsteht unter anderem bei der Ausbringung und Lagerung flüssiger Wirtschaftsdünger. Die Ansäuerung von Gülle ist bereits ein wissenschaftlich anerkanntes Verfahren zur Minderung von Ammoniakemissionen. So können durch eine Verschiebung des pH-Wertes in Richtung Ammonium (NH_4^+) die Ammoniakemissionen reduziert werden. Dies kann durch eine Ansäuerung des flüssigen Wirtschaftsdüngers mithilfe von Säuren oder Kohlenstoffquellen erfolgen. Während über die erforderliche Zugabemenge von Säure zur Senkung des pH-Wertes bereits detaillierte Ergebnisse vorliegen (Höcherl und Lichti 2019), liegen für Kohlenstoffquellen bisher kaum Informationen vor. Die Zugabemenge ist jedoch entscheidend um die Kosten für die Ansäuerung abschätzen zu können. Ziel dieser Untersuchung war es zu prüfen, wie sich eine stufenweise Erhöhung der Zugabemenge von Zuckerrübenmelasse auf den pH-Wert von Rinder- und Schweinegülle auswirkt.

2 Material und Methoden

Um zu ermitteln inwieweit sich unterschiedliche Zugabemengen an Zuckerrübenmelasse bei zwei Wirtschaftsdüngern unterschiedlicher Herkunft auf den pH-Wert auswirken, wurden Versuche im Labormaßstab unter standardisierten Bedingungen (bei 20 °C) durchgeführt. Hierzu wurden Zugabemengen von 1, 2, 3, 4 und 5 % Zuckerrübenmelasse zu Rinder- und Schweinegülle gewählt und jeweils über eine Woche gelagert. Jede Variante wurde zweifach wiederholt. Der pH-Wert wurde bei der Rindergülle 2, 3 und 7 Tage nach der Zugabe der Zuckerrübenmelasse mit einer pH-Sonde (SenTix 41, wtw) dokumentiert und bei der Schweinegülle 1, 2, 3 und 7 Tage nach der Zugabe der Zuckerrübenmelasse.

3 Ergebnisse

Bei der Nullvariante Rindergülle konnte während der Versuchsdauer ein geringer Anstieg im pH-Wert von 7,2 auf 7,6 beobachtet werden. Die Zugabe von Zuckerrübenmelasse führte hingegen unabhängig von der Zugabemenge zu einer pH-Wert-Senkung. Bei den Varianten 1 und 2 % konnte der pH-Wert auf 6,8 bzw. 6,6 nach zwei Tagen gesenkt werden und stieg dann wieder an. Bei einer Zugabe von 3 % Zuckerrübenmelasse wurde der pH-Wert auf 6,1 gesenkt und blieb dann nahezu konstant. Eine Zugabe von 4 und 5 % Zuckerrübenmelasse führte zu einer deutlicheren pH-Wert-Senkung: von 5,9 bzw. 5,7 nach zwei Tagen und anschließend einer weiteren Absenkung auf pH 5,5 und 4,9 nach 7 Tagen (Abb. 1). Die Zugabe von Zuckerrübenmelasse zur Schweinegülle in den Stufen 1 bis 5 % führte im Vergleich zu Rindergülle nur zu einer moderaten Absenkung. Bei allen behandelten Varianten wurde der pH-Wert von anfänglich 7,3 auf 6,7 nach

zwei Tagen gesenkt. Bei den Varianten 3 %, 4 % und 5 % war eine kontinuierliche pH-Wert-Senkung innerhalb von 7 Tagen erkennbar. Im Vergleich zu Rindergülle konnte eine hohe Zugabemenge von 4 % und 5 % Zuckerrübenmelassen den pH-Wert jedoch nur auf 6,3 nach sieben Tagen senken.

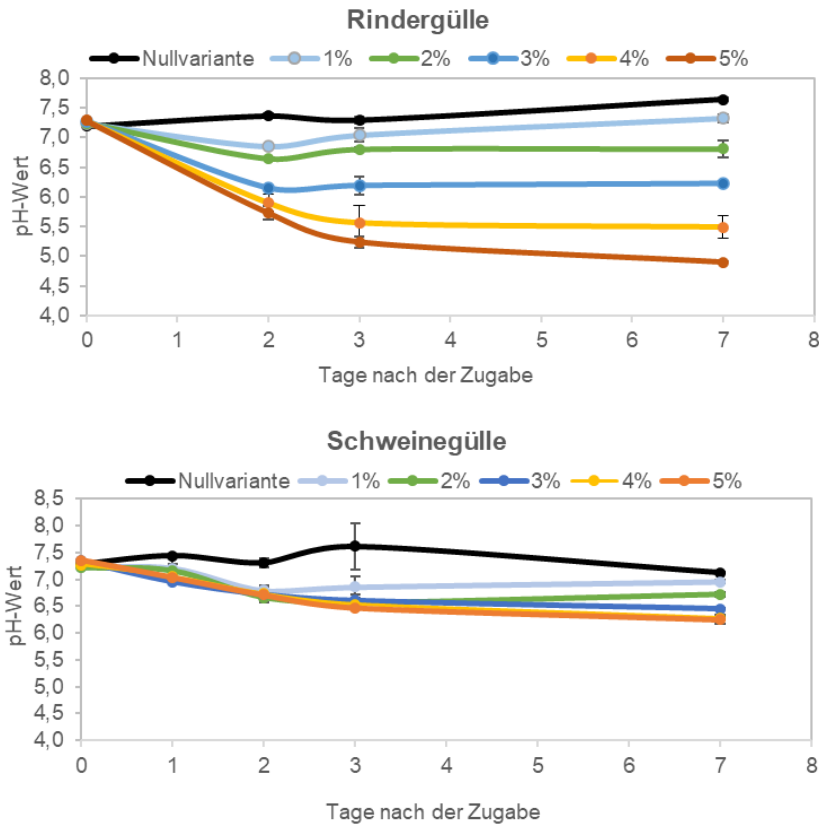


Abb. 1: pH-Wert in Abhängigkeit von der Zugabemenge innerhalb von 7 Tagen Versuchsdauer bei Rindergülle und Schweinegülle (© H. Rampeltshammer)

Fig. 1: pH value as a function of the amount added within 7 days of the experiment for cattle slurry and pig slurry (© H. Rampeltshammer)

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass für eine Ansäuerung von Rindergülle im Vergleich zu Schweinegülle eine geringere Menge an Zuckerrübenmelasse notwendig ist. Auch in den Untersuchungen von Clemens und Wulf (2005) zeigten sich Unterschiede im Effekt der Zugabemenge von Zuckerrübenmelasse auf den pH-Wert bei Wirtschaftsdüngern unterschiedlicher Herkunft (Rinder-, Schweinegülle und Gärrest). So konnten die Autoren

bei Gärresten eine deutlichere Senkung des pH-Werts im Vergleich zur Schweine- und Rindergülle bei gleicher Zugabemenge feststellen. Sie führten dies auf eine geringere Pufferkapazität des Gärrests zurück. Die Zuckerrübenmelasse dient dabei als Nahrungsquelle für die in der Gülle enthaltenen Mikroorganismen, wodurch die Kohlenstoffquelle zu organischen Säuren verstoffwechselt wird und der pH-Wert sinkt (Höcherl und Flad 2023). Auch in den Untersuchungen von Höcherl und Lichti (2019) wurden geringere Mengen an Schwelsäure zur pH-Wert-Senkung der Rindergülle im Vergleich zu Schweinegülle ermittelt, was auf die geringere Pufferkapazität von Rindergülle schließen lässt. Daneben konnte bei einer geringen Zugabemenge bei Rindergülle beobachtet werden, dass der pH-Wert analog zur Nullvariante im Versuchsverlauf ansteigt, was vermutlich darauf schließen lässt, dass die Nahrungsquelle nach kurzer Zeit aufgebraucht ist. Für eine dauerhafte Senkung des pH-Werts und eine Ammoniakminderung müsste somit eine erneute Zugabe von Zuckerrübenmelasse erfolgen.

Literatur

- Clemens, J.; Wulf, S. (2005): Reduktion der Ammoniakausgasung aus Kofermentationssubstraten und Gülle während der Lagerung und Ausbringung durch interne Versauerung mit in NRW anfallenden organischen Kohlenstofffraktionen. Forschungsbericht 121, S. 36
- Höcherl, S.; Lichti, F. (2019): Ansäuerung von Gülle zur Minderung von Ammoniakemissionen: Einfluss der Inhaltsstoffe der Wirtschaftsdünger auf die Säuremenge. In: 14. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 24.–26.09.2019, Bonn, S. 69–74
- Höcherl, S.; Flad, V. (2023): Das leisten Güllezusätze. Agrarheute 2, S. 102–103

Danksagung

Das Projekt „EmiAdditiv II“ wird vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus gefördert.

Neues Konzept für die Mastschweinehaltung – Reduktion von Emissionen und Immissionen

New concept for fattening pigs – reduction in emissions and immissions

MICHAEL KROPSCH, EDUARD ZENTNER, DIETMAR ÖTTL, CHRISTIAN AUINGER,
ANDREAS ZENTNER, IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER, HERBERT GALLER

Zusammenfassung

Im Projekt EIP-AGRI-SaLu_T wurden umfassende Untersuchungen zu Emissionen und Immissionen durchgeführt – im Fokus standen Geruch und Ammoniak, Staub, Bioaerosole und Lärm.

Unter der Leitung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein waren mehrere Institutionen an den Untersuchungen eines neu konzipierten emissionsarmen Tierwohlstalls beteiligt. Die LFL Bayern und die HBLFA Raumberg-Gumpenstein zeichneten verantwortlich für die Erhebung der Ammoniakkonzentration, der TÜV Austria war zuständig für die Rekrutierung und Auswahl der Probanden für die Geruchsbegehung, das Department für Hygiene der Medizinischen Universität Graz führte die Messungen zu Bioaerosolen im Stall und in der Umgebung durch und die Abteilung 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung wirkte federführend bei der Geruchsbegehung und der Ableitung der Emissionsfaktoren für Geruch und Ammoniak. Die Themenfelder Staub und Lärm wurden ebenfalls durch die HBLFA Raumberg-Gumpenstein bearbeitet.

Der Beitrag gibt einen Überblick über zentrale Erkenntnisse und legt dar, welche Immissionsminderungen durch adäquate Stallplanung möglich sind.

Summary

In the EIP-AGRI-SaLu_T project, comprehensive studies were carried out on emissions and immissions – the focus was on odour and ammonia, dust, bioaerosols and noise.

Under the leadership of AREC Raumberg-Gumpenstein, several institutions were involved in the investigations of the newly designed low-emission animal welfare barn. LFL Bayern and AREC Raumberg-Gumpenstein were responsible for recording the ammonia concentration, TÜV Austria was responsible for recruiting and selecting the test subjects for the odour inspection, the Medical University of Graz carried out the measurements on bioaerosols in the barn and in the surrounding area and the Styrian Provincial Government played a leading role in the odour inspection and deriving the emission factors for odour and ammonia. The AREC Raumberg-Gumpenstein also dealt with the issues of dust and noise.

This article provides an overview of the key findings and explains which emission reductions are possible through adequate barn planning.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im EIP-Projekt SaLu_T (2023) wurde ein emissionsarmer Tierwohlstall für die konventionelle Mastschweinehaltung untersucht, der einen komplett neuen Systemansatz darstellt; neben der Verbesserung des Tierwohls (mehr Platz pro Tier, Zurverfügungstellung von Einstreu, Zugang zu Außenklimabereich) wurde der Fokus auf die Kombination mehrerer Emissionsminderungsmaßnahmen gelegt.

In der Schweinehaltung spielt der potenzielle Austrag von Geruch, Ammoniak und Staub eine gesellschaftliche und umweltrelevante Rolle; Staub und Ammoniak sind zudem für die Tiergesundheit von Relevanz. Insbesondere da der SaLu_T-Projektstall einen Außenklimabereich besitzt, über den die Emissionen diffus in die Umgebung gelangen können, wurde bei der Entwicklung dieses neuen Stallkonzepts großes Augenmerk auf die bauliche Integration von Methoden zur Emissionsminderung gelegt.

Projektbestandteil war es, aus den Untersuchungen Emissionsfaktoren abzuleiten, die in zukünftigen Genehmigungsverfahren Anwendung finden können.

Als wesentliche Minderungsmaßnahmen für Geruch, Ammoniak und Staub sind die Entstaubungsanlage für Stroh (plus Öl-Hochdruckvernebelung), die Reduktion der emittierenden Fläche, die N-reduzierte Fütterung, die Trennung von Kot und Harn sowie die Zuluftkühlung zu nennen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die im SaLu_T-Stall realisierten emissionsmindernden Maßnahmen.

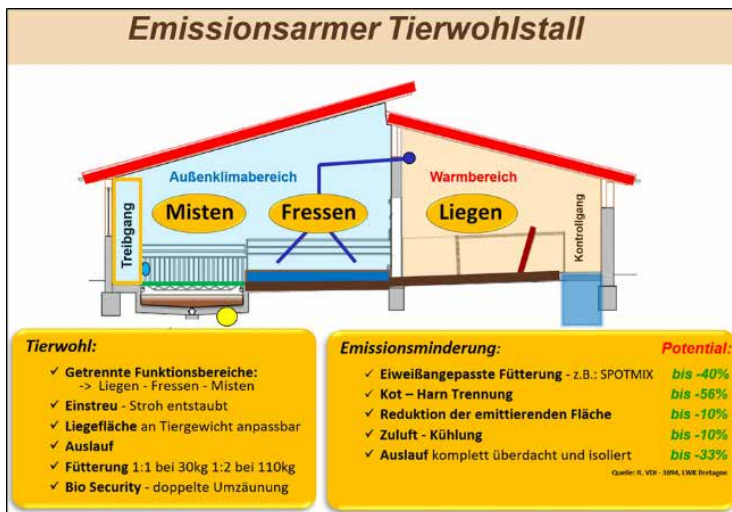


Abb. 1: Skizze des neuen Stallsystems mit Funktionsbereichen und Minderungsmaßnahmen (© C. Auinger)
 Fig. 1: Draft of the new barn system with functional areas and mitigation measures (© C. Auinger)

2 Material und Methoden

Die Feldbegehungen zur Ermittlung der Geruchshäufigkeiten wurden auf Basis der ÖNORM EN16841-1 (2017) geplant und durchgeführt; zuvor wurden die Probanden entsprechend den Vorgaben der ÖNORM EN 13725 (2006) ausgewählt. An 10 Punkten in der Umgebung des Stallgebäudes wurden NH_3 -Messungen mit Passivsammlern (Radiello®) durchgeführt. In der anschließenden Ausbreitungsberechnung mit dem Lagrange-Partikelmodell GRAL wurde die Emissionsfracht im Postprocessing so lange verändert, bis eine bestmögliche Übereinstimmung zwischen erhobenen und modellierten Geruchshäufigkeiten bzw. NH_3 -Konzentrationen bestand (Projekt SaLu_T 2022).

Um die Ammoniakbelastung im Innenbereich des Stalles und in den einzelnen Funktionsbereichen im Auslaufbereich zu erheben, wurde die Methodik der Fourier-Transform-Infrarotspektrometer-Emissionsmessung verwendet. Für die Staubmessungen im EIP-AGRI-Projekt SaLu_T wurde ein Spektrometer 11-C (Fa. Grimm, Ainring, Deutschland) verwendet. Bei der Erhebung der Bioaerosole kamen zwei Messverfahren zur Anwendung: die direkte Sammelmethode der Impaktion (MAS-100 NT®, Fa. Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland und SAS Super IAQ, Fa. Avantor/VWR, Wien, Österreich) und die indirekte Sammelmethode des Impingements (AGI-30, Ace Glass Inc., Vinaland, USA). Die Untersuchung der Lärmemissionen und -immissionen erfolgte durch 2 Schallpegelmessgeräte der Type Nor140, mit Mikrofon Nor1225, Mikrofonvorverstärker Nor1209 und Prüfschallquelle Nor1251 (Fa. Norsonic AS, Tranby, Norwegen). Detaillierte Informationen zu Material, Methoden und Ergebnissen sind dem Abschlussbericht EIP-Projekt SaLu_T-Saubere Luft in der Tierhaltung zu entnehmen (EIP-Projekt SaLu_T 2023).

3 Ergebnisse und Diskussion

Beim Geruch wurde ein Emissionsfaktor von rund 8 GE/GVE/s ermittelt. Im Vergleich zum Basisfaktor für Mastschweine, der bis dato in der Steiermark verwendet wird (140 GE/GVE/s (Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Hg.) 2021), ist dies eine Reduktion um nahezu 95 %. Der mittlere ermittelte NH_3 -Emissionsfaktor liegt bei 0,73 kg/TP/a und damit um rund 80 % unter dem Basiswert (3,64 kg/TP/a) der VDI 3894-1 (2011).

Die NH_3 -Belastung im SaLu_T-Projektstall lag zwischen 1,5 und 3,1 ppm. Dies entspricht einer Reduktion der Ammoniakemissionen um rund 80 % im Vergleich mit zeitgleichen Messungen in einem konventionellen Stall (16,5 ppm). Bei den Staubemissionen zeigte sich ein deutlicher Tagesverlauf, der in erster Linie durch Tieraktivitäten und Einstreuvorgänge beeinflusst war. Durch die Hochdruckvernebelungsanlage trat ein markanter Minderungseffekt zutage.

Durch Verdünnungseffekte zeigte sich bei den Bioaerosolen eine rasche Konzentrationsabnahme, ausgehend von der Quelle. Vergleiche mit Ergebnissen aus Untersuchungen an „herkömmlichen“ Stallungen für Mastschweine weisen darauf hin, dass die Konzentration der Staphylokokken im Umfeld des emissionsarmen Tierwohlstalls

nicht höher liegen als bei zwangsbelüfteten Mastschweinestallungen. Die ermittelten medianen Immissionswerte für die Staphylokokken lagen im Bereich von $7,0 \times 10^1$ bis $5,0 \times 10^2$ KBE/m³; der Ausgangswert an der Emissionsquelle (im Stall) betrug $9,0 \times 10^3$ KBE/m³.

Aus den schalltechnischen Untersuchungen ist abzuleiten, dass die Haltung der Tiere im neuen Tierwohlstall zu keiner Änderung der schallemissionstechnischen Situation führt – es können die Werte des „Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft“ (erhoben in zwangsbelüfteten Stallungen) (Kropsch und Lechner 2013) Anwendung finden. Eine Schallausbreitungsrechnung des neuen Tierwohlstalls für Mastschweine im Vergleich mit einem zwangsbelüfteten System zeigte, dass die Schallimmissionen – ausgehend vom untersuchten Tierwohlstall – im unmittelbaren Nahbereich z.T. höher (aufgrund der Öffnungen der Stallaußenwand und der Unterflurzuluftführung), jedoch die flächenhaften Schallimmissionen im Umfeld in Summe geringer sind als bei einem Konventionellen (Abb. 2). Dies ist in erster Linie in den erheblichen Schallimmissionen der Ventilatoren begründet.

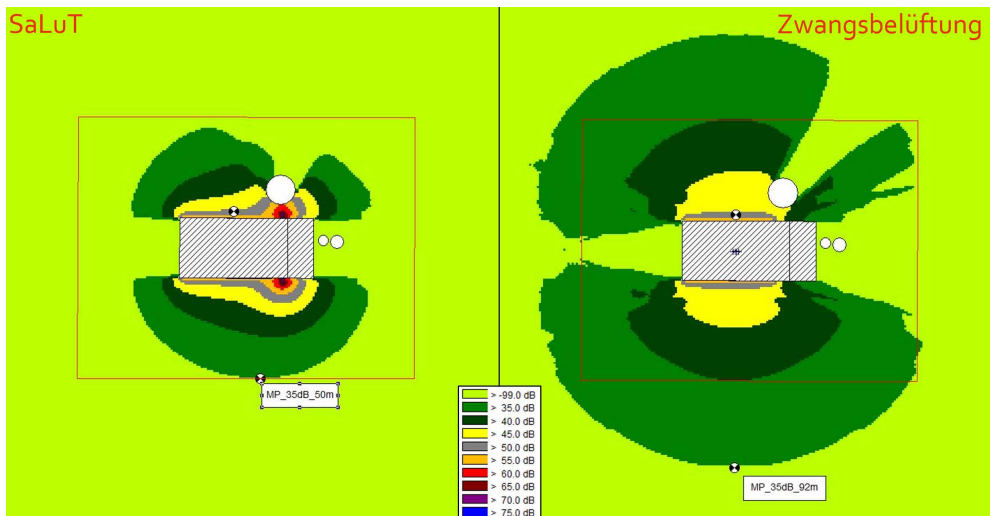


Abb. 2: Flächenhafte Schallausbreitung des SaLu_T-Stalls vs. Stall mit Zwangsbelüftung (© M. Kropsch)
Fig. 2: Sound propagation of the SaLu_T barn vs. barn with forced ventilation (© M. Kropsch)

4 Fazit

Das EIP AGRI-SaLu_T Projekt hat gezeigt, dass sich ein Mehr an Tierwohl und Emissionsminderung nicht zwangsläufig ausschließen – der untersuchte emissionsarme Tierwohlstall für die konventionelle Mastschweinehaltung zeigt eindrucksvoll, wie sich beide Aspekte in einer innovativen Planung verwirklichen lassen. Die Reduktion der Geruchs- und Ammoniakemissionen liegen im Bereich des technischen Wirkungsgrades von Abluftreinigungsanlagen.

Literatur

- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Hg.) (2021): Geruchsemissionen aus der Tierhaltung. Bericht Nr. Lu-01-2021, Graz
- EIP-Projekt SaLu_T (2023): EIP- Projekt Salu_T – Saubere Luft in der Tierhaltung. Emissionsminderung und Tierwohl in der Schweinemast, Abschlussbericht – Projekt Nr. 101596, <https://dafne.at/projekte/salu-t>, Zugriff am 20.06.2023
- Kropsch, M.; Lechner, C. (2013): Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft. UBA REP-0409, Forum Schall, Wien, Umweltbundesamt
- ÖNORM EN 13725 (2006): Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie, Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2006-04-01
- ÖNORM EN 16841-1 (2017): Außenluft – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen, Teil 1: Rastermessung, Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2017-02-15
- Projekt SaLu_T (2022): Erhebungen der Geruchs- und Ammoniakimmissionen in der Umgebung eines Tierwohlstalls für die Schweinemast – Bericht Nr. ABT15-Lu-02-2022, Graz, Amt der Steiermärkischen Landesregierung
- VDI 3894-1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde, VDI 3894 Blatt 1:2011-09, Berlin, Beuth Verlag GmbH

Ammoniak-Emissionsminimierung in der Schweinehaltung durch vollständige Kot-Harn-Trennung und Urinstabilisierung

Minimizing ammonia emissions in pig housing by complete faeces-urine segregation and urine stabilization

MARTIN KAUPENJOHANN, HELMUT DÖHLER

Zusammenfassung

Ziel des von der DBU geförderten Vorhabens ist die Entwicklung eines Schweinestallsystems, das einerseits zu einer signifikanten Verringerung der umwelt- und klimawirksamen Emissionen führt und andererseits den sozialpolitischen Forderungen nach mehr Tierwohl gerecht wird. Grundlage der Neuentwicklung ist die Trennung von Urin und Fäzes im Stall. Der dabei chemisch stabilisierte (Ureasehemmung), separat aufgefangene Urin wird unverzüglich entnommen und zur Nährstoffrückgewinnung weiter behandelt. Zur Ureaseinhibierung wurden Kalkhydrat und Schwefelsäure eingesetzt, wodurch die Ammoniakemissionen bereits an der Quelle weitgehend unterbunden werden können. Sowohl Schwefelsäure als auch Kalkhydrat zeigen im Frischurin eine sehr gute und über Wochen andauernde Ureasehemmung. Mit Schwefelsäure stabilisierter Urin, der mit geringen Mengen an Kot versetzt wurde, weist nach 2 Wochen Inkubationszeit eine deutlich geringere Ureasehemmung auf als Urin, der mit Kalkhydrat behandelt wurde.

Summary

Key objective of the DBU-funded project is the development of a pig housing system that significantly reduces environmental and climate-impacting emissions on the one hand and meets the socio-political requirements for improved animal welfare on the other hand. The underlying principle of the new development is the segregation of urine and feces in the stable. The chemically stabilized (urease inhibition), separately captured urine is immediately removed and further processed for nutrient recovery. Hydrated lime and sulphuric acid were used to inhibit urease, which largely prevents ammonia emissions at source. Both sulphuric acid and hydrated lime show very good urease inhibition in fresh urine that lasts for weeks. Urine stabilized with sulphuric acid, which was mixed with small amounts of faeces, shows significantly less urease inhibition after 2 weeks of incubation than urine treated with hydrated lime.

1 Einleitung und Zielsetzung

Zielsetzung des durch die DBU geförderten Vorhabens ist die Entwicklung eines Schweinehaltungssystems, welches einerseits umwelt- und klimarelevante Emissionen drastisch reduziert und andererseits den gesellschaftspolitischen Ansprüchen an eine tiergerechte Haltung genügt.

Ausgangshypothese ist, dass mit den bisherigen Entwicklungen für die Haltungssysteme auf Grundlage von Flüssig- oder Festmistverfahren diese Ansprüche nicht erfüllt werden können. Das Konzept setzt daher auf eine technisch vollständige Trennung von Urin und Fäzes im Stall; die beiden Fraktionen werden auch im Lager nicht vermischt, sondern getrennt weiterbehandelt. Mit der vorliegenden Arbeit werden Testreihen zur Stabilisierungswirkung von Schwefelsäure und Kalkhydrat auf die Ureasehemmung dargestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Stallkonzept

Im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit wurden vorhandene Komponenten eines bereits in der Praxis erprobten Außenklimastall-Haltungssystems um mehrere baulich-technische Komponenten ergänzt. Der perforierte Bereich zum Absetzen von Kot und Harn befindet sich jeweils am Rand der Bucht. Erste Erfahrungen mit dem Haltungssystem aus der Praxis in Deutschland und Österreich liegen vor. Kot und Harn werden mit einem neuartigen Schiebersystem im Stall getrennt. Der abgetrennte Harn wird im Stall mit Säuren oder Laugen behandelt (Döhler und Döhler 2020, Döhler et al. 2019). Die dadurch induzierte Ureasehemmung verhindert die Hydrolyse des Harnstoff, sodass die Bildung von Ammoniak und die daraus folgende Ammoniakemission weitgehend verhindert werden. Anschließend wird der stabilisierte Urin schnell aus dem Stall ausgeräumt und ggfs. mit dem Ziel der Rückgewinnung der Nährstoffe weiter behandelt. Eine Vermischung zu Gülle außerhalb des Stalles findet nicht statt.

2.2 Laboruntersuchungen

Die Effektivität der Ureasehemmung wurde in Laborexperimenten mit künstlich hergestelltem und mit natürlichem Schweineurin untersucht. Durch Zugabe definierter kleiner Mengen an Schweinekot zum Urin wurde dabei berücksichtigt, dass unter Praxisbedingungen eine völlig kontaminationsfreie Gewinnung der Jauche nicht möglich ist. Im einem weiteren Arbeitsschritt wurden Modellrechnungen zur Ausfällung und Rückgewinnung der im Urin enthaltenen Hauptnährelemente Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Kalzium (Ca) und Magnesium (Mg) durchgeführt. Die Modellergebnisse wurden durch Fällungsexperimente überprüft.

3 Ergebnisse

Untersucht wurden Urinproben von Zuchtsauen. Die Nährstoffkonzentrationen in der Mischprobe liegen im für Zuchtsauen typischen Bereich. Ohne Zugabe eines Ureasehemmers wurde der Harnstoff im Laufe von 30 Tagen vollständig zu Ammonium umgesetzt (Lagerung in geschlossenem Behälter bei konstant 20 °C). Die Hydrolyse des Harnstoffs korreliert eng mit der elektrischen Leitfähigkeit des Urins und führte zu einem Anstieg des pH-Wertes von 7,9 auf 9,1 (Tab. 1).

Tab. 1: Ammonium und Harnstoffkonzentrationen sowie pH-Werte und elektrische Leitfähigkeit von Zuchtsauenurin nach Inkubation von bis zu 30 Tagen (Harder 2019)

Tab 1: Ammonium and urea concentrations, pH values and electrical conductivity of breeding sow urine after incubation period of up to 30 days (Harder 2019)

Parameter	Einheit	Tag 1	Tag 15	Tag 30
NH ₄ ⁺	mg/l	77	1.321	3.638
Urea	mg/l	5.488	2.932	9,00
pH	-	7,92	8,40	9,08
EC	S/m	10,14	15,39	22,60

Damit einhergehend sanken u.a. die Kalzium- und Phosphorkonzentrationen. In Übereinstimmung mit Randall et al. (2016) zeigen die Laboruntersuchungen, dass die Blockierung der Urease sowohl mit Kalkhydrat als auch mit Schwefelsäure sowie die Induzierung von Nährelementfällungsreaktionen sehr gut steuerbar sind.

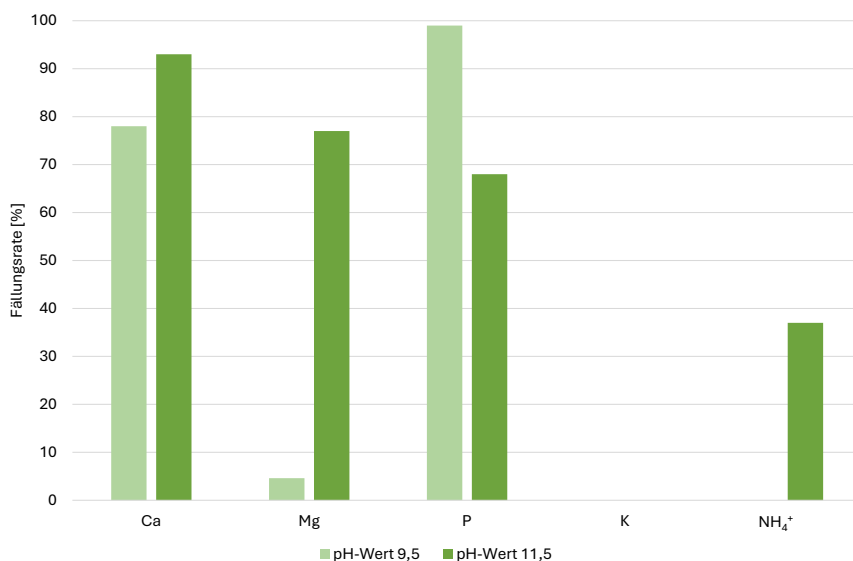


Abb. 1: Fällungsrate unterschiedlicher Nährelemente aus frischem Schweineurin in % (© S. Döhler)
 Fig. 1: Precipitation rate of different nutrients from fresh pig urine in % (© S. Döhler)

Durch Alkalinisierung der „synthetischen Urinlösungen“ lassen sich die Elemente Phosphor, Kalzium und Magnesium zu fast 100 % aus den Lösungen ausfällen. Die Alkalinisierung des natürlichen Urins führte ebenfalls zur Ausfällung von nahezu 100 % des gesamten Kalziums, bis zu 68 % des Phosphors und 73 % des Magnesiums (Abb. 1). Die Ergebnisse der Fällungsexperimente bestätigten weitgehend die Resultate der Modellrechnungen (Harder 2019).

