

15th 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

2022

VDI-MEG

KTBL

15. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2022
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

A graphic consisting of several concentric circles in various shades of blue and purple, centered on the page. The circles are arranged in a pattern that resembles a target or a series of ripples, with the innermost circle being the darkest blue and the outermost being the lightest.

15. Tagung

Bau, Technik und Umwelt

in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

13.–15. September 2022 in Soest

15th Conference

Construction, Engineering and Environment

in Livestock Farming

September 13th–15th 2022 in Soest, 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



Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft am Standort Soest
South Westphalia University, Department of Agriculture, Soest, 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 |
Dipl.-Ing. Sebastian Bönsch | Prof. Dr. Wolfgang Büscher | Apl. Prof. Dr. Eva Gallmann
| Prof. Dr. Andreas Gronauer | Prof. Dr. Ir. Peter Groot Koerkamp | Dr. Jan Harms |
Prof. Dr. Eberhard Hartung | Prof. Dr. Edna Hillmann | Prof. Dr. Nicole Kemper |
Prof. Dr. Matthias Schick | Prof. Dr. Ir. Bart Sonck | Prof. Dr. Martin Ziron |

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet.

© KTBL 2022

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 mich sehr, Sie zur 15. BTU-Tagung an der FH Südwestfalen in Soest begrüßen zu dürfen – insbesondere im Hinblick auf die Verschiebung der Tagung aufgrund der Pandemie.

Wir möchten Ihnen auch in diesem Jahr mit einem breitgefächerten Themenspektrum die Möglichkeit zum inter- bzw. intradisziplinären Austausch geben. Hierbei ist es uns ein besonderes Anliegen, eine gute Kommunikation zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft zu ermöglichen und zu fördern. Dazu soll auch der diesjährige Methodenworkshop für die jungen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen beitragen, der sich sowohl mit der fachgerechten Aufbereitung von Daten als auch mit einer erfolgreichen Publikation der Ergebnisse über Social Media und der „grünen Presse“ befassen wird. In einer Zeit, in der Fake News und populistische „Meinungsmache“ für den Laien nur schwer von objektiven Fakten zu unterscheiden sind, ist es umso wichtiger geworden, der Öffentlichkeit die oft komplexen Sachverhalte verständlich zu vermitteln – und somit auch den politisch Verantwortlichen eine fachlich fundierte und verlässliche Entscheidungsbasis zu liefern.

Im Fokus steht die Frage: In welcher Form sollen zukünftig die beiden teils sehr gegensätzlichen Forderungen nach mehr Tierwohl auf der einen Seite und einer Reduzierung der Emissionen auf der anderen Seite in praktisch durchführbaren und tragfähigen Tierhaltungskonzepten zusammengeführt werden? Des Weiteren wird uns auch der Fortschritt der Digitalisierung in der Tierhaltung während der drei Tage intensiv beschäftigen – ebenfalls vor dem Hintergrund, inwieweit dieser zur Lösung der Vereinbarkeit von Tierwohl und Emissionsschutz beitragen kann. Um den zukunftsorientierten Charakter der BTU-Tagung zu unterstreichen, wird es zwei Hauptvorträge zum Thema Insektenhaltung als mögliche Proteinquelle in der Nutztierhaltung geben.

Auch in diesem Jahr werden die Vortragsveranstaltungen zweizügig parallel laufen, sodass Sie jeweils zwischen zwei Veranstaltungen wählen und individuelle Prioritäten setzen können. Die Methodenworkshops finden bereits im Vorfeld zur Tagung statt.

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

Ihr



PROF. DR. MARTIN ZIRON
Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft

Soest, September 2022

Foreword

It gives me great pleasure to welcome you to the 15th BTU Conference at the University of Applied Sciences Südwestfalen in Soest – especially in view of the postponement of the conference due to the pandemic.

This year, we would like to provide you with the opportunity for inter- and interdisciplinary exchange on a variety of topics. In this context, we are particularly interested in facilitating and promoting good communication between science, business, politics, and society. This year's methods workshop for young scientists is also intended to contribute to this and will cover both professional data preparation and successful result publication via social media and the "green press". At a time when fake news and populist "opinion mongering" are difficult for the layperson to distinguish from objective facts, it has become all the more important to communicate the often complex facts to the public in a comprehensible way – and thus also to provide those with political responsibility with a technically sound and reliable basis for decision-making.

The focus is on the question: In what form should the two sometimes very contradictory demands for greater animal welfare, on the one hand, and a reduction in emissions, on the other, be brought together in practical and viable animal husbandry concepts in the future? Furthermore, the progress of digitalization in animal husbandry will also occupy us intensively during the three days – also against the background of the extent to which this can contribute to solving the compatibility issue between animal welfare and emission protection. To underline the future-oriented character of the BTU conference, there will be two keynote lectures on the topic of insect husbandry as a possible source of protein in livestock production.

This year, too, the lecture events will run in parallel in two sessions, so that you can choose between two events at a time and set individual priorities. The method workshops will take place in the run-up to the conference.

On behalf of the entire program committee, let me wish you an interesting and successful BTU meeting.

Yours



PROF. DR. MARTIN ZIRON
University of applied science
Soest, September 2022

Inhalt / Contents

Bauwesen, Bauplanung, Baukonstruktionen und Investitionskosten / Environmental impacts, emissions, immission and climate protection

Neue Unfallverhütungsvorschrift für Tierhalter – Die novellierte Unfallverhütungsvorschrift „Tierhaltung“ (VSG 4.1) der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) <i>New accident prevention regulation for animal keepers – The amended accident prevention regulation “Animal husbandry” (VSG 4.1) of the German Social Insurance for Agriculture, Forestry and Horticulture (SVLFG)</i>	
FLORIAN HEUSER	12
Entwicklungsfähige Stallbaukonzepte für Schweinemastbetriebe (EvoPigStable) <i>Developable barn concepts for pig fattening farms (EvoPigStable)</i>	
JOCHEN SIMON, JOSEF HANGLBERGER, CARINA MERDIAN, MAXIMILIAN HOFINGER, CHRISTINA JAIS, YVONNE KOHNEN, RAINER MENSE, FRANZISKA PLANK, JENS REIMER	16

Entmistungsverfahren und Wirtschaftsdüngeraufbereitung / Manure removal methods and manure treatment

Alkalisierung von Flüssigmist, ein nachhaltiges und klimafreundliches Konzept <i>Alkalization of Slurry, a Sustainable and Climate Friendly Concept</i>	
FELIX HOLTkamp, VERONIKA OVERMEYER, JOACHIM CLEMENS, MANFRED TRIMBORN	21
Entmistungsroboter für perforierte Laufflächen: Reinigungsqualität und Tierverhalten <i>Dung-removal robot for perforated floors: cleaning quality and animal behaviour</i>	
MICHAEL ZÄHNER, THERESA LEINWEBER, SABINE SCHRADe	25
CowToilet: Kot-Harn-Trennung im Milchviehstall <i>CowToilet: Separation of faeces and urine in the dairy barn</i>	
DANIEL WERNER, ALFONS BAUMEISTER, KATRIN ASSEBURG, ANDREAS PELZER.	30

Futter- und Wasserversorgung / Feed and water supply

- Fütterungssysteme für laktierende Sauen: Auswirkungen auf Wohlergehen und Produktivität von Sauen und Ferkeln
Feeding systems for lactating sows: Effects on welfare and productivity of sows and piglets
SARAH C. GORR, CHRISTINE LEEB, WERNER ZOLLITSCH, CHRISTOPH WINCKLER, THOMAS D. PARSONS.35
- Belüftungsheuqualität bei der Fütterung auf zwei milchviehhaltenden Betrieben
Barn dried hay quality by feeding on two dairy farms
JULIANA MAČUHOVÁ, DANIEL SCHMID, STEFAN THURNER.39

Indikatoren und Bewertungssysteme / Indicators and evaluation systems

- Entwicklung des digitalen Tierwohlintikator basierten Beratungstools PigsAndMore für die Mastschweinehaltung
Development of the animal welfare assistance system PigsAndMore for fattening pig farms
KATHARINA DAHLHOFF, ASTRID VAN ASTEN, NAEMI VON JASMUND, LISA-MARIE SCHMIDT UND WOLFGANG BÜSCHER44
- Bestimmung des Lernfortschritts bei Konditionierungsverfahren in der Nutztierhaltung
Measuring learning progress in conditioning procedures in livestock husbandry
CHRISTIAN MANTEUFFEL, NEELE DIRKSEN, TINA HARTWIG48
- Abgangsursachen von Milchkühen
Causes for culling dairy cows
MECHTHILD FREITAG, KIRSTEN DROLSHAGEN, LAURA LÜCKE, GISELA KESTING53

Nachhaltige Produktionssysteme, Stoff - und Energieeffizienz / Sustainable production systems, material and energy efficiency

- Entwicklung von technischen Lösungen und Geschäftsmodellen auf der Grundlage KI-basierter digitaler Stromzähler zur Erhöhung der Ressourceneffizienz in der Landwirtschaft
Development of technical solutions and business models based on AI-based digital electricity meters to increase resource efficiency in agriculture
STEFANIE WAGENEDER, AKHILESH YADAV, KATHARINA BÄR, ABDESSAMAD SAIDI, CHRISTOPH HOMA, MARKUS GOLDBRUNNER.57

Energiekonsum eines zwangsbelüfteten Schweineaufzuchtstalls bei kombiniertem Einsatz von Anlagen zur Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung <i>Energy consumption of a mechanically ventilated piglet rearing barn with combined use of heat recovery and exhaust air treatment system</i> HAUKE F. DEEKEN, ALEXANDRA LENGING, MANUEL S. KROMMWEH, WOLFGANG BÜSCHER	61
--	----

**Precision-Livestock-Farming- und Smart-Farming-Anwendungen /
Precision livestock farming and smart farming applications**

Ein Ansatz für eine praktikable Bewertung der Ferkelvitalität durch automatische Objekterkennung auf der Grundlage von Wärmebildern <i>An approach towards a practicable assessment of piglet vitality using automatic object recognition based on thermal images</i> STEFFEN KÜSTER, LION HAVERKAMP, MARTIN SCHLATHER, IMKE TRAUlsen	66
Nutzung von Smart-Farming-Sensoren in der Weidehaltung von Rindern <i>Precision dairy technology in grazing systems</i> NATASCHA A. GRINNELL, DINA HAMIDI, FRIEDERIKE RIESCH, JULIANE HORN, MARTIN KOMAINDA, STEFANIE AMMER, IMKE TRAUlsen, JOHANNES ISSELSTEIN	70
Entwicklung und Anwendung eines Atemfrequenzsensors bei Milchkühen zur Hitzestresserkennung <i>Development of a respiration rate sensor and its application on heat stress detection in dairy cows</i> GUNDULA HOFFMANN, JULIA HEINICKE, CHRISTIAN AMMON, SASKIA STRUTZKE, SEVERINO PINTO, LENA DISSMANN, THOMAS AMON	75
Früherkennung von Schwanzbeißen auf der Basis von Deep Learning <i>Early detection of tail biting based on deep learning</i> FRIEDERIKE WARNS, PETER WISSKIRCHEN, KATHARINA DAHLHOFF, CARINA GORETZKY, TIMO BRUNE, FOUAD BITTI, HARALD MATHIS, ASTRID VAN ASTEN	80
DigiMilch Umfrage – Vernetzung der digitalen Technologien in Milchviehställen <i>DigiMilch survey – networking of digital technologies in dairy barns</i> SOPHIA SAUTER, ISABELLA LORENZINI, BERNHARD HAIDN	85
Vernetzung der Technik im Milchviehstall: Bedarf der Landwirte erkennen <i>Networking technology in the dairy barn: Identifying farmers' requirements</i> JERNEJ POTEKO, PIA LÜBKE, JAN HARMS	90

Virtuelles Zäunen: Brauchen Rinder sichtbare Zäune? <i>Virtual fencing: Do cattle need visual fences?</i>	
DINA HAMIDI, NATASCHA A. GRINNELL, JULIANE HORN, FRIEDERIKE RIESCH, MARTIN KOMAINDA, STEFANIE AMMER, IMKE TRAULSEN, JOHANNES ISSELSTEIN.	95
SAW-System zur Indoor-Ortung von Milchvieh <i>SAW system for indoor localization of dairy cows</i>	
CHRISTIANE ENGELS, THOMAS OSTERTAG, STEFFEN PACHE, WOLFGANG BÜSCHER.	99
Idee: Digital vernetzter Modellbetrieb mit Acker- und Futterbau, Milchviehhaltung (DigiMo) <i>Idea: Digitally connected model farm with agriculture and fodder farming, dairy farming (DigiMo)</i>	
ADRIANA FÖRSCHNER, ELISABETH GERSTER, HANSJÖRG NUSSBAUM	104
Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Fiebererkennung bei Schweinen mittels Wärmebildkameras für Mobiltelefone <i>Possibilities and limits of digital fever detection in pigs using thermal imaging cameras for mobile phones</i>	
CHRISTINA ZIRON, MARTIN ZIRON, CHRISTINA KARNATH	108
Einfluss der Anwendung von Klauenklötzen auf die Fortbewegungs- eigenschaften und die Gewichtsverteilung bei Rindern <i>Effect of claw block application on locomotion characteristics and weight distribution in cattle</i>	
JEANETTE PLÜSS, ADRIAN STEINER, MAHER ALSAAOD.	112
Weideinformationssystem <i>Pasture information system</i>	
PRISKA KRUG, JONAS WEBER	116
Vergleich zweier Outdoor-Trackingsysteme für Rinder <i>Comparison of two outdoor tracking systems for cattle</i>	
CHRISTIANE ENGELS, ALEXANDRA LEHMBERG, WOLFGANG BÜSCHER.	120
Erkennung von sozialen Strukturen bei Mastschweinen anhand von UHF-RFID-Daten <i>Recognition of social structures in fattening pigs using UHF RFID data</i>	
ANITA KAPUN, EVA GALLMANN	125
Individualisierte und züchterische Hitzestressprävention mittels Digitalisierung in der Milchkuhhaltung <i>Prevention of heat stress by individualised means and means of genetic selection in dairy farming</i>	
JULIA HEINICKE, SEBASTIAN WILLE, THOMAS AMON, GUNDULA HOFFMANN.	129

Stallklima / Stable climate

- Umsetzbarkeit einer Ultraschallvernebelung und Fütterung von
Kompetitivkeimen zur Veränderung des Mikrobioms in Schweineställen
*Practicability of ultrasonic fogging and feeding of competitive
microorganisms to alter the microbiome in pig barns*
IRIS KOBUSCH, SABRINA LINNEMANN, HANNAH SCHOLLENBRUCH,
FRANKA HOFMANN, MARC BOELHAUVE 133

Tiergerechte Haltungsverfahren / Animal-friendly husbandry methods

- Einfluss unterschiedlicher Lüftungssysteme auf das Aktivitäts- und
Liegeverhalten laktierender Milchkühe unter Wärmelast
*Influence of different ventilation systems on the activity and lying
behavior of lactating dairy cows under heat load*
JULIA HEINICKE, GUNDULA HOFFMANN, CHRISTIAN AMMON,
THOMAS AMON 138

- Hygienische Herausforderungen und mögliche Lösungen bei der
Mobilstall-Haltung von Legehennen
*Hygienic challenges and possible solutions in mobile houses for laying
hens*
LORENA RIEKE, LUISA RAEDERSCHIEDT, FALCO KAUFMANN,
ROBBY ANDERSSON, NICOLE KEMPER 143

- Nutzung von Sitzstangen und erhöhten Ebenen in einem Aufzuchtssystem
für Junghennen
Use of perches and elevated platforms in a rearing system for pullets
ANNA RIEDEL, SINA KÄSELAU, NICOLE KEMPER, BIRGIT SPINDLER 147

- Monitoring alternativer Ställe für Mastschweine
Monitoring of alternative housing systems for growing pigs
FRANZISKA PLANK, CHRISTINA JAIS. 152

Umweltwirkungen, Emissionen, Immissions- und Klimaschutz / Environmental impacts, emissions, immission and climate protection