Bei der Versuchsreihe mit stabilisiertem Urin, der mit Schweinekot (5–10 %) versetzt wurde, zeigte sich, dass die pH-Werte und die elektrische Leitfähigkeit von mit Säure stabilisiertem Urin, nach etwa 2 Wochen Inkubationszeit signifikant anstiegen. Bei den Versuchsgefäßen konnte Ammoniakgeruch wahrgenommen werden.

Im Gegensatz dazu blieben pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit bei der Alkalinisierung über den gesamten Versuchszeitraum unverändert. Auch war während des gesamten Versuchszeitraums eine Ammoniakausgasung beim Öffnen der Probenbehälter nicht wahrzunehmen. Daraus ist zu schließen, dass die Stabilisierung des Urins durch Zugabe von Kalkhydrat (Ca(OH)_2) über die gesamte Versuchszeit angehalten hat. Die Urease hemmende Wirkung von Kalkhydrat wurde weder durch die zugegebene Kotmenge noch durch die Zeit der Vorinkubation des Urins mit Kot beeinflusst.

Literatur

- Döhler, H.; Döhler, S. (2020): Konzeptentwicklung für einen zukunftsfähigen und gesellschaftlich konsensfähigen Mastschweinehalt unter Einbeziehung der Ansprüche an Tiergerechtigkeit, Tiergesundheit, Klimaschutz, Umweltschutz und Arbeitsplatzqualität. Abschlussbericht, DBU, Osnabrück
- Döhler, H.; Harder, E.; Kaupenjohann, M. (2019): Tierwohlstall ohne Mist und Gülle mit Ammoniak-Niedrigstmissionen – Konzept und erste Ergebnisse zur emissionsarmen Behandlung der Exkremente. 131. VDLUFA Kongress, VDLUFA Schriftenreihe 76/2019, S. 419–426
- Harder, E. (2019): Macro nutrient recovery from source-separated Pig urine - Modeling and experimental verification. Master Thesis, TU-Berlin
- Randall, D. G.; M. Krähenbühl, I.; Köpping, T.; Larsen, A.; Udert, K. M. (2016): A novel approach for stabilizing fresh urine by calcium hydroxide. Water Research 95, pp. 361–369

Förderhinweis

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt finanziell unterstützt.

Ad-libitum-Fütterung laktierender Sauen: Auswirkungen auf Produktivität und Nährstoffausscheidungen

Ad libitum feeding of lactating sows: effects on productivity and nutrient excretion

SARAH C. GORR, STEFAN J. HÖRTENHUBER, THOMAS D. PARSONS,
CHRISTOPH WINCKLER, WERNER ZOLLITSCH, CHRISTINE LEEB

Zusammenfassung

Um das Wissen zur optimalen Fütterung laktierender Sauen zu verbessern, wurden die Auswirkungen dreier verschiedener Strategien (restriktiv, $n = 40$; Zeitfenster, $n = 45$, ad libitum, $n = 52$) hinsichtlich Futterverbrauch, Gewichtsverlust der Sauen, Ferkelzunahmen, Energiebedarfsdeckungsgrad sowie N- und P-Ausscheidungen untersucht. Die ad libitum gefütterten Sauen wiesen höheren Futterverbrauch, Energiebedarfsdeckungsgrad und N- und P-Ausscheidungen auf. Gewichtsverlust der Sau und Ferkelzunahmen unterschieden sich hingegen nicht. Eine frühere Umstellung (vor Tag 6) auf Ad-libitum-Fütterung könnte vorteilhaft hinsichtlich Ferkelzunahmen sein. Zusätzlich könnte eine zu leichte Auslösbarkeit des Sensors zu einer erhöhten ausdosierten Futtermenge geführt haben. Dazu kann diskutiert werden, ob Sauen im Kastenstand das Futter bzw. den Dosiermechanismus als Erkundungsmöglichkeit verwenden, sodass mehr abgerufen wird, als zur Energiedeckung erforderlich ist. Weitere Datenerhebungen über mehrere Laktationen und auf mehreren Betrieben sind notwendig, um langfristige Auswirkungen zu erheben.

Summary

In order to improve knowledge on the optimal feeding of lactating sows, the effects of three different strategies (restrictive, $n = 41$; time slots, $n = 45$, ad libitum, $n = 45$) were assessed with regard to feed disappearance, sow weight loss, piglet weight gain, coverage of metabolizable energy requirement as well as N and P excretion. The sows fed ad libitum showed higher feed disappearance, coverage of metabolizable energy requirement and N and P excretions. However, sow weight loss and piglet gain did not differ. An earlier transition (before day 6) to ad libitum feeding could be beneficial in terms of piglet weight gains. In addition, the high sensitivity of the sensor could have led to an increased amount of feed dispensed. In addition, it can be discussed whether sows housed in farrowing crates use the feed or the sensor for exploration, so that more is dispensed than necessary to cover energy requirements. Further data collection over several lactations and on multiple farms is necessary to determine long-term effects.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Optimierung der Futtervorlage (Dauer und Menge) bei laktierenden Sauen hinsichtlich der ethologischen Bedürfnisse, aber auch hinsichtlich der Versorgung größerer Würfe wird immer wichtiger. Dadurch sollen auch die Umweltwirkungen gering gehalten und die Leistung der Sau optimiert werden (Dourmad et al. 2008).

Ziel der Studie war es, eine Ad-libitum-Fütterung mit zwei restriktiveren Fütterungsstrategien hinsichtlich der Auswirkungen auf Produktivität und potenzielle Umweltwirkungen zu vergleichen.

2 Material und Methoden

Die Studie umfasste insgesamt 137 Sauen und ihre Würfe auf zwei österreichischen Betrieben. Diese wurden unter Berücksichtigung der Wurfzahl zufällig drei unterschiedlichen Fütterungsstrategien zugeteilt:

- restriktive Fütterung: drei Mal tägliche Ausdosierung einer begrenzten Futtermenge
- Zeitfenster: drei Perioden à zwei Stunden, in denen die Sauen eine begrenzte Futtermenge durch einen Sensor abrufen konnten
- ad libitum: die Sauen konnten über die Betätigung eines Sensors jederzeit Futter abrufen

Bis Tag 6 erhielten alle Sauen die gleiche Futtermenge, dann wurde das Futter der Ad-libitum-Gruppe stufenweise bis Tag 9 auf die doppelte Menge erhöht.

Hinsichtlich der Produktivität flossen für die Sau die Parameter Gewichtsverlust (in kg pro Sau und Laktation) und Futterverbrauch (zugeteiltes bzw. abgerufenes Futter in kg pro Tag und Sau) über die letzten 15 Tage der Laktation ein; für die Ferkel wurden die täglichen Gewichtszunahmen (in kg pro Tag und Ferkel) erhoben. Des Weiteren wurde ein Energiebedarfsdeckungsgrad mithilfe des berechneten Energiebedarfs der Sau und der Energiebereitstellung über das Futter berechnet. Hinsichtlich der Nährstoffbilanzen wurden die N- und P-Ausscheidungen pro Laktation auf Basis der Futteraufnahme, des Gewichtsverlusts der Sau und der Ferkelzunahmen berechnet (Hörtenhuber et al. 2023).

3 Ergebnisse

Ad libitum gefütterte Sauen wiesen den höchsten Futterverbrauch auf (Abb. 1, Tab. 1). Die Ferkelzunahmen sowie die Gewichtsverluste der Sauen (Tab. 1) unterschieden sich hingegen nicht. Der Energiebedarfsdeckungsgrad und die N- und P-Ausscheidungen pro Laktation waren bei ad libitum am höchsten (Tab. 1).

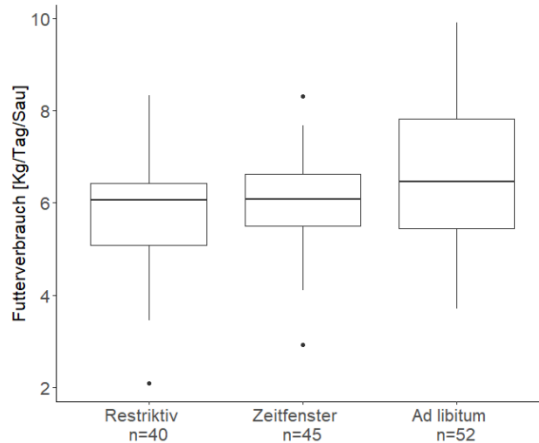


Abb. 1: Futtermittelverbrauch (letzte 15 Tage der Laktation) je Fütterungsgruppe (© S. Gorr)

Fig. 1: Feed disappearance (last 15 days of lactation) per feeding group (© S. Gorr)

Tab. 1: Futtermittelverbrauch, Gewichtsverlust der Sau, Gewichtszunahme der Ferkel sowie N- und P-Ausscheidungen (Mittelwerte; Standardabweichung) für die Fütterungsstrategien und p-Wert für den Faktor Fütterungsstrategien

Tab. 1: Feed disappearance, sow weight loss, piglet weight gain and N and P excretion (mean, standard deviation) for the different feeding groups as well as p-value for feeding group

Parameter	Einheit	Restriktiv	Zeitfenster	Ad libitum	p-Wert
Futtermittelverbrauch	kg/Tag/Sau	5,81 ± 1,26	5,99 ± 1,0	6,65 ± 1,51	0,01
Gewichtsverlust Sau	kg/Sau	20,8 ± 19,9	22,4 ± 15,9	18,7 ± 20,5	0,57
Gewichtszunahme Ferkel	kg/Tag/Ferkel	0,21 ± 0,04	0,21 ± 0,03	0,22 ± 0,03	0,86
N-Ausscheidung	kg/Sau	2,21 ± 0,60	2,29 ± 0,57	2,79 ± 0,67	< 0,001
P-Ausscheidung	kg/Sau	0,58 ± 0,14	0,59 ± 0,14	0,72 ± 0,19	< 0,001
Energiebedarfsdeckungsgrad	%	99,7 ± 24	98,8 ± 22	111 ± 25	< 0,001

4 Diskussion

Generell entsprechen die Ergebnisse für den Futtermittelverbrauch bei ad libitum gefütterten Sauen anderen Studien, in denen Werte zwischen 5,5 und 7 kg pro Tag gefunden wurden (Rao et al. 2023, Rodríguez et al. 2023, Gorr et al. 2024). Obwohl die ad libitum gefütterten Sauen signifikant mehr fraßen, bildete sich das nicht, wie erwartet, in geringerem Gewichtsverlust der Sauen oder verbesserten Ferkelzunahmen ab. Als eine Erklärung kann die relativ späte Umstellung auf ad libitum, die erst mit Tag 9 abgeschlossen war, genannt werden, wodurch wenige Tage tatsächlich ad libitum gefüttert wurde. Eine frühere Umstellung (vor Tag 6) auf Ad-libitum-Fütterung könnte vorteilhaft hinsichtlich Ferkelzunahmen sein.

Grund für den höheren Futterverbrauch der Ad-libitum-Gruppe könnte auch gewesen sein, dass die Sensoren sehr leicht auslösbar waren, wodurch die Sauen Futter in den Trog ausdosiert bekamen, ohne dieses aktiv abzurufen. Dazu kann auch diskutiert werden, ob im Kastenstand gehaltene Sauen das Futter bzw. den Auslösemechanismus auch als Erkundungsmöglichkeit verwenden, sodass mehr abgerufen wird, als zur Energiedeckung erforderlich ist. Dieses könnte in einer Abferkelbucht mit Bewegungsmöglichkeit bzw. Einstreu anders sein. Um auch Aussagen über die längerfristigen Auswirkungen wie zum Beispiel die Reproduktion treffen zu können, wäre eine Studie über mehrere Laktationen erforderlich.

Literatur

- Dourmad, J. Y.; Étienne, M.; Valancogne, A.; Dubois, S.; van Milgen, J.; Noblet, J. (2008): InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 143, pp. 372–386, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.019>
- Gorr, S. C.; Leeb, C.; Zollitsch, W.; Winckler, C.; Parsons, T. D. (2024): Ad libitum Feeding Systems for Lactating Sows: Effects on Productivity and Welfare of Sows and Piglets. *animal* 18 (101093), <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101093>
- Hörtenhuber, S. J.; Größbacher, V.; Schanz, L.; Zollitsch, W. J. (2023): Implementing IPCC 2019 Guidelines into a National Inventory: Impacts of Key Changes in Austrian Cattle and Pig Farming. *Sustainability* 15, p. 4814, <https://doi.org/10.3390/su15064814>
- Rao, Z.; Coble, K. F.; Tokach, M. D.; Woodworth, J. C.; Goodband, R. D.; Gebhardt, J. T.; Derouchey, J. M. (2023): Effect of different sow lactation feeder types and drip cooling on sow bodyweight, litter performance, and feeder cleaning criteria. *Translational Animal Science* 7(1), txad040, <https://doi.org/10.1093/tas/txad040>
- Rodríguez, M.; Díaz-Amor, G.; Morales, J.; Koketsu, Y.; Piñeiro, C. (2023): Feed intake patterns of modern genetics lactating sows: characterization and effect of the reproductive parameters. *Porcine Health Management* 9(1–9), <https://doi.org/10.1186/s40813-022-00300-y>

Danksagung und Förderhinweis

Dieses Projekt wurde gefördert durch das BRIDGE-Programm der Forschungsförderungsgesellschaft Österreich in Zusammenarbeit mit der Firma Schauer Agtrononic. Wir möchten uns außerdem bei den an der Studie teilnehmenden Betrieben bedanken.

Sensorgestützte Lahmheitserkennung bei Milchkühen: Entwicklung und Anwendung von Regressionsmodellen auf Basis von Aktivitätsdaten

Sensor-assisted lameness detection in dairy cows: development and application of regression models based on activity data

SARAH HERTLE, ISABELLA LORENZINI, SOPHIA SAUTER, BERNHARD HAIDN

Zusammenfassung

Klauenerkrankungen stellen immer noch ein weit verbreitetes Problem in Milchviehbetrieben dar und sind für Landwirte oftmals schwierig rechtzeitig zu erkennen. Im Rahmen des Experimentierfelds „DigiMilch“ wird die Eignung verschiedener, mittels Sensorsystemen erfasster Verhaltens- und Leistungsparameter zur automatischen Lahmheitserkennung untersucht. In der vorliegenden Analyse liegt der Fokus auf der Integration des Prädiktors „Aktivität“ als einzigen Verhaltensparameter in das Regressionsmodell und der damit erzielten Genauigkeit der Lahmheitsdetektion.

Aufgrund der unzureichenden Leistung des finalen Modells und insbesondere der hohen Falsch-Positiv-Rate kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Kombination der Leistungsparameter mit mehreren verschiedenen Verhaltensparametern über die Aktivität hinaus notwendig ist, um lahme Tiere präzise identifizieren zu können.

Summary

Claw diseases continue to be a widespread issue on dairy farms and their detection often proves to be challenging for farmers. As part of the experimental field “DigiMilch”, the suitability of various, automatically recorded behaviour and performance parameters for automated lameness detection is being investigated. In the present analysis, the focus was on the integration of the predictor “activity” as the sole behavioural parameter in a regression model and the assessment of the resulting accuracy for lameness detection.

Due to the unsatisfactory performance of the final model, particularly the high false positive rate, the conclusion can be drawn that combining performance parameters with multiple, diverse behavioural predictors is necessary for precise identification of lame animals.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die selektive Zucht unserer Milchkühe in der Vergangenheit auf eine stetige Steigerung ihrer Milchleistung erhöhte im gleichen Schritt auch deren Anfälligkeit für Produktionskrankheiten (Oltenu und Broom 2010). Neben Eutererkrankungen sowie Stoffwechsel- und Fruchtbarkeitsstörungen zählen dazu auch Klauenprobleme, deren Prävalenz von den meisten Landwirten nach wie vor erheblich unterschätzt wird (Jensen et al. 2022). Der Erfolg visueller Lahmheitserkennung auf einem Betrieb hängt maßgeblich von der angewandten Skala zur Lahmheitsbestimmung, der systematischen und regelmäßigen Durchführung dieser und der individuellen Erfahrung des Landwirts ab (Schlageter-Tello et al. 2014). Diese potenziellen Fehlerquellen können mithilfe digitaler Technik als Unterstützung des Landwirts verringert werden. Bei der indirekten automatischen Lahmheitserkennung wird auf die Leistungs- und Verhaltensdaten aus Sensorsystemen gesetzt, wie sie bereits in vielen Ställen z.B. zur Brunsterkennung etabliert sind. Für die Erkennung brünstiger Kühe reicht allerdings oftmals die Bestimmung der tierindividuellen Aktivität aus (Roelofs et al. 2017), während die deutlich komplexere Lahmheitserkennung für gute Ergebnisse die Anwendung von mehr als einer einzigen Variablen erfordert (Poursaberi et al. 2010). In der hier vorgestellten Untersuchung zur automatischen Lahmheitserkennung, die im Rahmen des Experimentierfelds „DigiMilch“ durchgeführt wurde, wird überprüft, mit welcher Genauigkeit ein Regressionsmodell anhand der Daten eines reinen Aktivitätssensors in Verbindung mit Leistungsparametern lahme Kühe erkennen kann.

2 Material und Methoden

Die Datenerfassung wurde auf acht Projektbetrieben, darunter drei Versuchs- und fünf Praxisbetriebe, in ganz Bayern von März 2021 bis Oktober 2022 durchgeführt. Die Betriebe waren mit digitaler Technik verschiedener Hersteller ausgestattet, einschließlich automatischer Melksysteme und tierindividueller Sensoren wie Pedometer, Halsbänder oder Boli. Neben den daraus stammenden Verhaltens- und Leistungsdaten wurden Referenzdaten zur Klauengesundheit im Rahmen der Betriebsklauenpflegetermine erfasst. Dazu zählten eine Analyse des Gangbilds per Video mithilfe eines dreistufigen Locomotionscores, die Dokumentation der sichtbaren Klauenbefunde und eine mit einer Klauenzange durchgeführte Schmerzprobe. Die aus unterschiedlichsten Herkunftsquellen stammenden Daten wurden zunächst zu Einzeltiertagesdatensätzen pro Betrieb zusammengefasst, aus denen dann ein Datensatz gebildet wurde, welcher betriebsübergreifend die HIT-Daten, die Leistungsdaten aus LKV und Melkroboter sowie die mittels verschiedener Sensoren erfasste tierindividuelle Aktivität enthielt. Die Daten wurden in RStudio balanciert und dann wurde mit der Methode der generalisierten gemischten linearen Regression schrittweise das beste Modell errechnet. In diesem Zusammenhang wurden zwei Varianten untersucht: In der ersten Variante wurden nur die ursprünglichen Locomotionscores der Kategorie 3 als „lahm“ eingestuft (LMS3). In der zweiten Variante wurden die Locomotionscores der Stufe 2 bei sichtbaren Läsionen oder positiver Schmerzprobe auf 3 hochkorrigiert und ebenfalls als „lahm“ interpretiert (C_LMS3).

3 Ergebnisse

Der finale Datensatz enthielt Daten von 610 Kühen aus 8 Betrieben an 259 Tagen. Das beste Ergebnis erzielte eines der LMS3-Modelle mit einer Fläche unter der Kurve (AUC) von 0,99 (Konfidenzintervall (CI): 0,98–0,99) im Trainings- und einer AUC von 0,70 (CI: 0,67–0,74) im Testdatensatz. Das Modell enthielt die Prädiktoren Aktivität, Melkintervall und Milchprotein sowie den Interaktionsparameter Aktivität : Laktationsnummer und den zufälligen Effekt (Tage in Milch + Milchleistung | Kuhnummer). Die Spezifität lag auf den Testdaten bei 0,53, die Sensitivität bei 0,85 (Abb. 1). Das C_LMS3-Modell enthielt dagegen Aktivität, Tage in Milch und Melkintervall als feste Prädiktoren, Aktivität : Laktationsnummer als Interaktionsparameter und (Milchleistung | Kuhnummer) als zufälligen Effekt. Die erzielte AUC betrug im Training 0,99 (CI: 0,98–0,99) und für den Testdatensatz 0,60 (CI: 0,57–0,6). Bei diesem Modell konnte auf den Testdaten eine Spezifität von 64 % und eine Sensitivität von 57 % erreicht werden.

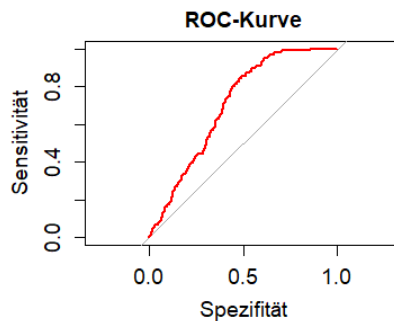


Abb.1: Grenzwertoptimierungs-Kurve (ROC-Kurve) des LMS3-Modells auf dem Testdatensatz (© S. Hertle)
 Fig. 1: Receiver operating characteristic curve (ROC curve) of the LMS3 model on the test dataset (© S. Hertle)

4 Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich in unseren Untersuchungen Modelle zur Lahmheitserkennung mit Aktivität als einzigem Verhaltensparameter als wenig geeignet erwiesen. Insbesondere die niedrige Spezifität des finalen Modells lässt darauf schließen, dass zu viele gesunde Tiere fälschlicherweise als lahm eingestuft werden. Eine Reduktion der Aktivität kann auch in Folge anderer Erkrankungen wie Mastitiden oder Labmagenverlagerungen auftreten (King et al. 2018), was es erschwert, nur anhand der Aktivitätsänderung zwischen verschiedenen Krankheitsbildern zu differenzieren. Die Integration weiterer Verhaltensparameter wie Liegedauer oder Futteraufnahmeverhalten ins Modell könnte zu einer besseren Lahmheitsdetektion beitragen (Grimm et al. 2019, Lorenzini 2019). Der Parameter „Aktivität“ zeichnet sich außerdem durch eine deutliche tierindividuelle Variation aus (Müller und Schrader 2005), weshalb der zufällige Effekt „Kuhnummer“ mit in das Modell aufgenommen wurde. Allerdings können sich auch

diverse andere Faktoren wie die Laktationszahl oder die Jahreszeit (Brzowska et al. 2014) auf die Aktivität eines Tieres auswirken. Möglicherweise könnten Zeitreihen-Modelle, die mehr darauf ausgelegt sind, Trends über einen bestimmten Zeitraum zu erfassen, die Verhaltensänderungen des Einzeltieres genauer abbilden und somit besser mit dieser komplexen Problematik zurechtkommen.

Literatur

- Brzowska, Anna.; Łukaszewicz, M.; Sender, G.; Kolasińska, D.; Oprządek, J. (2014): Locomotor activity of dairy cows in relation to season and lactation. *Applied Animal Behaviour Science* 156(1), pp. 6–11
- Grimm, K.; Haidn, B.; Erhard, M.; Tremblay, M.; Döpfer, D. (2019): New insights into the association between lameness, behavior, and performance in Simmental cows. *Journal of Dairy Science* 102(3), pp. 2453–2468
- Jensen, K. C.; Oehm, A. W.; Campe, A.; Stock, A.; Woudstra, S.; Feist, M. et al. (2022): German Farmers' Awareness of Lameness in Their Dairy Herds. *Frontiers in veterinary science* 9 (866791)
- King, M. T. M.; Leblanc, S. J.; Pajor, E. A.; Wright, T. C.; DeVries, T. J. (2018): Behavior and productivity of cows milked in automated systems before diagnosis of health disorders in early lactation. *Journal of dairy science* 101(5), pp. 4343–4356
- Lorenzini, I. (2019): Analysis of claw health, performance and behavioural parameters of Simmental cows on commercial dairy farms for implementation of a lameness prediction model. Dissertation, LMU, München
- Müller, R.; Schrader, L. (2005): Individual Consistency of Dairy Cows' Activity in Their Home Pen. *Journal of Dairy Science* 88(1), pp. 171–175
- Oltenacu, P. A.; Broom, D. M. (2010): The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Animal Welfare* 19, pp. 39–49
- Poursaberi, A.; Bahr, C.; Pluk, A.; van Nuffel, A.; Berckmans, D. (2010): Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: Shape analysis of cow with image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture* 74(1), pp. 110–119
- Roelofs, J. B.; Krijnen, C.; van Erp-van der Kooij, E. (2017): The effect of housing condition on the performance of two types of activity meters to detect estrus in dairy cows. *Theriogenology* 93, pp. 12–15
- Schlageter-Tello, A.; Bokkers, E. A. M.; Koerkamp, P. W. G. et al. (2014): Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: a review. *Preventive veterinary medicine* 116(1-2), pp. 12–25

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms Experimentierfelder in der Landwirtschaft.

Kuhgesundheitsmonitoring mit smaXtec auf deutschen Milchviehbetrieben: Einfluss auf Antibiotikaeinsatz und Wirtschaftlichkeit – erste Ergebnisse

Cow health monitoring with smaXtec on German dairy farms: impact on antimicrobial usage and farm economics – first results

CARSTEN HÜMMER, REINHARD K. STRAUBINGER, JOHANNES HOLZNER

Zusammenfassung

Im Kampf gegen die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen sollen bis 2030 50 Prozent weniger Antibiotika für tiermedizinische Zwecke in Deutschland gehandelt werden als 2018. Entsprechend besteht ein großer Bedarf bei Milcherzeugern und ihren betreuenden Tierärzten nach Lösungsansätzen zur Verringerung des Antibiotikaeinsatzes in der Laktation. Diese Arbeit zeigt die ersten Ergebnisse einer Untersuchung, welche die Auswirkungen einer kontinuierlichen Tiergesundheitsüberwachung mit dem System „smaXtec“ auf deutschen Milchviehbetrieben auf den Antibiotikaeinsatz untersucht und ausgewählte Produktionskennzahlen und die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion erforscht. Der Antibiotikaeinsatz auf den fünf derzeit ausgewerteten Betrieben wurde in zwei verschiedenen Indikatoren ausgedrückt. Weitere Auswertungen dauern an. Eine Erweiterung der Studie um eine Betrachtung eines längeren Zeitraums nach der Einführung des Systems ist in Planung.

Summary

In the fight against the spread of antimicrobial resistance a 50 % reduction of the total amount of antibiotics traded in Germany for veterinary purposes by 2030 compared to 2018 has been mandated. Consequently, there is a great need among dairy farmers and their veterinarians for solutions to reduce antimicrobial usage (AMU) during lactation. This work shows some first results of a study that explores the impact of continuous animal health monitoring with the smaXtec system on German dairy farms on AMU, selected productivity parameters and the economic efficiency of milk production. AMU on the five farms analysed to this date has been expressed in two different indicators. Further analysis of data is ongoing. An expansion of the study to encompass a longer time period after the introduction of the monitoring system is in planning.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Deutschland wurden Ziele gesteckt und Maßnahmen beschlossen, die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen in Krankheitserregern einzudämmen. Eines der verfolgten Ziele ist die Reduktion der für tiermedizinische Zwecke verkauften Antibiotika um 50 % bis 2030 (Bundesministerium für Gesundheit 2023), entsprechend der europäischen Farm-to-Fork-Strategie (European Commission 2020). Zu den Maßnahmen gehört die Ausweitung der verpflichtenden Meldungen zu Antibiotikaeinsatzmengen (TAMG § 56).

Wie die angestrebte Antibiotikareduktion erreicht werden soll, wird überwiegend der Expertise der Landwirte und der sie betreuenden Tierärzte überlassen. Der Großteil der wissenschaftlichen Literatur zu Milchkühen in diesem Kontext befasst sich mit selektivem Trockenstellen, sowohl in Deutschland (Schmon 2019, Sorge et al. 2023) als auch international (Ferreira et al. 2022, Tijs et al. 2022). Entsprechend besteht ein großer Bedarf in der landwirtschaftlichen und tiermedizinischen Praxis nach Lösungsansätzen zur Verringerung des Antibiotikaeinsatzes in der Laktation. Precision-Livestock-Farming-Technologien wie das System „smaXtec“ können hier Wege aufzeigen. Sie ermöglichen eine kontinuierliche Überwachung des Gesundheitszustandes der Einzeltiere einer Herde auch während der Laktation und ermöglichen so neue Behandlungsansätze gegenüber der traditionellen Tiergesundheitsüberwachung, die der Landwirt nur einzel-fallbezogen und zeitlich beschränkt leisten kann.

Das Ziel dieser Arbeit ist zu untersuchen, welche Auswirkungen die Einführung einer kontinuierlichen Tiergesundheitsüberwachung auf den Antibiotikaeinsatz, verschiedene Produktionsmerkmale und den ökonomischen Erfolg von Milchviehbetrieben hat.

2 Material und Methoden

In diesem laufenden Promotionsprojekt wurden 6 repräsentative milchviehhaltende Betriebe aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands anhand ihrer gehaltenen Rassen, der Milchleistung und ihrer Herdengröße ausgewählt. Anhand dieser Betriebe sollen Erkenntnisse über den Einfluss von kontinuierlicher Kuhgesundheitsüberwachung mit dem smaXtec-System auf den Antibiotikaeinsatz und die Wirtschaftlichkeit der Milcherzeugung gewonnen werden. Im ersten Projektabschnitt wurden auf den Betrieben Daten aus einem Zeitraum von zwei Jahren rückwirkend erhoben und ausgewertet. Die Erhebungszeiträume erstrecken sich jeweils betriebsindividuell ein Jahr vor und ein Jahr nach Einführung des smaXtec-Systems am Betrieb. Die pflichtweise vom Tierarzt auszufüllenden tierärztlichen Arzneimittel-Anwendungs- und Abgabebelege dienen als Datenquelle für Krankheitsgeschehen sowie Arzneimiteleinsatzmengen und -häufigkeiten. Ökonomische Daten wurden aus Tierarztrechnungen und weiteren Produktionsdaten aus Milchprüfungsergebnissen gewonnen.

Die Antibiotikaeinsatzmengen werden in zwei Indikatoren ausgedrückt: in der dosisbasierten „animal-defined daily dosages“ (ADDD) (Obritzhauser 2018, Kuipers et al.

2016) und der anwendungsdauerbasierten Therapiehäufigkeit (TH), die auch im deutschen Antibiotikamonitoring zum Einsatz kommt (TAMG § 57).

3 Ergebnisse

Die ersten vorläufigen Ergebnisse der Auswertung von aktuell fünf Betrieben sind nicht eindeutig in Hinblick auf den Antibiotikaeinsatz nach Einführung der Gesundheitsüberwachung mit dem smaXtec-System. Einerseits stieg in beiden errechneten Indikatoren im ersten Jahr nach Einführung des Systems der Antibiotikaeinsatz auf vier von fünf Betrieben verglichen mit dem Vorjahr an (Tab. 1). Allerdings unterscheiden sich andererseits die Ergebnisse zwischen den verwendeten Indikatoren nicht nur wie erwartet in der absoluten Höhe, sondern auch in den gezeigten Trends. Ausgedrückt in ADDD und TH sind es unterschiedliche Betriebe, die einen abnehmenden Antibiotikaeinsatz vorweisen.

Tab. 1: Die gesamte Einsatzmenge von Antibiotika auf den bisher ausgewerteten Milchviehbetrieben vor und nach Einführung von smaXtec, ausgedrückt in „animal-defined daily dosages“ (ADDD) und Therapiehäufigkeit (TH) je Halbjahr

Tab. 1: Total amounts of antibiotics used on-farm before and after introduction of smaXtec, expressed in animal-defined daily dosages (ADDD) and in therapy frequency (TH) per half-year

Betriebe	ADDD vorher	ADDD nachher	TH HJ-2	TH HJ-1	TH HJ+1	TH HJ+2
Betrieb 1	5,20	6,79	1,33	2,14	2,64	2,50
Betrieb 2	6,30	5,00	2,29	2,79	2,76	3,17
Betrieb 3	4,73	7,31	2,04	2,38	2,60	3,11
Betrieb 4	2,50	2,559	1,31	1,70	1,30	1,37
Betrieb 5	1,67	2,27	1,01	0,78	0,63	1,58

Weitere Auswertungen ergaben, dass der Anteil am Gesamtantibiotikaeinsatz der von der World Health Organization als kritisch und mit höchster Priorität zu schützen eingestuft antibiotischen Wirkstoffe (HPCIA) (WHO 2019) in vier der fünf Betriebe gesunken ist. Der Einsatz von nicht steroidal Antiphlogistika (NSAID) ist in allen fünf Betrieben gestiegen.

Erste Vermutungen für die Gründe der beobachteten Steigerung der Antibiotikaeinsatzmenge liegen in einer Reduktion der Dunkelziffer unerkannter Erkrankungen in den Herden und einer benötigten Eingewöhnungsphase der Betriebsleiter und Tierärzte mit dem neuen System.

4 Ausblick

Die Auswertung der erhobenen Daten ist derzeit noch nicht abgeschlossen. Die Analyse der sonstigen Produktionsparameter, wie der Eutergesundheit und dem durchschnittlichen Abgangsalter der Kühe, und tiefergehende Analysen der Wirtschaftlichkeit des smaXtec-Systems dauern noch an. Die bisherigen Erkenntnisse legen aber nahe, dass der Untersuchungszeitraum der bisherigen Datenerhebung erweitert werden sollte, um die Situation auf Betrieben mit einer etablierten Tiergesundheitsüberwachung zu untersuchen und Einführungseffekte auszuschließen.

Literatur

- Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.) (2023): DART 2030 – Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie. Stand: April 2023, Berlin
- European Commission (2020): Farm to Fork Strategy - for a fair, healthy and environmentally friendly food system. https://food.ec.europa.eu/document/download/472acca8-7f7b-4171-98b0-ed76720d68d3_en?filename=f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf, Zugriff am 26.06.2024
- Ferreira, F. C.; Martínez-López, B.; Okello, E. (2022): Potential impacts to antibiotics use around the dry period if selective dry cow therapy is adopted by dairy herds: An example of the western US. *Preventive Veterinary Medicine* 206, 105709, DOI: 10.1016/j.prevetmed.2022.105709
- Kuipers, A.; Koops, W.J.; Wemmenhove, H. (2016): Antibiotic use in dairy herds in the Netherlands from 2005 to 2012. *Journal of Dairy Science* 99, pp. 1632–1648, DOI: 10.3168/jds.2014-8428
- Obritzhauser, W. (2018): Antibiotikaeinsatz bei Milchrindern in Österreich - Erfassung Analyse Benchmarking. Symposium „Antibiotikaresistenz in der Lebensmittelkette“. 8.-9. November 2018, Berlin, Bundesinstitut für Risikobewertung, <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/antibiotikaeinsatz-bei-milchrindern-in-oesterreich-erfassung-analyse-benchmarking%20.pdf>, Zugriff am 09.08.2021
- Schmon, K. S. (2019): Untersuchungen zur Implementierung eines kontrollierten Verfahrens zum Selektiven Trockenstellen in bayerischen Milchviehbetrieben. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, München, https://edoc.ub.uni-muenchen.de/23986/1/Schmon_Katharina_S.pdf, Zugriff am 26.06.2024
- Sorge, U. S.; Huber-Schlenstedt, R.; Schierling, K. (2023): Selektives Trockenstellen auf bayerischen Betrieben – eine Fallserie. *Tierärztl Praxis Ausg G Grosstiere Nutztiere* 51(3), S. 160–167, DOI: 10.1055/a-2086-2500
- Tijs, S. H. W.; Holstege, M. M. C.; Scherpenzeel, C. G. M.; Santman-Berends, I. M. G. A.; Velthuis, A. G. J.; Lam, T. J. G. M. (2022): Effect of selective dry cow treatment on udder health and antimicrobial usage on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science* 105, pp. 5381–5392, DOI: 10.3168/jds.2021-21026
- World Health Organisation (WHO) (2019): Critically Important Antimicrobials for Human Medicine. Genf, World Health Organisation, 6th Revision

Internet of Livestock – ein intelligenter Multisensor zur Erfassung von Verhaltensmustern und Umweltparametern, Ortung und Vernetzung von Tieren und Akteuren am Beispiel der Milchviehhaltung

Internet of Livestock – a smart multi-sensor for recording behavioral patterns and environmental parameters, locating and networking animals and actors using the example of dairy farming

DOREEN NITSCHKE, KIRSTEN KOUWERT, SANDRA ROSE, SUSANNE DEMBA, STEFFEN PACHE, SEBASTIAN SCHÄFER, DANILO ZIMMERMANN

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes „Internet of Livestock“ (IoL) wurde ein Multisensor (NECKTAG®) zur Erfassung gesundheitsbezogener Daten von Milchkühen, zur Echtzeitlokalisierung und zur direkten Verknüpfung mit Akteuren konzipiert, der am Halsband der Kuh im Nackenbereich befestigt werden kann. Der NECKTAG® ermöglicht die Erfassung der Umweltmerkmale Beleuchtungsstärke (Lux), relative Luftfeuchtigkeit (%), Luftdruck (Pa), Temperatur (°C) sowie die Luftqualität direkt am Tier. Mittels Antennensystem zur Lokalisation und Vernetzung der Sensoren sowie der Anbindung an den Host-Computer auf Basis von energiesparender und bidirektionaler Bluetooth 5.1-Technologie (BLE_5.1) inklusive 3D-Echtzeitlokalisierung erkennt das integrierte Positionierungssystem den Aufenthaltsort der Kühe, der Akteure, Maschinen und Geräte auf einen Meter genau und stellt ihnen definierte XYZ-Koordinaten zur Verfügung.

Durch die Entwicklung einer speziellen Anwendung in Form einer offenen Host-Computer-Softwareschnittstelle wurde eine unabhängige Datenaustausch- und Vernetzungsplattform geschaffen. Die Echtzeit-Sensor- und Standortdaten vom NECKTAG® sowie die Ergebnisse der Tierortung sind auf der Website <http://www.iol.farm/> abrufbar.

Summary

As part of the “Internet of Livestock” (IoL) project, a multisensor (NECKTAG®) was designed to record health-related data from dairy cows, for real-time localization and to directly link to actuators, which can be attached to the cow's collar in the neck. The NECKTAG® enables the environmental characteristics of illuminance (Lux), relative humidity (%), air pressure (Pa), temperature (°C) and air quality to be recorded directly on the animal. Using an antenna system for localizing and networking the sensors as well as the connection to the host computer based on energy-saving and bidirectional Bluetooth 5.1 technology (BLE_5.1) including 3D real-time localization, the integrated positioning system detects the location of the cows, the actors, machines and devices are accurate to one meter and provides them with defined XYZ coordinates. By developing

a special application in the form of an open host-computer software interface, an independent data exchange and networking platform was created. The real-time sensor and location data from the NECKTAG® as well as the animal tracking results are available on the website <http://www.iol.farm/>.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der innovative Ansatz des Projektes „Internet of Livestock“ (IoL) bestand in der Entwicklung eines Multisensors zur Aufnahme von Bewegungsmustern (3D-Beschleunigung), Umweltparametern (Beleuchtungsstärke (Lux), relative Luftfeuchtigkeit (%), Luftdruck (Pa), Temperatur (°C), Luftgüte (AQI)), zur Lokalisation landwirtschaftlicher Nutztiere sowie in der autarken Energieversorgung der Sensorik. Mittels energiesparender Bluetooth 5.1-Technologie (BLE_5.1) sollte die Datenübertragung zum Host-Computer mit einer barrierefreien Datenplattform konzipiert werden. Diese ermöglicht eine standardisierte Informationsbereitstellung für Farmmanagement- und Informationssysteme beim Landwirt, aber auch für andere, autorisierte Nutzer (z. B. Tierarzt oder Stalltechniker) und für verschiedene Einsatzbedingungen.

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurden die Projektziele über mehrere Iterationsschleifen bis zu dem Technologiereifegrad 5 bearbeitet. Ein Funktionsmuster der IoL-Sensorik wurde im Milchviehlaufstall des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch erprobt.

2 Material und Methoden

Das entwickelte Funktionsmuster der IoL-Sensorik besteht aus einem mehrschichtigen Aufbau unterschiedlicher Sensorchips, einem Energiemanagementsystem (EMS) und einem Bluetooth-Modul in dem NECKTAG®-Gehäuse zur Anbringung am Halsband der Kuh. Zur Infrastruktur der IoL-Sensorik gehören ein Bluetooth-Antennenarray (BLE_5.1) sowie ein Host-PC mit Internetzugang. Die Vernetzung der Sensoren sowie die Anbindung an den Host-PC erfolgt auf Basis von BLE_5.1 inklusive einer 3D-Echtzeitlokalisierung.

Der Versuchsaufbau für das IoL-Sensorsystem erfolgte im Herbst 2021 in einer Gruppe mit 33 Milchkühen des Liegeboxenlaufstalles des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch (LVG). Über der 24 x 15 m bemessenen Grundfläche der Versuchsgruppe wurde das Antennenarray, bestehend aus 5 Antennen in einer Höhe von 4,20 bzw. 6,22 m über dem Stallboden in der Dachkonstruktion installiert. Mit dieser Konstruktion konnte die Ortung der Tiere in den Koordinaten XYZ ermöglicht werden.

Eine Herausforderung war die Auswahl geeigneter Sensorchips für den rauen Einsatz an der Milchkuh unter Berücksichtigung von Feuchtigkeit, Staub, Stallluft, Scherkräften und Platzbedarf im Anwendergehäuse. Die unterschiedliche Bestückung der NECKTAG® wurde in Laborversuchen geprüft. Aber nur mit den Ergebnissen aus dem Feldversuch

zur Funktionssicherheit sowie zum Informationsgehalt der verschiedenen Sensordaten konnte ein für die unterschiedlichen Anwendungsfälle geeigneter Tag konstruiert und jeweils in geringer Stückzahl (von 10 bis 30 St.) für die Ausstattung der Kühe in der Versuchsgruppe gebaut werden. Die im Verlauf des Projektes erprobten NECKTAG® sind in der Abbildung 1 dargestellt.



Abb. 1: Entwicklungsschritte des NECKTAG® von links nach rechts bis zum finalen NECKTAG® mit Solarpanel und EMS (© LfULG)

Fig. 1: Steps of the NECKTAG® Development from left to right up to the final NECKTAG® with solar panel and EMS (© LfULG)

Als Referenzsysteme zur Prüfung der ermittelten Umweltparameter wurden die agrar-meteorologische Station Köllitsch des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die Meßtechnik der Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, die Tinytag von Gemini Data Loggers sowie die Direktbeobachtungen zum Tierverhalten hinzugezogen. Für die statistische Auswertung der ermittelten Daten kamen die Programme R (Version 4.3.0) und RStudio (Version 2023.6.0.421) zum Einsatz.

3 Ergebnisse

Die experimentelle Erprobung beinhaltete die Referenzmessungen zu den im NECKTAG® verbauten Sensoren zur Messung der Umgebungsparameter Beleuchtungsstärke (Lux), relative Luftfeuchtigkeit (%), Luftdruck (Pa), Temperatur (°C), Luftgüte direkt am Tier. Auch die Erprobung der Ortungsfunktion der Funktionsmuster sowie die Überprüfung von Verfahren zum Energy-Harvesting standen im Fokus der Untersuchungen.

Die Ergebnisse der Referenzmessungen zu den Parametern Temperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (%) führten zum Erfolg und konnten zur Berechnung des Temperatur-Feuchtigkeits-Index (THI) nach Zimbelmann (2009) herangezogen werden. Ebenso entsprachen die vom NECKTAG® ermittelten Daten zur Beleuchtungsstärke denen des Referenzsystems. Die Erprobung zur Beschreibung der Luftgüte (AQI) führte zum Nachweis einer erhöhten Konzentration flüchtiger organischer Verbindungen im

Tierumfeld. In einem vorab durchgeführten Labortest zur Messung des Luftdruckes und der anschließenden Versuchsanstellung zur Simulation des kontrollierten Ablegens und Aufstehens einer Kuh mithilfe eines beweglichen Roboterarmes in einem geschlossenen Raum, führten zu positiven Ergebnissen. Ein gleiches, erfolgversprechendes Bild, ergab der statische Versuch zur Bestimmung des Liege- und Stehverhaltens von Tieren im Laufstall in den Höhen 0,0 m, 0,5 m, und 1,5 m über dem Stallboden (Abb. 2).

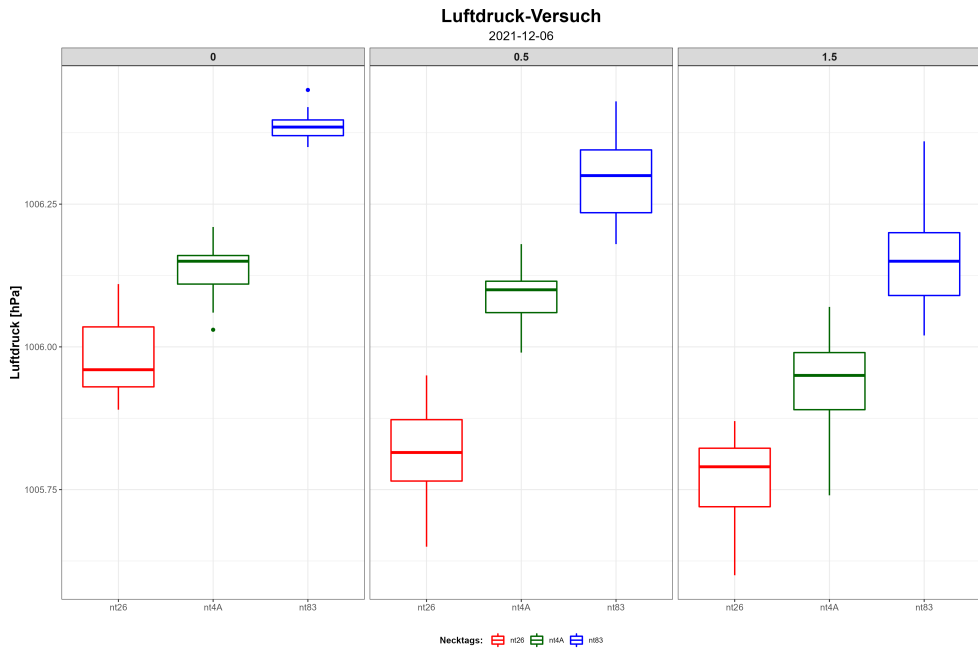


Abb. 2: Boxplots zum statischen Versuch Luftdruck im Laufstall in den Höhen 0,0; 0,5 und 1,5 m
(© Hochschule Neubrandenburg)

Fig. 2: Boxplots of the static test of air-pressure in the dairy barn at heights 0.0; 0.5 and 1.5 meter (m)
(© Hochschule Neubrandenburg)

In einem anschließenden dynamischen Versuch wurden zwei Tiere mit den NECKTAG® ausgestattet, deren Abliegeverhalten beobachtet und die Steh- und Liegeperioden notiert. Die Auswertung der Luftdruckdaten mit den Beobachtungsdaten erbrachte keine verwertbaren signifikanten Ergebnisse aufgrund der Vielfalt der Störgrößen unter Einsatzbedingungen im Laufstall.

Das Ortungssystem des NECKTAG® wurde erstmals im LVG Köllitsch statisch getestet und anschließend an vier Milchkühen in der Versuchsgruppe erprobt. In der Abbildung 3 sind die hervorgehobenen (dunkleren) Plots für die festgestellten Positionen der besenderten Milchkühe in der Zeit von 09:44 bis 09:46 Uhr am 04.01.2023 dargestellt. Die gedeckteren (helleren) Plots stellen die im Beobachtungszeitraum ermittelten Positionen dar.

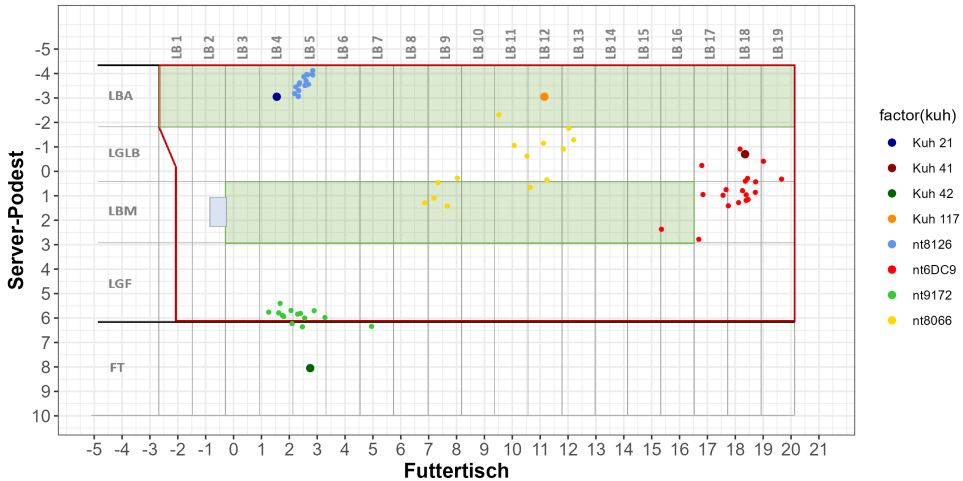


Abb. 3: Ergebnis des dynamischen Ortungstests vom 04.01.2023, 09:44 bis 09:46 Uhr
(© Hochschule Neubrandenburg)

Fig. 3: Result of the dynamic location test from January 4th, 2023, 9:44 a.m. to 9:46 a.m.
(© Hochschule Neubrandenburg)

Das erprobte IoL-Ortungssystem, bestehend aus NECKTAG® und Antennenarray, kann nicht nur die Position in einer bestimmten Fläche (x- und y-Achse) bestimmen, sondern auch die Höhe (z-Achse) erkennen. Daher ist der NECKTAG® in der Lage zu unterscheiden, ob die Kuh steht oder liegt, sodass die Bestimmung der Lageposition über den Parameter Luftdruck nicht mehr notwendig war.

Es wurden ausgewählte Ansätze zur eigenständigen Energieversorgung des Tags untersucht, jedoch waren nicht alle Methoden zum Energy Harvesting erfolgreich. Mittels eines Peltier-Elements konnte die Körperwärme der Kuh genutzt werden, um einen Stromfluss zu generieren. Gerade in der kalten und dunklen Jahreszeit kann dieser Effekt die Energiegewinnung sehr gut unterstützen. Um die Körperwärme optimal nutzen zu können, wurde zudem das bestehende Gehäuse so umgearbeitet, dass ein direkter Kontakt des Peltier-Elements mit der Kuh ermöglicht wird. Weiterhin kam ein entsprechend ausbalanciertes Solarmodul zum Einsatz, um die Energieversorgung auch bei diffusen Lichtverhältnissen zu ermöglichen.

4 Ausblick

Das konzipierte und im LVG erprobte IoL-Sensorsystem zur bidirektionalen, energiearmen, robusten, bulkfähigen und bidirektionalen Datenübertragung sowie zur theoretisch dezimetergenauen Echtzeitlokalisation bedarf der weiteren Erprobung in relevanter Umgebung.

Literatur

Zimbelmann, R. B.; Rhoad, R. P.; Rhoads, M. L.; Duff, G. C.; Baumgard, L. H.; Collier, R. J. (2009): A Re-evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. Southwest Nutrition and Management Conference. Savoy, Illinois, 2009

Förderhinweis

Das Projekt „Internet of Livestock-IoL“ (Förderkennzeichen: 281C208C19) wurde gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Sensortechnik in der Färsenaufzucht

Sensor technology in heifer husbandry

FREDRIK REGLER, HEINZ BERNHARDT

Zusammenfassung

Sensoren sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken und bilden die Grundlage der modernen Datenerhebung. Gerade in der Milchviehhaltung sind die Echtzeitanalyse der Milch oder die computergestützte Brunsterkennung eher der Standard als die Ausnahme. Ebenso finden Fütterungsautomaten und Bewegungssensoren breiten Einzug im Kälberstall.

Anders sieht es bei Färsen aus. Hier beschränkt sich die Datenerhebung auf die Gewichtsentwicklung, um den richtigen Zeitpunkt für die Erstbesamung zu bestimmen. Selten kommen Sensoren zur Brunsterkennung zum Einsatz. Dies führt zu einer erheblichen Datenlücke während der Färsenzeit, die durch ein umfängliches Sensornetzwerk geschlossen werden kann und so die Grundlage für die Bewertung des tierindividuellen Aufwuchses legt. Neben der durchgängigen Bewegungsaktivität können auch die Wasser-, Kraft- und Raufutteraufnahme, die stetige Gewichtsentwicklung oder die Veränderung im Falle einer Krankheit detektiert werden.

Verfügbare Sensoren werden für die durchgängige Datenerhebung bewertet. Die Daten ermöglichen es, die Entwicklung der Tiere zu bewerten und vergleichbar zu machen. Dadurch kann der Tierhalter optimal in seiner Selektionsentscheidung unterstützt werden.

Summary

Sensors have become indispensable in everyday life, forming the basis of modern data collection. In dairy farming, real-time milk analysis or computer-assisted heat detection are more the norm than the exception. Similarly, feeding automations and motion sensors are becoming common in calf rearing.

However, the situation is different for heifers. Here, data collection often revolves around weight development to determine the optimal time for first insemination, with sensors for heat detection rarely used at this stage. This results in a significant data gap during the heifer rearing period, which can be addressed by comprehensive sensor networks, laying the foundation for evaluating individual animal growth. This allows for continuous monitoring of movement activity, as well as water, concentrate and feed intake, steady weight development, or changes indicative of illness.

Ultimately, existing sensors are evaluated for consistent data acquisition. This allows the evaluation and comparison of all animals. Consequently, it enables the farmer to make informed decisions regarding breeding selection.

1 Einleitung und Zielsetzung

Precision-Livestock-Farming-Technologien wie der Einsatz automatischer Milchanalysen, Melkroboter, Brunsterkennung oder die Analyse der Wiederkauaktivität gehören heute weitestgehend zum Standard in der modernen Milchviehhaltung (Bianchi et al. 2022). Auch in der Kälberhaltung gibt es mittlerweile vereinzelt Ansätze zur Verhaltensanalyse, etwa über Tränkeautomaten oder Beschleunigungssensoren (Costa et al. 2021). Anders verhält es sich jedoch bei Färsen: Zwischen dem Abtränken und der ersten Besamung werden wenige bis überhaupt keine Daten zu den Tieren erhoben, was sie zu einer „black box“ macht und mit entsprechender Unsicherheit während dieser Aufzuchtperiode einhergeht.

Zur Optimierung der Färsenaufzucht und zur datenfundierte Unterstützung von Selektionsentscheidungen soll ein erweitertes Sensornetzwerk etabliert werden, das die durchgängige Erhebung von Entwicklungsdaten ermöglicht. Zunächst sollen dazu verschiedene Sensortechnologien auf ihre Nutzbarkeit im Färsenalter evaluiert werden.

2 Material und Methoden

2.1 Sensoren in der Färsenaufzucht

Generell können mit den am Markt verfügbaren Sensoren für Milchkühe und Kälber bereits große Bereiche der Färsenaufzucht abgedeckt werden. Allen voran bieten Pedometer und vergleichbare Beschleunigungssensoren eine günstige und einfache Möglichkeit, das Bewegungsverhalten der Tiere zu detektieren. Diese können, angebracht am Fesselgelenk oder als Halsband, die durchgängige Aufzeichnung von Bewegungsaktivitäten oder auch Kopfbewegungen gewährleisten (Steinhöfel und Diener 2016). Beispielsweise kann das Smart Neckband (Förster-Technik GmbH, Engen, Deutschland) zur Aufzeichnung verwendet werden, dieses stellt dann die Messdaten in einer numerisch auswertbaren Größe (mG/min) zur Verfügung. Neben Beschleunigungssensoren können durch den Einsatz eines Pansenbolus verschiedene Größen gemessen, bzw. auf diese rückgeschlossen werden. Ein solcher Bolus (smaXtec animal care GmbH, Graz, Österreich) ist in der Lage, die Pansentemperatur mit einer Genauigkeit von 0,01 °C durch einen Temperatursensor zu messen, aber auch die Bewegungsaktivität durch einen Beschleunigungssensor sowie in einer erweiterten Ausführung den Pansen-pH-Wert durch einen pH-Wert-Sensor.

Die tägliche Wasser-, Kraft- und Raufutteraufnahme der Färsen kann anhand entsprechender Tränke- und Futtertechnik ermittelt werden. Während die Wasseraufnahmemenge in Litern über eine spezielle Tränke mit integriertem Durchflusssensor ermittelt werden kann, lässt sich die Kraftfutteraufnahme über eine Abrufstation mit tierindividueller Zuteilung rückverfolgen. Zur Identifikation ist hierzu eine automatisierte Tiererkennung nötig, die die erhobenen Daten einem Tier zuordnen kann. Dazu eignet sich beispielsweise die Verwendung eines RFID-Sensors am Halsband oder am Fesselgelenk. Komplizierter erweist sich die Bestimmung der Raufutteraufnahme, da die

in der Wissenschaft üblichen Verfahren wie die Verwendung von Wiegetrögen in der landwirtschaftlichen Praxis keine Anwendung finden. Eine direkte Messung gestaltet sich somit schwierig. Indirekte Methoden wie die Bestimmung des Kauverhaltens über Halsbandsensoren (RumiWatch, Itin+Hoch GmbH, Liestal, Schweiz) oder der Rückschluss über den zuvor beschriebenen Pansenbolus finden heute erste Anwendung in der Praxis (Leiber et al. 2016, Capuzzello et al. 2023).

2.2 Bewertung der Entwicklungsdaten

Üblicherweise werden Selektionsentscheidungen vom Tierhalter getroffen, der sich dabei auf seine Erfahrung, Erinnerung an das Tier oder sein Bauchgefühl verlässt. Das kann zu erheblichen Fehlentscheidungen führen, da Tiere mit guter Entwicklung abgegeben und weniger gut entwickelte Tiere behalten werden. Erste Ansätze zur Unterstützung solcher Betriebsentscheidungen gab es als Modellierung zur optimalen Selektionsquote, ohne darauf einzugehen, welche Tiere dabei abgegeben werden sollen (Arnade und Jones 2003). Eine Standardisierung der Entscheidungsfindung auf Basis von Sensordaten ist hingegen bisher nicht etabliert und stellt eine Neuerung im Bereich der Käber- und Färsenaufzucht dar (Regler und Bernhardt 2024).

3 Diskussion und Ausblick

Anhand von Sensordaten aus Pedometern oder Halsbandsensoren können durch die Analyse der Beschleunigungswerte Bewegungsprofile der einzelnen Tiere erstellt werden. So können Auffälligkeiten wie stark erhöhte Liegezeiten im Vergleich zum Durchschnitt der Vortage als Warnung ausgegeben werden. Zusätzlich ermöglicht die durchgängige Analyse der Bewegungsdaten das Erkennen der Brunst durch einen deutlichen Anstieg der Aktivität, was in vergleichbarer Weise bei adulten Kühen bereits umgesetzt wird (Pavlovic et al. 2022). Der optimale Zeitpunkt für die erste Deckung der Färsen wird somit unabhängig vom gängigen Verfahren der Verhaltensbeobachtung rein nach Alter und Gewicht möglich, da die Brunst mit hoher Sicherheit erkannt und langfristig Tierarzt- und Materialkosten eingespart werden können (Silva et al. 2015, Rankin et al. 1992).

Ein Pansenbolus bietet die Möglichkeit, eine Vielzahl an Größen zu bestimmen und so auf verschiedene Verhaltensweisen der Färse rückzuschließen: So ist beispielsweise über die Temperaturveränderung der Rückschluss auf die Wasseraufnahmemenge beim Trinken möglich, da bei bekannter Außen- und Pansentemperatur eine mathematisch nachvollziehbare Temperaturveränderung des Pansen auftritt, über die auf die aufgenommene Wassermenge rückgerechnet werden kann. Außerdem können die Wiederkauaktivität und die Brunst des Tieres durch eine Veränderung der Beschleunigungswerte detektiert werden. Neben den Vorteilen, die Pansenboli bieten, müssen sie dennoch kritisch bewertet werden. Die Verabreichung eines Bolus bedeutet zunächst Stress für das Tier. Daneben ist die begrenzte Lebensdauer aufgrund der eingeschränkten Akkulaufzeit zu nennen, die zwar von verschiedenen Herstellern für mehrere Jahre angegeben werden, dennoch für die gesamte Lebensdauer einer Milchkuh nicht ausreichend ist. Auch

bei Problemen ist ein Zugriff auf den Bolus nicht möglich, sobald er sich im Magen des Tieres befindet.