- Untersuchung der Ammoniakemissionen unter ressourceneffizienter
Fütterung von Mastschweinen basierend auf Leistungsgruppen und
Rohfaser ergänzter Rationen
*Investigation of ammonia emissions under resource efficient
feeding of fattening pigs based on performance groups and crude fibre
supplemented diets*
ALEXANDRA LENGING, WOLFGANG BÜSCHER. 156

Einfluss einer Nachrüstillösung zur stallinternen Ansäuerung von Flüssigmist auf Ammoniak- und Methanemissionen aus einem Schweinemaststall <i>Impact of a retrofit in-house acidification of slurry on ammonia and methane emissions from fattening pig barn</i>	
VERONIKA OVERMEYER, MANFRED TRIMBORN, JOACHIM CLEMENS, RICHARD HÖLSCHER, WOLFGANG BÜSCHER	161
Stickstoffeffizienz in der Mutterkuhhaltung <i>Nitrogen efficiency of beef suckler cows</i>	
HEIKO SCHOLZ, PETRA KÜHNE, GERD HECKENBERGER	165
Direkte Messung der Emissionen aus frei gelüfteten Ställen <i>Direct measurements of the emissions from naturally ventilated barns</i>	
DAVID JANKE, QIANYING YI, SABRINA HEMPEL, THOMAS AMON.	169
Disziplinäre Grenzen erschweren die Folgenutzung von Daten zu Antibiotika- und Antibiotikaresistenz-Einträgen in die Umwelt durch Wirtschaftsdünger aus Tierhaltungen <i>Disciplinary boundaries challenge the data follow up use of antibiotic and antibiotic resistance entries into the environment via organic fertilizer from livestock production</i>	
JULIA STEINHOFF-WAGNER, RUTH HAUPT, DIANA NETT, LAURA KRÖGER, FRANZISKA BURKHARDT, JASON JEREMIA HAYER, SIMONE MAGDALENE SCHMID, CELINE HEINEMANN	174
Erhebung der Ammoniakfreisetzung aus frei belüfteten Haltungssystemen für Rinder mittels Laser-Absorptions-Spektrometrie <i>Survey of ammonia release from freely ventilated cattle barns using laser absorption spectrometry</i>	
KATJA BONKOSS, WOLFRAM BONKOSS, STEFAN NESER	178
NMVOEmissionen aus der Milchviehhaltung: Vergleich einer Silageration und einer silofreien Ration <i>NMVOEmissions from dairy housing: comparison of a silage-based and a silage-free diet</i>	
SABINE SCHRADER, SIMON WYSS, KERSTIN ZEYER, MATTHIAS HILL, JOACHIM MOHN, MICHAEL ZÄHNER	183
Projekt EmiDaT – Ammoniak- und Methan-Emissionen aus freigelüfteten Milchviehställen in Deutschland <i>Project EmiDaT – Ammonia and methane emissions from naturally ventilated dairy barns in Germany</i>	
ULRIKE WOLF, GIANNA DEHLER, DIETER HORLACHER, ALEXEJ SMIRNOV, EWALD GRIMM, KATRIN WAGNER, BRIGITTE EURICH-MENDEN	188

Raumplanungstechnische Beurteilungsgrundlage für Schallemissionen aus der Landwirtschaft <i>Technical Basis for assessment of Noise Emissions from Agriculture for Land Use Planning</i> MICHAEL KROPSCH, CHRISTOPH LECHNER, IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER	193
Analyse der technologischen und organisatorischen Vereinbarkeit von TA Luft und Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung <i>Analysis of the technological and organizational compatibility of the Technical Guideline on Air Quality (TA Luft) and Animal Protection Keeping of Production Animals Order (TierSchNutztV)</i> SOPHIE KÖNIG, HEINZ BERNHARDT	197
Geruchsemissionsmessungen in Versuchsstallungen für Mastgeflügel <i>Odour emission measurements in poultry flocks for fattening</i> MICHAEL KROPSCH, IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER, EDUARD ZENTNER.	201
Ammoniak-Minderungskosten in deutschen Tierhaltungssystemen <i>Ammonia abatement costs in German livestock systems</i> UWE HÄUSSERMANN, GABRIELE BORGHARDT, HELENA MÜLLER, HELMUT DÖHLER	205

**Verbraucherakzeptanz und Ethik in der Tierhaltung /
Consumer acceptance and ethics in animal husbandry**

Wirkung von Bildern aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung auf Blickverhalten und Akzeptanz – ein Darstellungsexperiment anhand einer emotionalisierenden Bild-Text-Kombination aus der Schweinehaltung <i>Effect of pictures of agricultural animal husbandry on gaze behavior and acceptance – a visualization experiment based on an emotionalizing picture-text combination from pig husbandry</i> IRIS SCHRÖTER, NIELS PÜTTSCHEIDER, MARCUS MERGENTHALER	209
---	-----

Anhang / Annex

Autorenindex <i>Index of authors</i>	214
Chronik <i>Chronicle</i>	224

Neue Unfallverhütungsvorschrift für Tierhalter – Die novellierte Unfallverhütungsvorschrift „Tierhaltung“ (VSG 4.1) der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG)

New accident prevention regulation for animal keepers – The amended accident prevention regulation “Animal husbandry” (VSG 4.1) of the German Social Insurance for Agriculture, Forestry and Horticulture (SVLFG)

FLORIAN HEUSER

Zusammenfassung

Die Unfallzahlen in der Tierhaltung sind rückläufig, aber dennoch auf einem hohen Niveau mit mehreren Todesfällen jährlich. Aus diesem Grund wurde zum 1. April 2021 eine novellierte Fassung der Unfallverhütungsvorschrift „Tierhaltung“ (VSG 4.1) erlassen. Bei dieser Unfallverhütungsvorschrift handelt es sich um autonomes Recht der Unfallversicherungsträger, was für die Versicherten der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) rechtlich bindend ist. Die Vorschrift enthält Vorgaben für das Errichten und den Betrieb von Einrichtungen in der Nutztierhaltung sowie für den sicheren Umgang mit Tieren. Mit der Überarbeitung wurde die Vorschrift dem Stand der Technik angepasst, um die Arbeit in der Nutztierhaltung sicherer zu gestalten. Geändert wurden in der Vorschrift neben technischen Anforderungen auch Anforderungen an die Kenntnisse im Umgang mit Tieren.

Summary

The number of accidents in animal husbandry is declining, but still at a high level with several fatalities each year. For this reason, an amended version of the accident prevention regulation „Animal husbandry“ (VSG 4.1) was issued on 1th April, 2021. This accident prevention regulation is autonomous law of the accident insurance organisation, which is legally binding for the insured persons of the Social Insurance for Agriculture, Forestry and Horticulture (SVLFG). The regulation contains specifications for the construction and operation of facilities in livestock farming and for the safe handling of animals. As a result of the amendment, the regulation was adapted to the state of the art in order to make work in livestock husbandry safer. In addition to technical requirements, the requirements for knowledge in handling animals were also modified in the regulation.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) vereint die Versicherungszweige Unfallversicherung (Berufsgenossenschaft), Krankenversicherung, Pflegeversicherung und Altersvorsorge für alle Unternehmen der grünen Berufe. Aus den Unfallzahlen der SVLFG geht hervor, dass sich fast jeder vierte Arbeitsunfall in der Nutztierhaltung ereignet. Vor allem durch direkten Tierkontakt mit Großvieh kommt es immer wieder zu Todesfällen (SVLFG 2021a, Douphrate et al. 2013).

Die meldepflichtigen Unfälle (mindestens vier Tage Arbeitsunfähigkeit) in der Tierhaltung sind rückläufig, aber immer noch auf einem hohen Niveau. Oft sind Todesfälle und etwa die Hälfte der meldepflichtigen Unfälle in der Nutztierhaltung auf direkte Kontakte mit Großvieh, hier meist durch Rinder und Pferde, zurückzuführen. Tabelle 1 stellt das Unfallgeschehen in der Tierhaltung dar.

Tab. 1: Arbeitsunfälle der Jahre 2019–2021 im Bereich Tierhaltung

Tab. 1: Occupational accidents in the years 2019–2021 in the scope of animal husbandry

	2019		2020		2021	
	Unfälle	Davon tödlich	Unfälle	Davon tödlich	Unfälle	Davon tödlich
Arbeitsgebiet Tierhaltung	16.127	21	14.781	15	14.341	20
Unfälle durch direkten Tierkontakt						
- Rinder	5.669	5 (4 Bullen)	5.083	6 (2 Bullen)	4.700	7 (6 Bullen)
- Pferde	2.130	3	2.065	1	1.962	1

Jedes Jahr kommt es zu etwa 400 Unfällen, die durch Bullen verursacht werden (Reimik 2022). Eine Milchviehhaltung mit freilaufendem Deckbullen ist nicht nur für den Unternehmer, seine Familienmitglieder und Mitarbeiter gefährlich, sondern auch für Dienstleister wie Klauenpfleger oder Tierärzte (Anonymus 2021).

2 Vorschrift wurde komplett überarbeitet

Bei den Unfallverhütungsvorschriften handelt es sich um autonomes Recht der Unfallversicherungsträger; sie ist für die Versicherten der SVLFG verbindlich einzuhalten. Die Unfallverhütungsvorschrift „Tierhaltung“ (VSG 4.1) enthält Vorgaben für das Errichten und den Betrieb von Einrichtungen in der Nutztierhaltung sowie für den sicheren Umgang mit Tieren.

Ausgehend von dem Unfallgeschehen und dem aktuellen Stand der Technik, wurde die VSG 4.1 überarbeitet (SVLFG 2021b und c). So sind zum Beispiel aggressive Tiere, spätestens nach einem Angriff, aus dem Bestand zu entfernen. Die meisten Änderungen gibt es in der Rinderhaltung. Um das Arbeiten in der Herde sicherer zu machen, muss ein Deckbulle im Milchviehstall in einer separaten Bucht untergebracht werden und darf nicht mehr in der Herde mitlaufen. Viele Betriebe haben bereits Bullenbuchten realisiert

(Abb. 1) oder setzen auf eine Kombination von künstlicher Besamung mit elektronischer Brunsterkennung und verzichten so gänzlich auf einen Deckbullen in der Herde. Beim Zusammenführen und Trennen muss der Bulle entweder separiert (Zwei-Raum-Deckbullenbucht) oder fixiert sein.



Abb. 1: Deckbulle im Milchviehstall in einer separaten Bullenbucht (© SVLFG)

Fig. 1: Breeding bull in a bull bay in a dairy cattle barn

In der Rinderhaltung müssen im Laufstall ausreichend Fluchtmöglichkeiten sowie Fixier- und Separiermöglichkeiten vorhanden sein, und bei Behandlungen bzw. Besamungen dürfen sich keine weiteren frei laufenden Tiere in dem Bereich aufhalten. Dies kann erreicht werden, indem ausreichend Fixiermöglichkeiten, z.B. Fangfressgitter, zur Verfügung stehen oder indem das zu behandelnde Tier/die zu behandelnden Tiere von der Herde getrennt werden. Hierzu können z.B. Separationsbuchten genutzt werden. Es ist aber auch möglich, den Bereich durch z.B. Schwenk-, Schiebe- oder Hubtore abzutrennen (Hünnies 2020).



Abb. 2: Hubtore sind platzsparend und lassen sich daher fast überall nachträglich integrieren.

Sie können manuell oder elektrisch angetrieben und gesteuert werden (© SVLFG).

Fig. 2: Lifting gates are space-saving and can be installed in existing barns. They can be driven manually or electronically.

Neben der baulich-technischen Ausstattung setzt der Bereich Prävention der SVLFG auch auf Kenntnisse der Wahrnehmung und des natürlichen Verhaltens von Rindern und Pferden und einen stressarmen Umgang. Untersuchungen deuten auf einen klaren Zusammenhang zwischen dem Verhalten des Tierhalters und dem Verhalten der Tiere hin (Waiblinger et al. 2002). Mehrere Studien zeigen, dass umfassende Kenntnisse zum ruhigen und sicheren Umgang mit Rindern sowie gut gestaltete Ausrüstungen und bauliche Einrichtungen das Unfallrisiko senken können (Casey et al. 1997, Langley and Morrow 2010). Die notwendigen Kenntnisse zum sicheren Umgang mit Rindern und Pferden wurden in die VSG 4.1 aufgenommen.

Literatur

- Anonymus (2021): Angriffe von Deckbullen kommen oft ohne Voranzeichen. Landwirtschaftliches Wochenblatt 26, S. 36/37
- Casey, G. M.; A. M. Grant; D. S. Roerig; J. Boyd; M. Hill; M. London; K. H. Gelberg; E. Hallman; J. Pollock (1997): Farm worker injuries associated with cows. AAOHN J. 45, pp. 446–450
- Douphrate, D. I.; Stallones, L.; Lunner Kolstrup, C.; Nonnenmann, M. W.; Pinzke, S.; Hagevoort, G. R.; Lundqvist, P.; Jakob, M.; Xiang, H.; Xue, L.; Jarvie, P.; McCurdy, S. A.; Reed, S.; Lower, T. (2013): Work-related injuries and fatalities on dairy farm operations – A global perspective. J. Agromedicine 18, pp. 256–264
- Hünnies, S. (2020): Das Tor, dein Freund und Helfer. Elite – Magazin für Milcherzeuger 6, S. 50–53
- Langley, R. L.; W. E. M. Morrow (2010): Livestock handling – Minimizing worker injuries. J. Agromedicine 15, pp. 226–235
- Reimik, A. (2022): Neue Vorschriften für mehr Arbeitsschutz. TopAgrar 01, R14-R16
- SVLFG (2021a): Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Verteilung der Unfälle – Arbeitsgebiet Tierhaltung, Präventionsbericht 2020, S. 52
- SVLFG (2021b): Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Neue Unfallverhütungsvorschrift für Tierhaltung, Kassel, 2021; LSV kompakt 01-2021, S. 4–5
- SVLFG (2021c): Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Arbeits- und Gesundheitsschutz im Fokus, Pressemitteilung vom 26.03.2021
- Waiblinger, S.; Menke, C.; Coleman, G. (2002): The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. Appl. Anim. Behav. Sci. 79, pp. 195–219

Entwicklungsfähige Stallbaukonzepte für Schweinemastbetriebe (EvoPigStable)

Developable barn concepts for pig fattening farms (EvoPigStable)

JOCHEN SIMON, JOSEF HANGLBERGER, CARINA MERDIAN, MAXIMILIAN HOFINGER, CHRISTINA JAIS, YVONNE KOHNEN, RAINER MENSE, FRANZISKA PLANK, JENS REIMER

Zusammenfassung

Die Rahmenbedingungen für die Planung und Errichtung von Mastschweineställen bieten investitionswilligen Landwirten derzeit wegen der sich ändernden Gesetzgebung und Vermarktungsprogramme wenig Sicherheit. Dies spiegelt sich in einem starken Rückgang staatlich geförderter Stallneu- und Umbauten wider. Den Stand der Technik bilden zwar in sich gut funktionierende Stallsysteme (Warmställe mit Zwangslüftung, Spaltenboden). Diese bieten aber wenig Spielraum für baulich-technische Anpassungen. Aus diesem Grund werden im Verbundprojekt EvoPigStable am Institut für Landtechnik und Tierhaltung sowie den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) der Status Quo in der Schweinemast analysiert. Darüber hinaus werden bestehende Stallanlagen für Neu- und Umbauten dokumentiert. Darauf aufbauend, werden Stallbaumodelle für die stufenweise Anpassung durch Um- bzw. Weiterbau erarbeitet.