Alternativ zur Verabreichung eines Bolus, was erst ab einem gewissen Alter der Tiere möglich ist, kann die Wasseraufnahmemenge ebenfalls über eine intelligente Tränke mit integriertem Durchflusssensor ermittelt werden. Dazu nötig ist die einwandfreie Identifikation des Tieres, beispielsweise über eine RFID-Kennung, um dem jeweils tränkenden Tier die Wassermenge zuordnen zu können. Gleichmaßen ist über eine Kraftfutterabrufstation mit automatischer Tiererkennung die genaue Detektion der Kraftfutteraufnahme möglich.

Als weitere, nicht invasive Möglichkeit der Tierbeobachtung können 3-D-Kameras in Betracht gezogen werden. Diese Technik hat sich in verschiedenen Bereichen der Rinderhaltung bereits als sinnvoll herausgestellt, wie etwa zur Schätzung des Gewichts oder zur visuellen Erkennung von Lahmheit. Hier bietet die Gewichtsschätzung auch für Färssen eine zusätzliche Möglichkeit, die Entwicklung der Tiere zu detektieren, was aktuell jedoch noch mit einer erhöhten Ungenauigkeit einhergeht (Le Cozler et al. 2022). Durch weitere Entwicklungen und Optimierungen bietet die Verwendung von 3-D-Kameras auch langfristig eine sinnvolle Ergänzung der heute verfügbaren Technologien.

Anhand der erhobenen Sensordaten wird eine fundierte Bewertung der Tiere möglich. Dies schafft eine Vergleichbarkeit der Tiere und hilft bei Entscheidungen für die Remontierung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb, sodass – abgesehen von vorausgehenden Zuchtwertschätzungen – auch reale Entwicklungsdaten berücksichtigt werden können.

Langfristig kann eine algorithmengestützte Entscheidungshilfe dem Landwirt eine datenfundierten Selektionsempfehlung ausgeben, die umfassend die individuellen Tierentwicklung berücksichtigt. Das erhöht die Sicherheit der Entscheidung und verringert gleichzeitig die Arbeitslast, wobei die finale Entscheidung stets beim Landwirt bleibt und ein solches System lediglich der Unterstützung dient.

Literatur

- Arnade, C. A.; Jones, K. G. (2003): Modeling the Cattle Replacement Decisions. Modeling the Cattle Replacement Decisions. In: Agricultural and Applied Economics Association (Hg.): Agricultural & Applied Economics Association 2003 Annual meeting, 27.07.-30.07.2003, AAEA, Montreal, <https://ageconsearch.umn.edu/record/21960?ln=en&tv=pdf>, Zugriff am 24.06.2024
- Bianchi, M. C.; Bava, L.; Sandrucci, A.; Tangorra, F. M.; Tamburini, A.; Gislon, G.; Zucali, M. (2022): Diffusion of precision livestock farming technologies in dairy cattle farms. *Animal: an international journal of animal bioscience* 16(11), 100650, <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100650>
- Capuzzello, G.; Viora, L.; Borelli, E.; Jonsson, N. N. (2023): Evaluation of an indwelling bolus equipped with a triaxial accelerometer for the characterisation of the diurnal pattern of bovine reticuloruminal contractions. *Journal of Dairy Research* 90(1), pp. 1–7, <https://doi.org/10.1017/S0022029923000134>

- Costa, J. H. C.; Cantor, M. C.; Neave, H. W. (2021): Symposium review: Precision technologies for dairy calves and management applications. *Journal of dairy science* 104(1), pp. 1203–1219, <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17885>
- Le Cozler, Y.; Brachet, E.; Bourguignon, L.; Delattre, L.; Luginbuhl, T.; Faverdin, P. (2022): Three-Dimensional (3D) Imaging Technology to Monitor Growth and Development of Holstein Heifers and Estimate Body Weight, a Preliminary Study. *Sensors* 22(12), 4635, <https://doi.org/10.3390/s22124635>
- Leiber, F.; Holinger, M.; Zehner, N.; Dorn, K.; Probst, J. K.; Spengler Neff, A. (2016): Intake estimation in dairy cows fed roughage-based diets: An approach based on chewing behaviour measurements. *Applied Animal Behaviour Science* 185, pp. 9–14, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.10.010>
- Pavlovic, D.; Czerkawski, M.; Davison, C.; Marko, O.; Michie, C. et al. (2022): Behavioural Classification of Cattle Using Neck-Mounted Accelerometer-Equipped Collars. *Sensors* 22(6), <https://doi.org/10.3390/s22062323>
- Rankin, T. A.; Smith, W. R.; Shanks, R. D.; Lodge, J. R. (1992): Timing of insemination in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 75(10), pp. 2840–2845, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78047-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78047-3)
- Regler, F.; Bernhardt, H. (2024): Standardized Decision-Making for the Selection of Calf and Heifer Rearing Using a Digital Evaluation System. *Agriculture* 14(2), 272, <https://doi.org/10.3390/agriculture14020272>
- Silva, T. V.; Lima, F. S.; Thatcher, W. W.; Santos, J. E. P. (2015): Synchronized ovulation for first insemination improves reproductive performance and reduces cost per pregnancy in dairy heifers. *Journal of dairy science* 98(11), pp. 7810–7822, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9704>
- Steinhöfel, I.; Diener, K. (2016): Optimales Wachstum von Kälbern und Jungrindern. <https://slub.qucosa.de/id/qucosa:7479>, Zugriff am 16.04.2024

Danksagung und Förderhinweis

Das Projekt wird durch Mittel des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages über das Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Innovationsförderprogramms unterstützt.

Neben der finanziellen Unterstützung möchten wir, die Autoren, allen weiteren in das Forschungsprojekt involvierten Personen danken, dazu zählen neben den technischen Mitarbeitern der Versuchsställe insbesondere Kathrin Ziegler, Thomas Förster, Jürgen Plesse, Kira Hemmert, Helga Sauerwein, Morteza Ghaffari, Christian Koch, Jason Hayer, Felix Leixner und Constanze Ostendorf.

Das Potenzial des Gesundheitsmonitorings smaXtec für Milchkühe – Tiergesundheit und Arbeitswirtschaft

The potential of smaXtec health monitoring for dairy cows – animal health and labor management

VICTORIA MÜLLER, SUSANNE MESSE, ROXANNE BERTHEL, MATTHIAS SCHICK

Zusammenfassung

Wachsende Herausforderungen in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Arbeitswirtschaft und Tiergesundheit in der Landwirtschaft führen dazu, dass automatisierte Gesundheitsmonitoringsysteme in der Milchviehhaltung immer wichtiger werden. Die Analyse des Potenzials des Gesundheitsmonitorings smaXtec bezogen auf Tiergesundheit und Arbeitswirtschaft, in Form von Experteninterviews und mittels quantitativer Datenanalyse einer Pilotherde, hat gezeigt, dass die Anwendbarkeit des Systems als einfach eingestuft wird und die Experten und Expertinnen mit dem Preis-Leistungs-Verhältnis zufrieden sind. Bei der Frage nach der Wirtschaftlichkeit spielen Brunsterkennung, Abkalbung, Früherkennung von Krankheiten und die mentale Entlastung der Arbeitspersonen eine wichtige Rolle. Verbesserungswünsche gibt es im Bereich technischer Schnittstellen. Die Zwischenkalbezeit zeigt im Jahr 2023 (mit smaXtec) gegenüber 2021 (ohne) tendenziell niedrigere Werte, wohingegen die Anzahl der Besamungen und Behandlungen tendenziell höher war. Weitere Analysen hinsichtlich Rasseeffekt, Laktationsnummer, Medikamentenmenge und Tierarztkosten stehen noch aus. Denkbar ist auch ein Einfluss des Betriebsmanagements auf die Ergebnisse.

Summary

Growing challenges in relation of economic and labor efficiency as well as animal health lead to increased importance of automated health monitoring systems in dairy farming. The analysis of the potential of the smaXtec health monitoring system in relation to animal health and labor management, in the form of expert interviews and a quantitative data analysis of a pilot herd, has shown that the applicability of the system is classified as simple and that the experts are satisfied with the price-performance ratio. When it comes to cost-effectiveness, heat detection, calving, early detection of diseases and mental relief for the workers play an important role. There is room for improvement in the area of interfaces. The calving interval tends to show lower values in 2023 (with smaXtec) compared to 2021 (without), whereas the number of inseminations and treatments tends to be higher. Further analyses regarding breed effect, lactation number, amount of medication and veterinary costs are still pending. An influence of farm management on the results is also conceivable.

1 Einleitung und Zielsetzung

Wachsende Betriebsgrößen bei gleichbleibendem Arbeitskräftebesatz in Verbindung mit wirtschaftlichem Leistungsdruck und leistungsbedingter Krankheitsanfälligkeit der Kühe führen dazu, dass automatisierte Gesundheitsmonitoringsysteme in der Milchviehhaltung immer wichtiger werden (Zimmermann et al. 2016). „Precision Livestock Farming“ (PLF) ist eine durch Sensorunterstützung ermöglichte elektronische Erfassung von Daten in der Tierhaltung, welche später aufbereitet und bereitgestellt werden (Jungbluth et al. 2017). „Precision Livestock Farming“ kann die Tiergesundheit, verbunden mit dem Tierwohl, verbessern, die Arbeitsbelastung reduzieren und die Arbeitsproduktivität erhöhen (Džermeikaitė et al. 2023). Im Rahmen dieser Arbeit soll mittels Experteninterviews und einer quantitativen Datenanalyse einer Pilotherde untersucht werden, welches Potenzial das Gesundheitsmonitoringsystem smaXtec (smaXtec animal care GmbH, Graz, Österreich) – mit seiner Bolustechnologie – hat. Die Analyse des Potenzials bezogen auf die Kuhgesundheit und die Arbeitswirtschaft kann Einfluss auf die zukünftige Anwendung von Gesundheitsmonitoringsystemen in der Milchviehhaltung haben. In der vorliegenden Studie wird analysiert, ob die Tiergesundheit und das Tierwohl durch smaXtec verbessert werden kann, beziehungsweise ob Gesundheitsprobleme früher erkannt werden können. Außerdem soll untersucht werden, inwieweit es ein arbeitswirtschaftliches Einsparpotenzial gibt.

2 Material und Methoden

2.1 Experteninterviews

Um einen Eindruck über das Gesundheitsmonitoringsystem smaXtec zu bekommen, wurden Experteninterviews mit den Schwerpunkten Anwendbarkeit, Kosten, Wirtschaftlichkeit, Zufriedenheit, parameterbasierte Anwendung, Probleme und Störungen sowie Verbesserungen durchgeführt. Es wurde ein Leitfadeninterview und ein allgemeiner Fragebogen erstellt. Dafür wurden Landwirte und Landwirtinnen oder Herdenmanager und Herdenmanagerinnen, die smaXtec bei Milchvieh nutzen ($n = 15$), in der Schweiz, Deutschland, Österreich befragt.

2.2 Datenanalyse der Pilotherde

Tiere und Herde

- Anzahl laktierende Milchkühe: $n = 69$
- Vergleich zwischen Zeitraum 2021 ohne smaXtec-Bolus ($-B_{2021}$) und 2023 mit smaXtec-Bolus ($+B_{2023}$)
- Rasse = Original Braunvieh ($n = 11$), Brown Swiss ($n = 18$), Red Holstein ($n = 19$), Holstein ($n = 21$)
- Durchschnittliche Laktationsnummer: 2021 = 1. bis 2. Laktation ↔ 2023 = 3. bis 4. Laktation

- Dokumentation Behandlungsjournal und Gesundheitsblatt: Anzahl Behandlungen, Medikamentenbehandlungen (mit/ohne Antibiotika), Anzahl Besamungen, Zwischenkalbezeit
- Ganze Herde: Vergleich der Medikamentenkosten für den Zeitraum 01.01.2021 bis 31.12.2021, ohne smaXtec ($-B_{2021}$ ($n = 138$)), im Zeitraum 01.06.2022 bis 31.05.2023, mit smaXtec ($B_{2022 - 2023}$ ($n = 142$))

3 Ergebnisse

3.1 Experteninterviews

Die vorläufigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Experten und Expertinnen die Anwendbarkeit von smaXtec als einfach einstufen. Die Einarbeitung in das System gelingt den meisten nach kurzer Zeit, die Interpretation der Grafiken und Kurven in der Applikation benötigt etwas Zeit, stellt jedoch keine Probleme dar. Bei der Frage, ob die Experten und Expertinnen mit dem Abokostensystem zufrieden sind oder Fixkosten bevorzugen würden, gibt ein Großteil an, dass die Abokosten zufriedenstellend sind, da smaXtec eine gute Betreuung, mit Weiterbildungen und Seminaren, anbietet und somit die Abokosten gerechtfertigt sind. Generell sind die Experten und Expertinnen mit dem Preis-Leistungs-Verhältnis zufrieden.

Häufige Punkte bei der Frage nach der Wirtschaftlichkeit sind eine bessere Brunsterkennung, planbare Abkalbung, gute Früherkennung von Krankheiten und mentale Entlastung durch Überwachung der Tiere. Bei den Tierarztkosten und der Medikamentenmenge war ein Teil der Experten und Expertinnen der Meinung, dass sie durch smaXtec eingespart werden können, ein anderer Teil hat bis jetzt keine Einsparungen feststellen können. Hinsichtlich Arbeitszeiteinsparung zeigt sich eine Tendenz in Richtung weniger Brunstbeobachtung, weniger Tierbeobachtung und Zeiteinsparung durch planbarere Abkalbungen. Schwächen bilden sich bevorzugt im Bereich Schnittstellen ab, da die Verknüpfung zu anderen Datenbanken und Herdenmanagement-Tools nur teilweise und einseitig möglich ist. Weitere Schwächen und daraus resultierende Verbesserungsvorschläge wurden im Bereich Datenverarbeitung genannt. Wünschenswert wäre eine Art Jahresüberblick über den Besamungserfolg, die Behandlungsanzahl und den Medikamenteneinsatz, was in Form eines Behandlungsjournals und Brunstrads ergänzt werden könnte.

3.2 Datenauswahl und Analyse

Beim Vergleich von $-B_{2021}$ und $+B_{2023}$ zeigen erste Ergebnisse, dass die Zwischenkalbezeit ($n = 58$) tendenziell bei $+B_{2023}$ niedriger war. Die Anzahl der Besamungen ($n = 66$) und Behandlungen ($n = 69$) waren bei $+B_{2023}$ signifikant höher. Die Medikamentenbehandlungen ($n = 69$) sind bei $+B_{2023}$ angestiegen, jedoch konnten die Behandlungen mit Antibiotika reduziert werden. Die Berechnung der Korrelationen zeigt, dass die Laktationsnummer der Kühe einen starken Effekt auf die Anzahl der Behandlungen und Summe der Medikamente hatte. Die Summe der Kosten für den gesamten Milchvieh-

bestand lag bei $-B_{2021}$ bei 35.524,20 CHF, während sich die Kosten bei $+B_{2022 - 2023}$ auf 31.262,90 CHF beliefen. Umgerechnet auf das Einzeltier liegt der Wert bei $-B_{2021}$ bei 257,42 CHF und bei $+B_{2022 - 2023}$ bei 220,16 CHF.

4 Ausblick

Experten und Expertinnen sehen einen großen Vorteil des Systems smaXtec hinsichtlich des Themas mentale Entlastung durch Früherkennung von Krankheiten und einen besseren Überblick über die Tiere.

Weiterführend soll eine SWOT-Analyse anhand der Experteninterviews durchgeführt werden. Außerdem gilt es zu diskutieren, welche Auswirkungen die Laktationsnummer und das Betriebsmanagement auf die Ergebnisse haben.

Literatur

- Džermeikaitė, K.; Bačėninaitė, D.; Antanaitis, R. (2023): Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases. *Animals* 13, 780, <https://doi.org/10.3390/ani13050780>
- Jungbluth, T.; Büscher, W.; Krause, M. (2017): Technik Tierhaltung. Stuttgart, Eugen Ulmer, <https://doi.org/10.36198/9783838542430>
- Zimmermann, L.; Martin, R.; Zerbe, H. (2016): Automatisierte Fruchtbarkeits- und Gesundheitsüberwachung bei der Milchkuh. *Tierärztl. Prax. Ausg. G Großtiere Nutztiere* 44, S. 242–251, <https://doi.org/10.15653/TPG-160597>

Danksagung

Vielen Dank an den Strickhof für die Möglichkeit meine Masterarbeit dort zu schreiben. Danke auch an meine Kollegen und Kolleginnen aus dem Team Tierhaltung und Milchviehwirtschaft und meinen Experten und Expertinnen. Des Weiteren möchte ich mich bei smaXtec für die Kooperation bedanken.

Validierung von Atemfrequenzsensoren zur automatischen, tierindividuellen Erfassung der Atemfrequenz

Validation of respiratory rate sensors for automatic, animal-specific recording of the respiratory rate

VICTORIA SCHMIDT, SARAH HERTLE, ISABELLA LORENZINI, SOPHIA SAUTER, BERNHARD HAIDN

Zusammenfassung

Im Rahmen des Experimentierfeldes „DigiMilch“ wurde das Sensorsystem zur Erfassung der Atemfrequenz (AF) der Firma Gouna GmbH validiert. Die Validierung erfolgte anhand manuell erfasster Atemfrequenzwerte, die bei zehn Versuchskühen der Rasse Fleckvieh an sechs Terminen je eine Stunde aufgenommen wurden. Die Übereinstimmung lag bei 57 % im 20-%-Vertrauensintervall (VTI 1) und bei 71 % im 30-%-Vertrauensintervall (VTI 2), was als hohe Korrelation eingestuft werden kann. Einen erheblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Sensoren hatte die jeweilige Kuh-Sensor-Kombination. Als Fazit der Studie lässt sich sagen, dass mit den Sensoren eine gute Einschätzung der Veränderung der AF über den Tag erfolgen kann. Es sind jedoch weitere Studien mit einer höheren Anzahl an Tieren und über einen längeren Zeitraum notwendig, um eine Verbesserung der Genauigkeit zu erreichen.

Summary

The respiratory rate sensors from Gouna GmbH were validated as part of the “DigiMilch” experimental field. The validation was carried out using manually recorded respiratory rate values, which were recorded from ten test cows on six dates for one hour respectively. The sensors showed an overall agreement of 57 % in the 20 % confidence interval (VTI 1) and 71 % in the 30 % confidence interval (VTI 2), showing a high level of correlation. The respective cow-sensor combination can have a considerable influence on the accuracy of the sensors. In conclusion, the sensors can be used to make a good assessment of the changes in the respiratory rate over the course of the day. However, further studies with a higher number of animals and over a longer period are necessary in order to further adapt the system to the anatomical and physiological requirements of Simmental cows and thereby achieve an improvement in accuracy of the sensors.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Klimawandel und die damit verbundene Temperaturerhöhung führen in Kombination mit einer hohen Milchproduktion zu einer stetig steigenden Belastung für Milchkühe. Die Überwachung von Umwelteinflüssen, die das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigen können, insbesondere jener, die Hitzebelastung verursachen, ist ein wesentlicher Bestandteil der Gesundheitsfürsorge. Aktuelle Forschungsbemühungen konzentrieren sich darauf, Indikatoren für eine Hitzebelastung zu identifizieren, wie die Körpertemperatur oder die Atemfrequenz (Schmeling et al. 2022). Insbesondere Letztere muss üblicherweise manuell überwacht werden (Geischeder 2017), während der Einsatz spezieller Atemfrequenzsensoren den dafür notwendigen Zeitaufwand deutlich reduzieren könnte. In vorliegender Studie soll deshalb die Eignung eines Sensorsystems zur automatisierten Erfassung der Atemfrequenz bei Milchkühen, primär der Rasse Fleckvieh, untersucht werden.

2 Material und Methoden

Die Atemfrequenzsensoren (Gouna GmbH, Potsdam) wurden an zwölf Terminen innerhalb des Zeitraumes von April bis August 2023 an zehn ausgewählten Kühen untersucht. Zur Ermittlung von Referenzwerten zur Atemfrequenz (AF) wurde die Anzahl der Flankenbewegungen innerhalb von 30 Sekunden gezählt und auf einen Minutenwert extrapoliert. Die manuelle Aufnahme der AF erfolgte sechsmal à 10 Minuten je Beobachtungsstunde an sechs verschiedenen Terminen pro Tier. Um sicherzustellen, dass die manuell und automatisch erfassten Daten vergleichbar sind, wurden die Sensordaten im Zeitraum von einer Minute vor und nach dem Zeitpunkt der manuellen Erfassung vom Gouna-Server abgerufen. Zur Beschreibung der Genauigkeit des Sensors wurden zwei Vertrauensintervalle (VTI) mit jeweils 20 % (VTI 1) und 30 % (VTI 2) Abweichung um den manuell erfassten Wert definiert. Alle Daten wurden mit Microsoft Excel ausgewertet. Um die Ergebnisse der Validierung entsprechend einzuordnen, wurde die Interpretation der Ergebnisse an die Einteilung von Cohen (1988) hinsichtlich der Korrelation zwischen automatischen und manuellen Werten angelehnt.

3 Ergebnisse

Insgesamt konnten bei den 10 Kühen 63 Stunden an manuellen Referenzwerten aufgezeichnet werden. Abbildung 1 zeigt die relativen Anteile aller Werte pro Kuh innerhalb der entsprechenden Vertrauensintervalle über den gesamten Versuchszeitraum hinweg. Hierbei liegen 57 % aller Werte aller Tiere im VTI 1 und 71 % im VTI 2. Bei Betrachtung der einzelnen Kühe, konnten die Sensoren der Kühe Henrike und Hilti mit 80 % bzw. 74 % in VTI 1 und 91 % bzw. 84 % in VTI 2 die höchste Genauigkeit erzielen. Die jeweiligen Sensoren der Kühe Hanka, Blanca, Gesa, Helwita und Vera zeigten vergleichbare

Ergebnisse. Hier lagen die automatisch erfassten Werte zwischen 55 % und 72 % im VTI 1 und zwischen 69 % und 83 % im VTI 2. Am schlechtesten schnitten die Sensoren der Kühe Belinda, Bella und Violine ab (im VTI 1 jeweils 25 %, 38 % und 41% sowie im VTI 2 41 %, 54 % und 55 %).

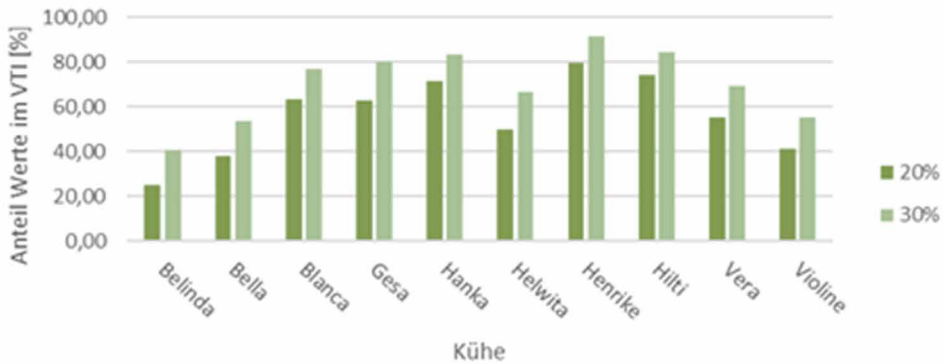


Abb. 1: Anteil automatisch erfasster Daten im VTI je Kuh (© V. Schmidt)

Fig. 1: Proportion of automatically recorded data in the VTI per cow (© V. Schmidt)

Anhand der Sensoren war es möglich die Atemfrequenz mehrerer Tiere mit einer hohen Datenauflösung über einen längeren Zeitraum abzubilden. Die Variabilität der Atemfrequenz für 5 ausgewählte Kühe zwischen 10 und 16 Uhr an einem Versuchstag ist in Abbildung 2 dargestellt. In der Abbildung ist ersichtlich, dass die Atemfrequenz aller Tiere um die Mittagszeit gesunken ist und zu unterschiedlichen Zeitpunkten wieder angestiegen.

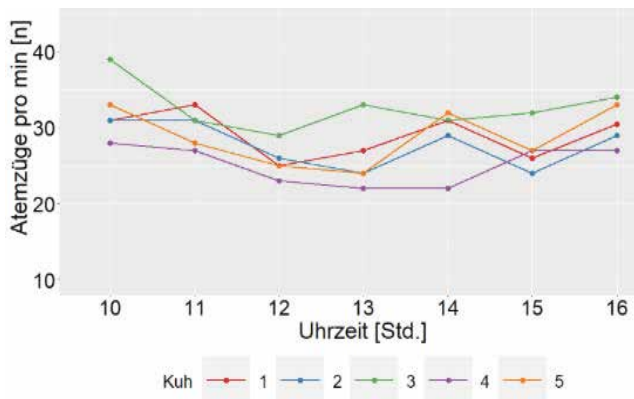


Abb. 2: Tagesverlauf von automatisch erfassten Atemzügen pro Minute bei 5 Kühen (© S. Hertle)

Fig. 2: Daily course of the automatically recorded respiration per minute of 5 cows (© S. Hertle)

4 Diskussion

Der Anteil der Sensordaten, die über alle Termine im VTI lagen, entspricht in Anlehnung an die Einteilung nach Cohen (1988) einer deutlichen Korrelation. Da die Sensoren eine Erfassung der AF über einen längeren Zeitraum ermöglichen, besitzen sie einen wesentlichen Vorteil gegenüber der Direktbeobachtung. Trotz vereinzelter Abweichungen kann mit den Sensoren eine gute Aussage darüber getroffen werden, wie sich die AF der Tiere innerhalb eines Tages verändert. Ein möglicher Grund für die Abweichung der Sensorwerte von den Referenzwerten sind die teilweise auftretende Synchronisationsprobleme, die bereits bei einem kleineren Versatz des Zeitstempels zu einem nennenswerten Unterschied führen können. Außerdem führte der Druckunterschied zwischen dem Herstellungs- und dem Versuchsort zu einer Vorwölbung der Sensormembran, die zu einer Verfälschung der gemessenen Werte geführt haben könnte. Die auftretende Diskrepanz bei manchen Sensor-Kuh-Kombinationen könnte sich auch durch eine verschmutzte Sensormembran oder Fehler bei der manuellen AF-Aufnahme erklären lassen (Strutzke et al. 2019). Da eine erhöhte AF auch aus anderen Faktoren resultieren kann, sollten weitere Tierparameter (z.B. Aktivität) berücksichtigt werden. Ein wichtiger Einflussfaktor auf die Genauigkeit ist eine optimale Sensorpassform. Weitere Studien über einen längeren Zeitraum mit einer größeren Anzahl an Versuchstieren verschiedener Rassen sind deshalb zu empfehlen.

Literatur

- Cohen, J. (1988): Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Geischeder, S. (2017): Auswirkungen von Hitzestress auf Milchkühe der Rasse Fleckvieh unter bayerischen Klimabedingungen und Einfluss einer Unterstützungs Lüftung durch Ventilatoren. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität München, München.
- Schmeling, L.; Thurner, S.; Erhard, M.; Rauch, E. (2022): Physiological and Behavioral Reactions of Simmental Dairy Cows to Increasing Heat Load on Pasture. *Ruminants* 2(2), pp. 157–172, <https://doi.org/10.3390/ruminants2020010>
- Strutzke, S.; Fiske, D.; Hoffmann, G.; Ammon, C.; Heuwieser, W.; Amon, T. (2019): Technical note: Development of a noninvasive respiration rate sensor for cattle. *Journal of Dairy Science* 102(1), pp. 690–695, <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14999>

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms Experimentierfelder in der Landwirtschaft.

Vergleich der satellitengestützten Ertragsschätzung mit der sensorgestützten Ertragsermittlung am selbstfahrenden Feldhäcksler im Grünland

Comparison of satellite-based yield estimation with sensor-based yield determination with the self-propelled forage harvester in permanent grassland

MARIA SCHNEIDER, JULIANA MACUHOVÁ, STEFAN THURNER

Zusammenfassung

Die ganzjährige Erfassung der betriebseigenen Grünlanderträge stellt den Landwirt vor einige Herausforderungen. Sie ist aber zugleich notwendig, um zum Fünfjahresmittel aus den realen Erträgen für die Düngbedarfsermittlung (in Bayern) zu kommen. Im Experimentierfeld „DigiMilch“ wurden daher zwei Methoden zur Ertragserfassung im Grünland unter Praxisbedingungen getestet und verglichen. Die sensorgestützte Ertragserfassung am selbstfahrenden Feldhäcksler (SFH) konnte die Erträge flächenspezifisch sehr genau (Konkordanz-Korrelationskoeffizient = 0,91) erfassen. Der direkte Vergleich von über Satellitenbilder (Sentinel 2) modellierten Grünlanderträgen zweier bayerischen Projektbetriebe mit den berechneten Trockenmasseerträgen vom SFH in Tonnen pro Hektar resultierte in Ergebnissen mit einer relativen Abweichung im Median von 9,29 %. Die Kombination aus beiden Methoden bietet dem Landwirt eine gute Lösung, um seinen Jahrestrockenmasseertrag über mehrere Jahre zu ermitteln.

Summary

The year-round recording of the farm's own grassland yields is a challenge for the farmer. However, this is necessary to achieve the five-year average of the real yields for the determination of fertilizer requirements (in Bavaria). In the "DigiMilch" experimental field, two methods for recording grassland yields were therefore tested under practical conditions and compared. The sensor-based yield recording on the self-propelled forage harvester was able to record the yields accurately on a site-specific basis (concordance correlation coefficient = 0.91). The direct comparison of grassland yields from two Bavarian project farms modelled via satellite images (Sentinel 2) with the dry matter yields calculated by the SFH data in tonnes per hectare showed results with a median relative deviation of 9.29 %. The combination of both methods offers the farmer a good solution for determining his annual dry matter yield over several years.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die betriebseigenen Erträge im Grünland auf Flächenebene sind meist unbekannt (Worek und Thurner 2022). Der Schlüsselparameter für Optimierungen in der Grünlandbewirtschaftung ist der Jahrestrockenmasseertrag in Tonnen pro Hektar. Aufgrund mehrerer Ernten im Grünland pro Jahr, ist es eine große Herausforderung die Erträge ganzjährig zu erfassen. Die Verfügbarkeit von dafür geeigneten Erntetechniken, eine störungsfreie Funktion dieser Techniken und ein anschließender Datenfluss ohne Datenverluste sind dafür erforderlich. Das Experimentierfeld „DigiMilch“ beschäftigte sich neben der sensorgestützten Ertragsermittlung am SFH auch mit der satellitengestützten Ertragsschätzung als Möglichkeit einer ganzjährigen Ertragserfassung. Ziel der Untersuchung war es, die Genauigkeit der Methoden auf Flächenebene zu überprüfen und damit erste Aussagen zur Praxistauglichkeit für die Landwirte zu treffen.

2 Material und Methoden

2.1 Flächenspezifische Ertragserfassung über den SFH

Um die Genauigkeit der sensorgestützten Ertragserfassung über den SFH flächenspezifisch im Grünland zu überprüfen, wurden 2022 und 2023 auf zwei bayerischen Projektbetrieben des Experimentierfelds (Betrieb 1 in Oberbayern, Betrieb 2 in der Oberpfalz) das Erntegut an mehreren Ernteterminen ($n = 48$) als Referenz komplett verwogen und schlagweise repräsentativ beprobt. Die Volumenstrommessung wurde zu Erntebeginn und bei Schlagwechsel durch Gegenwiegung des gehäckselten Ernteguts auf einer Fuhre kalibriert. Die Fuhren wurden mithilfe einer Fuhrwerkswaage (Genauigkeit ± 10 kg) oder dynamischer Achslastwaagen (Intercomp, Typ LS630, Genauigkeit 2–3 % bei 6 km h^{-1}) gewogen (Worek und Thurner 2022) und das Erntegut nach dem Abladen im Silo beprobt (Stichproben pro Wagenladung $n = 50$) (Thurner et al. 2011). Die Stichproben wurden schlagweise zusammengefasst und die Sammelproben im Labor mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) untersucht. Durch Aufsummierung der Nettogewichte pro Fuhre und Verrechnen der Frischmasse mit dem Trockenmasse(TM)-Gehalt ergab sich der TM-Ertrag pro Schlag in Tonnen pro Hektar.

2.2 Ertragsmodellierung mithilfe von Satellitenbildern

Die Modellierung der Grünlanderträge der zwei Betriebe für die Jahre 2018 bis 2022 erfolgte durch die Firma Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH. Hierfür wurden vorab die Schnittzeitpunkte zu den Grünlandernten und die Schlaggrenzen der Betriebsflächen übermittelt. Für die Ertragsmodellierung wurde das PROMET-Modell (Version: PROMET 11) in Kombination mit Daten der Satelliten Sentinel 2A und Sentinel 2B verwendet. Die Satellitendaten wurden zunächst durch eine Atmosphärenkorrektur, eine Wolken- und Wolkenschattendetektion sowie einer Zirkusdetektion und -korrektur vorbereitet (Niggemann et al. 2015). Aus den vorprozessierten Daten wurde anschließend mit dem Strahlungsmodell SLC die grüne Blattfläche der Grünlandbestände in m^2 pro m^2

abgeleitet und damit die Wachstums- und Ertragsmodellierung durchgeführt. Das Pflanzenwachstum wurde mit den Eingangsdaten (Bodenkarte, Höhenmodell, meteorologische Daten und pflanzenartspezifische Daten) in stündlicher Auflösung unter Berücksichtigung der physikalischen Wachstumsbedingungen modelliert (Hank et al. 2015). Die für jeden Schnittzeitpunkt und je Fläche gelieferten Grünlanderträge in t TM ha⁻¹ wurden den vorhandenen Häckslern Daten (n = 81) gegenübergestellt.

3 Ergebnisse

Der Vergleich der berechneten flächenspezifischen TM-Erträge zwischen den Referenz- und den SFH-Daten wies einen sehr guten Konkordanz-Korrelationskoeffizienten von 0,91 (Vertrauensintervall 0,84 bis 0,95) auf, was auf eine hohe Genauigkeit des Verfahrens der Ertragserfassung mittels SFH hinweist. Die relative Abweichung der SFH- zu den Referenzdaten ergab im Median 4,28 %.

Die Gegenüberstellung der mittels satellitengestützter Ertragsschätzung ermittelten TM-Erträgen mit den mittels SFH ermittelten TM-Erträgen pro Fläche ergab eine Abweichung im Median von 9,29 % (Abb. 1). Beim Vergleich dieser beiden Methoden ergab sich ein Konkordanz-Korrelationskoeffizient von 0,54 (Vertrauensintervall 0,37 bis 0,68).

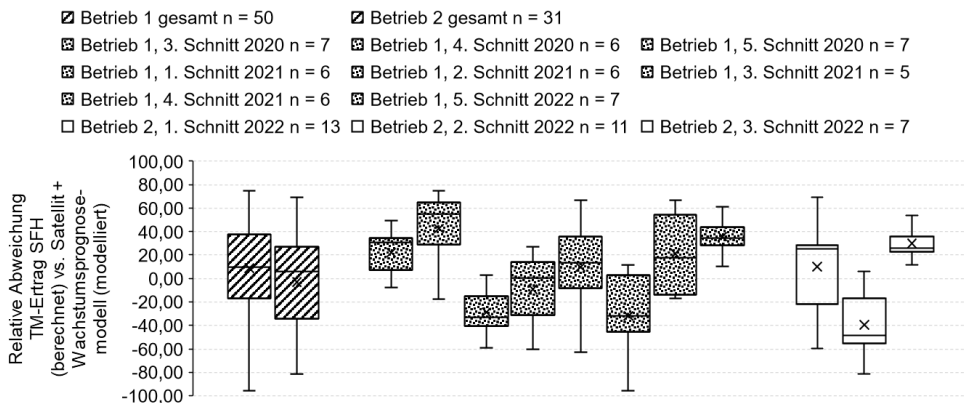


Abb. 1: Boxplots der relativen Abweichung der Trockenmasseerträge berechnet aus den Daten vom selbstfahrenden Feldhäckslers zu den modellierten Trockenmasseerträgen der Firma Vista in Tonnen pro Hektar bei zwei bayerischen Betrieben (Betrieb 1 = Oberbayern, Betrieb 2 = Oberpfalz) (© M. Schneider)

Fig. 1: Boxplots of the relative deviation of dry matter yields calculated from the self-propelled forage harvester data to the modelled dry matter yields of the company Vista in tonnes per hectare for two Bavarian farms (farm 1 = Upper Bavaria, farm 2 = Upper Palatinate) (© M. Schneider)

4 Diskussion

Mithilfe sensorgestützter Ertragserfassung konnten die benötigten Trockenmasseerträge sehr genau ermittelt werden (Worek und Thurner 2022). Die satellitengestützte Ertragsschätzung lieferte im direkten Vergleich weniger genaue Ergebnisse. Die Heterogenität in den Pflanzenbeständen erschwert die Ertragsmodellierung im Dauergrünland, da dies eine direkte Auswirkung auf die Reflexion der Bestände und damit auf die abgeleiteten Blattflächenwerte hat (Schwieder et al. 2020). Auch durch starke Bewölkung können manche Satellitenbilder für die Modellierung unbrauchbar werden und somit die Datengrundlage schmälern. Bei intensiver Grünlandbewirtschaftung mit einem kurzen Zeitraum zwischen den Schnitten (4–6 Wochen) ist diese jedoch ausschlaggebend. Dennoch ist die satellitengestützte Ertragsschätzung für eine ganzjährige Ertragsermittlung die einfachere Methode und in der Praxis leichter umsetzbar. Durch eine Anpassung der Modellierung an spezifische Grünlandbestände könnten die Ergebnisse noch verbessert werden. Eine Kombination aus beiden Varianten stellt bereits heute eine gute Lösung für die Praxis dar. Damit kann der Landwirt nicht nur seinen Jahrestrockenmasseertrag im Fünfjahresmittel aus betriebseigenen Daten für die Düngedarfsermittlung in Bayern berechnen, sondern diesen auch als Entscheidungsgrundlage für sämtliche Managementmaßnahmen in der Grünlandbewirtschaftung einsetzen.

Literatur

- Hank, T. ; Bach, H. ; Mauser, W. (2015): Using a Remote Sensing-Supported Hydro-Agro-ecological Model of Field-Scale Simulation of Heterogeneous Crop Growth and Yield: Application for Wheat in Central Europe. *Remote Sens.* 7(4), pp. 3934–3965
- Niggemann, F. ; Appel, F. ; Bach, H. ; de la Mar, J. ; Schirpke, B. ; Dütting, K. ; Rücker, G. ; Leimbach, D. (2015): Heterogeneous access and processing of EO-Data on a Cloud based Infrastructure delivering operational Products. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XL-7/W3, pp. 663–667
- Schwieder, M. ; Buddeberg, M. ; Kowalski, K. ; Pfoch, K. ; Barsch, J.; Bach, H. ; Pickert, J.; Hostert, P. (2020): Estimating Grassland Parameters from Sentinel-2: A Model Comparison Study. *PFG 88/2020*, Springer-Verlag, pp. 379–390
- Thurner, S.; Fröhner, A. ; Köhler, B. ; Demmel, M. (2011): Online measurement of yield and dry matter content of wilted grass with two forage harvesters - comparison with and verification of reference measurements. In: *Precision Agriculture '11*, 8th ECPA, pp. 628–637
- Worek, F.; Thurner, S. (2022): DigiMilch – Sensorgestützte Ertragsermittlung im Grünland und Feldfutterbau im praktischen Einsatz. In: *Laser, H.; Wolf, H. (eds.) Grünland im Spannungsfeld Forschung, Wissenstransfer und öffentliche Wahrnehmung*, 65. Jahrestagung der AGGF, Soest, S. 38–41

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE112A18.

Reinigungsqualität von „aufnehmenden“ Entmistungsrobotern für planbefestigte Flächen

Cleaning quality from “collecting” dung-removal robot for solid floors

MICHAEL ZÄHNER, LEA PITZEN, FRIGGA DOHME-MEIER, SABINE SCHRADER

Zusammenfassung

„Aufnehmende“ Entmistungsroboter werden für planbefestigte Laufflächen in Laufställen für Rinder bei Neu- und Umbauten immer häufiger eingerichtet. In den vorliegenden Untersuchungen auf Praxisbetrieben wurden die Erfahrungen der Betriebsleitenden zu Funktionalität, Management, Einsatzgrenzen und Tierwohl erhoben sowie die Reinigungsqualität quantifiziert. Die Betriebe gaben verschiedene Gründe für den Kaufentscheid an und waren grundsätzlich zufrieden mit dem gewählten Roboter. Die angeführten kritischen Punkte gilt es durch sorgfältige Planung, verantwortungsvollen Betrieb und technische Optimierungen zu vermeiden.

Summary

“Collecting” dung-removal robots are being installed more frequently for solid floors in loose housings for cattle, both in new buildings and in conversions. In the present investigations on commercial farms, the experiences of the farm managers regarding functionality, management, limits of use and animal welfare was recorded as well as the cleaning quality was quantified. The farms gave different reasons for the purchase decision and were generally satisfied with the selected robot. The critical points mentioned must be avoided by careful planning, responsible operation and technical optimisation.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Milchviehlaufställen mit planbefestigten Laufflächen nehmen der Einsatz von „aufnehmenden“ Entmistungsroboter – auch Sammelroboter genannt – zu. Zu diesen Systemen gibt es bisher wenig Erfahrung und nur einzelne Untersuchungen (Pöllinger-Zierler et al. 2021).

Die beiden Hauptgründe für den Kauf eines „aufnehmenden“ Entmistungsroboters sind die einfachere Integration in das Stallbaukonzept und die automatisierte Reinigung von Quergängen und Ausläufen (Pöllinger-Zierler et al. 2021). Entmistungsroboter können dabei auch Einfluss auf das Tierverhalten haben. Nach einer Gewöhnungsphase zeigten die Tiere in den Untersuchungen von Doerfler et al. (2016), Stülpner et al. (2014) und Leinweber et al. (2019) keine negativen Reaktionen. Untersuchungen zur

Reinigungsqualität zu diesen „aufnehmenden“ Robotern zeigten deutliche Unterschiede zwischen Betrieben und keine Verbesserung im Vergleich zu einem Entmistungsschieber (Pöllinger-Zierler et al. 2021). Die Reinigungsqualität hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab (Poteko et al. 2015, 2018).

Ziel dieser Untersuchungen war es, mit einer Praxisumfrage die Erfahrungen der Betriebsleitenden zu Funktionalität, Management, Einsatzgrenzen, Tierwohl usw. beim Einsatz dieser neuen Technik zu erheben. Weiter wurde in einem zweiten Schritt die Reinigungsqualität der „aufnehmenden“ Roboter quantifiziert.

2 Material und Methoden

2.1 Umfrage

Die Praxisumfrage erfolgte auf insgesamt 31 Betrieben in der Schweiz und in Süddeutschland. Bei einem Besuch auf den Betrieben wurden ein strukturiertes Interview durchgeführt und der Stall besichtigt. Untersucht wurden die drei zum Zeitpunkt der Untersuchungen in der Praxis verfügbaren Modelle Lely Discovery 120 Collector, DeLaval RC (Robot Collector) 550/ RC700 und JOZ Barn-E.

23 der besuchten Betriebe hatten einen Roboter des Modells von Lely und je vier einen Roboter der Modelle von JOZ bzw. DeLaval. 24 Betriebe setzten den Roboter bei Milchvieh, fünf bei Mutterkühen und zwei bei Jungvieh ein. Bei 22 Betrieben handelte es sich um Um- oder Anbauten, bei neun um Neubauten.

2.2 Erhebung der Reinigungsqualität

Als Indikator für die Reinigungsqualität wurde die Restverschmutzung der Laufflächen nach dem Entmisten auf insgesamt zwölf Praxisbetrieben (nicht alle identisch mit denjenigen der Praxisumfrage) erfasst. Dabei liefen auf jeweils je sechs Betrieben Roboter der Firmen Lely und DeLaval. Untersucht wurde mit Blick auf die Vergleichbarkeit jeweils die Lauffläche im Fressbereich. Die Oberfläche bestand bei den sechs Betrieben mit dem Modell von Lely aus Gummimatten und bei je drei Betrieben mit dem Modell von DeLaval aus Gummimatten bzw. Beton.

Zum Einsatz kam die von Poteko et al. (2015) entwickelte Methode der Restverschmutzung. Dabei wurde die Methode hinsichtlich der Eignung für Erhebungen auf Praxisbetrieben optimiert: Reduktion der Versuchsfläche auf $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ (Länge $\frac{1}{2} \text{ m}$ x Breite $\frac{1}{2} \text{ m}$), Addition von vier Wiederholungen zu 1 m^2 und Reduktion des Gewichts des Rahmens zur Abgrenzung der Versuchsfläche auf 80 kg.

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Praxisumfrage erfolgte deskriptiv mit Microsoft Excel, diejenige der Erfassung der Reinigungsqualität deskriptiv mit Microsoft Excel und mit R (Version 4.2.3). Durchgeführt wurde eine Varianzanalyse mit den Betrieben mit Gummimatte mit einem Vergleichsdatensatz mit Entmistungsschieber mit dem fixen Effekt „Entmistungssystem-Modell“.

3 Ergebnisse

3.1 Umfrage

Folgende Hauptgründe gaben die Praxisbetriebe für den Kaufentscheid des Entmistungsroboters an (Anzahl Nennungen in Klammern): mögliche Funktionen des Roboters (18), automatisches Entmisten und häufigeres Entmisten als mit einem Entmistungsschieber (14), gute Kontakte zu Händler (13) sowie flexible Routenprogrammierung und Reinigung von Quergängen und Auslauf (8).

Automatisches Entmisten und häufiges Entmisten ist aus Expertensicht heute Stand der Technik auch mit einem stationären Entmistungsschieber möglich. Und die Ladedauer für den Akku begrenzt die Entmistungsfrequenz pro Tag. Weiter benötigt der Entmistungsroboter mehr Zeit für das Entmisten derselben Fläche wie der Entmistungsschieber.

Als mögliche Risiken kristallisierten sich bauliche Gegebenheiten, Kapazität, Tierwohl und -gesundheit sowie Sicherheitsaspekte heraus. So erwähnten die Betriebsleitenden im Zusammenhang mit dem Roboter (Anzahl Nennungen in Klammern): mitgeschobene Kälber (16) oder/und sonstige Kälberverletzungen/-verluste (3), Schwanzverletzungen (13), Verletzungen von im Fressgitter eingesperrter Tiere (5) sowie Verletzungen von Menschen (1).

Als potenzielle Risiken für die Tiere wurden Managementfehler wie das Vergessen des Öffnens des Fressgitters, Sackgassen ohne Fluchtmöglichkeiten, schlecht abgesicherte Abwürfe sowie ein fehlender Kontakt-Abschaltmechanismus identifiziert.

3.2 Erhebungen Reinigungsqualität

Die Restverschmutzung auf den Betrieben mit Entmistungsrobotern betrug nach dem Entmisten beim Modell Lely im Mittel 460 g/m^2 , beim Modell DeLaval im Mittel 730 g (alle Betriebe) und 560 g (nur Betriebe mit Gummimatte). Im Vergleich dazu lagen die Werte der Restverschmutzung bei stationärem Entmistungsschieber und Gummimatte als Oberfläche bei vergleichbaren Umgebungsbedingungen bei 250 g/m^2 . Zwischen den Betrieben zeigten sich große Unterschiede (Abb. 1). Zwischen den beiden Entmistungsrobotern (nur Betriebe mit Gummimatte als Oberfläche) gab es keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,590$). Die Unterschiede zwischen den Oberflächen konnte Poteko et al. (2015) im halbtechnischen Maßstab bereits zeigen. So war die Oberfläche Beton signifikant schlechter (472 bis 634 g/m^2) als Gummimatte (167 bis 279 g/m^2). Die großen Unterschiede zwischen den Betrieben mit derselben Oberfläche lassen den Schluss zu, dass die Qualität des Reinigungswerkzeugs einen Einfluss hat.

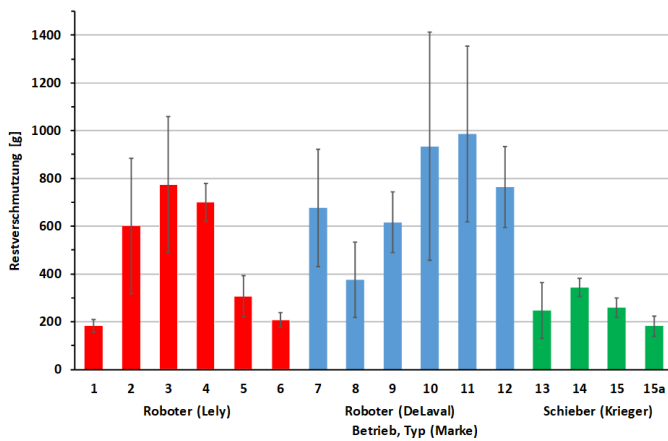


Abb. 1: Reinigungsqualität dargestellt als Restverschmutzung in g/m^2 der untersuchten Betriebe (Oberfläche Gummimatten 1–8, 13–15a und Beton 10–12) (© Zähler, Agroscope)

Fig. 1: Cleaning quality shown as residual soiling mass in g/m^2 of the farms examined (floor type rubber mats 1–8, 13–15a and concrete 10–12) (© Zähler, Agroscope)

4 Fazit

Die Praxisbetriebe waren grundsätzlich zufrieden mit der gewählten Entmistungstechnik und dem gewählten Robotermodell. Die angeführten kritischen Punkte können durch eine sorgfältige Planung und bauliche Massnahmen (z.B. erhöhter Fressbereich mit Abtrennungen, Abtrennung bei und rund um den Abwurf), verantwortungsvollen Betrieb (z.B. optimierter Tagesablauf der Routen, einzelne Routen u.a. bei der Abkalbebuchte nur bei Anwesenheit des Personals) und technische Optimierungen (z.B. Kontakteleiste mit Abschaltmechanismus) vermieden werden.

Bezüglich der Reinigungsqualität sind die untersuchten Entmistungsroboter nicht besser einzustufen als auf die Oberfläche abgestimmte Entmistungsschieber.

Literatur

- Doerfler, R. L.; Post, K.; Winckler, C.; Bernhardt, H. (2016): Räumlich-zeitliches Verhalten und Herzaktivität von Milchkühen bei der Einführung eines Spaltenroboters. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2016, KTBL-Schrift 511, S. 178–186
- Leinweber, T.; Zähler, M.; Schrade, S. (2019): Bewertung eines Entmistungsroboters bei Milchvieh aus ethologischer und verfahrenstechnischer Sicht. Landtechnik 74, S. 55–68
- Pöllinger-Zierler, A.; Zefferer, A.; Fritz, C.; Rudorfer, B. (2021): Sammelroboter zur Entmistung in Rinderlaufställen – Chancen und Grenzen!? In: Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2021, S. 9–24

- Poteko, J.; Schrade, S.; Steiner, B.; Zähler, M. (2015): Entwicklung und Validierung einer Messmethode zur Quantifizierung der Restverschmutzung nach der Entmistung von planbefestigten Laufflächen. In: 12. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2015, Freising, S. 408–413
- Poteko, J.; Zähler, M.; Steiner, B.; Schrade, S. (2018): Residual soiling mass after dung removal in dairy loose housings: Effect of scraping tool, floor type, dung removal frequency and season. *Biosystems Engineering* 170, pp. 117–129
- Stülpner, A.; Adeili, S.; Haidn, B.; Dörfler, R.; Bernhardt, H. (2014): Reaktionen von Milchkühen beim Einsatz eines Spaltenroboters. *Landtechnik* 69, S. 225–231

Platzierung der Liegeplätze von Rehkitzen in Wiesen bei den ersten Schnitten

Position of bed sites of roe deer fawns in mowed fields by first cuts

JULIANA MAČUHOVÁ, MARCO KIRSCHNER, TAMARA WIESEL, STEFAN THURNER

Zusammenfassung

Es gibt mehrere Methoden, um Rehkitze vor oder während des Mähens aufzusuchen oder von den Flächen zu vertreiben. Das Ziel der Studie war es, während einer Setzsaison die Rehkitze auf den Flächen vor dem Mähen (mittels Drohne mit Wärmebildkamera) zu finden und die Entfernung ihrer Liegeplätze zum nächstgelegenen Wald zu bewerten, um die Suche nach Rehkitzen zu optimieren oder den Einsatz von Scheuchen zu verbessern. Vor dem Mähen wurden 19 Rehkitze auf 8 von 30 abgesuchten Flächen gefunden. Wurden sieben Entfernungszonen (DZ) der Liegeplätze der Rehkitze zum Wald betrachtet, d.h. in Metern 1–10, 11–20, 21–50, 51–100, 101–200, 201–500 und > 500, so wurden dort 0, 3, 8, 4, 3, 1 und 0 Rehkitze gefunden. Die DZ hatten einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Rehkitzfunde ($P < 0,05$; χ^2 -Test). Allerdings wurden Rehkitze in verschiedenen DZ sogar auf einer Fläche gefunden. Obwohl dies nur eine klein angelegte Studie war, zeigt sie, dass es schwierig sein kann, die Flächen mit Rehkitzen oder deren Position auf den Flächen vor dem Mähen abzuschätzen.

Summary

There are several methods to detect or to scare away fawns from fields before or during mowing. The aim of the study was to detect fawns in the fields before mowing (using a drone with a thermal camera) during one season and evaluate the distance of their bed sites to nearest forest with the goal to optimise the search for fawns or use of scaring devices. Before mowing, 19 fawns were found on 8 out of 30 searched fields. Considering seven distance zones (DZ) of fawn bedding sites to forest, i.e. in meters 1–10, 11–20, 21–50, 51–100, 101–200, 201–500, and > 500, there were found 0, 3, 8, 4, 3, 1, 0 fawns, resp. The DZ had a significant effect on the number of fawns ($P < 0.05$; χ^2 -Test). However, fawns were found in different DZ even on one field. In conclusion, even though this was only a small-scale study, it seems to be difficult to identify the fields with fawns or their position on fields before mowing.

1 Einleitung und Zielsetzung

Wiesen und Futterbauflächen sind ein beliebtes Habitat für das Ablegen von Rehkitzen (Jarnemo 2002, Christen et al. 2018). Die Rehkitze in Mitteleuropa werden vor allem im Mai und Juni geboren (Müri 1999, Kauffert et al. 2023). Die ersten Schnitte im Grünland und bei Futterbauflächen finden zeitgleich statt und kollidieren somit mit der Setzzeit der Rehe. Während die älteren Jungtiere ähnlich wie erwachsene Tiere in der Regel bei Gefahr weglaufen, ducken sich die jüngsten Tiere tiefer zum Boden (Rieck 1955) und laufen nicht weg, auch nicht vor dem Mähwerk, womit sie von diesem verletzt oder getötet werden können. Die unbegründete Tötung eines Wirbeltiers ist in Deutschland rechtlich nicht erlaubt (TSchG, § 1 und § 17). Auch aus wirtschaftlichen Gründen sind die Maßnahmen zur Wildtierrettung beim Mähen notwendig, um den Mähtod zu vermeiden. Gerät ein Tierkadaver ins Mähgut, dass anschließend siliert wird, kann später bei der Verfütterung an die Tiere eine Vergiftung (Botulismus) verursacht werden (Braun 2006). Es gibt mehrere Maßnahmen, die vor dem Mähen bzw. während des Mähens zur Rehkitzrettung eingesetzt werden. Dazu gehören beispielsweise der Einsatz von Scheuchen sowie die Suche mit einer Menschenkette oder mit Drohnen mit Wärmebildkameras. Die Durchführung dieser Maßnahmen erfordert jedoch zusätzlichen Arbeitszeitaufwand und es ist dennoch unwahrscheinlich, dass alle Rehkitze von den Wiesen vertrieben bzw. gefunden werden.

Das Ziel dieser Studie war es daher, die Rehkitze auf den Wiesen aufzusuchen und ihre Liegeplatzposition in Bezug auf die Entfernung zum nächsten Wald bzw. waldähnlichen Strukturen zu untersuchen, um den Einsatz von Maßnahmen zur Wildtierrettung zu optimieren.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden während einer Setzsaison im Zeitraum von 06.05. bis zum 24.06.2020 statt. Insgesamt wurden 30 Wiesen von 11 Betrieben mit Flächen von 0,5 bis 21,1 ha (insgesamt 130,2 ha) nach Rehkitzen abgesucht. Die Suche wurde mit einer Drohne Yuneec H520 und einer Wärmebildkamera Yuneec CGO-ET durchgeführt. Bei einem Rehkitzfund wurden die GPS-Koordinaten seines Liegeplatzes mittels eines GPS-Sensors QStarz BT-Q1000XT ermittelt.

Die Positionen der Liegeplätze in Bezug auf die Entfernung zum nächstgelegenen Wald bzw. waldähnlichen Strukturen, wurden mithilfe des Programms ArcGIS Pro ermittelt und nach Christen et al. (2018) den folgenden sieben Distanzzonen (DZ) zugeordnet: bei einer Entfernung von 1 bis 10 m der DZ 1, von 11 bis 20 m der DZ 2, von 21 bis 50 m der DZ 3, von 51 bis 100 m der DZ 4, von 101 bis 200 m der DZ 5, von 201 bis 500 m der DZ 6 und bei mehr als 500 m der DZ 7.

Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Softwarepaket SAS®9.4. Bei metrischen Daten wurde die Analyse mittels der PROC MIXED Prozedur (mit Rehkitzfund als fester Faktor und Betrieb als zufälliger Faktor) und bei Häufigkeitsdaten mit dem χ^2 -Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % festgelegt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Vor dem Mähen wurden 19 Rehkitze auf 8 Flächen gefunden oder gesichtet. DZ hatte einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Rehkitze je DZ ($P < 0,05$; χ^2 -Test). Kein Rehkitz wurde in DZ 1 gefunden, 3 in DZ 2, 8 in DZ 3, 4 in DZ 4, 3 in DZ 5, 1 in DZ 6 und keines in DZ 7 (Abb. 1). Ähnlich wie in der Publikation von Christen et al. (2018) wurden etwas mehr als die Hälfte (58 %) der Rehkitze im Abstand bis 50 m vom Wald bzw. waldähnlichen Strukturen gefunden.

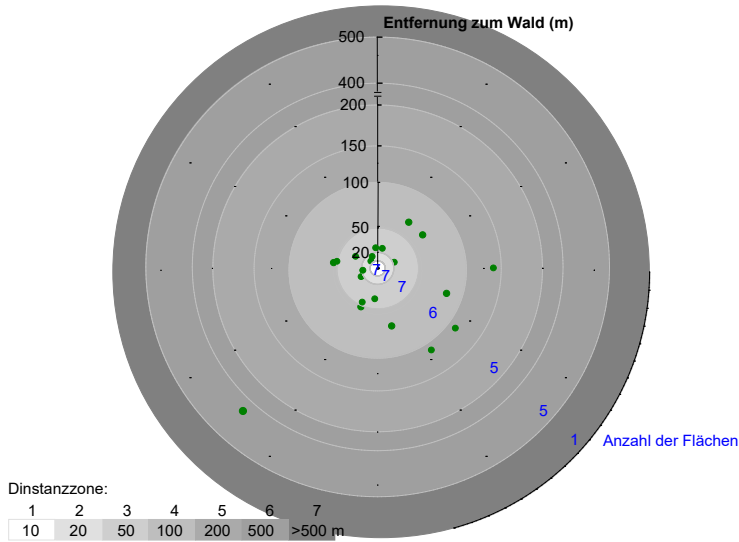


Abb. 1: Positionen der Liegeplätze der vor dem Mähen gefundenen Rehkitze (●) und Anzahl der Flächen mit Rehkitzen, die einen Anteil in den einzelnen Distanzonen zum Wald hatten (© J. Mačuhová)
 Fig. 1: The positions of the bed sites of the fawns found before mowing and the number of fields with fawn detections with area proportion in evaluated distance zones to the forest (© J. Mačuhová)

Die durchschnittliche Distanz der Liegeplätze zum Wald lag bei 73 ± 94 m (Mittelwert $\pm$ SD), die minimale Distanz lag bei 11,1 m und die maximale bei 427,5 m. Die maximale Distanz wurde jedoch auf einer Fläche beobachtet, die sich nur in DZ 6 und DZ 7 befand, alle anderen Flächen hatten auch einen Flächenanteil in DZ 1, d.h. einen Streifen mit bis zu 10 m vom Wald entfernt. Wenn auf einer Fläche mehrere Rehkitze entdeckt wurden und sie sich nicht gemeinsam an einem Liegeplatz befanden, wurden sie sogar in verschiedenen DZ gefunden. Weiterhin hatten nicht alle Fläche einen Flächenanteil in allen DZ.

Auf einer Fläche, auf der kein Rehkitz vor dem Mähen gefunden wurde, wurde nach dem Mähen ein laufendes Rehkitz beobachtet. Damit kann angenommen werden, dass sich Rehkitze mindestens auf insgesamt 9 Flächen befanden. Außerdem wurden 2 vermählte Rehkitze auf einer Fläche gefunden, auf der bereits 5 Rehkitze vor dem Mähen gefunden wurden, jedoch nur 3 bis zum Ende des Mähens gesichert werden konnten.