Summary

The basic conditions for planning and building fattening pig houses currently offer farmers, willing to invest little security to changing legislation and marketing programs. This is reflected in a decline in state-subsidized construction of new barns and conversion projects. The state of the art is based by well-functioning barn systems (warm barns with ventilation, slatted floors). However, these offer little scope for structural and technical adaptations. For this reason, the status quo in pig fattening is being analyzed in the EvoPigStable joint project at the Institute of Agricultural Engineering and Animal Husbandry and the Offices for Food, Agriculture and Forestry. Furthermore, existing barn systems for new buildings and conversion are being documented. On this basis, barn construction models are being developed for gradual adaptation through conversion or continuing construction.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Rahmenbedingungen in der Mastschweinehaltung bieten Landwirten derzeit wenig Sicherheit für langfristige Investitionen in den Um- und Neubau von Stallanlagen. Änderungen bei den gesetzlichen Vorgaben sowie ein sich änderndes Verbraucherverhalten und damit einhergehend neue Vermarktungsstrategien des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) sind nur schwer prognostizierbar. In der Folge werden in Bayern immer weniger Stallneu- und Umbauten gefördert. Dem Veränderungsdruck stehen hochspezialisierte Typenställe (Warmställe mit Vollspaltenboden, Zwangslüftung) gegenüber, die für sich sehr gut funktionieren, aber kaum Spielraum für die Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen geben. Existierende alternative Haltungsverfahren (z.B. Außenklimaställe mit eingestreuten Verfahren) wurden bisher vereinzelt, als eine festgelegte Lösung, baulich-technisch realisiert. Auch in der Literatur werden nur Haltungs- und Gebäudevarianten beschrieben, die auf ein Haltungsverfahren festgelegt sind (Wiedmann 2009, KTBL 2011, BLE 2019). Stehen Landwirte als Bauherren vor der Neubauentscheidung, sehen sie sich allerdings häufig (noch) nicht in der Lage, sich in einem Schritt für diese alternativen Haltungssysteme zu entscheiden. Die Überlegung, Verfahren und Gebäude über mehrere Zwischenschritte – also „evolutionär“ – zu entwickeln, wurde bisher weder in der Praxis noch Theorie aufgegriffen. Es stellt sich daher die Frage, ob für diesen Ansatz baulich-technische Lösungen entwickelt werden können, die sich bei einer intelligenten Erstkonstruktion mit einem wirtschaftlich vertretbaren Mehraufwand weiter- und umbauen lassen.

Ziel des Projektes ist es, mit den Projektpartnern, Stallbaufirmen (und ggf. einem Ingenieurbüro), weiter- und umbaufähige Stallmodelle für die Haltung von Mastschweinen zu erarbeiten. Ausgehend von einer konventionellen Bauweise soll mit diesen Anlagen eine stufenweise Anpassung an zukünftige Anforderungen des Gesetzgebers, etwaiger Vermarktungsprogramme des LEH bis hin zur Fleischerzeugung gem. EU-Ökoverordnung (EU-Öko-VO) möglich sein.

2 Material und Methoden

Das Projekt gliedert sich in drei Teilprojekte (TP), wobei im Rahmen dieser Veröffentlichung der Schwerpunkt auf TP 3 liegt.

In TP1 werden der Status Quo in der Mastschweinehaltung aus Literatur und Praxis erhoben. Der Fokus liegt auf den aktuellen gesetzlichen Anforderungen, der agrarstrukturellen bzw. förderpolitischen Diskussion sowie den Entwicklungen in der Haltung und den Vermarktungsstrategien. Daraus werden prognostisch die Anforderungen an künftige Stallbausysteme erarbeitet.

In TP 2 werden Stallanlagen in der Praxis dokumentiert. Mit Blick auf die Projektziele sind die Auswahlkriterien zum einen zukunftsweisende Haltungsverfahren, aber auch Hinweise auf konstruktive Ansätze für die baulich-technische Lösung von entwick-

lungsfähigen Stallanlagen. Vor diesem Hintergrund ist vor allem auch die Analyse von Umbauten wichtig.

Schwerpunkt von TP 3 ist die Erarbeitung der entwicklungsfähigen Stallmodelle.

Diese Modelle basieren jeweils auf dem gleichen Ausgangsstall mit Kammaufstallung (beidseitige Anordnung der Buchten, zentraler Servicegang). Dieser Stall wird zunächst als Warmstall mit Zwangslüftung, Vollspaltenboden und Unterflurschieber konzipiert. Am Ende des Weiter-/Umbaus sind Außenklimaställe mit Einstreu sowie überdachten bzw. nicht überdachten Ausläufen gemäß der Labelvorgaben bzw. EU-Öko-VO das Ziel. Zur Integration des Kriteriums „Außenklimareiz“ werden zunächst zwei Umbauvarianten erarbeitet.

Für diese Modelle wird neben den baulichen Varianten auch der Investitionsbedarf ermittelt. Diese Konzepte sollen planerisch bis zur Praxisreife entwickelt werden. Bzgl. des für die Praxis wichtigen Umbaus erscheint auf Grund der Vielfalt an baulich-technischen Lösungen bei den bestehenden Anlagen eine systematische Aufbereitung anhand von Stallmodellen nicht zielführend. Dieser Themenkomplex wird in TP 2 anhand der dokumentierten Praxisprojekte exemplarisch dargestellt bzw. nach Möglichkeit über laufende Beratungsfälle ergänzt.

3 Ergebnisse

In TP 1 wurde insbesondere eine Synopse der aktuellen gesetzlichen Vorgaben sowie Anforderungen der Label des LEH erarbeitet („Labelmatrix“). Ausgewertet wurden neben dem gesetzlichen Mindeststandard, der EU-Öko-VO und dem dreistufigen staatlichen Tierwohllabel, basierend auf dem bisherigen Referentenentwurf, 16 Label des LEH. Die Gliederung und Zuordnung erfolgt ausgehend vom gesetzlichen Mindeststandard nach den stufenweise höheren Anforderungen: „Mehr Platz“ > „Außenklimareiz“ > „Einstreumaterial“ > „direkter Außenklimakontakt über nicht überdachte Ausläufe“.

In TP 2 steht die Dokumentation von 12 Praxisbeispielen vor dem Abschluss. Erfasst sind 10 Neubau- und 2 Umbaulösungen. Letztere werden über das Beratungsangebot der Projektpartner an den AELFs fortlaufend ergänzt.

In TP 3 wurde, aufbauend auf der „Labelmatrix“, auf Grund von unterschiedlichen Flächenanforderungen und der Kombination einzelner Kriterien innerhalb der Label, für die baulich-technische Umsetzung eine projektinterne Unterteilung in 7 Gruppen vorgenommen („Planungsmatrix“). Die Kriterien dafür sind die Anforderung an die Flächen pro Mastschweineplatz (bezogen auf die Gewichtsklasse 50–110 kg), das Stallklima (Warm-/Außenklimastall), die Beschaffenheit der Aktivitäts- und Liegeflächen sowie Einstreu und ein nicht überdachter Auslaufbereich (Tab. 1).

Tab. 1: Planungsmatrix mit 7 Gruppen und baulich-technischen Kriterien
 Tab. 1: Planning matrix with 7 groups and structural-technical criteria

Gruppe 0 ¹	Gruppe 1+ ¹	Gruppe 2+ ¹	Gruppe 3+ ¹	Gruppe 4+ ¹	Gruppe 5+ ¹	Gruppe 6+ ¹
Mindeststandard	mehr Fläche als 0	mehr Fläche als 1+ Außenklimareiz	Fläche wie 2+ Außenklimareiz Einstreu	mehr Fläche als 2+/3+ Außenklimareiz Einstreu Auslauf	Fläche wie 4+ Außenklimareiz Einstreu ggf. nicht überdachter Auslauf	mehr Fläche als 4+/5+ Außenklimareiz Einstreu nicht überdachter Auslauf

¹ Festlegung EvoPigStable

Als Beispiel ergibt sich bei den Gruppen 2+ und 3+ die Differenzierung dadurch, dass bei gleichen Anforderungen an die Fläche pro Tierplatz und das Kriterium „Außenklimareiz“ in der Gruppe 3+ das Kriterium „Einstreu“ hinzukommt.

Ausgehend von oben beschriebener Warmstalllösung wird das Kriterium „Außenklimareiz“ über die Öffnung der Außenwände baulich-technisch umgesetzt. Zur Erreichung der notwendigen stallklimatischen Bedürfnisse der Schweine wird in den zwei Modellvarianten der Einbau von Kisten als Kleinklimazonen (Abb. 1) bzw. das Versetzen/Wiederverwenden von Außenwandelementen/Einziehen neuer Stallinnenwände und damit die Weiternutzung der vorhandenen Stallklimotechnik gegenübergestellt. Die nicht überdachten Ausläufe für den direkten Außenklimakontakt werden in diesen Modellen additiv, also außerhalb der bestehenden Gebäudehülle ergänzt. Das Kriterium „Einstreumaterial“ erfordert wiederum einen Umbau des Bodens bzw. Entmistungsverfahrens.

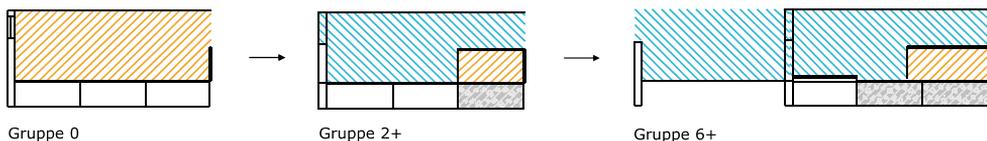


Abb. 1: Schematische Darstellung der Entwicklungsschritte eines Stallgebäudes für die Mast Schweinehaltung von Gruppe 0 (Warmstall) bis 6+ (Außenklimastall mit Auslauf) (ILT 4c)

Fig. 1: Schematic representation of the development steps of a fattening pig house from group 0 (warm barn) to 6+ (outdoor climate barn with exercise yard) (ILT 4c)

4 Ausblick

Erste Entwürfe für die baulich-technische Umsetzung von entwicklungsfähigen Mast Schweinehallen für die zwei Varianten mit zu öffnenden Außenwänden/Einbau von Kisten als Kleinklimazonen bzw. dem Versetzen/Neuaufbau von Außenwänden bzw. -Wandelementen im Stallinnern sind erarbeitet. In Abstimmung mit Stallbauunternehmen bzw. in Zusammenarbeit mit einem Ingenieurbüro werden diese in einem nächsten Schritt bis zur Ausführungsplanung weiterentwickelt. Parallel dazu wird der Investitionsbedarf ermittelt und das Gesamtergebnis für den Wissenstransfer aufbereitet.

Literatur

- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2019): Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Schwein – Mastschweine, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn
- KTBL (2011): Ökologische Schweinehaltung – Zukunftsweisende Haltungsverfahren. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- Wiedmann, R. (2009): Pigport 1, 2, 3: Praktische Hinweise zur tier- und umweltfreundlichen sowie funktionssicheren und kostengünstigen Haltung von Mastschweinen, Nordersted

Alkalisierung von Flüssigmist, ein nachhaltiges und klimafreundliches Konzept

Alkalization of Slurry, a Sustainable and Climate Friendly Concept

FELIX HOLTkamp, VERONIKA OVERMEYER, JOACHIM CLEMENS, MANFRED TRIMBORN

Zusammenfassung

Flüssigmist ist zum Problemstoff geworden, da durch Überproduktion die Umwelt und das Klima geschädigt werden. Diese Studie untersucht deshalb Teilaspekte eines innovativen Konzepts, welches durch die Alkalisierung von Flüssigmist Emissionen mindert und Nährstoffe durch Fällungsprozesse trennt.

Dazu sollen Pufferkapazitäten in Flüssigmist charakterisiert werden, um den Einsatz von Laugen oder alkalischen wirkenden Additiven zu optimieren. Es konnte herausgefunden werden, dass Puffer, die im sauren Milieu agieren, einem mikrobiellen Zersetzungsprozess unterliegen, welcher paradoxerweise zu einer Zunahme des Laugenverbrauchs im alkalischen Milieu führt. Folglich müssen Puffer als komplexe und interagierende Systeme betrachtet werden. Ferner wurde der Einfluss einer pH-Werterhöhung auf die Emissionsrate von Gasen, die während der Lagerung von Flüssigmist entstehen, untersucht. Unsere Ergebnisse zeigten, dass sich eine Alkalisierung auf pH 10 positiv auf Klima und Umwelt auswirken könnte, da die Emissionen von Methan (CH₄) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) um ca. 99 % und die von Lachgas (N₂O) um ca. 60 % reduziert wurden.

Summary

Slurry has become a problematic substance, as overproduction causes severe damage to the environment and climate. Therefore, this study investigates aspects of an innovative concept based on the alkalization of slurry which reduces emissions and separates nutrients via precipitation processes.

This involves the characterization of buffer capacities in slurry with the aim of optimizing the use of bases or alkaline-acting additives. It was found that buffers functioning in the acidic milieu are subject to a microbial decomposition process, which paradoxically can lead to an increase in the consumption of bases in the alkaline milieu. Consequently, buffers must be considered as complex and interacting systems. Furthermore, the influence of an increase in pH on the emission rate of gases produced during slurry storage was investigated. Our results showed that an alkalization to pH 10 could have a positive effect on climate and environment, as the emissions of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) were reduced by about 99% and those of nitrous oxide (N₂O) by about 60%.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im ASAP-Verbundprojekt befassen sich die Universität Bonn, die Hochschule Magdeburg und die Fa. Soepenberg mit Umweltproblemen des Wirtschaftsdünger-Managements. Ziel ist die Emissionsminderung und die Nährstoffabtrennung durch Fällungsprozesse nach einer Alkalisierung von Flüssigmist.

Unsere Aufgabe in dem Projekt ist es, die Pufferkapazitäten von Flüssigmist im alkalischen Milieu zu beschreiben, um den Einsatz von Laugen und Additiven zu optimieren. Die Zugabe von Calciumadditiven ermöglicht die Ausfällung und Abtrennung von Ca-Phosphaten, um sie als separate Dünger einsetzen zu können. Durch die pH-Wertanhebung kann Ammoniak-Stickstoff ausgetrieben und als schwefelsaure Düngergelösung genutzt werden. Mit der Alkalisierung geht auch eine Hygienisierung des Flüssigmists einher, wodurch mikrobielle Umsetzungsprozesse reduziert werden und ein überbetrieblicher Einsatz separierter Fraktionen erleichtert wird. Ferner untersuchten wir den Einfluss einer pH-Wertanhebung auf die Emissionen der klimarelevanten Gase CH_4 , CO_2 , N_2O während einer anschließenden Lagerung.

Die Ziele dieses Projektes sind, (I) den Alkalisierungsprozess in Flüssigmist zu charakterisieren, um diesen zu optimieren, (II) die Wirksamkeit von Calciumadditiven als Phosphatfällmittel zu überprüfen, (III) den Wirkungsgrad eines Ammoniakstrippungsprozesses zu evaluieren und (IV) eine potenzielle Emissionsreduktion von klimarelevanten Gasen durch Alkalisierung während einer Langzeitlagerung von Flüssigmist abzuschätzen.

2 Material und Methoden

Ziel (I): Es wurden Titrationsversuche mit frischem und separiertem Milchvieh-, Mast Schweine- und Sauenflüssigmist unter kalter und warmer Lagerung über einem Zeitraum von 12 Wochen durchgeführt. Mit Hilfe eines Titrators wurden die Flüssigmistproben bis auf pH 2,5 angesäuert und bis auf pH 12 alkalisiert.

Die mathematischen Berechnungen zur Visualisierung der aus den Titrations resultierenden Pufferkurven wurden durchgeführt mit einem selbst entwickelten mathematischen Werkzeug, welches mit der Datenverarbeitungssoftware R Studio oder Excel betrieben werden kann. Eine Beschreibung der Vorgehensweise ist in Overmeyer et al. (2020) zu finden.

Ziele (II-IV): Es wurden Strippungs- und Ausgasungsversuche mit separierten Flüssigmistproben durchgeführt, die zuvor mit verschiedenen Laugen und Additiven alkalisiert worden waren. Bevor die Proben mit Stickstoffgas gestrippt wurden, erfolgte eine mit Calciumhydroxid induzierte Phosphatfällung. Das anfallende Gas wurde mit Ammoniakströhrchen analysiert. Die gestrippten Proben lagerten 8 Wochen lang in verdunkelten Glasflaschen. Das ausströmende Gas wurde aufgefangen und quantifiziert. Jede Woche wurden Gasproben entnommen und die CH_4 , CO_2 und N_2O Konzentrationen mit Hilfe eines Gaschromatographen bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Puffersysteme in Flüssigmist sind verantwortlich für die Menge an Säure oder Lauge, die zur Änderung des pH-Wertes notwendig sind. So wird beispielsweise zur Alkalisierung von Flüssigmist auf einen pH-Wert von 10 rund 1.000-mal mehr $\text{Ca}(\text{OH})_2$ benötigt als bei reinem Wasser. Die wesentlichen Puffersysteme sind im sauren Bereich der Fettsäure- (VFA) und der Kohlensäurepuffer (HCO_3^-) und im alkalischen Bereich der Karbonat- (CO_3^{2-}) und der Ammoniakpuffer. Die Puffersysteme unterliegen während der Lagerung eigenen Dynamiken und Wechselbeziehungen, die im Wesentlichen von mikrobiellen Umsetzungsprozessen verursacht werden. So kann ein Abbau von Fettsäuren paradoxerweise über die Bildung von CO_2 und die Erhöhung des Karbonatpuffers zu einem erhöhten Laugenbedarf bei der Alkalisierung führen (Abb. 1). Diese mikrobiellen Prozesse sind jedoch stark temperaturabhängig. So finden bei warmer Lagerung verstärkt Umbauprozesse statt, die sich im Vergleich zur Kühlung als Zu- und Abnahmen der Fettsäure-, Kohlensäure- und Karbonatpuffer bemerkbar machen (Overmeyer et al. 2020).

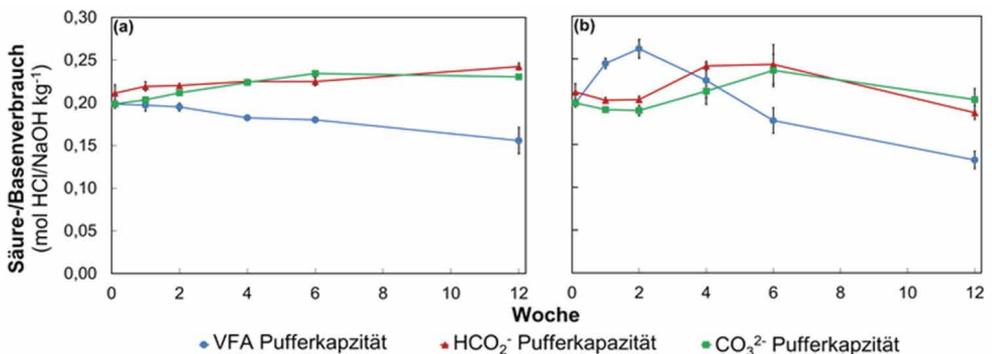


Abb. 1: Entwicklung der Puffersysteme VFA (pH-Bereich 5,5 bis 3,0), HCO_3^- (pH-Bereich 7,0 bis 5,5) und CO_3^{2-} (pH-Bereich 9,5 bis 11,5) in a) kalt und b) warm gelagertem Mastschweineflüssigmist über 12 Wochen; vertikale Balken stellen den Standardfehler dar ($n = 3$) (Overmeyer et al. 2020)

Fig. 1: Development of the buffer systems VFA (pH range 5.5 to 3.0), HCO_3^- (pH range 7.0 to 5.5) and CO_3^{2-} (pH range 9.5 to 11.5) in (a) cold and (b) warm stored fattening pig slurry over 12 weeks; vertical bars represent standard errors ($n = 3$) (Overmeyer et al. 2020)

In Lagerungsversuchen konnten wir zeigen, dass nach der Zugabe von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ die Neubildung von Methan in dem Flüssigmist nahezu vollständig unterbunden wurde (Abb. 2). Bereits eine Alkalisierung auf pH 10 reichte aus, um die CH_4 und CO_2 Emissionen um ca. 99 % und die N_2O Emissionen um ca. 60 % zu reduzieren. Eine weitere pH-Wertanhebung brachte diesbezüglich kaum noch Vorteile.

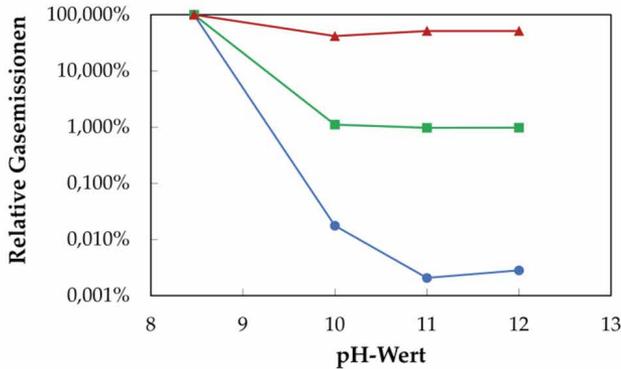


Abb. 2: Relative Gasemissionen aus 8 Wochen lang gelagerten Mastschweineflüssigmistproben, welche zuvor unbehandelt oder mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ auf pH 10, 11 und 12 alkalisiert wurden (© F. Holtkamp)

Fig. 2: Relative gas emissions from fattening pig slurry samples stored for 8 weeks, which were previously untreated or alkalinized with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ to pH 10, 11, and 12 (© F. Holtkamp)

4 Schlussfolgerung

Die Alkalisierung von Flüssigmist zeigt, dass Puffersysteme eigenen Dynamiken und Wechselbeziehungen unterliegen und sich gegenseitig beeinflussen, was den Laugenbedarf während des Alkalisierungsprozesses erhöht. Aufgrund dieser Erkenntnisse kann dieser Prozess optimiert und damit effizienter und kostengünstiger gestaltet werden. Ferner erweist sich die Flüssigmistbehandlung mit Calciumadditiven als effektive Strategie zur Reduzierung von Emissionen, die während der Lagerung entstehen. Hierbei stellte sich schon ein alkalischer pH-Wert von 10 als höchst effektiv heraus.

Literatur

Overmeyer, V.; Holtkamp, F.; Clemens, J.; Büscher, W.; Trimborn, M. (2020): Dynamics of Different Buffer Systems in Slurries Based on Time and Temperature of Storage and Their Visualization by a New Mathematical Tool. *Animals* 10, pp. 724

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 zur Innovationsförderung (FKZ: 281B103116).

Entmistungsroboter für perforierte Laufflächen: Reinigungsqualität und Tierverhalten

Dung-removal robot for perforated floors: cleaning quality and animal behaviour

MICHAEL ZÄHNER, THERESA LEINWEBER, SABINE SCHRADE

Zusammenfassung

Zum Einsatz von Entmistungsrobotern auf perforierten Laufflächen gibt es bisher nur wenige wissenschaftlich fundierte Empfehlungen. In einem Versuch mit unterschiedlichen Reinigungshäufigkeiten des Entmistungsroboters Discovery (Lely) wurden die Laufflächenverschmutzung und das Verhalten der Kühe auf perforierten Laufflächen erhoben. Eine optimierte Entmistungsfrequenz zeigte gegenüber den Varianten ohne oder wenig Roboterentmistung eine Verbesserung bezüglich Verschmutzungshöhe auf den Laufflächen, Schmierschichtenbildung und dem Ausrutschen der Tiere. Mit der Wassersprühfunktion konnte die Bildung von Schmierschichten und somit auch das Ausrutschen der Tiere reduziert werden. Die Versuche zeigten, dass für die Reinigung von perforierten Laufflächen ein Entmistungsroboter mit Wassersprühfunktion mit Blick auf eine gute Reinigungsqualität zwingend ist.

Summary

To date, there have been few scientifically based recommendations concerning the use of dung-removal robots on perforated flooring. In an experiment with different cleaning frequencies of the Lely Discovery Mobile Barn Cleaner, floor soiling and the behaviour of the cows on perforated flooring were investigated. An optimised dung-removal frequency showed an improvement compared to the variants without or with reduced robot dung removal in terms of height of soiling, smear-layer formation on the flooring and slipping of the animals. The water-spray function enabled a reduction in the formation of smear layers and thus the slipping of the animals. The investigations showed that for cleaning perforated floors a dung-removal robot with a water-spray function is mandatory regarding a good cleaning quality.

1 Einleitung und Zielsetzung

In der Laufstallhaltung für Milchvieh führt das großzügigere Platzangebot zu einer größeren – insbesondere mit Kot und Harn – verschmutzten Fläche. Diese verschmutzten und feuchten Laufflächen erhöhen die Klauenverschmutzung und dadurch die Gefahr von Klauenerkrankungen (Steiner et al. 2019). Weiter führen größere verschmutzte Flächen auch zu höheren Ammoniakemissionen (Schrade et al. 2011). Um dies möglichst zu verhindern, werden Kot und Harn der Tiere regelmäßig von den Laufflächen entfernt. Dabei werden immer häufiger Entmistungsroboter eingesetzt. Bisherige Untersuchungen fokussierten auf den Einfluss eines Entmistungsroboters auf das Tierverhalten (Dörfler et al. 2016, Stülpner et al. 2014). Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Bewertung eines Entmistungsroboters bezüglich Funktion, Reinigungsqualität und Tierverhalten in einem Haltungssystem mit perforierten Laufflächen und Tiefboxen mit einer Stroh-Mist-Matratze.

2 Material und Methoden

Die Versuche wurden im Emissionsversuchsstall von Agroscope in Tänikon durchgeführt. Mit modularer Bauweise und variablen Bodenelementen können dort verschiedene Versuchsbedingungen realisiert werden (Schrade et al. 2015). Die Untersuchungen erfolgten in einem der zwei Versuchsabteile, welches mit Tiefboxen mit Stroh-Mist-Matratze für 20 Kühe ausgestattet war. In den Laufgängen des Fressbereichs (Fressgang) und Liegebereichs (Laufgang) war ein Betonspaltenboden mit Gummibelag eingebaut. Die planbefestigten Quergänge zwischen Fress- und Laufgang waren ebenfalls mit Gummibelag ausgeführt und wiesen ein Gefälle von 3 % auf. Der Fressgang war 330 cm und der Laufgang 260 cm breit. Für die Versuche wurde der Entmistungsroboter Lely Discovery 90 SW (Lely Industries, Maaslouis, Niederlande) verwendet.

Folgende 5 Varianten bezüglich der Reinigungshäufigkeit und des Wassereinsatzes wurden festgelegt: In der Variante 0 erfolgte keine Reinigung mit dem Roboter, stattdessen ein einmaliges, praxisübliches Abschieben der Verschmutzung pro Tag unmittelbar hinter den Boxenkanten. Bei den Varianten 1 (Roboterentmistung 12-mal pro Tag), 3 (30-mal pro Tag) und 4 (48-mal pro Tag) wurde zusätzlich Wasser versprüht, bei der Variante 2 (30-mal pro Tag) wurde kein Wasser eingesetzt. Jede Variante wurde während vier aufeinanderfolgenden Tagen unter den vordefinierten Sommerbedingungen (> 13 °C Tagesmitteltemperatur) untersucht.

Zur Bewertung der Reinigungsqualität wurde die Verschmutzungshöhe und Anteil Schmierschicht der Laufflächen von 72 Teilflächen mit einem Bonitierungsschema erfasst. Die Bonitierung erfolgte täglich zwischen 13:45 Uhr und 14:25 Uhr. Für die weitere Auswertung wurden diese Werte pro Teilfläche und pro Variante gemittelt. Das Verhalten der Kühe wurde an insgesamt 24 Tagen mit Direktbeobachtungen erfasst. Beobachtet wurde jeweils morgens von 07:00 bis 08:00 Uhr und abends von 19:00 bis 20:00 Uhr. Dabei wurden Verhaltensweisen mit Blick auf das Ausrutschen der Tiere in

den verschiedenen Stallbereichen dokumentiert: Gehen, Verdrängung durch andere Kuh, Brunstverhalten und Körperpflege.

Zur statistischen Auswertung der Daten wurden parameterfreie Verfahren für mehrere unabhängige Stichproben angewendet. Dazu wurde mit einem H-Test nach Kruskal-Wallis eine einfaktorielle Varianzanalyse und in einem zweiten Schritt multiple Vergleiche mit dem Wilcoxon-Wilcox-Test durchgeführt.

3 Ergebnisse

Die Verschmutzungshöhe über alle betrachteten Laufflächen war in den Varianten 0 mit 5,1 mm und 1 mit 3,7 mm am höchsten. Die Verschmutzungshöhe der Variante ohne Roboterentmistung 0 war gegenüber den Varianten 2 bis 4 signifikant höher ($p < 0,001$). Die geringste mittlere Verschmutzungshöhe mit 1,6 mm lag in Variante 3 vor. Variante 4 mit noch häufigerem Reinigen trug mit einer mittleren Verschmutzungshöhe mit 1,9 mm nicht zu einer Verbesserung der Sauberkeit bei.

Die Ergebnisse zur Schmierschicht zeigen, dass vor allem in den Varianten 2 und 1 mit 6,5 % und 3,5 % eine höhere Schmierschichtenbildung im Vergleich zu den Varianten 0 (1,9 %), 3 (1,0 %) und 4 (0,7 %) vorlag (Abb. 1). Dabei unterschied sich der Schmierschichtenanteil der Variante 2 signifikant von allen anderen Varianten (Variante 1: $p < 0,05$; Varianten 0, 3 und 4: $p < 0,001$). Auffallend ist dabei die häufigere Bildung von Schmierschichten auf den planbefestigten Flächen der Quergänge im Vergleich zu den perforierten Laufgängen im Fress- sowie im Liegegang. Eine deutlich geringere Schmierschichtenbildung zeigten die Varianten 3 und 4.

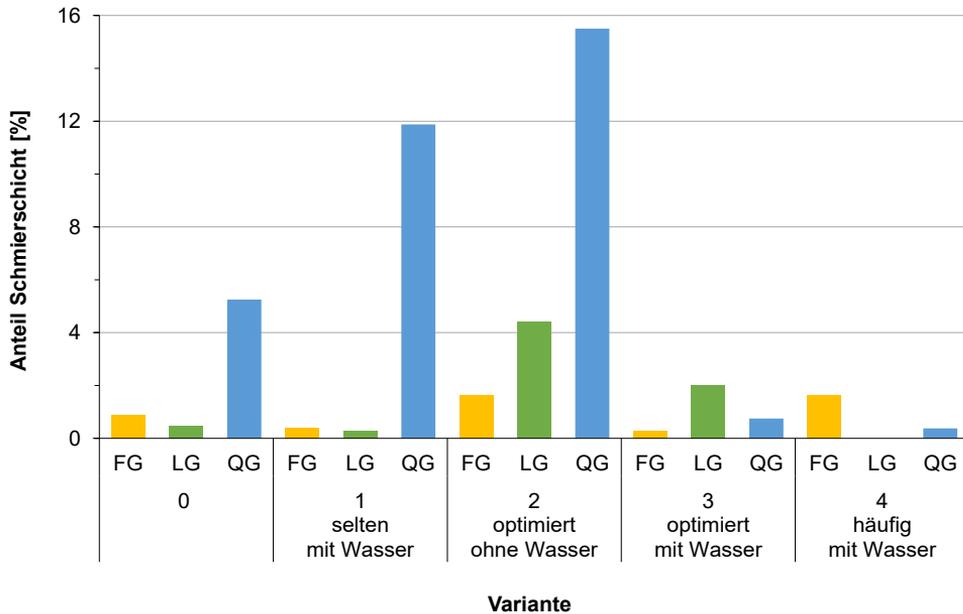


Abb. 1: Relativer Flächenanteil an Schmierschichten (in %) der fünf Varianten (0 = kein Entmisten, 1 = seltenes Entmisten mit Wasser, 2 = optimiertes Entmisten ohne Wasser, 3 = optimiertes Entmisten mit Wasser, 4 = häufiges Entmisten mit Wasser) differenziert nach Fressgang (FG), Laufgang Liegeboxen (LG) und Quergänge (QG) (© M. Zähler)

Fig. 1: Relative area percentages of smear layers (in %) of the five variants (0 = none dung removal, 1 = infrequent dung removal with water, 2 = optimised dung removal without water, 3 = optimised dung removal with water, 4 = frequent dung removal with water) differentiated according to feeding aisle (FG), cubicle access area (LG) and cross aisles (QG)

Ausrutschen der Kühe unabhängig vom Roboterbetrieb und -kontakt kam am häufigsten beim „Gehen“ vor, gefolgt vom „Verdrängen durch eine andere Kuh“. Allerdings wurden im Beobachtungszeitraum auch 127 Ereignisse von gegenseitigem Verdrängen dokumentiert, bei denen kein Ausrutschen vorkam. Ausrutschen während der „Körperpflege“ (kaudales Lecken auf drei Beinen) kam lediglich 10-mal vor. Dem gegenüber stehen 172 Körperpflege-Ereignisse ohne Ausrutschen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Tiere bei unterschiedlich häufiger Reinigung der Laufflächen unterschiedlich trittsicher waren. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren knapp nicht signifikant ($p = 0,08$). Die meisten Ausrutschereignisse wurden in den Varianten 1, 3 und 0 beobachtet und lagen in allen Varianten bei ca. 40 Mal im Beobachtungszeitraum. Deutlich weniger rutschten die Kühe in den Varianten 2 und 4 aus. Die Anzahl der Ausrutschereignisse auf den Quergängen war über alle Varianten allerdings signifikant höher als in den Laufgängen im Liegebereich und Fressbereich ($p = 0,001$). Ein Grund dafür könnten die vermehrt vorkommenden Schmierschichten auf den planbefestigten Laufflächen der Quergänge sein.