Somit wurden bei den insgesamt 30 abgesuchten Flächen auf 21 Flächen mit einer Gesamtfläche von insgesamt 70,2 ha und einer Einzelflächengröße von 0,5 bis 20,0 ha ($3,3 \pm 4,3$ ha (Mittelwert $\pm$ SD)) weder vor dem Mähen noch während oder nach dem Mähen Rehkitze gefunden oder gesehen. Mindestens ein Rehkitz wurde auf 9 Flächen mit einer Flächengröße von insgesamt 60,0 ha und einer Einzelflächengröße von 0,7 bis 20,1 ha ($6,7 \pm 6,1$ ha) gefunden oder gesehen. Die durchschnittliche Größe der Flächen mit Rehkitzfunden war signifikant höher ($P < 0,05$) als die Größe der Flächen ohne Rehkitzfunde.

Zusätzlich muss erwähnt werden, dass es nie sicher war, ob sich auf den Flächen ohne Funde nicht doch Rehkitze befanden oder ob sich auf den Flächen mit Rehkitzfunden nicht doch noch zusätzliche Rehkitze befanden, die unentdeckt blieben und unbemerkt die Fläche bei der Suche oder beim Mähen verlassen haben.

Zusammenfassend zeigt die Studie, auch wenn es sich nur um einen begrenzten Flächenumfang handelte, dass nur das Absuchen von Hotspots oder bestimmten Bereichen einer Fläche nicht ausreichend sein kann, um alle Rehkitze zu retten.

Literatur

- Braun, U. (2006): Botulismus beim Rind. SAT Schweizer Archiv für Tierheilkunde 148, S. 331–339
- Christen, N.; Janko, C.; Rehnus, M. (2018): The effect of environmental gradients on the bed site selection of roe deer (*Capreolus capreolus*). Mammal Research 63, pp. 83–89
- Jarnemo, A. (2002): Roe deer *capreolus capreolus* fawns and mowing-mortality rates and countermeasures. Wildlife Biology 8, pp. 211–218
- Kauffert, J.; Baur, S.; Matiu, M.; König, A.; Peters, W.; Menzel, A. (2023): Fawn birth-days: From opportunistically sampled fawn rescue data to true wildlife demographic parameters. Ecological Solutions and Evidence 4, e12225, <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12225>
- Müri, H. (1999): Witterung, Fortpflanzungsgeschehen und Bestandsdichte beim Reh (*Capreolus capreolus* L.). Zeitschrift für Jagdwissenschaft 45, S. 88–95
- Rieck, W. (1955): Die Setzzeit bei Reh-, Rot- und Damwild in Mitteleuropa. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 1, S. 69–75

Danksagung und Förderhinweis

Die Autoren danken den Landwirten, die ihre Flächen für die Studie zur Verfügung gestellt haben. Die Studie wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (FKZ: A/19/17) gefördert.

Positive Effekte von organischem Nestbaumaterial auf Erdrückungsverluste in Bewegungsbuchten mit Kurzzeit-Fixierung

Positive effects of nesting material on crushing losses in free farrowing pens with short-term fixation

JOHANN WAHMHOF, MARTIN WUTKE, NICOLE KEMPER, ASTRID VAN ASTEN, IMKE TRAULSEN

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, den Effekt von organischem Nestbaumaterial im Hinblick auf die Erdrückungsverluste zu untersuchen. Die Studie wurde auf einem Betrieb in Norddeutschland durchgeführt, wo Abferkelsysteme mit Kurzzeit-Fixierung (2 Tage a.p. bis ca. Tag 7 p.p.) und einer Buchtenfläche von 7,0 m² verbaut waren. In 11 Durchgängen wurde den Sauen ab dem 112. Trächtigkeitstag bis zur Geburt Stroh (n = 67) als Nestbaumaterial in einer ständig zugänglichen Raufe angeboten. In den Kontrollbuchten (n = 71) wurden Jutesäcke vorgelegt. Die Ergebnisse zeigen, dass Sauen der Strohgruppe im Vergleich zu Sauen der Kontrollgruppe deutlich geringere Gesamterdrückungsverluste und geringere Erdrückungsverluste innerhalb der ersten drei Tage p.p. aufweisen (Jutesäcke: 7,37 %/6,15 %, Stroh: 5,91 %/3,34 %). Dies ist vermutlich das Ergebnis eines veränderten Verhaltens der Sauen im Zusammenhang mit dem Strohangebot, welches derzeit mithilfe von Videoaufzeichnungen überprüft wird.

Summary

Aim of this study was to investigate the effect of organic nesting material on piglet crushing. The study was carried out on a farm in Northern Germany where farrowing systems with a short-term fixation (2 days a.p. until approx. day 7 p.p.) and a pen area of 7.0 m² were installed. In 11 batches, the sows were provided with straw (n = 67) as nesting material in a permanently accessible rack from gestation day 112 until birth. Jute bags were offered in the control pens (n = 71). Results show that the straw group has significantly lower total crushing losses and crushing losses within the first three days p.p. compared to the control group (jute bags: 7.37 %/6.15 %, straw: 5.91 %/3.34 %). This is probably the result of a change in the behavior of the sows in connection with the supply of straw, which is currently being verified using video recordings.

1 Einleitung und Zielsetzung

Durch die Überarbeitung der Tierschutznutztierhaltungs-Verordnung (TierSchNutzV) im Februar 2021 stehen die meisten konventionellen Sauenhalter in Deutschland vor notwendigen größeren Anpassungen in ihren Haltungssystemen. Eine Änderung ist das Angebot von organischem Material im Zeitraum vor der Geburt zur Befriedigung des natürlichen Nestbautriebs (TierSchNutzV 2021). Neben steigendem Arbeitsaufwand und Betriebskosten könnte der Einsatz von organischen Nestbaumaterialien für den Landwirt aber auch positive Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Ferkelproduktion haben. Untersuchungen zeigten Effekte auf das Verhalten der Sau und die Ferkelverluste. Yun et al. (2013) beobachteten einen gesteigerten Oxytocingehalt im Blut, welcher in einem ausgeprägterem maternalen Verhalten und einer besseren Versorgung der Ferkel resultiere. Ein ausgeprägteres maternales Verhalten könnte außerdem das Auftreten von Ferkelverlusten positiv beeinflussen (Herskin et al. 1998). Daher ist das Ziel dieser Studie den Einsatz von organischem Nestbaumaterial in der konventionellen Sauenhaltung zu untersuchen und im Hinblick auf positive Effekte auf das Erdrückungsgeschehen zu überprüfen.

2 Material und Methoden

Durchgeführt wurde die Untersuchung auf einem landwirtschaftlichen Praxisbetrieb in Nordrhein-Westfalen. Auf dem Betrieb wurden 150 Sauen im 5-Wochen-Rhythmus in Bewegungsbuchten mit einer Grundfläche von 7 m² gehalten, welche den neuen gesetzlichen Standards entsprechen. Die Sauen wurden zwei Tage vor dem geplanten Geburtstermin bis etwa eine Woche nach der Geburt fixiert. Das organische Nestbaumaterial wurde ab dem 112. Trächtigkeitstag bis zur Geburt in kontinuierlich zugänglichen Raufen angeboten. Die Raufen wurden morgens mit 120 g Stroh befüllt. Sofern die Raufen am späten Nachmittag weniger als zu einem Drittel gefüllt waren, wurden weitere 120 g Material nachgefüllt. Den Tieren der Kontrollgruppe wurden nach gesetzlichem Mindeststandard ein Jutesack pro Sau zur Verfügung gestellt. Für die Bestimmung der täglichen Verbrauchsmengen an Nestbaumaterial wurden die Reste in den Raufen jeden Morgen gewogen und dokumentiert. Neben den Produktionsdaten und Videoaufzeichnungen wurden die Erdrückungsverluste täglich bis zum dritten Tag nach der Geburt erfasst. Zusätzlich wurden die Gesamt-Erdrückungsverluste am Ende der 28-tägigen Säugeperiode aus den Sauenkarten entnommen. Als Datengrundlage für diesen Beitrag wurden die Daten von Sauen bis zur 6. Parität ausgewertet, die zwischen dem 114. und 118. Trächtigkeitstag abgeferkelt haben, insgesamt 138 Abferkelungen (Stroh: n = 67, Jutesack: n = 71).

3 Ergebnisse

Die durchschnittliche Anzahl lebend und tot geborener Ferkel war in beiden Versuchsgruppen vergleichbar (Kontrolle: 15,69/0,90 Ferkel pro Wurf, Stroh: 15,12/0,93 Ferkel pro Wurf). Im Hinblick auf die Erdrückungsverluste konnten deutliche Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen festgestellt werden. Während innerhalb der ersten drei Tage nach der Geburt in der Kontrollgruppe im Durchschnitt 6,15 % der lebend geborenen Ferkel pro Sau erdrückt worden sind, waren es in der Strohgruppe 3,34 % ($p < 0,05$). Auch bei den Gesamt-Erdrückungsverlusten am Ende der Säugeperiode lagen die Erdrückungsverluste in der Strohgruppe (5,91 %) knapp 1,5 Prozentpunkte unter den Erdrückungsverlusten in der Kontrollgruppe (7,37 %, $p < 0,05$). Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass, wie in Abbildung 1 zu sehen ist, in der Kontrollgruppe 83,3 % der Erdrückungsverluste innerhalb der ersten drei Tage nach der Geburt aufgetreten sind. In der Strohgruppe haben in diesem Zeitraum nur 58,6 % der Erdrückungen stattgefunden. In beiden Versuchsgruppen lag der Anteil der Erdrückungsverluste an den Gesamtverlusten in etwa bei 50 %.

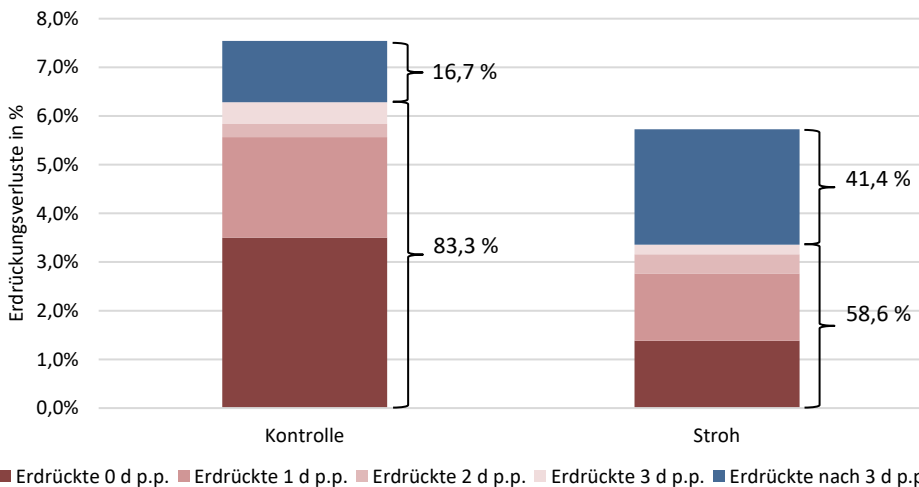


Abb. 1: Erdrückungsverluste der Versuchsgruppen in Prozent der lebend geborenen Ferkel in Abhängigkeit vom Tag (d) p.p. (0 bis nach 3. Tag). Die gestapelten Säulen zeigen, in welchen Zeiträumen welche Anteile der Erdrückungsverluste aufgetreten sind. Die neben den Säulen aufgezeichneten Prozentzahlen zeigen die jeweiligen prozentualen Anteile der Erdrückungsverluste vor und nach dem dritten Tag p.p. innerhalb der Versuchsgruppen. (© J. Wahmhoff)

Fig. 1: Crushing losses of the test groups as a percentage of piglets born alive depending on the day (d) p.p. (0 to after 3. day). The stacked columns show in which time periods which proportions of crushing losses occurred. The percentages plotted next to the columns show the respective percentages of crushing losses before and after the third day p.p. within the test groups. (© J. Wahmhoff)

4 Diskussion und Ausblick

Die zuvor dargestellten Ergebnisse lassen auf einen deutlichen positiven Effekt auf das Auftreten von Erdrückungsverlusten durch die Vorlage von organischem Nestbaumaterial in Form von Stroh schließen. Besonders auffallend sind die niedrigen Erdrückungsverluste innerhalb der ersten Tage nach der Geburt in der Strohgruppe. Schon durchgeführte Studien zeigen, dass, wie auch in der Kontrollgruppe, der Großteil der Erdrückungsverluste normalerweise in den ersten 72 h nach der Geburt auftreten (Liu et al. 2022). Gründe für den geringen Anteil an Erdrückungsverlusten in der Strohgruppe in diesem Zeitraum könnten ein verändertes Verhalten und seltenere Positionsänderungen der Sauen sein (Yun et al. 2019). Diese Vermutung wird derzeit anhand einer Videoauswertung überprüft.

Literatur

- Herskin, M. S.; Jensen, K. H.; Thodberg, K. (1998): Influence of environmental stimuli on maternal behaviour related to bonding, reactivity and crushing of piglets in domestic sows. *Applied Animal Behaviour Science* 58(3-4), pp. 241–254
- Liu, T.; Kong, N.; Liu, Z.; Xi, L.; Hui, X.; Ma, W.; Li, X.; Cheng, P.; Ji, Z.; Yang, Z.; Yang, X. (2022): New insights into factors affecting piglet crushing and anti-crushing techniques. *Livestock Science* 265, 105080
- TierSchNutzV (2021): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1a der Verordnung vom 29. Januar 2021 (BGBl. I S. 146) geändert worden ist
- Yun, J.; Han, T.; Björkman, S.; Nystén, M.; Hasan, S.; Valros, A.; Oliviero, C.; Kim, Y.; Peltoniemi, O. (2019): Factors affecting piglet mortality during the first 24 h after the onset of parturition in large litters: effects of farrowing housing on behaviour of post-partum sows. *Animal: an international journal of animal bioscience* 13(5), pp. 1045–1053
- Yun, J.; Swan, K. M.; Vienola, K.; Farmer, C.; Oliviero, C.; Peltoniemi, O.; Valros, A. (2013): Nest-building in sows: Effects of farrowing housing on hormonal modulation of maternal characteristics. *Applied Animal Behaviour Science* 148(1-2), pp. 77–84

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE mit dem Förderkennzeichen 28N305603).

Wirtschaftlichkeit von Tragwerken in Holzbauweise

Economic viability of timber structures

FERDINAND OBERHARDT, JOCHEN SIMON

Zusammenfassung

Bei der Planung landwirtschaftlicher Nutzgebäude sind neben der Bewirtschaftungsform auch die damit einhergehenden rechtlichen Vorgaben, die Einfügung in die Landschaft und die Wirtschaftlichkeit von Relevanz. Baulich werden solche Gebäude meist mit standardisierten Hallenkonstruktionen in Stahl-, Beton, Holz- oder Mischbauweise, die dem Gewerbebau entlehnt sind, umgesetzt. Frühere Untersuchungen zeigen, dass mit alternativen Baukonzepten, z. B. durch verringerte Spannweiten, deutliche Einsparungen beim Investitionsbedarf erreicht werden können. Diese Untersuchung stellt sowohl die Investitionskosten pro Binder für 25 Tragwerksvarianten in zehn Spannweitengruppen als auch die Durchschnittsinvestitionskosten innerhalb einer Spannweitengruppe dar. Dabei zeigt sich, dass im Schnitt – innerhalb einer Spannweitengruppe – die günstigste Variante bei ca. 59 % der Kosten des teuersten Tragwerks liegt.

Summary

When planning agricultural buildings, in addition to the form of cultivation, the associated legal requirements, integration into the landscape and economic efficiency are also relevant. Structurally, such buildings are usually implemented with standardised hall constructions in steel, concrete, timber or mixed construction, which are borrowed from commercial construction. Previous studies have shown that alternative construction concepts, e.g. with reduced spans, can achieve significant savings in investment requirements. This study presents the investment costs per truss for 25 structural variants in ten span groups as well as the average investment costs within a span group. This shows that on average – within a span group – the cheapest variant is around 59 % of the cost of the most expensive structure.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Abmessungen landwirtschaftlicher Nutzgebäude ergeben sich primär aus den verfahrensspezifischen Funktionsflächen und -maßen sowie der Anzahl der gehaltenen Tiere, Lagermengen bzw. untergestellten Maschinen und Geräte. Als Einhausungen werden in der Regel standardisierte Hallen, meist mit Satteldachgeometrie, die ursprünglich aus dem Gewerbebau stammen, verwendet, ohne dass von den ausführenden Firmen Angaben zur Wirtschaftlichkeit gemacht werden. Erste Vergleiche aus der Praxis zeigen, dass z.B. beim Einsatz von Stabtragwerken Vorteile durch aussteifende Streben erzielt werden, die die Spannweite reduzieren und damit den Einsatz von kostengünstigeren Vollholzquerschnitten für größere Gebäudebreiten ermöglichen. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Konsortialprojekt „Entwicklung zukunftsweisender Konzepte zum landwirtschaftlichen Bauen mit Holz“ (ZukunftLaWiBau) verfolgt dieses Teilprojekt das Ziel, die Vielfalt der Tragwerksvarianten, insbesondere im Holzbau, auf ihre Wirtschaftlichkeit bzw. den Investitionsbedarf zu untersuchen. Damit soll Landwirten als Bauherren sowie Beratern und Planern eine belastbare Entscheidungsgrundlage für den Bau von landwirtschaftlichen Nutzgebäuden in Holzbauweise an die Hand gegeben werden.

2 Material und Methoden

In einem ersten Schritt wurde, über eine eigene statische Vordimensionierung mit dem Programm FRILO (FRILO Software GmbH), der Materialbedarf für die einzelnen Bauteile ermittelt. Bezüglich der Gebäudegeometrie wird bei den Tragwerken mit geringer Spannweite zwischen Pult- und Satteldächern unterschieden. Auch wenn bei Tragwerken vereinzelt Pultdächer (z.B. für Photovoltaiknutzung) zum Einsatz kommen, wird im Rahmen dieser Untersuchung für Spannweiten $> 16,25$ m allein die Satteldachform angenommen. Durch diese Variablen ergeben sich 50 Tragwerksvarianten für quer ausgerichtete Stütze-Binder-Systeme (mit 1 bzw. 2 Streben sowie 1 bzw. 2 eingespannten Stützen) und 2- bzw. 3-Gelenkrahmen (Engel 2009, Herzog 2003) in den Spannweiten-gruppen 5,00 m, 6,25 m, 7,50 m, 8,25 m, 10,00 m, 11,25 m, 12,50 m, 13,25 m, 15,00 m und 16,25 m. Jede Spannweitengruppe inkludiert einen Korridor von $\pm 1,25$ m. Dabei sind die Spannweitengruppen jeweils nach ihrer oberen Grenze benannt.

Für die statischen Annahmen ist eine Bodenschneelast $s_k = 2,12 \text{ kN/m}^2$ (entspricht als Durchschnittswert für Bayern ca. 170 kg Schneelast pro Quadratmeter Dachfläche) und die Windzone 2, Mischkategorie Binnenland, festgelegt. Für die Dächer wird ein mehrschaliger Aufbau aus Eindeckung, Lattung und Holzschalung angenommen. Dieser Dachaufbau ergibt sich aus den typischen bauphysikalischen Anforderungen landwirtschaftlicher Nutzgebäude, insbesondere in der Tierhaltung. Des Weiteren sind für die Tragkonstruktion die Querschnitte für Vollholz auf Breite/Höhe = 12/38 cm bzw. 20/32 cm begrenzt. Bei diesen Querschnitten ist die Rissentstehung bei einer techni-

schen Trocknung noch tolerierbar und ein kerngetrennter Einschnitt möglich. Wenn diese Vollholzquerschnitte bei höheren Spannweiten nicht ausreichen, sind diese durch Brettschichtholz (BSH) der Klassen GL24c und GL32c ersetzt. Hierbei wird zwischen Querschnitten mit einer Höhe $h \leq 60$ cm (BSH beschränkt) und solchen mit $h > 60$ cm (BSH unbeschränkt) unterschieden. Erstere entsprechen vorkonfektionierten Querschnitten, die nach Liste bestellt werden können. Letztere sind bei nahezu allen BSH-Herstellern nur als Sonderanfertigungen erhältlich und deshalb nicht Teil dieser Untersuchung.

3 Ergebnisse

Im Ergebnis zeigt sich, dass der Investitionsbedarf von folgenden, sich teilweise gegenseitig beeinflussenden, Faktoren abhängig ist: Tragwerkstyp, Bindervariante (einfacher oder geteilter Binder), Spannweite und Dachform (Pult- oder Satteldach). Es bestätigt sich der oben genannte Effekt, dass Systeme mit innenliegenden Streben (1StrI/2StrI) die effektive Spannweite des Binders reduzieren. Daraus resultieren ein geringerer Holzbedarf (Tab. 1) und am Ende niedrigere Investitionskosten.

Tab. 1: Auszug Holzmengenberechnung – z.B. Sk-Q-Stüb-2StrA, Spannweite 8,75 m
Tab. 1: Extract from timber quantity calculation – e.g. Sk-Q-Stüb-2StrA, span of 8.75 m

		n	b	h	l	Material	V			V _{ges}
PD	Stütze Traufe/links	1	0,20 m	0,24 m	3,70 m	C24	0,18 m³		0,72 m³	36%
	Stütze Frist/rechts	1	0,20 m	0,26 m	4,77 m	C24	0,25 m³	Var. 1 (□):	1,30 m³	64%
	Binder Var. 1 (□)	1	0,20 m	0,52 m	12,46 m	GL24c	1,30 m³		0,00 m³	0%
	Binder Var. 2 (□□)	2	0,12 m	0,52 m	12,46 m	GL24c	1,56 m³		0,72 m³	32%
	Strebe Traufe/links	1	0,20 m	0,20 m	3,02 m	C24	0,12 m³	Var. 2 (□□):	1,56 m³	68%
	Strebe Frist/rechts	1	0,20 m	0,20 m	4,40 m	C24	0,18 m³		0,00 m³	0%
2StrA	Stütze links	1	0,20 m	0,30 m	3,70 m	C24	0,22 m³		0,70 m³	30%
	Stütze rechts	1	0,20 m	0,32 m	3,70 m	C24	0,24 m³	Var. 1 (□):	0,00 m³	0%
	Binder Var. 1 (□)	1	0,22 m	0,60 m	12,46 m	GL32c	1,64 m³		1,64 m³	70%
	Binder Var. 2 (□□)	2	0,14 m	0,52 m	12,46 m	GL24c	1,81 m³		0,70 m³	28%
	Strebe Traufe/links	1	0,20 m	0,20 m	3,02 m	C24	0,12 m³	Var. 2 (□□):	1,81 m³	72%
	Strebe Frist/rechts	1	0,20 m	0,20 m	3,02 m	C24	0,12 m³		0,00 m³	0%

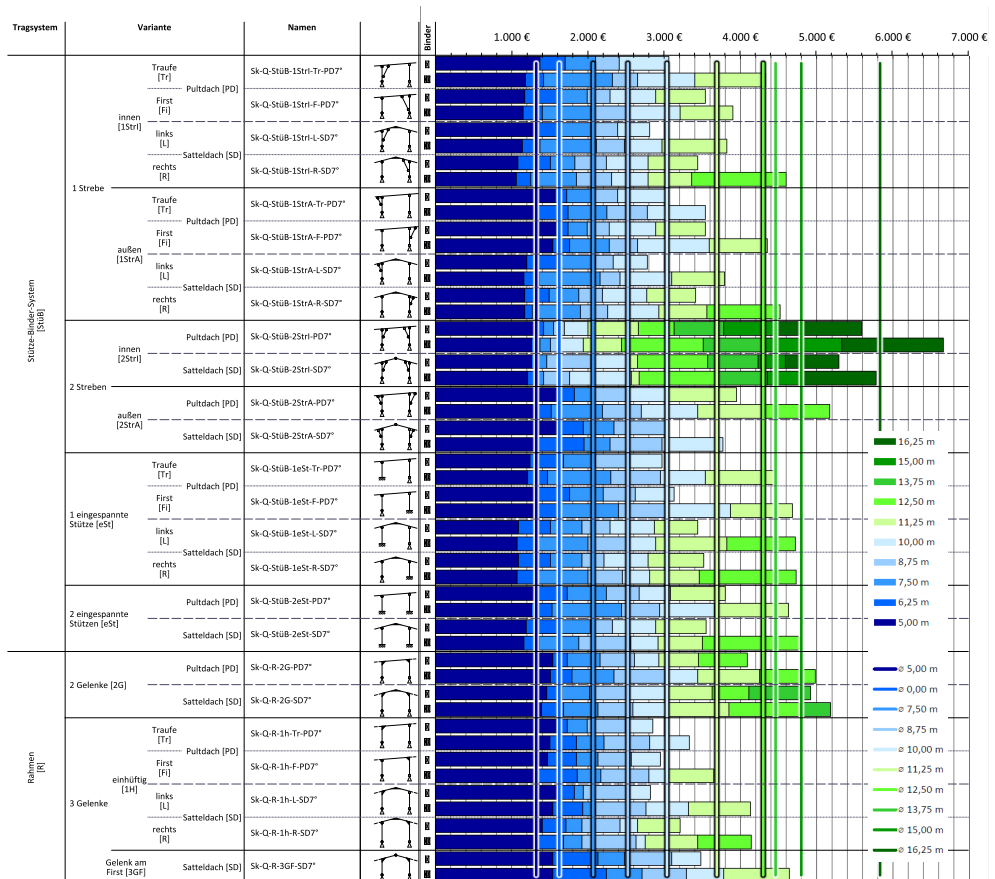
Tragwerke mit außenliegenden Streben (1StrA/2StrA), eingespannten Stützen (1eSt/2eSt) oder biegesteifen Ecken (2GR/3GRF) erzeugen dagegen meist höhere Investitionskosten als der Durchschnitt der jeweiligen Spannweitengruppe (Tab. 2). Hieraus lässt sich ableiten, dass von Spannweitengruppe zu Spannweitengruppe – bei einer Spannweitensteigerung von 1,25 m – im Mittel der Holzbedarf um ca. 18 % und die Kosten um ca. 22 % steigen. Der Kostenunterschied von der günstigsten zur teuersten Variante, innerhalb einer Spannweitengruppe, beträgt im Schnitt + 71 %. Darüber hinaus kommt, speziell bei Tragwerken mit einfachen Bauteilgeometrien und zimmermannsmäßigen Holzverbindungen (z.B. Versätze, Zangen), ein potenziell höherer Eigenleistungsanteil – sowohl beim Abbund als auch bei der Montage – hinzu. Dieser kann, je nach Verfügbarkeit von Arbeitskräften und deren handwerklichen Fähigkeiten auf dem jeweiligen Betrieb, eine wichtige Rolle zur Kosteneinsparung spielen, wurde aber im Rahmen dieser Kostenermittlung nicht berücksichtigt.

4 Ausblick

Der enorme Kostenunterschied – von der teuersten ($\approx 100\%$) zu der günstigsten (≈ 44 bis 80% , im Schnitt ca. 59%) Variante bei gleicher Spannweite – zeigt, dass für den einzelnen Landwirt ein großes Einsparpotenzial durch die Wahl des Tragwerkes besteht. Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Holzabbaus kann künftig eine Harmonisierung der verfahrensspezifischen Maße bzw. Flächen in der landwirtschaftlichen Nutztier- und Lagerhaltung und damit höhere Stückzahlen im Abbund von baugleichen Holzbauteilen für nutzungsspezifische Tragwerke beitragen. Wichtig ist, die Planung verfahrensspezifischer Tragwerke mit den ausführenden Firmen besser zu verknüpfen. Hier werden große Chancen im Rahmen des BIM-Prozesses, mit neuen Schnittstellen zwischen der Software für Architekten und Holzbaufirmen (Schnittstelle IFC-Format) gesehen.

Tab. 2: Kosten pro Binder für verschiedene Tragwerke bei verschiedenen Spannweiten

Tab. 2: Costs per truss for different structures with different spans



Literatur

Engel, H. (2009): Tragsysteme / Structure Systems. Ostfildern, Hatje Cantz Verlag

Herzog, T.; J. Natterer; R. Schweitzer; M. Volz; W. Winter (2003): Holzbauatlas. München, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

„Vario-Stall“, ein vielseitiger Experimentierstall zur Beantwortung der Frage: Von welcher Ressource benötigt die Kuh wie viel?

“Vario-Barn”, a versatile experimental barn to answer the question: how much of which resource does the cow need?

JAN HARMS, DIANA ANDRADE, ULRIKE BAUER, AGNES SIXT, JOCHEN SIMON

Zusammenfassung

Der Demonstrations- und Forschungsstall „Vario-Stall“ in Grub wird im Rahmen des Stallbau- und Forschungsprojekts „Innovationen für gesunde und ‚glückliche‘ Kühe“ (IGG) geplant und gebaut. Dadurch kann ein Liegeboxenlaufstall für 65 Milchkühe realisiert werden, der hinsichtlich Liege-/Fressplätzen, Laufflächen, Innen-/Außenlaufhöfchen, Weidezugängen und Melkkapazität einem Vielfachen der derzeitigen Stallbauempfehlungen entspricht. Die jeweiligen Ressourcen können damit sowohl erhöht als auch bewusst verknappt variabel angeboten werden. Auf diese Weise soll im Hinblick auf das Tierwohl der tatsächliche Bedarf der jeweiligen Ressource erforscht und dabei gleichzeitig die Zielkonflikte bezüglich Umweltwirkung oder Wirtschaftlichkeit adressiert werden. Neben dem Tierwohl werden daher auch Untersuchungen zu emissionsmindernden Maßnahmen (z.B. durch veränderbare planbefestigte Böden) und Aspekte des landwirtschaftlichen Bauens Schwerpunkte der wissenschaftlichen Forschung sein.

Summary

The demonstration and research barn “Vario-Barn” in Grub is planned and built as part of the barn construction and research project “Innovations for healthy and ‘happy’ cows” (IGG). The cubicle housing system for 65 dairy cows offers multiple supply of cubicles, feeding places, walking areas, indoor/outdoor exercise yard areas, access to pasture and milking capacity compared to the current recommendations for dairy barns. The respective resources can thus be both increased and deliberately decreased to offer a variable supply. In this way, the actual demand of the respective resource can be investigated as to animal welfare, considering trade-offs in terms of environmental impact or economic efficiency. In addition to the resource supply issue, studies on emission reduction (e.g., due to exchangeable solid floors) and agricultural construction are going to be conducted.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Haltung unserer Milchkühe befindet sich im Spannungsfeld zwischen Tierwohl, tierhaltungsbedingten klimarelevanten Emissionen, Nutzung globaler Ressourcen, hoher tierischer Leistung und der Wirtschaftlichkeit des Betriebszweiges Milcherzeugung (DGfZ 2020).