4 Fazit

Die systematischen Untersuchungen der verschiedenen Entmistungshäufigkeiten zeigten, dass eine zusätzliche Reinigung von perforierten Laufflächen mit Blick auf eine gute Reinigungsqualität zwingend ist. Der Durchtritt der Verschmutzung durch die Tiere allein ist nicht ausreichend. Variante 3 mit optimierter Reinigungshäufigkeit und Wassereinsatz schnitt dabei am besten ab. Der Einsatz der Wassersprühfunktion des Roboters verbesserte die Sauberkeit der Laufflächen nachweislich. Dadurch reduzierte sich auch die Schmierschichtenbildung und demzufolge auch das Risiko des Ausrutschens der Tiere. Auf den Einsatz von Wasser bei der Robotarentmistung sollte also nicht verzichtet werden.

Literatur

- Dörfler, 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
- Schrade, S.; Keck, M.; Zeyer, K.; Emmenegger, L. (2011): Ammoniak-Emissionen von Milchviehlaufställen mit Laufhof: Im Winter weniger Verluste. ART-Bericht Nr. 745, Agroscope, Tänikon
- Schrade, S.; Zähner, M.; Poteko, J.; Steiner, B.; Keck, M.; Sax, M.; Herzog, D.; Schick, M. (2015): Versuchsstall zur Entwicklung und Quantifizierung von Maßnahmen zur Minderung von Emissionen. In: Bau, Technik und Umwelt 2015 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, S. 450–455
- Steiner, B.; Zähner, M.; Fiedler, A. (2019): Der Einfluss von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die Klauengesundheit. In: Erkrankungen der Zehen und Klauen des Rindes (Hrsg. Fiedler, A., Maierl, J.Nuss, K.), 2. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, S. 236–250
- Stülpner, A.; Adeili, S.; Haidn, B.; Dörfler, R.; Bernhardt, H. (2014): Reaktionen von Milchkühen beim Einsatz eines Spaltenroboters. Landtechnik 69, S. 225–231

CowToilet: Kot-Harn-Trennung im Milchviehstall

CowToilet: Separation of faeces and urine in the dairy barn

DANIEL WERNER, ALFONS BAUMEISTER, KATRIN ASSEBURG, ANDREAS PELZER

Zusammenfassung

Die CowToilet (Hanskamp, NL) wurde im Herbst 2020 in einem Milchviehstall des VZBL Haus Düsse installiert. Ziel ist eine „frühe“ Kot-Harn-Trennung, indem durch eine Stimulation ein natürlicher Nervenreflex ausgelöst und die Kuh somit zum Urinieren in ein Urinal animiert wird.

Erste Ergebnisse zeigten, dass etwa die Hälfte aller Stimulationen erfolgreich durchgeführt wurden. Weiterhin zeigte sich, dass die Tiere innerhalb der CowToilet keinen zusätzlichen Stress empfanden. Das System selbst läuft stabil bei vertretbarem Reinigungs- und Wartungsaufwand. Ziel ist: Größere Urinmengen je Tier und Tag in der Anlage zu sammeln.

Mit Ausnahme von besonders kleinen Tieren der Rasse Jersey funktioniert das System für die gängigen Milchviehrassen sehr gut.

Summary

The CowToilet (Hanskamp, NL) was installed in a dairy barn at VZBL Haus Düsse in autumn 2020. The aim is an „early“ separation of faeces and urine by stimulating a natural nerve reflex and thus encouraging the cow to urinate into a urinal.

Initial results showed that about half of all stimulations were successful. Furthermore, the animals did not experience any additional stress inside the CowToilet. The system itself runs stably with reasonable cleaning and maintenance efforts. The objective is to obtain a larger amount of urine per animal per day.

With the exception of particularly small animals of the Jersey breed, the system works very well for the common dairy cattle breeds.

1 Einleitung und Zielsetzung

In den Diskussionen zu Klimaschutz und Tierwohl rücken die tiergerechte Haltung und die damit verbundenen Umweltwirkungen immer näher zusammen. Politik und Verbraucher fordern ein Umdenken und innovative Ansätze zu Emissionsminderungsmaßnahmen mit gleichzeitig steigendem Tierkomfort.

Der niederländische Hersteller Hanskamp setzt in diesem Zusammenhang auf eine möglichst „frühe“ Kot-Harn-Trennung und entwickelte die CowToilet, die mit dem „Innovation Award EuroTier 2021“ in Gold ausgezeichnet wurde. Die erste CowToilet außerhalb der Niederlande wurde im Herbst 2020 beim Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse installiert.

Ergebnisse zur Akzeptanz, Funktionalität des Systems sowie zum Stressverhalten der Tiere innerhalb der CowToilet wurden in verschiedenen wissenschaftlichen Abschlussarbeiten und Projekten untersucht und werden auszugweise dargestellt.

2 System, Tiere, Material und Methoden

Die CowToilet dient der Harnerfassung und wird von Kühen freiwillig aufgesucht. Das System basiert auf einer Kraftfutterstation, die im rückwärtigen Teil mit einem Schließbügel mit Urinal ausgestattet ist. Die Uringewinnung erfolgt durch die Stimulation des natürlichen Nervenreflexes, der durch eine stimulierende Auf- und Abwärtsbewegung unterhalb der Vulva ausgelöst wird.

Der erfasste Urin wird separat gelagert und kann gezielt und mit deutlich geringeren Stickstoffverlusten in der Düngung eingesetzt werden. Ausgelegt ist die Einzelbox für 25 Kühe.

In einer Masterarbeit an der FH Südwestfalen wurde die Akzeptanz der Kuhtoilette bei drei unterschiedlichen Kuhgruppen sowie der Erfolg in Bezug auf die erfolgreichen Stimulationen untersucht. Im ersten Versuchsabschnitt wurden zehn frisch abgekalbte Färsen, in einem zweiten Versuchsabschnitt zehn Kühe mit mehr als zwei abgeschlossenen Laktationen und in einem dritten Abschnitt das Besuchs- und Urinierverhalten einer gemischten Gruppe ($n = 20$) untersucht. Da allen Versuchstieren die Funktionsweise einer Kraftfutterstation bekannt war, wurden die Tiere nur einmalig an das System herangeführt. Die Positionierung (Vulvahöhe) der Stimulation wird tierindividuell über eine App eingestellt und endet exakt 2 cm unterhalb der Vulva. Vom ersten bis dritten Tag wurde die Station nicht geschlossen, es wurde lediglich die Kraftfuttergabe ausgegeben und ein freier Ausgang nach vorne wurde möglich. Vom vierten bis siebten Tag erfolgte die Gewöhnung an den Schließbügel. Mit jedem Besuch der Station wurde ab der zweiten Woche auch eine Stimulation vorgenommen. Bei den durchgeführten Untersuchungen lag der Fokus auf der Erfassung folgender Kriterien: Anzahl der Stationsbesuche, Anzahl der erfolgreichen Stimulationen, Urinmengen sowie der Anzahl der Urinabsetzungen außerhalb der Station.

In einer Masterarbeit an der Justus-Liebig-Universität Gießen wurde das Stressverhalten der Tiere im Stall und im Besonderen in der CowToilet analysiert. Methodisch wurden die Messung der Herzfrequenz sowie die Analyse der Herzfrequenzvariabilität verwendet.

3 Ergebnisse

Bei den Untersuchungen zur Akzeptanz wurden bei der ersten Tiergruppe ($n = 10$ erstlaktierende Tiere an sieben Beobachtungstagen) im Rahmen der Gewöhnung durchschnittlich 181 Besuche/Tag erfasst. Mit Beginn der Stimulation in der zweiten Woche veränderte sich dieser Wert kaum und es wurden bei dieser Gruppe durchschnittlich 188 Besuche/Tag vom System aufgenommen. In der sich direkt anschließenden zweiten Tiergruppe ($n = 10$ Tiere ab der dritten Laktation an sieben Beobachtungstagen) zeigten sich erneut keine signifikanten Veränderungen zwischen den Versuchsphasen, aber in der absoluten Anzahl der Besuche je Tag. Erfasst wurden bei den älteren Kühen durchschnittlich 112 Besuche in der ersten und 109 Besuche in der zweiten Woche mit Stimulation.

Die Anzahl der erfolgreichen Stimulationen stieg im Verlauf des Versuchs in beiden Gruppen an. In Gruppe A wurden in der ersten Woche 25,8 %, in der zweiten Woche 32,3 %, in der dritten Woche 42,8 % und in der vierten Woche 49,7 % erfolgreiche Stimulationen erfasst. In der Gruppe B waren in der ersten Woche 49,9 % der Stimulationen erfolgreich. Der Wert der zweiten Woche musste aufgrund eines technischen Defekts des Systems verworfen werden und in der dritten Woche konnten 54,4 % sowie in der vierten Woche 54,7 % erfolgreiche Stimulationen erfasst und dokumentiert werden. Nach Durchführung der Versuche in den Gruppen A und B wurden diese zusammengelegt und weiter beobachtet. Die Stationsbesuche in der vergrößerten Gruppe ($n = 20$) beliefen sich in einem vierwöchigen Zeitraum auf einen durchschnittlichen Wert von 130 Besuchen/Tag mit einer Erfolgsquote der Stimulationen von 69,5 %.

Parallel zu den Systemdaten der CowToilet wurden Videobeobachtungen zum Tierverhalten durchgeführt. Diese stellten dar, wie oft die Tiere in der CowToilet Urin absetzten und wie oft dieses außerhalb des Systems, also direkt im Stall erfolgte. Exemplarisch wurde hierzu ein Wochenende (30.–31.01.2021) der zusammengeführten Gruppen ($n = 20$) genutzt. Durchschnittlich haben die Tiere am 30.01. 6,8-mal pro Tag (Spannbereite 4- bis 11-mal) uriniert. In Summe haben die 20 Tiere 136-mal Urin abgesetzt, davon 76-mal in der CowToilet (55,9 %).

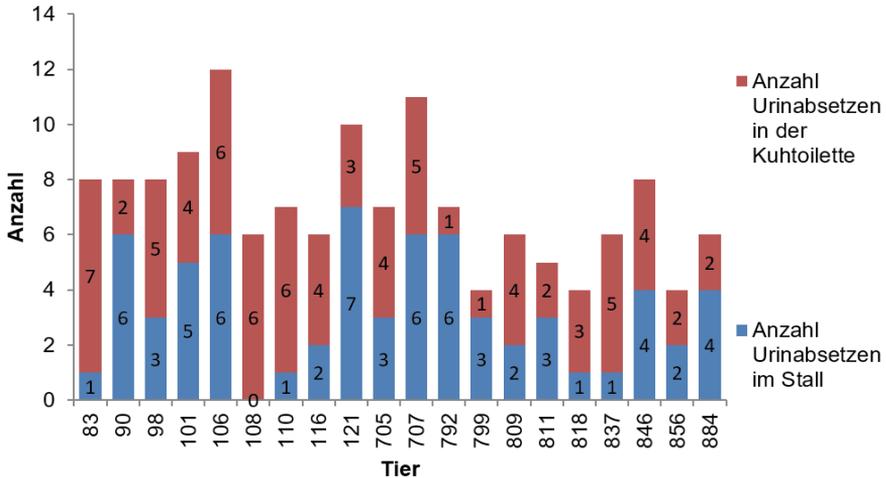


Abb. 1: Häufigkeit Urinabsetzen im Stall und in der Kuhtoilette der Gruppe C am 30.01.2021
 Fig. 1: Frequency of urine output in the stall and cow toilet of group C on 30.01.2021

Die Ergebnisse zur Stressbelastung zeigen, dass die Tiere ($n = 6$ Tiere mit durchschnittlicher Datenerfassung von 12 Stunden) innerhalb der CowToilet keinen zusätzlichen Stress empfanden und sich auch bei sonstigen Aktivitäten sehr ruhig zeigten. 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 benutzen.

Akzeptanz und Erfolg der CowToilet sind auch nach längerer Gewöhnung und Betrachtung sehr tierindividuell. Die gewonnenen Urinmengen schwanken ebenfalls recht stark. Über einen längeren Erfahrungszeitraum lässt sich als grober Wert eine gewonnene Urinmenge von etwa 3,5 l pro Tier und Tag ermitteln.

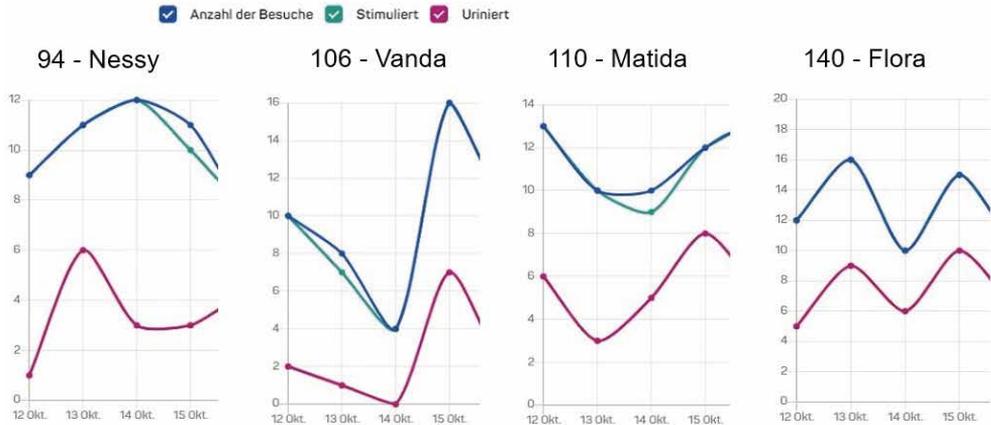


Abb. 2: Anzahl der Besuche, Simulationen und Urinabsetzungen bei ausgewählten Tiere nach knapp einjährigem Praxisbetrieb

Fig. 2: Number of visits, simulations and urine output in selected animals after almost one year in practice

4 Ausblick

Bei der Zugänglichkeit zur Reinigung, bei der Software und der Ein- bzw. Anbindung an Herdenmanagementsysteme gibt es Optimierungsbedarf. Zukünftige Forschungsansätze werden besonders bei der Lagerung und Verwertung des Urins und in der Wertschöpfung durch Nutzung – z.B. Sonderkulturen – gesehen.

Fütterungssysteme für laktierende Sauen: Auswirkungen auf Wohlergehen und Produktivität von Sauen und Ferkeln

Feeding systems for lactating sows: Effects on welfare and productivity of sows and piglets

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

Zusammenfassung

Zur Beurteilung von 4 verschiedenen Fütterungssystemen hinsichtlich Produktivität und Tierwohl wurden eine automatische Ad-libitum-Fütterungsstrategie ohne Anlockportion (T1), eine mit (T2) und eine manuelle (T3) mit einer Nicht-ad-libitum-Fütterungsstrategie (T4) verglichen. Produktions-, Gesundheits-, sowie Verhaltensindikatoren wurden erfasst. Sauen in T1 bis T3 nahmen weniger Futter auf als in T4. Die Ferkel der Sauen in T1 bis T3 erzielten eine höhere Zunahme pro kg Futterverbrauch der Sau. In T1 und T2 hatten die Ferkel wenig Kopfverletzungen. Der Kopf der Sauen in T1 bis T3 war länger im Trog zu beobachten als in T4, aber es gab keinen Unterschied im Auftreten von Stereotypen. Die ausreichende Futteraufnahme in Ad-libitum-Systemen führte bei den Ferkeln zu gutem Wachstum ohne übermäßigen Gewichtsverlust der Sauen. Die längere Zeit, die die Sauen in den Ad-libitum-Systemen mit dem Kopf im Trog verbrachten, könnte auf längere Fresszeiten deuten, was für das Wohlergehen positiv sein könnte. Weitere Studien sind erforderlich, um so zur Entwicklung von Fütterungssystemen beizutragen, die das Wohlbefinden von Sauen und Ferkeln steigern, sowie die Kosten senken.

Summary

Four different feeding systems were compared to evaluate their impact on the productivity and welfare of lactating sows and piglets. This included automated ad-libitum feeding, both without (T1) and with an attraction portion (T2), manual ad-libitum feeding (T3), and non-ad-libitum feeding (T4). Production, health, and behavioral indicators were examined. Sows in T1 to T3 consumed less feed per day than in T4 without losing significant body condition or weight. Piglets of sows in T1 to T3 also achieved higher piglet gain per kg of sow feed disappearance. In addition, more piglets in T1 and T2 were without head lesions. Sows in T1 to T3 spent more time with their heads in the trough. Stereotypic behaviour was rare and not different between treatments. Sows in the ad-libitum systems consumed as much feed as they needed without losing body condition or compromising piglet growth. The sows also spend more time interacting with the ad-libitum feeders, extending their feeding times, which suggests sow welfare benefits. Further research on ad-libitum feeding promises to elucidate additional approaches to improving the productivity, economics, and welfare of lactating sows and their piglets.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Fütterung laktierender Sauen erweist sich als schwierig. Sauen verbringen in der Natur die meiste Zeit des Tages mit Wühlen und Suchen nach Futter (Stolba and Wood-Gush 1989). Dieses Verhalten kann in den heutigen Fütterungssystemen nicht erfüllt werden, wodurch es zu Stereotypen kommen kann. Außerdem ändert sich der Nährstoffbedarf der Sau während der Tragezeit und Laktation (Baxter et al. 2017), worauf Rücksicht genommen werden muss. In der Studie wurden die Effekte von vier verschiedenen Fütterungssystemen auf die Produktivität, die Gesundheit und das Tierwohl von Sauen und ihren Ferkeln untersucht.

2 Tiere, Material und Methoden

Auf der Farm der PennVet University Pennsylvania, USA, wurden 61 Sauen und ihre Würfe beurteilt, die unter Berücksichtigung der Wurfzahl zufällig vier Versuchsgruppen zugeteilt wurden. Es wurden eine automatische Ad-libitum-Fütterungsstrategie ohne Anlockportion (T1), eine mit täglich viermaliger Gabe einer Anlockportion (T2), eine manuelle Ad-libitum-Fütterungsstrategie (T3) sowie eine Nicht-ad-libitum-Fütterungsstrategie (T4) verglichen und anhand der nachfolgend beschriebenen Parameter beurteilt.

Zur Bewertung der Produktivität wurden der Futterverbrauch der Sauen, die täglichen Zunahmen der Ferkel (pro Wurf), die Ferkelzunahmen pro kg Futterverbrauch der Sau, der Gewichtsverlust der Sauen, die Ferkelsterblichkeit und die Umrauschrage erhoben.

Als Indikatoren der Gesundheit dienten eine Gangbeurteilung der Sau sowie Läsionen an Sauen (Schnauze, Kopf, Ohr, Schulter, Zitzen) und Ferkeln (Karpus, Kopf).

Das Verhalten von 35 Sauen wurde anhand von je 96 Stunden Videomaterial erfasst. Dazu wurden Grundaktivitäten (Stehen, Liegen, Sitzen, Kopf im Trog) sowie orale Stereotypen mittels Scans im 1-Minuten-Intervall erhoben.

3 Ergebnisse

Sauen in den Ad-libitum-Systemen hatten einen höheren Futterverbrauch als die Nicht-ad-libitum-Sauen (T1 = 6,55 kg, T2 = 6,55 kg, T3 = 7,4 kg, T4 = 10,08 kg, $p < 0,0001$). Tendenziell nahmen die Ferkel der Sauen in T1 bis T3 mehr zu als Ferkel in T4 (T1 = 8,23 kg, T2 = 7,83 kg, T3 = 7,1 kg, T4 = 6,92 kg, $p = 0,054$); sie wiesen damit auch eine höhere Zunahme pro kg Futterverbrauch der Sau auf (T1 = 0,46, T2 = 0,45, T3 = 0,35, T4 = 0,24, $p < 0,001$, Abb. 1). Außerdem wurden in T1 und T2 mehr Ferkel ohne Kopfverletzungen ($p = 0,006$, Abb. 2) als in T3 oder T4 gefunden. Umrauschrage, Ferkelsterblichkeit und Gewichtsverlust der Sauen unterschieden sich nicht zwischen den Fütterungssystemen. Der Kopf von Sauen in T1, T2 und T3 war länger im Trog zu beobachten als bei den „Nicht-ad-libitum-Sauen“ in T4 (T1 = 4,28 %, T2 = 5,11 %, T3 = 5,35 %, T4 = 2,73 %, $p < 0,001$). Orale Stereotypen traten insgesamt selten auf und es gab keinen Unterschied zwischen den Fütterungssystemen.

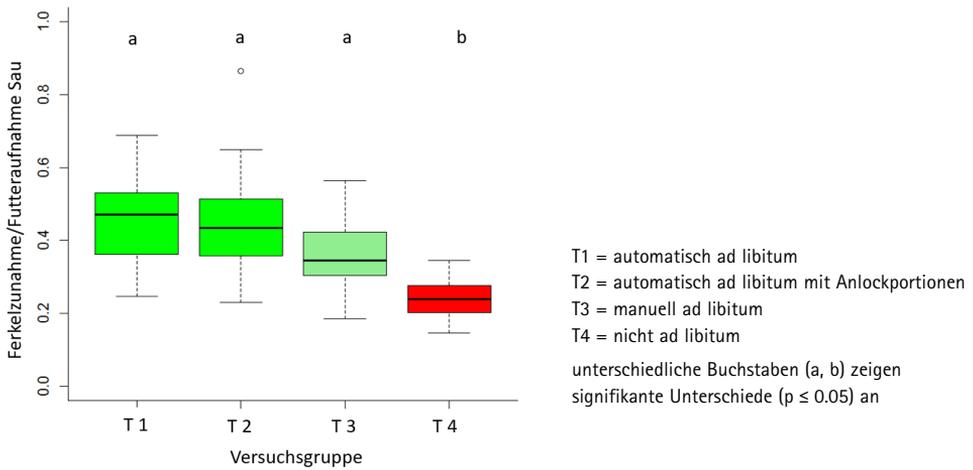


Abb. 1: Box-Whisker-Plots für die Gewichtszunahme der Ferkel pro kg Futterverbrauch der Sau (fett gedruckte Linie: Median, farbige Box: Quartile 2 und 3 (25–75 %), untere und obere Linien: Minimal- bzw. Maximalwerte)

Fig. 1: Box-Whisker plots for piglet weight gain per kg sow feed consumption (bold line: median, colored box: quartiles 2 and 3 (25–75%), lower and upper lines: minimum and maximum values, respectively)

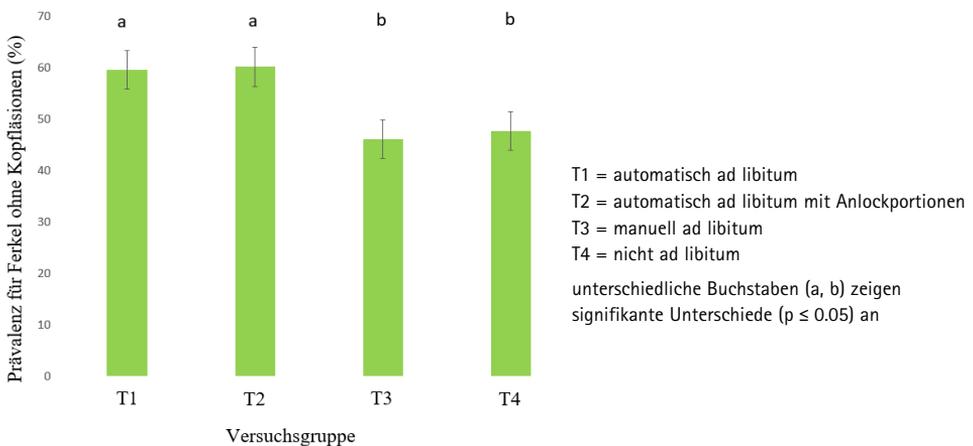


Abb. 2: Prävalenz für Ferkel ohne Kopfläsionen in den Versuchsgruppen 1 bis 4

Fig. 2: Prevalence for piglets without head lesions in experimental groups 1 to 4

4 Diskussion

Die Daten zeigen, dass die Sauen in den Ad-libitum-Systemen für ein gutes Wachstum der Ferkel ausreichende Mengen an Futter aufnahmen, ohne dass es zu übermäßigem Gewichtsverlust führte. Die gute Körperkondition der Sau könnte ein Grund für weniger Gesichtsläsionen bei den Ferkeln sein: Die Sauen produzierten ausreichend Milch, sodass die Ferkel weniger darum kämpfen mussten. Die längere Zeit, die Sauen in den Ad-libitum-Systemen mit dem Kopf im Trog verbrachten, kann auf längere Fresszeiten deuten. Dies könnte sich positiv auf das Wohlergehen auswirken, erfordert aber für eine abschließende Bewertung umfangreichere Beobachtungen. Zusammenfassend kann man sagen, dass automatische ad-libitum-Fütterungsstrategien in der vorliegenden Untersuchung die Produktivität steigerten, insbesondere die Zunahmen der Ferkel pro kg Futtermittelverbrauch der Sau. Weitere Forschung, insbesondere auch auf unterschiedlichen Betrieben, hinsichtlich des Fressverhaltens und des Ferkelwachstums pro kg Futtermittelverbrauch der Sau ist erforderlich, um Fütterungssysteme noch weiter an das Wohlbefinden der Tiere anzupassen und die Kosten zu senken.

Literatur

- Baxter, E.M., Andersen, I.L., Edwards, S.A. (2017): Sow welfare in the farrowing crate and alternatives, In: *Advances in Pig Welfare*, Elsevier Ltd, pp. 27–71, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101012-9.00002-2>
- Stolba, A., Wood-Gush, G.D.M. (1989): Behaviour of pigs in a semi natural environment. *Animal Production* 48, pp. 419–425

Danksagung

Wir möchten uns bei der Firma Schauen Agrotronic für die Unterstützung sowie bei den Mitarbeitern des New Bolton Center für die Hilfe bedanken und bei der Universität für Bodenkultur, Wien, für das KUWI-Stipendium.

Belüftungsheuqualität bei der Fütterung auf zwei milchviehhaltenden Betrieben

Barn dried hay quality by feeding on two dairy farms

JULIANA MAČUHOVÁ, DANIEL SCHMID, STEFAN THURNER

Zusammenfassung

Es gibt nur wenige Informationen zur Qualität des Belüftungsheus zum Zeitpunkt der Vorlage auf dem Futtertisch bzw. zur Qualität der Heureste, falls diese an weitere Tiere verfüttert werden. Ziel dieser Studie war es daher, die Belüftungsheuqualität während der Verfütterung an verschiedene Tiergruppen in Folge in zwei milchviehhaltenden Betrieben zu untersuchen. Dafür wurden zum Zeitpunkt der Fütterung an 4 bzw. 5 Tagen (Betrieb 1 bzw. Betrieb 2) Heuproben für eine Futtermittelanalyse entnommen. In beiden Betrieben wurde frisches Heu der Fütterungsgruppe 1 (Beprobung 1) vorgelegt und die Heureste dieser Gruppe wurden dann der Fütterungsgruppe 2 (Beprobung 2) vorgelegt. Da im Betrieb 2 die Fütterungsgruppe 2 auch zusätzliche Futtermittel bekam, konnten die Heureste der Fütterungsgruppe 2 (Beprobung 3) nur im Betrieb 1 entnommen werden. In beiden Betrieben wurde für die Parameter NEL, Rohfaser, Rohprotein, nutzbares Rohprotein kein signifikanter Unterschied ($P > 0,05$) zwischen Beprobung 1 und 2 beobachtet, was auf eine vergleichbare Futterqualität der Heureste von Fütterungsgruppe 1 mit dem frisch vorgelegten Heu hindeutet. Sogar die Futterqualität der Heureste der Fütterungsgruppe 2, getestet im Betrieb 1, war relativ gut.

Summary

There is only less information on the quality of barn dried hay fed to dairy cows or its changes if hay remains of one feeding group are fed to another. The aim of this study was to investigate barn dried hay quality during the entire feeding chain on two dairy farms. For this purpose, hay samples were taken for feed analysis during feedings on 4 and 5 days on farm 1 and farm 2, resp. On both farms, hay taken from the storage was fed to feeding group 1 (sampling 1) and the hay remains of feeding group 1 were fed to the next, feeding group 2 (sampling 2). Because on farm 2, the feeding group 2 also received additional feed, the hay remains of feeding group 2 (sampling 3) were only taken on farm 1. On both farms, no significant differences ($P > 0.05$) in hay quality were observed between sampling 1 and 2 for the parameters NEL, crude fibre, crude protein, and usable crude protein which indicates a comparable feed quality of the hay residues of feeding group 1 with freshly fed hay. Even the quality of the hay remains of feeding group 2, tested on farm 1, was relatively good.

1 Einleitung und Zielsetzung

Durch Neu- und Weiterentwicklung der Technik und Verfahren zur technischen Trocknung des am Feld vorgetrockneten Anwelkguts (Wirleitner et al. 2014) stieg die Anzahl der milchviehhaltenden Betriebe mit ausschließlich oder überwiegend Heufütterung als Grundfutterkomponente. Auf diesen Betrieben ist umso wichtiger, dass das Heu hochwertig ist. Informationen zur Qualität des Belüftungsheus bei der Vorlage bzw. zu dessen Veränderungen falls Heureste einer Fütterungsgruppe an eine andere verfüttert werden, gibt es nur wenige. In der Literatur wird auf eine höhere Futteraufnahme aus dem Grundfutter bei Heu- im Vergleich zur Silagefütterung hingewiesen (Fasching et al. 2015, Fritz 2018).

Ziel dieser Studie war es, die Belüftungsheuqualität während der Verfütterung an verschiedene Tiergruppen in Folge in zwei milchviehhaltenden Betrieben zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden auf zwei milchviehhaltenden Betrieben (Betrieb 1 und Betrieb 2) statt. Im Betrieb 1 wurde zweimal und im Betrieb 2 einmal täglich ad libitum mit Belüftungsheu oder dessen Resten von anderen Gruppen gefüttert. Die Beprobung des Heus für eine Futtermittelanalyse fand an 4 (Betrieb 1) bzw. 5 Tagen (Betrieb 2) statt. Bei jeder Fütterung wurde frisches Heu aus dem Lager der Fütterungsgruppe 1 (Betrieb 1: 76 laktierende Kühe, 7 trockenstehende Kühe und 4 trächtige Färsen, Betrieb 2: 27 laktierende und 1 trockenstehende Kuh) vorgelegt. Dabei fand jeweils die Entnahme von Heuproben für eine Futtermittelanalyse und die Bestimmung des Trockenmassegehalts zum Zeitpunkt der Entnahme der Proben statt (Beprobung 1 (Betrieb 1: n = 7; Betrieb 2: n = 5)). Die Heureste der Fütterungsgruppe 1 wurden der Fütterungsgruppe 2 (Betrieb 1: 6 trächtige Färsen und 1 Bulle, Betrieb 2: Kälber) vorgelegt. Diese Heureste wurden ebenfalls beprobt (Beprobung 2 (n wie bei Beprobung 1)). Heureste der Fütterungsgruppe 2 wurden entweder entfernt oder den Kälbern vorgelegt (Betrieb 1) bzw. nur entfernt (Betrieb 2). Im Betrieb 1 bekam die Fütterungsgruppe 2 nur Heureste der Fütterungsgruppe 1 vorgelegt. Im Betrieb 2 wurden die Heureste dagegen mit frischem Heu bzw. auch mit anderen Futtermitteln vermischt und vorgelegt. Daher wurden die Heureste der Fütterungsgruppe 2 nur im Betrieb 1 beprobt (Beprobung 3: n = 5).