In diesem Spannungsfeld ist es eine große Herausforderung zu entscheiden, welche Ressourcen in welchem Umfang am besten eingesetzt werden sollten, um die Bedürfnisse der Tiere ausreichend zu befriedigen, ohne die Auswirkungen auf die Umweltwirkung und Wirtschaftlichkeit zu vernachlässigen.

Um diese und viele weitere Fragen untersuchen zu können, wird im Rahmen des Forschungsprojektes „Innovationen für gesunde und ‚glückliche‘ Kühe“ (IGG) als Teil der Nutztierstrategie des Bundes der „Vario-Stall“ für den Standort Grub (LfL/ BaySG) geplant und gebaut.

Das Besondere am „Vario-Stall“ ist, dass gemessen an der Herdengröße ein Überangebot und eine hohe Variabilität der zur Verfügung stehenden Ressourcen möglich ist, wodurch der tatsächliche Bedarf der jeweiligen Ressource aus Tierwohlsicht erforscht werden kann. Neben dem Tierwohl werden auch Umweltwirkungen (z.B. durch veränderbare planbefestigte Böden) und innovative Aspekte des landwirtschaftlichen Bauens Schwerpunkte in diesem Demonstrations- und Forschungsstall sein.

Ziel ist es, innovative Forschungsfragen wissenschaftlich beantworten zu können und somit die Grundlage für die Entwicklung von nachhaltigen, zukunftsfähigen und gesellschaftlich akzeptierten Stall- und Managementkonzepten für die Milchviehhaltung in der Praxis zu schaffen.

2 Stallbaukonzept

Im „Vario-Stall“ sollen im Durchschnitt 65 Milchkühe gehalten werden. Um die Auswirkungen unterschiedlicher Ressourcenangebote auf das Verhalten der Tiere untersuchen zu können, werden folgende Ressourcen vorgehalten:

- 96 Liegeboxen
- 119 Fressplätze
- 2 automatische Melksysteme
- 3 Weidezugänge (5–16 ha Weidefläche möglich)
- großzügig dimensionierte Laufflächen
- Innen- sowie Außenlaufhöfe

Damit der tatsächliche Bedarf der Tiere an verschiedenen Ressourcen untersucht werden kann, wird die Stalleinrichtung so variabel wie möglich installiert. So sollen zum Beispiel unterschiedliche Laufgangbreiten, verschiedene Anzahl an Fress- und Liegeplätzen, ein zusätzliches automatisches Melksystem sowie unterschiedliche Weidezugänge (zentral und dezentral) zur Verfügung gestellt oder gesperrt werden können (Abb. 1).

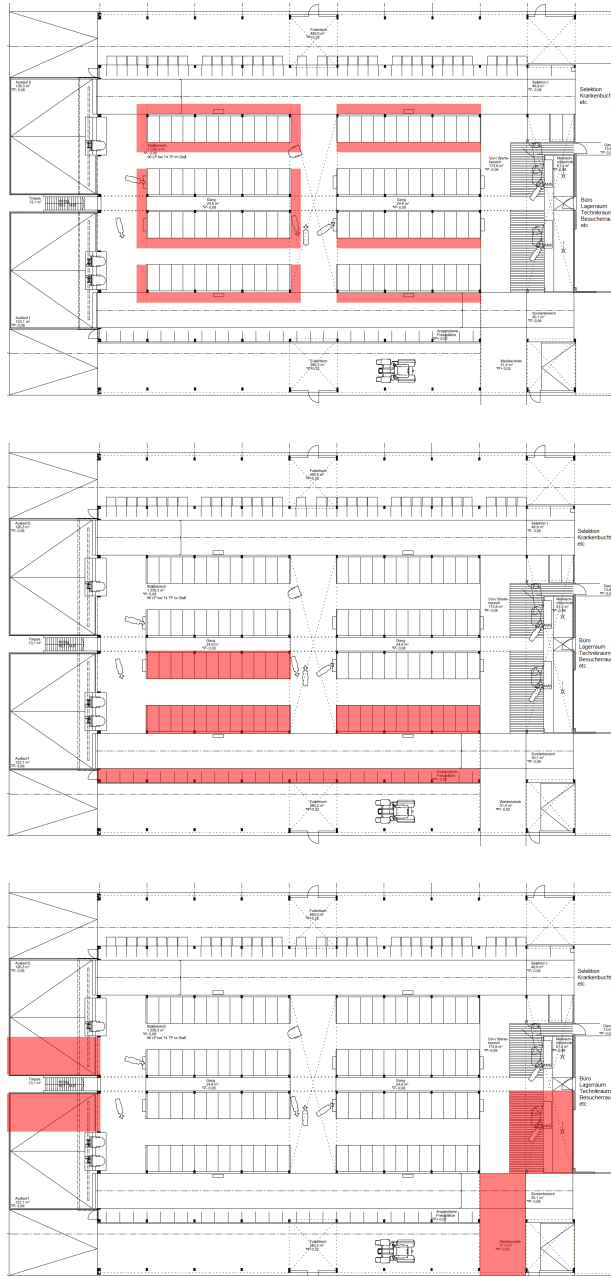


Abb. 1: Variable Lauf- und Fressgangbreiten (links), variable Anzahl an Fress- und Liegeplätzen (Mitte), variable Melkkapazität und Weidezugänge (rechts) (© J. Simon)

Fig. 1: Variable walking and feeding alley widths (left), variable number of feeding places and cubicles (center), variable milking capacity and pasture access (right) (© J. Simon)

Zusätzlich kann der Bereich der Liegeboxen zu einer freien Liegefläche (Kompostierungs- oder Tiefstreusystem) umgebaut werden. Durch das zusätzliche Angebot von Innen- und Außenlaufhöfen können die Tiere, abhängig von ihren Bedürfnissen, unterschiedliche Klimabereiche aufsuchen. Die Laufflächen der Fressgänge werden variabel gestaltet, sodass planbefestigte Böden mit unterschiedlichen Kot-Harn-Trennungsvorfahren auf ihre emissionsmindernde Wirkung untersucht werden können.

Zur Beurteilung des Tierverhaltens wird der „Vario-Stall“ mit unterschiedlicher Erfasstechnik ausgestattet. Zur Erhebung des Fressverhaltens werden smarte Fressfanggitter mit Tiererkennungssystem entwickelt. Zusätzlich soll durch eine Futtertischwaage die aufgenommene Futtermenge erfasst werden. Für Fütterungsversuche können Wiegetröge reversibel montiert werden. Auch die Tränken werden mit einer Tiererkennung sowie einer Mengenerfassung ausgestattet.

Speziell für das Tierwohlmonitoring werden bereits auf dem Markt befindliche Tierensoren eingesetzt wie Aktivitäts-, Wiederkau-, Fresssensoren und Pansenboli. Die Ortung der Kühe soll im Stall und auf der Weide möglich sein. Darüber hinaus wird der Stall „flächendeckend“ mit einem Kamerasystem ausgestattet, über das perspektivisch das Verhalten und die Position eines jeden Tieres automatisiert erfasst werden soll. Neben dem Melken wird auch die Entmistung automatisch erfolgen.

3 Aktueller Stand und Ausblick

Die Planung des „Vario-Stalls“ ist weit fortgeschritten. Die Baugenehmigung liegt bereits seit März 2023 vor. Derzeit erfolgen Anpassungen in der Planung, um Kosten zu reduzieren. Nach jetzigem Planungsstand können die ersten Ausschreibungen noch Ende 2024 stattfinden. Der Baubeginn sowie die Fertigstellung des „Vario-Stalls“ sind für 2025 geplant. Zusätzlich zur Förderung des Bundes im Rahmen der Nutztierstrategie soll eine Förderung über Mittel des Landes Bayern erfolgen.

Während des Planungsprozesses wird aktuell an der 3D-Visualisierung des „Vario-Stalls“ gearbeitet (siehe Beitrag „3D-Visualisierung von Stallbauplänen unter Berücksichtigung der Kuh-Perspektive zur optimalen Gestaltung von Ställen“). Durch die Visualisierung wird der Stall bereits während der Planungsphase interaktiv begehbar und ermöglicht es, mittels Lichtsimulation und Kuh-Perspektive auf Basis der „Echmer Kuhbrille“ (Weise 2022) kritische Stallbereiche und Situationen aus Sicht des Tieres zu identifizieren. Auch für den Wissenstransfer und die Demonstration des Stallbaukonzepts in der breiten Öffentlichkeit kann die 3D-Visualisierung genutzt werden.

Baubegleitend werden bereits im Rahmen des IGG-Projektes Forschungsfragen zur Erprobung und Entwicklung neuer automatisierter Methoden zur Erfassung des Tierverhaltens bearbeitet. Darüber hinaus läuft seit November 2023 ein bayerisches Forschungs- und Innovationsprojekt „Stallbaufragen der Zukunft – Forschungsstall CowREAD“ (<https://www.lfl.bayern.de/ilt/bauwesen/348704/index.php>), das durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus

gefördert wird. Forschungsfragen zu emissionsarmen Laufflächen, zur Kombination aus AMS- und Weidehaltung sowie zum Stallklima bzw. zum Holzbau sollen bei der Stallplanung berücksichtigt und später im „Vario-Stall“ untersucht werden.

Literatur

DGfZ – Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde (2020): Zukunftsfähige Konzepte für Zucht und Haltung von Milchvieh im Sinne von Tierschutz, Ökologie und Ökonomie. Züchtungskunde 92(2), S. 57–75

Weise, B. (2022): Hören und Sehen bei Fluchttieren – neue Ansätze zur Stressminderung in der Rinderhaltung. In: 13. Niedersächsisches Tierschutzsymposium, Hg. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Oldenburg, S. 15–26

Danksagung und Förderhinweis

Wir bedanken uns bei allen Projektbeteiligten des IGG-Projektes und Mitarbeitern der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und der Bayerischen Staatsgüter für die Unterstützung zur Entwicklung des Konzeptes „Vario-Stall“. Die Förderung des Projekts IGG (FKZ: 28N303907) erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Überwiegend soll der Stallbau aus Mitteln des Landes Bayern gefördert werden.

Chancen und Möglichkeiten der Ressource „Rinderstall“ durch ein Managementsystem hin zu mehr Nachhaltigkeit

Opportunities and possibilities of the resource “dairy cattle barn” through a management system towards more sustainability

CHRISTOPH KREITENWEIS-EISGRUBER, HEINZ BERNHARDT

Zusammenfassung

Mit fortschreitendem Agrarstrukturwandel geben auch in Bayern landwirtschaftliche Betriebe ihre Rinderhaltung auf. Zurück bleiben leerstehende Stallgebäude. Es soll untersucht werden, wie diese Ställe einer Folgenutzung zugeführt werden können. In einer ganzheitlichen Betrachtung ergeben sich Lösungsansätze von Rückbau zu Gewerbe bis Wohnnutzung. Ziel ist es, ein Managementsystem für verschiedene bayerische Regionen zu entwickeln, wie mit landwirtschaftlichem Leerstand umgegangen werden kann.

Summary

As agricultural structures continued to change, farms in Bavaria also gave up dairy farming. What remains is empty stables. The aim is to investigate how these stables can be used for reuse. A holistic view approach results in solutions ranging from deconstruction for commercial to residential use. The aim is to develop a management system for different Bavarian regions on how to deal with agricultural vacancies.

1 Einleitung und Zielsetzung

Kaum ein anderes landwirtschaftliches Nutzgebäude in Bayern hat sich in den vergangenen einhundert Jahren einer vergleichbaren Veränderung unterzogen wie der Rinderstall. Von geschlossenen, massiven Baukörpern aus Stein, oftmals unter einem Dach mit dem betrieblichen Wohnhaus, hin zu großvolumigen, offenen Laufställen aus Holz und Stahl.

Nichtsdestotrotz schreitet der Agrarstrukturwandel voran. Der ökonomische Druck zwingt rinderhaltende Betriebe zur kontinuierlichen Erweiterung der Anzahl an Tierplätzen und damit einhergehend zu neuen Bauvorhaben.

Vor dem Hintergrund der familiären Prägung landwirtschaftlicher Strukturen in Bayern, geht mit dem Generationenübergang aber oftmals auch eine Zäsur in der betrieblichen Rinderhaltung mit einher. Leerstehende, dem baulichen Verfall preisgegebene Rinderställe verschiedener baulicher Dimension verbleiben als Zeugnis der früheren landwirtschaftlichen Produktion.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, den gegenwärtigen Zustand von Rinderställen in Bayern zu dokumentieren und unter dem Gesichtspunkt einer nachhaltigen Entwicklung Möglichkeiten zu evaluieren, um diese einer neuen höherwertigen Nutzung zuzuführen. Dabei sollen verlassene, leerstehende und dem ursprünglichen Bauzweck entfremdete Rinderställe nicht als negatives Relikt der Vergangenheit angesehen werden, sondern vielmehr als wertvolle Ressource. Ein Managementsystem angepasst an die Individualitäten der verschiedenen bayerischen Regionen ist das finale Ziel.

2 Struktur

Grundlage der Untersuchung bildet eine ausführliche Analyse der gegebenen Verhältnisse in der bayerischen Rinderstallbaukultur. Dabei wird neben den typologischen Bauweisen der verschiedenen Regionen die temporale Komponente der Agrararchitektur untersucht. Der Fokus liegt darin, herauszufinden, wie groß die tatsächlich vorhandene Ressource „Rinderstall“ für Bayern ist.

In der weiteren Vorgehensweise liegt die Untersuchung der rechtlichen Situation. Die Möglichkeiten und Grenzen des bayerischen Baurechts für Betriebsinhaber (Kreitenweis-Eisgruber et al. 2021) und Kommunen werden ebenso betrachtet wie die strukturelle Situation. Hier stellt sich die Frage, in welchen Gebieten ein Rinderstallbau für die Zukunft unter Berücksichtigung negativer Umwelteinflüsse stattfinden kann.

3 Ergebnisse und Ausblick

Erste Ergebnisse zeigen, dass bayerische Rinderställe für landwirtschaftliche Betriebe in singulärer Sicht, für Kommunen und Regionen in gesamtgesellschaftlicher Weise ein Risiko darstellen. Beide eint die Problematik Leerstand. Während für den landwirtschaftlichen Betrieb, nach Aufgabe der ursprünglichen Nutzung, gebundenes Kapital dem Verfall preisgeben ist, stellt Leerstand für die Region ein empfindliches Problem bezüglich des Erhalts der Kulturlandschaft dar. Andererseits kann ein Rinderstall in Abhängigkeit seines Erhaltungszustandes ein enormes Ressourcenpotenzial darstellen. Im schlechtesten Fall, die des Rückbaues, kann der Stall als Rohstofflieferant dienen. Alternativ kann dieser auch als Ausgangsbasis für die Erweiterung der landwirtschaftlichen Tierhaltung genutzt werden, beispielsweise in Form des Umbaus eines Stalls mit Anbindehaltung zu einem kleineren Laufstall. Eine höherwertige Folgenutzung kann der Umbau in Gewerbeflächen darstellen. Dadurch könnten Kommunen Flächen für Gewerbebetriebe schaffen, ohne neue Gewerbeflächen auszuweisen, bereits bestehende Infrastruktur kann genutzt werden.

Ein weiteres Nutzungskonzept für Leerstand stellt Wohnraum dar. 2027 könnten bereits 830.000 Wohnungen nach Schätzungen des Zentralen Immobilienverbandes (ZIA 2024) in Deutschland fehlen. Diese zu erwartende Tendenz lässt sich auch auf die bayerischen Ballungsräume München, Nürnberg, Augsburg und Regensburg übertragen. Dabei ist im Großraum München der größte Zuzug zu erwarten. Ein Überschneidungspunkt mit dem bayerischen Oberland, einem Zentrum von Rinderhaltung und damit einhergehend Ställen, lässt sich erkennen.

Wohnraum in leerstehenden Rinderställen kann daher eine gesamtgesellschaftliche Chance bieten. In Abhängigkeit von Lage, Alter, Bauzustand und Agrararchitektur sind diverse Formen von Revitalisierung in Wohnraum denkbar. Möglichkeiten erstrecken sich von Wohnungen in älteren Stallbauten mit Gewölbearchitektur über Reihenhäuser bis hin zu Wohnkuben eingebracht in Laufställen.

Neben einem Beitrag zur Lösung der Wohnraummangellage, profitieren Kommunen von bereits vorhandener Infrastruktur und dem Erhalt von kulturlandschaftsprägender Agrararchitektur.

Damit ein Managementsystem jedoch implementiert werden kann, bedarf es des Aufzeigens und Erkennens von Leerständen, deren Folgen sowie des Potenzials, welches durch die Nutzbarmachung freigesetzt werden kann.

Literatur

Kreitenweis-Eisgruber, C.; Bernhardt, H. (2021): Development of sustainable solutions for the construction of cowsheds in bavaria. 48. Symposium „Actual Tasks on Agricultural Engineering“, Opatija, Kroatien

ZIA (2024): Frühjahrsgutachten Immobilienwirtschaft 2024 des Rates der Immobilienweisen. S. 197–219

Erprobung von Premium-Tierwohlställen für die Ferkelaufzucht im Hinblick auf Tierwohl und Praktikabilität

Testing of premium animal welfare barns for piglet rearing with regard to animal welfare and practicability

CHRISTINA JAIS, MAGDALENA KREBS, MARINA HETZNER, ANDREAS NÜSSLEIN

Zusammenfassung

Die Untersuchung umfasste 2.100 unkupierte Ferkel in drei Tierwohl-Außenklimaställen (AK) mit planbefestigten, eingestreuten Liegenflächen mit und ohne Abdeckung. Alle Stallungen sind in Funktionsbereiche unterteilt und verfügen über einen Auslauf mit erhöhtem Platzangebot. Die Stallungen wurden, gegenüber einer konventionellen Bucht (K) nach ITW, hinsichtlich tier- und managementbezogener Parameter, wie Schwanzverletzungen, Gesundheitsstatus, Gewichtsentwicklung sowie Materialaufwand und Arbeitszeit betrachtet. Die untersuchten alternativen Haltungssysteme für Aufzuchtferkel zeigten einen positiven Einfluss auf die Tiergesundheit und das Tierverhalten. Bedenken bezüglich einer verminderten Zunahme in Außenklimastallungen bestätigten sich nicht. Zum Ende der Ferkelaufzucht wiesen die Ferkel deutlich weniger Verletzungen (unversehrt K: 62,4 %, AK 94,6 %) und Längenverluste (K: 19,8 %, AK: 3,6 %) an den Schwänzen auf und somit wurde ein deutlich höherer Erfolg in der Haltung von unkupierten Ferkeln in den Außenklimaställen erreicht.

Summary

The study included 2,100 undocked piglets in three animal welfare outdoor climate barns (AK) with flat, interspersed lying areas, with and without cover. All stables are divided into functional areas and have a run with increased space. Compared to a conventional pen (K) according to ITW, the stables were tested with regard to animal and management-related parameters, e.g. tail injuries, health status, weight development, as well as material costs and working time are considered. The investigated alternative husbandry systems for rearing piglets showed a positive influence on animal health and animal behaviour. Concerns about a reduced weight increase in outdoor climate stables were not confirmed. At the end of the piglet rearing, the piglets showed significantly fewer injuries (intact K: 62.4 %, AK 94.6 %) and loss of length (K: 19.8 %, AK: 3.6 %) on the tails and thus a significantly higher success was achieved in the keeping of undocked piglets in the outdoor climate stables.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Zuge des Umbaus der Tierhaltung und der Forderung nach mehr Tierwohl werden Schweineställe wieder geöffnet, Festflächen und Ausläufe geschaffen sowie Einstreu vorgelegt. Ferner gewinnt die Haltung von unkupierten Tieren zunehmend an Bedeutung. Allerdings sind Außenklimaställe in der Ferkelaufzucht bisher noch selten anzutreffen, wobei diese für eine konsistente Ausrichtung über alle Haltungsabschnitte und Altersstufen sowie für eine erfolgreichere Haltung unkupierter Schweine miteinbezogen werden müssen. Auch eine Anpassung des Managements ist erforderlich.

2 Material und Methoden

Im Frühjahr 2021 wurden am Versuchsbetrieb der Bayerischen Staatsgüter in Schwarzenau drei verschiedene Außenklimastallungen für die Ferkelaufzucht in Betrieb genommen. In allen Systemen steht den Ferkeln eine Fläche von mindestens 0,7 m² und Rau- und Trockenfutter ad libitum zur Verfügung. Die Liegeflächen sind eingestreut. Bei zwei der Außenklimastallungen sind Fress- und Kotbereich im wettergeschützten Auslauf angeordnet, die Liegefläche ist planbefestigt und beheizt in einem Liegehaus angesiedelt. Hier unterscheiden sich die beiden Systeme durch eine nicht abgedeckte, in der Größe verstellbare Liegefläche in dem einen im Vergleich zu einer abgedeckten Liegefläche im anderen System. Das dritte Stallsystem ist als Außenklimastall mit beheizter, planbefestigter und abgedeckter Liegekiste aufgebaut. Der Fress- und Aktivitätsbereich befindet sich in der Gebäudehülle und ein zusätzlicher Auslauf ist angeschlossen.

Über zwei Jahre wurden in acht Durchgängen (DG) insgesamt ca. 2.100 unkupierte Ferkel in den drei Außenklimaställen und einer Kontrollgruppe in konventioneller Haltung hinsichtlich Tierwohl und Produktionsleistung untersucht. Der Fokus lag auf der Erhebung von Schwanzbefunden nach dem Deutschen Schweine-Boniturschlüssel (DSBS), SINS-Merkmalen, Tiergesundheit und -verhalten, Nutzung der Buchtenstruktur, Zunahme und Futteraufwand sowie Management, Klima und Schadgasen und ökonomischen Aspekten. Zusätzlich wurde ein Teil der Ferkel im Verlauf der Mast in einem alternativen Haltungssystem weiter beobachtet.

3 Ergebnisse

3.1 Tiergesundheit und Gewichtsentwicklung

Im Versuch wurde kein nachteiliger Effekt des Außenklimas bzw. Außenklimareizes auf die Gesundheit, die Gewichtsentwicklung und Futterverwertung der Aufzuchtferkel beobachtet. Die durchschnittliche tägliche Zunahme lag bei 473,7 g.

3.2 Entwicklung von Verletzungen und Längenverlusten am Schwanz nach DSBS

Im Verlauf der Aufzucht war ein deutlicher Unterschied in der Entwicklung der Verletzungen (DB) und Längenverlusten (LV) zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe erkennbar (Abb. 1). Zu Beginn der Ferkelaufzucht war, v. a. in den alternativen Systemen, der Anteil der geringgradigen Hautdurchbrechungen durch Technopatienten und Gruppenzusammenstellung deutlich höher, diese heilten in den ersten Wochen ab. In der Kontrollgruppe traten ab der vierten Woche vermehrt schwerere Verletzungen am Schwanz auf, die schließlich in einem Längenverlust des Schwanzes resultierten.

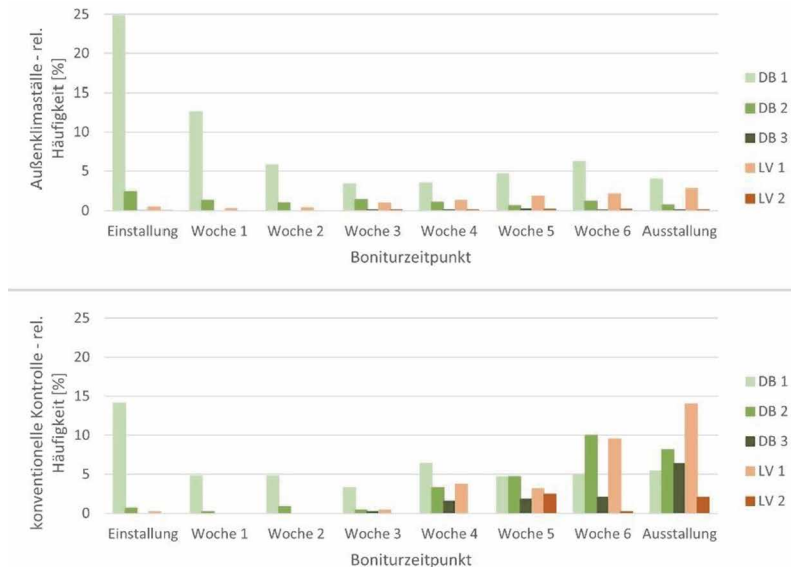


Abb. 1: Verteilung der Boniturnoten nach DSBS für Hautdurchbrechungen (DB) Grad 1–3 und Längenverlust (LV) Grad 1 und 2 für die Außenklimaställe (oben) und die konventionelle Kontrolle (unten) im Verlauf der Ferkelaufzucht (© LfL)

Fig. 1: Distribution of DSBS scores for skin breakthroughs (DB) grade 1–3 and loss of length (LV) grade 1 and 2 for the alternative husbandry systems (top) and conventional control (bottom) in the course of piglet rearing (© LfL)

3.2 Anteil verkaufsfähiger und unversehrter Ferkel

Im Vergleich der beiden Versuchsgruppen zeigte sich zum Ende der Ferkelaufzucht ein um 32,2 % höherer Anteil unversehrter Ferkel in den Außenklimaställen. Nicht verkaufsfähig waren 10,7 % der Ferkel aus der konventionellen Kontrolle und 0,1 % aus den Außenklimastallungen (Tab. 1).

Tab. 1: Anteil der verkaufsfähigen und nicht verkaufsfähigen Ferkel zum Ende der Ferkelaufzucht in der Kontrollgruppe und im Mittel über die Außenklimaställe, aufgeteilt nach Abstufungen der Unversehrtheit des Schwanzes

Tab. 1: Percentage of saleable and non-saleable piglets at the end of piglet rearing in the control group and on average across the alternative husbandry systems, divided by degrees of tail integrity

Verkaufsfähigkeit und Unversehrtheit des Schwanzes	Konventionelle Kontrolle in %	Außenklimaställe in %
Verkaufsfähig, unversehrt	62,4	94,6
Verkaufsfähig, leicht verletzt	4,3	0,6
Verkaufsfähig, Längenverlust	19,8	3,6
Nicht verkaufsfähig	10,7	0,1

3.3 Arbeitsaufwand

Der Arbeitsaufwand in den Außenklimastallungen war erhöht. Für die täglichen Arbeiten fiel ein zusätzlicher Aufwand für die Reinigung der eingestreuten Flächen von ca. 30 s pro Bucht (à 20 Ferkel) und Tag an. Die Buchtensauberkeit konnte durch die Anpassung der Größe der Liegefläche und der Temperatursteuerung maßgeblich verbessert werden.

4 Fazit

Die in diesem Versuch untersuchten Außenklimaställe sind auch für Absatzferkel stabil und sicher zu betreiben. Negative Auswirkungen auf Wachstum und Gesundheit sind bei angepasstem Stallklima und Management nicht zwingend zu befürchten. Die Stallungen wirken sich durchweg positiv auf die unkupierten Ferkel aus. Allerdings bedürfen diese Art von Haltungssystemen ein Umdenken im Management und erfordern ein höheres Maß an Arbeitsaufwand.

Mit den am Versuchsstandort Schwarzenau erprobten Außenklimastallungen stehen der Praxis funktionsfähige Beispiele für alternative Haltungsformen in der Ferkelaufzucht zur Verfügung.

Literatur

- Rainer, G. (2019): Entzündungs- und Nekrosesyndrom beim Schwein (SINS). Deutsches Tierärzteblatt 67(3), S. 338–346
- Bönisch, K.; vom Brocke, A.; Dippel, S.; Grümpel-Schlüter, A.; Hagemann, L.; Jais, C.; Lösel, D.; Müller, A.; Müller, S.; Naya, A.; Schrade, H.; Späth, C.; Veit, C.; Wild, A.; Lechner, M. (2017): Deutscher Schweine-Boniturschlüssel (DSBS). https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00079623, Zugriff am 25.06.2024

Förderung

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Förderkennzeichen: A/20/10

Innovatives Stallbaukonzept zur tierwohlgerechten Milchproduktion in einer Familienherde – Milchviehstall der Zukunft

Innovative barn concept for animal-friendly milk production in a family herd – dairy barn of the future

RAMONA WULF, SUSANNE DEMBA, LISA BACHMANN

Zusammenfassung

Im Rahmen des Stallbau- und Forschungsprojekts „Innovationen für gesunde und ‚glückliche‘ Kühe“ (IGG) wird der Demonstrations- und Forschungsstall „Milchviehstall der Zukunft“ am Standort Dummerstorf geplant und gebaut. Das Management- und Haltungskonzept dieses Stalls stellt die natürlichen Verhaltensweisen der Rinder und damit das Tierwohl in den Mittelpunkt und umfasst die muttergebundene Aufzucht in einer Familienherde, eine freie Liegefläche und alters- und laktationsgerechte Fütterung über smarte Fressfanggitter, Weidegang im Sommer und eine Auslauffläche im Winter sowie ein umfassendes Automatisierungs- und Digitalisierungskonzept. Nach Fertigstellung des Stalles tragen Untersuchungen zur Erforschung einer tierwohlgerechten Milchproduktion in einer Familienherde bei und überprüfen die Übertragbarkeit in die landwirtschaftliche Praxis.

Summary

The demonstration and research barn “Dairy barn of the future” is planned and built in Dummerstorf as part of the barn construction and research project “Innovations for healthy and ‘happy’ cows” (IGG). The management and husbandry concept of this barn focuses on the natural behavior of cows, calves and youngstock and therefore on animal welfare, and includes: mother-bonded calf rearing in a family herd, a free lying area and age- and lactation-appropriate feeding via smart feeding fences, grazing in summer and a paddock with plane floor in winter, as well as an integrated automation and digitalization concept. After the construction of the barn has been completed, studies will contribute to research into animal friendly milk production in a family herd and check its transferability into agricultural practice.

1 Einleitung und Zielsetzung

In den letzten Jahren wurden umfassende Investitionen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen für Milchkühe vorgenommen. Trotzdem besteht weiterhin noch viel Handlungsbedarf in Bezug auf Tierwohl und Tiergesundheit sowie gesellschaftliche Akzeptanz der Tierhaltung (Cook und von Keyserlingk 2023). Neue Ansätze, wie die muttergebundene Aufzucht von Kälbern (Meagher et al. 2019) und kuhgerecht gestaltete Liege- und Laufflächen (Gieseke et al. 2020), tragen zu einer gesellschaftlich akzeptierten und tiergerechten Haltung von Kälbern und Milchkühen bei. Es gibt jedoch viele offene Fragen, die für eine zukunftsfähige Implementierung in die Praxis beantwortet werden müssen: Welche Effekte hat ein Maximum an Tierwohl auf die Gesundheit und Langlebigkeit von Milchkühen? Wie wirkt sich eine immer stärker automatisierte Haltung von Kühen und deren Nachzucht auf das Tierverhalten, insbesondere gegenüber dem Menschen, aus? Wie kann das Absetzen in einer muttergebundenen Kälberaufzucht möglichst stressfrei erfolgen? Führt eine am Tierwohl konzipierte Milchviehhaltung zu einer höheren Akzeptanz der milchproduzierenden Tierhaltung? Innovative und rindergerechtere Stallbaukonzepte, die die genannten Fragen integrieren und damit zu wissenschaftlich fundierten Antworten beitragen, sind gegenwärtig nicht vorhanden. Erlebbare und innovative Demonstrations- und Forschungsställe werden aber benötigt, wenn die landwirtschaftliche Tierhaltung umgebaut werden soll. Diese Lücke soll der Demonstrations- und Forschungsstall „Milchviehstall der Zukunft“, der im Rahmen des Stallbau- und Forschungsprojekts „Innovationen für gesunde und ‚glückliche‘ Kühe“ (IGG) als Teil der Nutztierstrategie des Bundes am Standort Dummerstorf geplant und gebaut wird, schließen.

2 Stallbaukonzept

Im „Milchviehstall der Zukunft“ sollen Kälber, Jungrinder und Kühe aller Laktations- und Trächtigkeitsstadien in einer Familienherde gehalten werden. Hochtragende Milchkühe können sich in Abkalboxen selbst separieren und kalben unter hygienisch einwandfreien und verhaltenskonformen Bedingungen. Die Kälber werden anschließend 16 Wochen muttergebunden aufgezogen. Um die Kälber vor ihren älteren Artgenossen zu schützen und den Stress, der durch Konflikte entsteht, zu reduzieren, wird den Kälbern ein „Kälberschlupf“ zur Verfügung gestellt (Abb. 1). Dorthin können sich die Kälber bei Bedarf zurückziehen. Zusätzlich bietet dieser Bereich ebenfalls die Möglichkeit mithilfe eines sogenannten smarten Schlupftors, das Absetzen der Kälber von ihren Müttern zu regulieren.

Zum Wohl aller gehaltenen Tiere werden auch die männlichen Kälber in der Familienherde muttergebunden aufgezogen. Weibliche Kälber werden nach dem Absetzen in die Herde integriert und wachsen bis zur Milchkuh heran. Männliche Kälber sollen nach dem Absetzen den Betrieb verlassen.

Der geplante Stall hat eine freie Liegefläche, die so gestaltet ist, dass alle denkbaren Einstreumaterialien eingesetzt und deren Vor- und Nachteile umfangreich untersucht werden können. Im Zentrum der freien Liegefläche wird ein offener, mit Bäumen begrünter Lichthof integriert. Es ist geplant, den Tieren dauerhaften Zugang zur Weide anzubieten. Die Zuteilung der Weide soll mit „Virtual Fences“ erfolgen.

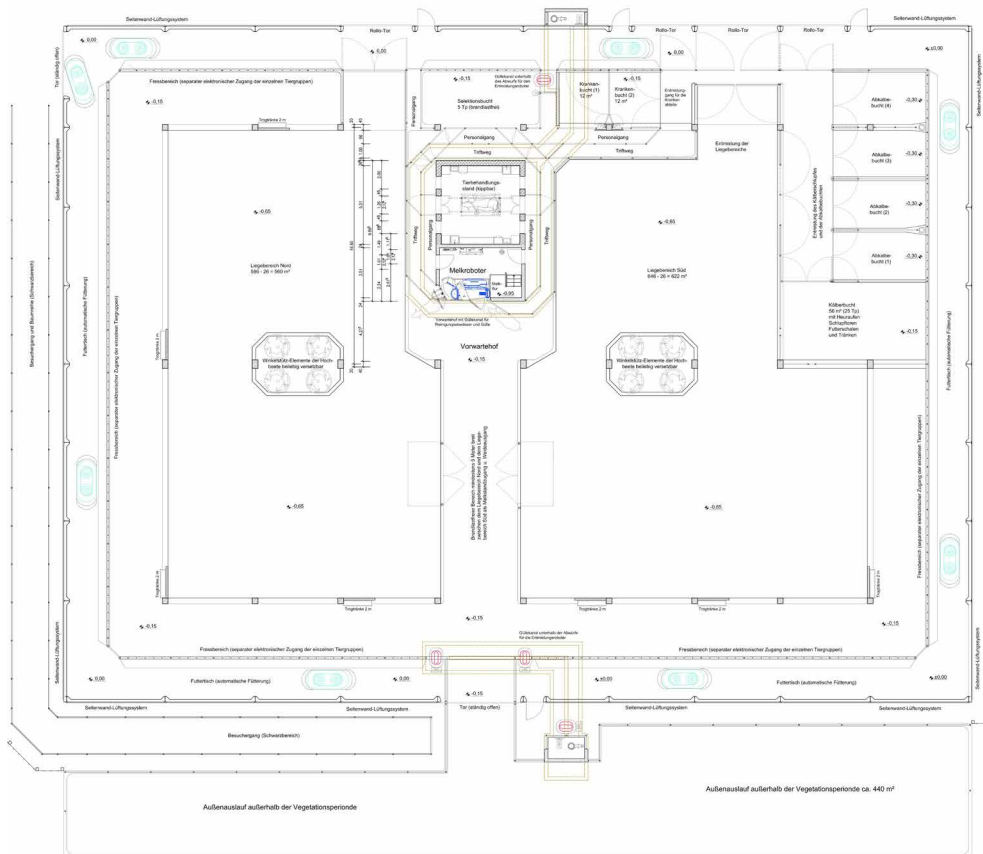


Abb. 1: Stallgrundriss für eine Familienherde im „Milchviehstall der Zukunft“ am Standort Dummerstorf (Bauzeichnung © Baukonzept Neubrandenburg GmbH)

Fig. 1: State of planning for the “Dairy barn of the future” in Dummerstorf (Construction drawing © Baukonzept Neubrandenburg GmbH)

Ein umfassendes Digitalisierungs- und Automatisierungskonzept wird für den Stall erstellt. Es ist geplant Precision-Dairy-Applikationen für die Tierortung im Stall und auf der Weide, das Monitoring unterschiedlicher Verhaltensweisen (Fressverhalten, Wiederkauverhalten, Aktivität) und die Früherkennung von Ereignissen (z.B. Erkrankungen,

Kalbung) zu nutzen. Zudem sollen die Fütterung, das Melken und die Entmistung automatisiert durchgeführt werden.

Neben dem Einsatz bereits existierender Stalleinrichtungen werden auch Stalltechniken neu entwickelt werden müssen, um die Umsetzung des Stallkonzepts zu gewährleisten. Dafür werden im Rahmen des Projektes sogenannte smarte Fressfanggitter und ein smarter Schlupftor für Kälber entwickelt. Smarte Fressfanggitter sollen eine alters- und laktationsspezifische Fütterung der Tiere in der Familienherde ermöglichen. Das smarte Schlupftor für Kälber soll die Zugangsberechtigung zwischen Kälberschlupf und Herde regeln, um den Absatzprozess zu steuern und tierindividuelle Gewichte zu erfassen.

Eine Besichtigung des „Milchviehstalls der Zukunft“ kann jederzeit unter Berücksichtigung der Biosicherheit über einen Besichtigungsgang erfolgen. Alle Bereiche, welche nicht direkt zugänglich gemacht werden können, können per Videopräsentation im Seminarraum vorgeführt werden.

3 Aktueller Stand und Ausblick

Mit dem von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderten Vorhaben soll der „Milchviehstall der Zukunft“ mit innovativen Haltungs- und Managementlösungen gebaut werden. Die Planung des Stalls ist weit fortgeschritten und die Baugenehmigung steht bevor. Nach Fertigstellung des Stalles werden Untersuchungen zur tierwohlgerichteten Milchproduktion in einer Familienherde durchgeführt und die Übertragbarkeit in die landwirtschaftliche Praxis überprüft. Nur mit solchen innovativen Forschungskapazitäten in dafür vorgesehenen Forschungs- und Demonstrationsställen ist eine konsequente Weiterentwicklung der Haltungsbedingungen bezüglich Tierwohl auf wissenschaftlich fundierten Grundlagen umsetzbar.

Literatur

- Cook, N. B.; von Keyserlingk, M. A. G. (2024): Perspective: Prolonged cow-calf contact-A dilemma or simply another step in the evolution of the dairy industry? *J Dairy Sci.* 107(1), pp. 4–8, <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23840>
- Gieseke, D.; Lambertz, C.; Gauly, M. (2020): Effects of cubicle characteristics on animal welfare indicators in dairy cattle. *Animal* 14(9), pp. 1934–1942, <https://doi.org/10.1017/s1751731120000609>
- Meagher, R. K.; Beaver, A.; Weary, D. M.; von Keyserlingk, M. A. G. (2019): Invited review: A systematic review of the effects of prolonged cow-calf contact on behavior, welfare, and productivity. *J Dairy Sci.* 102(7), pp. 5765–5783. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16021>

Danksagung und Förderhinweis

Wir bedanken uns bei allen Projektbeteiligten des IGG-Projektes für die Unterstützung zur Entwicklung des Konzepts „Milchviehstall der Zukunft“. Weiterhin gilt unser Dank Baukonzept Neubrandenburg GmbH für die bauplanerische Umsetzung des Stallkonzepts.

Das Vorhaben wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen: 28N303901.

Kombination von Photovoltaik und Freilandhaltung Legehennen

Combination of photovoltaics and free-range laying hens

SARAH KIMMICH, JENS HARTUNG, TABEA ALDINGER, BARBARA BENZ

Zusammenfassung

Im Rahmen der Energiewende soll der Ausbau von Solarenergie vorangetrieben werden. Freilandhaltung von Legehennen unter PV-Anlagen bietet sich für eine kombinierte Nutzung von Landwirtschaft und Energiegewinnung (Agri-Photovoltaik) an. Die rechtlichen Grundlagen wurden im November 2023 mit der Anpassung der Vermarktungsrichtlinien geschaffen.

Dieses Projekt untersucht den Einfluss der PV-Module auf das Auslaufverhalten der Legehennen und den damit verbundenen Effekten auf die Vegetation, die Nährstoffeinträge in den Boden und betriebswirtschaftliche Kenngrößen auf zwei Praxisbetriebe in Baden-Württemberg. Mithilfe einer Software können verschiedene Ausführungen von Agri-PV-Anlagen auf den Betrieben simuliert und die Stromerträge untersucht werden.

Summary

The expansion of solar energy is to be driven forward as part of the energy transition. Free-range rearing of laying hens under PV systems lends itself to the combined use of agriculture and energy generation (agrivoltaics). The legal basis was created in November 2023 with the amendment of the EU Marketing Directive.

This project investigates the influence of PV modules on the outdoor behavior of laying hens and the associated effects on vegetation, nutrient inputs into the soil and economic parameters on two practical farms in Baden-Württemberg. Software can be used to simulate different versions of agrivoltaic systems on farm and examine the electricity yields.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Bundesregierung plant eine Wende weg von fossilen Energieträgern hin zu einer klimafreundlichen und erneuerbaren Energieversorgung. Der zum Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) 2023 vorgelegte Referentenentwurf sieht für die Solarenergie Ausbauraten von 22 GW pro Jahr vor (Deutscher Bundestag 2022). Doch die Flächeninanspruchnahme durch PV-Freiflächenanlagen steht dem Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie entgegen, den Flächenverbrauch zu reduzieren.

Ein Kompromiss ist die Agri-Photovoltaik (Agri-PV) als kombinierte Nutzung ein und derselben Fläche für landwirtschaftliche Produktion als Hauptnutzung und für Stromproduktion als Sekundärnutzung (DIN SPEC 91434).

Durch die Novellierung der Vermarktungsnorm für Eier (Delegierte Verordnung (EU) 2023/2465 der Kommission) wurde für Freilandbetriebe die Rechtsgrundlage hierfür geschaffen.

Im Rahmen dieses Projekts werden zwei Legehennen haltenden Betriebe in Baden-Württemberg in der Umstellung auf Agri-PV begleitet und Daten erhoben, um daraus Empfehlungen für die Praxis zu formulieren.

1.1 Tierverhalten

Zahlreiche Studie belegen, dass sich Legehennen im Auslauf bevorzugt im stallnahen Bereich aufhalten (Zeltner und Hirt 2003). Die Tierbeobachtungen sollen zeigen, wie sich die Auslaufnutzung der Legehennen vor und nach dem Bau einer PV-Anlage verändert. Durch die Aufteilung der Tiere in Gruppen kann untersucht werden, wie unterschiedliche Anteile an überdachter PV-Fläche das Verhalten im Auslauf beeinflussen. Durch eine regelmäßige Zählung der Tieraufenthalte soll eine Aussage darüber getroffen werden, ob sich die Tierzahl und deren Entfernung zum Stall unterscheiden.

1.2 Vegetations- und Bodenanalyse

Eine stark beanspruchte Grasnarbe und ein hoher Nährstoffanfall sind Probleme der Freilandhaltung (Elbe et al. 2006). Es wird über die Projektlaufzeit hinweg untersucht, ob sich der Aufwuchs hinsichtlich des Ertrags und in der Zusammensetzung der Pflanzenarten unter den PV-Modulen und auf der Freifläche unterschiedlich entwickelt. Darüber hinaus wird der Zustand der Grasnarbe in bestimmten Abständen zum Stall dokumentiert.

Bodenproben sollen zeigen, ob es im stallnahen Bereich zu Akkumulation von Nährstoffen kommt.

1.3 Betriebswirtschaftliche Aspekte

Neben den Einflüssen auf das Tierverhalten und die Umwelt, sollen auch Aussagen über den zusätzlichen Arbeitszeitaufwand einer PV-Anlage im Auslauf getroffen werden.

Über die Simulation von verschiedenen Ausrichtungen der PV-Module kann beispielhaft dargestellt und diskutiert werden, welche Unterschiede beim Energieertrag durch die baulich-technische Ausgestaltung von PV-Anlagen auf Legehennenausläufen entstehen können.

2 Material und Methoden

Beide Betriebe repräsentieren für Baden-Württemberg typische Betriebsstrukturen mit Freilandhaltung und Direktvermarktung als einen von mehreren Betriebszweigen. Die untersuchten Herdengrößen liegen bei 4.500 und 5.000 Tieren. Es werden Braun- und Weißlegger gehalten.

2.1 Zeitplan

Das Projekt startete am 21.12.2022 und endet am 31.12.2025. Da Betrieb A bereits eine PV-Anlage installiert hat, sind dort Beobachtungen über zwei Jahre möglich, während es beim Betrieb B ein Jahr sein wird.

In diesem Bericht werden Zwischenergebnisse vom Betrieb A (Tierbeobachtung und Vegetationsanalyse) und Ergebnisse der Ertragssimulationen von beiden Betrieben präsentiert.

2.2 Untersuchungsaufbau

Auf Betrieb A stehen die Modulreihen parallel zum Stallgebäude, die Abstände zwischen den Reihen betragen ca. 2,5 m (Abb. 1). Betrieb B plant eine Anlage mit Modulreihen im 90°-Winkel zum Stall stehend und Abständen von ca. 4 bis 4,5 m (Abb. 2).



Abb. 1: Betrieb A: Modulreihen parallel zum Stall

Fig. 1: Farm A: Panels parallel to the stable

(© 2024 CNES/Airbus, GeoBasis-DE/BKG, Maxar Technologies, Kartendaten)

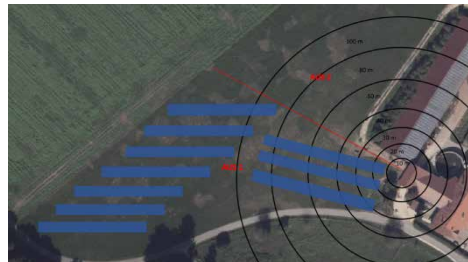


Abb. 2: Betrieb B: Module im 90°-Winkel zum Stall

Fig. 2: Farm B: Panels in a 90° angle to the stable

(© 2024 GeoBasis-DE/BKG (© 2009))

Für eine vergleichbare Datenerhebung und -auswertung werden auf beiden Betrieben Radien in unterschiedlicher Entfernung zu den Auslauföffnungen definiert. An diesen Abmessungen orientieren sich die Messpunkte für die zu untersuchenden Parameter (Tab. 1).

Tab. 1: Untersuchungsparameter auf den Betrieben

Tab. 1: Test parameters on the farms

Untersuchungsparameter	Verwendete Messtechnik
Tierverhalten	Scan-Sampling-Verfahren
Vegetationsanalyse	Göttinger Schätzrahmen
Bodenanalyse	Phosphor- und Nitratanalytik
Arbeitszeitaufwand	Arbeitsprotokolle
Ertragssimulation	Simulationssoftware PV*Sol Premium

3 Ausblick

Die vorgestellte Studie liefert empirische Daten zur Auslaufnutzung, Vegetation, Nährstoffeinträgen und Betriebswirtschaft aus zwei Praxisbetrieben mit unterschiedlicher Ausrichtung und baulich-technischer Ausführung der PV-Anlagen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für Praxishinweise zur Ausgestaltung und dem Management von PV-Anlagen auf Legehennenausläufen.

Literatur

- Deutscher Bundestag (2022): Drucksache 20/1630, Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Vorabfassung vom 02.05.2022, Berlin
- Delegierte Verordnung (EU) (2023): Delegierte Verordnung (EU) 2023/2465 der Kommission vom 17. August 2023 zur Ergänzung der Verordnung (EU) Nr. 1308/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Vermarktungsnormen für Eier und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 589/2008 der Kommission, Anhang II, Abs. 1 b)
- DIN SPEC 91434 (2021–2025): Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung (2021), DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
- Elbe, U.; Roß, A.; Steffens, G.; Van den Weghe, H.; Winckler, C. (2005): Ökologische Legehennenhaltung in großen Herden: Spezifische Auslaufnutzung und Nährstoffeintrag. In: Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hg. Heß, J.; Rahmann, G., kassel university press GmbH, Kassel, S. 307–310
- Zeltner, E.; Hirt, H. (2003): Auslaufnutzung von verschiedenen Legehybriden während der Aufzucht und als Legehennen. In: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung Ökologischen Landbau, Hg. Freyer, B., Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau, Wien, S. 257–260

Förderhinweis

Das Projekt wird gefördert durch das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg im Rahmen der „Modellregion Agri-PV“.

Autorenindex / Index of authors**A****Johanna Ahmann**

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

Imke Albers

Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Münster

Tabea Aldinger

Universität Kassel
Kassel

Diana Andrade

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Reza Arablouei

CSIRO's Data61
Brisbane (Australien)

Thilo Aschmutat

homebase²
Hannover

Christian Auinger

SCHAUER Agrotronic GmbH
Prambachkirchen (Österreich)

B**Christoph Bader**

Technische Universität München, TUM
School of Life Sciences
Freising

Prof. Dr. Lisa Bachmann

Hochschule Neubrandenburg
Neubrandenburg
und
Forschungsinstitut für Nutztierbiologie
(FBN)
Dummerstorf

Ulrike Bauer

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Iris Beckert

Gummiwerk KRAIBURG Elastik GmbH &
Co. KG
Tittmoning

Franz Behm

BEDM GmbH
Friedberg

Janine Benthin

Friedrich-Loeffler-Institut
Celle

Prof. Dr. Barbara Benz

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
Nürtingen-Geislingen (HfWU)
Nürtingen

Jörn Berger

ANECO Institut für Umweltschutz GmbH
& Co.
Laudenbach

Prof. Dr. Heinz Bernhardt

Technische Universität München, TUM
School of Life Sciences
Freising

Dr. Roxanne Berthel

Strickhof
Lindau (Schweiz)

Dr. Marc B. M. Bracke

Wageningen University
Wageningen (Niederlande)

Dr. Lisa Brucker

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

Andrii Besieda

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Braunschweig

Jan Bosselmann

CAU Innovation GmbH
Kiel

Dr. Katja Brase

Verband der Landwirtschaftskammern e. V.
Berlin

Prof. Dr. Wolfgang Büscher

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

C**Franziska Christ**

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

D**Hauke Ferdinand Deeken**

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

Dr. Susanne Demba

Hochschule Neubrandenburg
Neubrandenburg

Helmut Döhler

DöhlerAgrar
Untermerzbach

Dr. Frigga Dohme-Meier

Agroscope – Forschungsgruppe
Wiederkäuerernährung und -emissionen
Posieux (Schweiz)

E**Dr. Peter Ebertz**

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

Dr. Veronika Ebertz

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

Regina Eckhardt

Technische Universität München, TUM
School of Life Sciences
Freising

Dr. Luzia Eicher

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Brigitte Eurich-Menden

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

G**Herbert Galler**

Medizinische Universität Graz
Graz (Österreich)

Prof. Dr. Eva Gallmann

Universität Hohenheim
Stuttgart

Dr. Markus Gandorfer

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Swantje Geisler

Christian-Albrechts-Universität Kiel
Kiel

Sarah C. Gorr

Universität für Bodenkultur Wien
Wien (Österreich)

Johanna Grossklos-Bumbalo

Universität Hohenheim
Stuttgart

H

Kathrin Häge
Universität Hohenheim
Stuttgart

Dr. Bernhard Haidn
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Jan Harms
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Prof. Dr. Eberhard Hartung
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Kiel

Dr. Jens Hartung
Universität Hohenheim
Stuttgart

Sarah Hertle
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Marina Hetzner
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten
Ansbach

Susanne Höcherl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Stefan J. Hörtenhuber
Universität für Bodenkultur Wien
Wien (Österreich)

Prof. Dr. Johannes Holzner
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Triesdorf

Dr. Dieter Horlacher
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

Carsten Hümmer
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Triesdorf

J

Dr. Christina Jais
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

K

Dr. Olaf Katenkamp
Universität Vechta
Vechta

Martin Kaupenjohann
DöhlerAgrar
Untermerzbach

Dr. Karen Kauselmann
Friedrich-Loeffler-Institut
Celle

Prof. Dr. Nicole Kemper
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Hannover

Sarah Kimmich
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
Nürtingen-Geislingen (HfWU)
Nürtingen

Marco Kirschner
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Lisa Köhler
Landwirtschaftlicher Betrieb Köhler GbR
Reuters

Prof. Dr. Uta König von Borstel
Justus-Liebig-Universität Gießen
Gießen

Prof. Dr. Agnes Koschmider
Universität Bayreuth
Bayreuth

Kirsten Kouwert

Sächsisches Landesamt für Umwelt
Landwirtschaft und Geologie
Dresden

Martin Kraft

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Braunschweig

Dr. Tobias Krause

Friedrich-Loeffler-Institut
Celle

Magdalena Krebs

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Christoph Kreitenweis-Eisgruber

Technische Universität München, TUM
School of Life Sciences
Freising

Michael Kropsch

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Irdning (Österreich)

Dr. Katja Kulke

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Oldenburg

Michael Kutzob

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

L**Assoc. Prof. Dr. med. vet. Christine Leeb**

Universität für Bodenkultur Wien
Wien (Österreich)

Arvid Lepsien

Christian-Albrechts-Universität Kiel
Kiel

Caroline Leubner

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH)
Kassel

Dr. Isabella Lorenzini

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

M**Dr. Gerd-Christian Maack**

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

Dr. Juliana Macuhová

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Jan Maxa

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Kieren McCosker

University of Queensland
Brisbane (Australien)

Dr. Susanne Meese

Strickhof
Lindau (Schweiz)

Prof. Dr. Andreas Melfsen

Fachhochschule Kiel
Kiel

Christin Meyer

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Oldenburg

Irene Mösenbacher-Molterer

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Irdning (Österreich)

Felix Müller

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Victoria Müller

Universität Hohenheim
Stuttgart

N

Diana Nett
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

Jakob Neumayer
vet.smart STEI-RER-TECH Haustechnik
GmbH
Straß in der Steiermark (Österreich)

Prof. Dr. Daniela Nicklas
Otto-Friedrich-Universität Bamberg
Bamberg

Doreen Nitsche
Sächsisches Landesamt für Umwelt
Landwirtschaft und Geologie
Dresden

Andreas Nüßlein
Bayerische Staatsgüter
Schwarzenau

O

Ferdinand Oberhardt
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dietmar Öttl
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Graz (Österreich)

Dr. Svenja Opderbeck
Universität Hohenheim
Stuttgart

Dr. Arne Ortland
Universität Vechta
Vechta

P

Dr. Steffen Pache
Sächsisches Landesamt für Umwelt
Landwirtschaft und Geologie
Dresden

Dr. Thomas D. Parsons
University of Pennsylvania
Philadelphia (Vereinigte Staaten von
Amerika)

Andreas Pelzer
Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Münster

Lea Pitzen
Agroscope – Forschungsgruppe
Wiederkäuerernährung und -emissionen
Ettenhausen (Schweiz)

Dr. Johanna Pfrombeck
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Jernej Poteko
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

R

Helmut Rampeltshammer
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Anna Rauen
Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

Fredrik Regler
Technische Universität München, TUM
School of Life Sciences
Freising

Prof. Dr. Jörg Robert
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Erlangen

Prof. Dr. Sandra Rose
Hochschule Neubrandenburg
Neubrandenburg

S

Sebastian Schäfer

Schneider Elektronik GmbH & Co. KG
Großharthau

Prof. Dr. Matthias Schick

Universität Hohenheim
Stuttgart
und
Strickhof
Lindau (Schweiz)

Victoria Schmidt

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Maria Schneider

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Sabine Schrade

Agroscope – Forschungsgruppe
Wiederkäuerernährung und -emissionen
Ettenhausen (Schweiz)

Sophia Sauter

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. med. vet. Claudia Schmied-Wagner

Veterinärmedizinische Universität Wien
Wien (Österreich)

Jochen Simon

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Agnes Sixt

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Dr. Abu Shafiullah

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Braunschweig

Simon Steuer

Otto-Friedrich-Universität Bamberg
Bamberg

Peter Stötzel

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Prof. Dr. med. vet. Reinhard K.**Straubinger**

Ludwig-Maximilians-Universität München
München

Prof. Dr. Jörn Stumpenhausen

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Freising

T

Hans-Jürgen Technow

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Oldenburg

Stefan Thurner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Prof. Dr. Imke Traulsen

Christian-Albrechts-Universität Kiel
Kiel

Maria Trilling

Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Münster

Dr. Manfred Trimborn

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Bonn

V

Dr. Astrid van Asten

Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Münster

Dr. Margret Vonholdt-Wenker
Friedrich-Loeffler-Institut
Celle

Dr. Martin Wutke
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Kiel

W

Dr. Katrin Wagner
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

Johann Wahmhoff
Christian-Albrechts-Universität Kiel
Kiel

Benito Weise
Landwirtschaftliches Bildungszentrum
Echem
Echem

Tamara Wiesel
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL)
Freising

Marieke Wijn
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V.
(DLG e. V.)
Frankfurt am Main

Prof. Dr. med. vet. Christoph Winckler
Universität für Bodenkultur Wien
Wien (Österreich)

Dr. Ulrike Wolf
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

Dr. Ramona Wulf
Hochschule Neubrandenburg
Neubrandenburg

Dr. Sebastian Wulf
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Darmstadt

Z

Dr. Michael Zähler
Agroscope – Forschungsgruppe
Wiederkäuerernährung und -emissionen
Ettenhausen (Schweiz)

Prof. Dr. Dr. Eva Zeiler
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Freising

Andreas Zentner
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Irdning (Österreich)

Eduard Zentner
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Irdning (Österreich)

Dr. Peter Zieger
Förster-Technik GmbH
Engen

Danilo Zimmermann
nubix Software Design GmbH
Dresden

Prof. Dr. Werner Zollitsch
Universität für Bodenkultur Wien
Wien (Österreich)

Chronik / Chronicle

Internationale Tagungen „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“

Nr.	Veranstalter	Vorträge	Ort und Termin
1	Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landtechnik	23 Vorträge einzügige Veranstaltung 126 Teilnehmer	Gießen 15.03. Exkursion 16./17.03.1993
2	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für angewandte Nutztierwissenschaften	49 Vorträge zweizügige Veranstaltung 180 Teilnehmer	Potsdam 13.03. Exkursion 14./15.03.1995
3	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	68 Vorträge dreizügige Veranstaltung 225 Teilnehmer	Kiel 11./12.03.1997
4	Technische Universität München, Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan	70 Vorträge 25 Poster dreizügige Veranstaltung 315 Teilnehmer	Freising 09./10.03.1999
5	Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik	65 Vorträge 40 Poster dreizügige Veranstaltung 331 Teilnehmer	Hohenheim 06./07.03.2001
6	Georg-August Universität Göttingen, Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems	63 Vorträge 42 Poster dreizügige Veranstaltung 348 Teilnehmer	Vechta 25.03. Exkursion 26./27.03.2003
7	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung	65 Vorträge 50 Poster dreizügige Veranstaltung 350 Teilnehmer	Braunschweig 01.03. Exkursion 02./03.03.2005
8	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik	52 Vorträge 24 Poster dreizügige Veranstaltung	Bonn 08.10. Exkursion 09./10.10.2007
9	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät	44 Vorträge 33 Poster dreizügige Veranstaltung	Berlin 21.09. Exkursion 22./23.09.2009

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Nr.	Veranstalter	Vorträge	Ort und Termin
10	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	36 Vorträge 36 Poster zwei-/dreizügige Veranstaltung	Kiel 27.09. Exkursion 28./29.09.2011
11	Georg-August-Universität Göttingen, Außenstelle Vechta	45 Vorträge 29 Poster dreizügige Veranstaltung	Vechta 24.09. Exkursion 25./26.09.2013
12	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik	42 Vorträge 38 Poster dreizügige Veranstaltung	Freising 08.09. Exkursion 09./10.09.2015
13	Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme	42 Vorträge 40 Poster dreizügige Veranstaltung	Stuttgart- Hohenheim 18.09. Exkursion 19./20.09.2017
14	Rheinische Friedrich-Wilhelms- Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung	27 Vorträge 26 Poster zweizügige Veranstaltung	Bonn-Poppelsdorf 24.09. Methoden- workshops 24.09. Exkursion 25./26.09.2019 Vortrags- veranstaltung
15	Fachhochschule Südwestfalen Soest, Fachbereich Agrarwirtschaft	25 Vorträge 22 Poster zweizügige Veranstaltung	Soest 13.09. Methoden- workshops 14./15.09.2022
16	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Technische Universität München und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft	27 Vorträge 19 Poster dreizügige Veranstaltung	Freising 10.09. Methoden- workshops 11./12.09.2024

www.ktbl.de € 30 [D]
ISBN 978-3-949930-03-4