Bei jeder Beprobung wurden zwei repräsentative Proben genommen. Eine Probe zur Analyse des Trockenmassegehalts und die zweite zur Analyse der Futterqualität. Die erste Probe (mindestens 300 g) wurde sofort gewogen, um die Frischmasse zu bestimmen. Für die Bestimmung des Trockenmassegehalts wurden die Proben mindestens 24 h im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Massenkonstanz getrocknet und rückgewogen. Die Futtermittelanalyse wurde vom LKV-Futtermittellabor in Grub mittels Weender-Analyse durchgeführt.

Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Softwarepaket SAS®9.4 mittels ANOVA mit Messwiederholung in der PROC MIXED-Prozedur. Bei nicht normalverteilten Daten wurden Analysen mit Rangdaten durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zum Trockenmassegehalt bei Probenentnahme und zu den Futtermittelanalysen sind in Abbildung 1 dargestellt. Ein signifikanter Einfluss des Faktors Beprobung ($P < 0,05$) wurde nur im Betrieb 1 und dies bei allen getesteten Parametern außer beim Rohprotein beobachtet. Beim Trockenmassegehalt und bei der Rohasche wurde ein signifikanter Unterschied ($P < 0,05$) zwischen allen Beprobungen auf Betrieb 1 beobachtet. Bei den restlichen Parametern wurde ein signifikanter Unterschied ($P < 0,05$) nur zwischen Beprobung 1 und 3, d. h. zwischen frisch vorgelegtem Heu und den Heuresten zum Entfernen, beobachtet. Dies lässt auf eine gute Futterqualität auch der Heureste von Fütterungsgruppe 1, d. h. des Futters der Fütterungsgruppe 2, schließen.

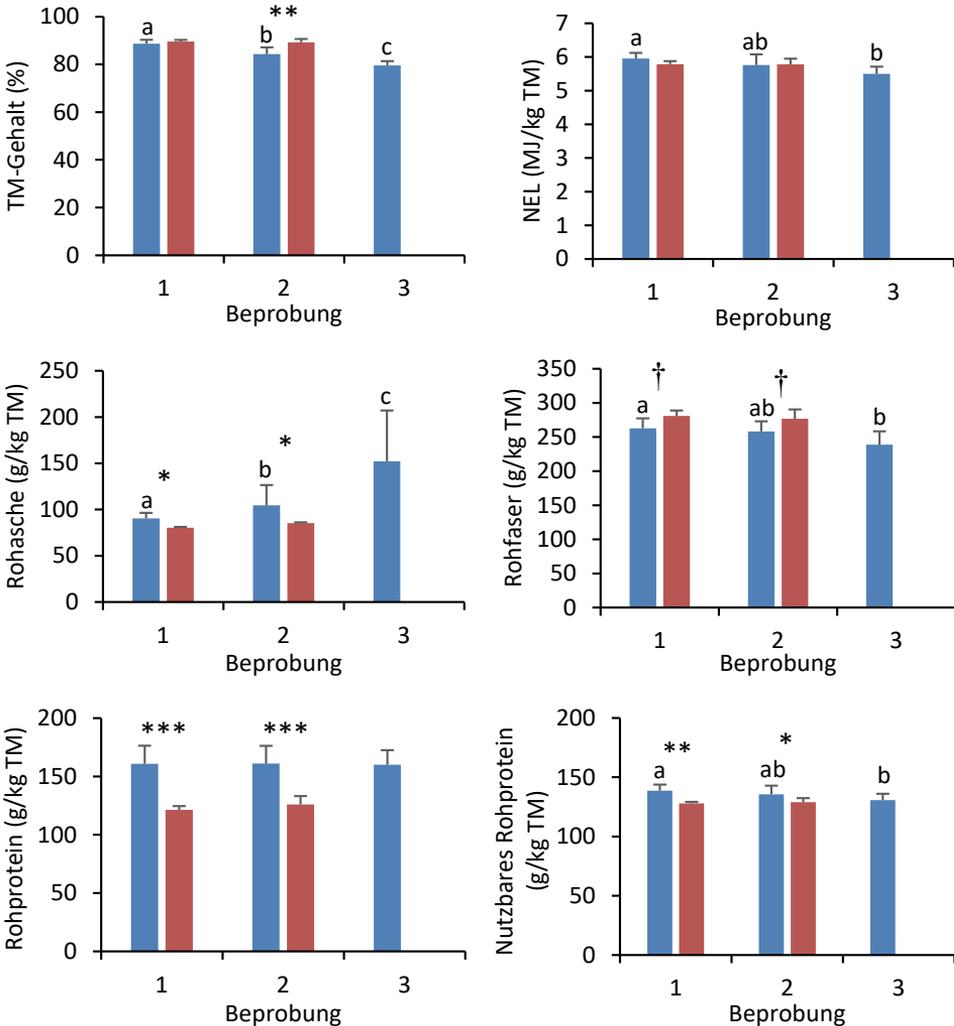


Abb. 1: Trockenmassegehalt bei Probenentnahme, NEL und getestete Inhaltstoffe in Abhängigkeit von Beprobung (1 = frisch vorgelegtes Heu der Fütterungsgruppe 1, 2 = Heureste der Fütterungsgruppe 1 zum Vorgelegen bei der Fütterungsgruppe 2 (n = 7, Betrieb 1; n = 5, Betrieb 2), 3 = Heureste der Fütterungsgruppe 2 (n = 5, Betrieb 1)) und des Betriebs (blau = Betrieb 1, rot = Betrieb 2; TM = Trockenmasse)

a,b,c Bei ungleichen Buchstaben signifikante Unterschied zwischen Beprobungen (p < 0,05)

*** P < 0,001, ** P < 0,01, * P < 0,05, † P < 0,1 Unterschied zwischen den Betrieben

Fig. 1: Dry matter content at sampling, NEL and tested nutrients according to sampling (1 = hay freshly fed to feeding group 1, 2 = hay remains of feeding group 1 for feeding of feeding group 2 (n = 7, farm 1; n = 5, farm 2), 3 = hay remains of feeding group 2 (n = 5, farm 1)) and the farm (blue = farm 1, red = farm 2; TM = dry matter)

a,b,c Significant difference (p < 0,05) between sampling by different letters.

*** P < 0.001, ** P < 0.01, * P < 0.05, † P < 0.1 difference between farms

Der durchschnittliche Energiegehalt lag nicht nur bei frisch vorgelegtem Heu, sondern auch bei allen Beprobungen in beiden Betrieben über 5,5 MJ NEL, was vergleichbar oder leicht unter den Tabellenwerten für Grassilage vom LKV-Labor in Grub (LKV Futtermittellabor 2021) ist. Der Gehalt an Rohprotein und der Gehalt an nutzbarem Protein waren im Betrieb 1 sogar bei allen Beprobungen vergleichbar mit den Tabellenwerten für Grassilage und nur im Betrieb 2 etwas darunter. Der Rohaschegehalt war im Durchschnitt in beiden Betrieben und bei allen Beprobungen niedriger als die Tabellenwerte für Grassilage, was auf einen geringen Erdanhang hindeutet. Der Rohfasergehalt war im Vergleich zum Tabellenwert für Grassilage bei den ersten zwei Beprobungen höher (hauptsächlich im Betrieb 2), bei Beprobung 3 (den Heuresten zum Entfernen) jedoch vergleichbar. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass nicht nur das frisch vorgelegte Heu eine gute Futterqualität aufwies, sondern auch die Heureste.

Literatur

- Fasching, C.; Gruber, L.; Mietschnig, B.; Schauer, A.; Häusler, J.; Adewöhrer, A. (2015): Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Milchproduktionswert im Vergleich zu Silage. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irndning, S. 67–74
- Fritz, Ch. (2018): Ansatz zu einem ganzheitlichen Vergleich der Kosten und Erlöse von Bodenheu, Belüftungsheu und Grassilage. 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2018, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irndning, S. 75–90
- LKV Futtermittellabor (2021): <https://www.stmelf.bayern.de/neofulab/?0>, Zugriff am 27.04.2022
- Wirleitner, G.; Aschauer, Ch.; Jakschitz-Wild, S.; Kittl, M.; Neuhofer, K.; Nydegger, F.; Ostertag, J.; Pöllinger, A.; Resch, R.; Thurner, S. (2014). Richtlinien für die Belüftungstrocknung von Heu. Landwirt (Sonderbeilage) 10, S. 17–27

Danksagung und Förderhinweis

Die Autoren danken den Landwirten, die an der Studie teilgenommen haben. Die Studie wurde durch das Bayerische Staatministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (FKZ: A/19/17) gefördert.

Entwicklung des digitalen Tierwohlindikator basierten Beratungstools PigsAndMore für die Mastschweinehaltung

Development of the animal welfare assistance system PigsAndMore for fattening pig farms

KATHARINA DAHLHOFF, ASTRID VAN ASTEN, NAEMI VON JASMUND,
LISA-MARIE SCHMIDT UND WOLFGANG BÜSCHER

Zusammenfassung

Ziel des Forschungsprojektes PigsAndMore war es, ein Decision-Support-System für die Beratung zu entwickeln, das eine systematische und objektive Beurteilung der Tierwohlsituation in Schweinemastbetrieben ermöglicht. Die betriebspezifische Analyse setzt sich dabei aus einer vorgeschalteten Screeningphase mit anschließender Erfassung von haltungs-, fütterungs- und managementbezogener Betriebsdaten sowie einer Einzeltierbonitur zusammen. Für die Bewertung des Betriebs werden die erhobenen Daten im Rahmen des digitalen Assistenzsystems gebündelt und analysiert. Definierte Ursache-Wirkung-Zusammenhänge sowie Ziel- und Grenzwerte ermöglichen es, Schwachstellen in Haltung und Management aufzuzeigen. Durch die abschließende Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen soll der Betrieb zukünftig bei der Verbesserung der Tierwohlsituation unterstützt werden.

Summary

The aim was to develop a decision support system that enables a systematic and objective assessment of the animal welfare situation in pig fattening farms. The analysis consists of an upstream screening phase, the recording of husbandry-, feeding- and management-related operating data as well as an individual animal scoring. For the evaluation, the collected data is bundled in the digital assistance system. Defined target and limit values make it possible to identify weak points in husbandry and management. Finally, pig farms are prospective supported in improving the animal welfare situation by deriving specific recommendations for action.

1 Zielsetzung

Seit Jahren wird von Seiten der Gesellschaft sowie der Politik eine Neuausrichtung der Schweinehaltung zu mehr Tier- und Umweltschutz gefordert. Um Schweinemastbetriebe umfassend beraten zu können, bestand das Ziel des Projektes PigsAndMore darin, ein softwaregestütztes Decision-Support-System zu entwickeln, mit dessen Hilfe betriebsindividuelle Optimierungsvorschläge für ein verbessertes Tierwohl abgeleitet werden können. Als Grundlage wurde eine systematische Erfassungsmatrix entwickelt, die eine Kombination aus relevanten verfahrens- und haltungstechnischen, fütterungs- und managementbezogenen sowie einzeltier- und buchtenspezifischen Parametern vorsieht. Anhand eines Benchmarkings der Betriebswerte mit definierten Ziel-, Grenz- und Vergleichswerten sollen im Rahmen einer intelligenten Auswertung potenzielle Ursachen und Risikofaktoren identifiziert und stallspezifische Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

2 Material und Methoden

2.1 Komponenten der Datenerfassung

Abbildung 1 verdeutlicht die Methodik des Beratungstools PigsAndMore. Zur automatisierten Erfassung der Stallklimasituation sowie der Aktivität der Tiere wurde ein mobiles und sensorgestütztes Messsystem entwickelt, das im Rahmen einer vorgeschalteten Screeningphase die Ist-Situation ausgewählter Fokusbuchten objektiv und vom Menschen unabhängig aufzeichnete. Das System bestand aus einem Ammoniaksensor der Firma Dräger, Raumtemperatur-, Luftfeuchte- und Beleuchtungsstärkesensoren sowie passiven Infrarotsensoren (PID) und einer Videoaufzeichnung.

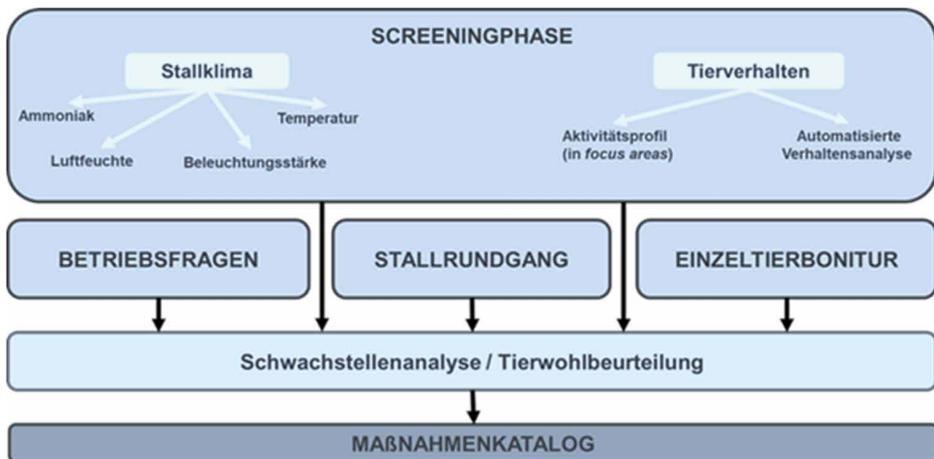


Abb. 1: Aufbau und Komponenten des Decision-Support-Systems PigsAndMore [Sb20]
 Fig. 1: Structure and components of decision-support-system PigsAndMore [Sb20]

Für die Konzeptionierung der Bonitursystematik wurde auf bereits etablierte Konzepte ([WQ09], [KTBL16], [FLI17] u. a.) sowie weitere Fachexpertise (Expertenbeirat) zurückgegriffen, geeignete Parameter ausgewählt und an die speziellen Anforderungen des Beratungszweckes angepasst. Die Bonitursystematik basierte dabei auf den drei Säulen Betriebsinterview (Betriebsstammdaten), Datenerhebung im Stall (besuchsindividuelle Informationen) sowie Einzeltierbonitur (150 Tiere).

2.1 Felderhebungen

Zur Testung und Validierung des Konzeptes wurden insgesamt zwei Felderhebungsphasen durchgeführt. Da das gewonnene Datenmaterial auch zur Generierung von Vergleichswerten für das spätere Assistenzsystem herangezogen werden sollte, wurden in den beiden Testphasen vorzugsweise konventionell wirtschaftende Betriebe mit einer maximalen Gruppengröße von 60 Tieren je Bucht und ohne das Vorliegen einer aktuellen Problemsituation ausgewählt.

Zunächst wurden die genutzten Ammoniakensoren auf Laborebene [Ja22] und die PIDs in Vorversuchen [Ja20] hinsichtlich ihrer Eignung für die geplante Screeningphase untersucht. Zur Überprüfung des Screeningmesssystems in der Praxis (Klimasensoren/PIDs) wurde von April bis November 2019 in elf Praxisbetrieben jeweils ein repräsentatives Abteil untersucht. Die Auswertung der Ergebnisse aus der Fokusbucht erfolgte über mindestens drei 24-Stunden-Tage und wurde durch eine Gesamtbetriebsanalyse ergänzt. Nach der Durchführung standardisierter Beobachterabgleiche erfolgte im Rahmen einer zweiten Felderhebung die Testung der Bonitursystematik von Oktober 2019 bis Februar 2020 in 27 Praxisbetrieben in Nordrhein-Westfalen. Alle untersuchten Betriebe verfügten hierbei über ein zwangsbelüftetes Stallsystem, bezüglich der eingesetzten Verfahrenstechniken (Lüftung, Fütterung, Haltung) kamen jedoch alle handelsüblichen Systeme vor. Insgesamt wurden 385 Buchten und 5.550 Schweine bonitiert.

3 Ergebnisse

Die Screeningphase bot in den elf Untersuchungsbetrieben aufgrund der mehrtägigen Aufzeichnung der Verhaltens- und Stallklimadaten einen Zugewinn an speziellen Informationen, die in üblichen produktionstechnischen Beratungssituationen nicht erzielt werden können. So konnten in den untersuchten Betrieben detaillierte Verlaufskurven zur Aktivität der Tiere und komplexe Analysen des Stallklimas erstellt werden.

Bei der Entwicklung des Tierwohlindikator basierten Beratungstools wurde besonderes Augenmerk auf die Implementierung geeigneter einzeltier- und gruppenbezogener Indikatoren gelegt. Im Rahmen der Felderhebungsphase konnten in 30,6 % der 385 bonitierten Buchten vereinzelt hustende Tiere und in 13,5 % vermehrtes Niesen der Tiere festgestellt werden. Dagegen konnten in den Buchten keine Durchfallerkrankungen wahrgenommen werden. Kümmerer sowie Tiere mit tränenden Augen wurden in 0,5 bzw. 9,8 % der bonitierten Buchten beobachtet. Auf Einzeltierebene wiesen 91,55 % der Schweine keine Hautläsionen im Bereich des Körpers auf. Das Merkmal „schwere

Hautläsionen“ (> 15 strichförmige Verletzungen mit ≥ 5 cm Länge und/oder flächige Verletzung mit Durchmesser $\geq 2,5$ cm) kam lediglich bei einem Anteil von 1,98 % der Tiere vor. Die häufig mit einer Tierschutzproblematik einhergehenden Verletzungen der Körperregionen Ohren und Schwänze der Tiere wurden unter anderem hinsichtlich der Parameter Teilverluste und Verletzungen bewertet. Bei 90,05 % der bonitierten Tiere gab es keinerlei Teilverluste der Ohren zu verzeichnen, dagegen konnte bei 5,67 % der Ohren ein Durchbrechen der Haut festgestellt werden (flächige Veränderung des Ohrandes und/oder strichförmige Verletzungen ≥ 5 cm). Die Schwänze waren zu 95,98 % intakt (Teilverluste 3,42 %, Vollverluste 0,6 %), wobei ein Durchbrechen der Haut an 6,18 % der bonitierten Schwänze auftrat.

Die Daten der Einzeltierbonitur sollen zusammen mit einschlägigen Angaben aus der Fachliteratur als erste Ziel-, Grenz- und Vergleichswerte für das (überbetriebliche) Benchmarking herangezogen und geprüft werden. Zudem sind im weiteren Verlauf die Zuordnung der Schwachstellen zu potenziellen Risikofaktoren und die Ableitung konkreter Optimierungsempfehlungen für unterschiedliche Szenarien geplant.

4 Ausblick

Das Decision-Support-System PigsAndMore soll weiterentwickelt werden, um zukünftig eine fundierte Dokumentations- und Bewertungsgrundlage für vielfältige Anwendungsbereiche zu bieten (betriebliche Eigenkontrolle, Auditierung, Best-Practice-/High-End-Tierwohl-Beratung). Dabei spielt die Screeningphase aufgrund ihres erhöhten Informationsstatus eine wichtige Rolle.

Im weiteren Entwicklungsprozess wird zudem die Anbindung und Verknüpfung der Ergebnisse aus PigsAndMore mit weiteren externen Daten (z.B. Fütterungs- oder Stallklimacomputer, Schlachtdaten) im Vordergrund stehen. Dazu ist die Schaffung geeigneter Schnittstellen erforderlich, um eine möglichst umfassende und anwenderfreundliche Auswertung der relevanten Informationen zu gewährleisten.

Literatur

Eine Literaturübersicht erhalten Sie bei der Autorin.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Projektträgerschaft: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogrammes Nutztierhaltung; FKZ: 2817902515 und 2817902615.

Bestimmung des Lernfortschritts bei Konditionierungsverfahren in der Nutztierhaltung

Measuring learning progress in conditioning procedures in livestock husbandry

CHRISTIAN MANTEUFFEL, NEELE DIRKSEN, TINA HARTWIG

Zusammenfassung

Stimulusabhängige operante Konditionierung gewinnt zunehmend an Bedeutung für die Managementverfahren der Nutztierhaltung. Frühe Beispiele sind automatisierte Melksysteme und elektronische Futterautomaten, deren Nutzung erlernt werden muss. Hierbei kommt es regelmäßig zur Überforderung einzelner Tiere, die im schlimmsten Fall ausgesondert werden. Die Lernaufgaben könnten automatisch angepasst werden, um eine solche Überforderung zu vermeiden. Dazu sind jedoch allgemein anwendbare Metriken zur tierindividuellen Bestimmung des Lernfortschritts erforderlich. Im Folgenden wird anhand einer exemplarischen Diskriminierungsaufgabe für Sauen gezeigt, dass die konventionellen Metriken für Klassifikationsleistung für diesen Zweck ungeeignet sind. Als Alternative wird die normalisierte Präzision vorgeschlagen. Anhand der Studie wird gezeigt, dass diese neue Metrik den Lernfortschritt plausibel abbilden kann.

Summary

Stimulus-controlled operant conditioning gains more and more relevance for husbandry procedures in livestock farming. Early examples are automatic milking systems and electronic feeding stations, where learning is required to use them. There is a constant number of animals that are overburdened by this task and that may be eliminated from the group for this very reason. The learned task could be automatically adjusted to avoid this, but this would require universally applicable metrics for the individual learning progress. The present work demonstrates the infeasibility of conventional metrics for classification performance for this purpose by means of an exemplary discrimination task in sows. It proposes Normalized Precision as an alternative and shows that this novel metric is suited to provide a plausible representation of learning progress.

1 Einleitung und Zielsetzung

Precision Livestock Farming (PLF) ist der Versuch, mithilfe von tierindividuellen Halungsverfahren, die der Nutztierhaltung inhärenten Zielkonflikte z.B. zwischen Wirtschaftlichkeit, Umweltwirkung und Tiergerechtheit zu lösen. Der dabei verfolgte Ansatz besteht dabei darin, mit technischen Mitteln, die Augen, Ohren und Nasen der Tierhalter zu ersetzen (Norton und Berckmans 2018). Diesem Ansatz stehen kooperative Halungsverfahren gegenüber, die darauf abzielen, Prozesse mithilfe der Fähigkeiten der Tiere zu automatisieren. Sehr frühe Beispiele hierfür sind automatische Melksysteme und elektronische Futterautomaten. Aktuell wird z.B. untersucht, ob mit Latrinentraining beim Schwein (Tillmanns et al. 2022) und Rind (Dirksen et al. 2021) die Umweltwirkung von Tierhaltung reduziert werden könnte. Sehr häufig ist in solchen Systemen für einzelne Tiere eine übergangsweise Erleichterung der Lernaufgabe erforderlich. In der Praxis bedeutet dies, dass Tiere aufwendig vom Stallpersonal angeleitet werden müssen. Um diesen manuellen Aufwand zu vermeiden und neue, noch komplexere Lernaufgaben automatisiert trainieren zu können, sind Metriken erforderlich, die den individuellen Lernfortschritt der Tiere messbar machen. Für eine praktische Nutzung müssen diese Metriken auch unter sehr unterschiedlichen Trainingsbedingungen vergleichbare Werte liefern, damit – unabhängig vom Anwendungskontext – einheitliche Lernkriterien anwendbar sind.

2 Material und Methoden

Um den Effekt unterschiedlicher Trainingsbedingungen auf den gemessenen Lernfortschritt zu bestimmen, wurden Sauen auf eine exemplarische Diskriminierungsaufgabe trainiert. Dabei mussten sie individuelle akustische Rufsignale (Namen) erkennen. Diese Signale wurden anschließend genutzt, um Einzeltiere gezielt zu einer elektronischen Futterstation zu rufen. Das Training erfolgte automatisiert während der Fütterungen und wurde pro Tag entweder selten (1–4) oder oft (≤ 8) durchgeführt. Zusätzlich wurde die Gruppengröße zwischen wenigen (< 8) und vielen (< 36) Tieren variiert. In den kleinen Tiergruppen wurden alle Tiere gleichzeitig konditioniert, während in den großen Tiergruppen maximal acht Tiere gleichzeitig ihre initiale Konditionierung erhielten. Weitere Details zum Versuch sind in Manteuffel et al. (2021) zu finden. Details zum automatisierten Training liefert Manteuffel et al. (2011).

Die Datenauswertung basiert auf den automatisch von der elektronischen Futterstation erhobenen Verhaltens- und Versuchsdaten. Die Reaktion der Tiere wurde mithilfe von Radio Frequency Identification (RFID) festgestellt. Diese Verhaltensdaten bildeten die Grundlage für die Bewertung der Lernleistung im Sinne der beobachtbaren Klassifikationsleistung der Tiere (Marston 1996). Dabei bildeten die eigenen Fütterungen die Klasse der positiven Ereignisse (P) und die Fütterung von Artgenossen die Klasse der negativen Ereignisse (N). Fehler werden im Folgenden mit F und korrekte Reaktionen auf die Rufsignale mit T abgekürzt. Neben den konventionellen Metriken Sensitivität/TPR

(= TP/P) und Präzision (= TP/(TP + FP)) wurde die in Manteuffel et al. (2021) erarbeitete normalisierte Präzision (NP) ausgewertet (Gl. 1).

$$NP = \frac{TPR}{TPR + \frac{FP}{TN}} \quad \text{Gl. 1}$$

Für die statistische Auswertung wurden die festen Effekte „Trainingsbedingung“ mit den Werten (viele × selten, wenige × oft, wenige × selten) und „Trainingsdauer“ in Wochen mit den Werten (0 → start, 1, 2, 3, 4, 5, 6) betrachtet. Die Metriken, also Variablen mit einem [0,1]-Wertebereich, stellten die Ergebnisvariablen dar. Die Least Square Means der Ergebnisvariablen und der Einfluss der festen Effekte wurde mit Hilfe eines quasi-binomialen generalisierten linearen Modells geschätzt. Die Berechnungen wurden mit der R-Statistiksoftware durchgeführt. Der Quellcode und die Daten sind abrufbar unter <https://doi.org/10.17632/ngbxmgddz6.1>.

3 Ergebnisse

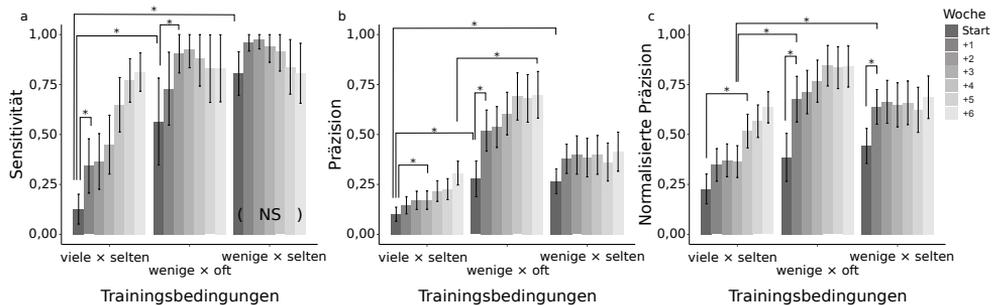


Abb. 1. Vergleich klassischer Metriken (a, b) für Klassifikationsleistung im Vergleich zur normalisierten Präzision; Least Square Means ± Konfidenzintervall; N ≤ 38; * p < 0,05 (Manteuffel et al. 2021)

Fig. 1. Comparison of conventional metrics (a, b) for classification performance compared to normalized precision. LSM ± CI; N ≤ 38; * p < 0.05 (Manteuffel et al. 2021)

Die Ergebnisse für die Sensitivität zeigen, dass die Sauen im Mittel unter allen drei Trainingsbedingungen nach spätestens fünf Wochen in der Lage waren, auf mehr als 75 % der Rufsignale korrekt zu reagieren (Abb. 1a). Allerdings zeigte die Sensitivität schon zu Trainingsbeginn auch Unterschiede, die nicht auf die Lernleistung, sondern auf die Versuchsbedingungen zurückzuführen sind. Auch bei der Präzision zeigten sich systematische Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen, welche die Lernleistung nicht plausibel abbildeten (Abb. 1b). Die normalisierte Präzision zeigte (korrekter Weise) in der ersten Trainingswoche keinen signifikanten Unterschied in der Lernleistung der Behandlungsgruppen. Während des Trainings war unter allen Versuchsbedingungen eine zunehmende Lernleistung erkennbar, wobei der gemessene Lernfortschritt in der großen Tiergruppe reduziert war. Dieser Unterschied war zum Ende des Trainings nicht mehr

erkennbar. Die normalisierte Präzision bildete also als einzige Metrik den Verlauf und die Konsolidierung des Trainings plausibel ab (Abb. 1c). Details zu diesen Ergebnissen liefert Manteuffel et al. (2021).

4 Ausblick

Die Berücksichtigung des Lernerfolges in kooperativen Haltungsverfahren bietet das Potenzial bestehende Systeme tiergerechter zu gestalten und das Training neuer komplexer Lernaufgaben zu automatisieren. Damit wird eine stärkere Einbeziehung der Fähigkeiten unserer Nutztiere möglich, wodurch z. B. die Tierversorgung oder das Mikroklima im Stall noch stärker an tierindividuelle Bedürfnisse angepasst werden könnten. Gleichzeitig wird den Tieren so die Möglichkeit eingeräumt, sich mit biologisch relevanten Aufgaben sinnvoll zu beschäftigen. Als Nebeneffekt können solche Verfahren den Tieren mehr Kontrolle über ihre Umwelt geben und böten ihnen die Gelegenheit, positive Emotionen zu erfahren (Boissy et al. 2007).

Literatur

- Boissy, A.; Manteuffel, G.; Jensen, M.B.; Moe, R.O.; Spruijt, B.; Keeling, L.J.; Winckler, C.; Forkman, B.; Dimitrov, I.; Langbein, J. (2007): Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior* 92, pp. 375–397, doi. 10.1016/j.physbeh.2007.02.003
- Dirksen, N.; Langbein, J.; Schrader, L.; Puppe, B.; Elliffe, D.; Siebert, K.; Röttgen, V.; Matthews, L. (2021): Learned control of urinary reflexes in cattle to help reduce greenhouse gas emissions. *Current Biology* 31, pp. 1033–1034, doi. 10/gmsnxv
- Manteuffel, C.; Schön, P.C.; Manteuffel, G. (2011): Beyond electronic feeding: The implementation of call feeding for pregnant sows. *Computers and electronics in agriculture* 79, pp. 36–41, doi. 10.1016/j.compag.2011.08.009
- Manteuffel, C.; Dirksen, N.; Hartwig, T. (2021): From extra to actor: Facilitating automated conditioning in animal-robot interaction. *Computers and electronics in agriculture* 191, pp. 106496, doi. 10/gn8pkz
- Marston, H.M. (1996): Analysis of cognitive function in animals, the value of SDT. *Cognitive Brain Research* 3, pp. 269–277, doi. 10.1016/0926-6410(96)00012-2
- Norton, T.; Berckmans, D. (2018): Engineering advances in Precision Livestock Farming. *Biosystems Engineering, Advances in the Engineering of Sensor-based Monitoring and Management Systems for Precision Livestock Farming* 173, pp. 1–3, doi. 10.1016/j.biosystemseng.2018.09.008
- Tillmanns, M.; Scheepens, K.; Stolte, M.; Herbrandt, S.; Kemper, N.; Fels, M. (2022): Implementation of a Pig Toilet in a Nursery Pen with a Straw-Littered Lying Area. *Animals* 12, pp. 113, doi. 10.3390/ani12010113

Danksagung

Die Vorbereitung dieser Studie wurde durch Fördermittel des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) basierend auf einem Beschluss des Deutschen Bundestages durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Innovationsprogramms gefördert. Die Durchführung wurde gefördert durch die Europäische Innovationspartnerschaft (EIP-AGRI) basierend auf einem Beschluss des Ministeriums für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt, Mecklenburg-Vorpommern. Die Autoren danken Elisa Wirthgen und Christian Nawroth für ihren Beitrag zur Verbesserung der Verständlichkeit dieses Manuskripts.

Abgangsursachen von Milchkühen

Causes for culling dairy cows

MECHTHILD FREITAG, KIRSTEN DROLSHAGEN, LAURA LÜCKE, GISELA KESTING

Zusammenfassung

Remontierungsraten beeinflussen das betriebswirtschaftliche Ergebnis und werden zum Teil auch zur Bewertung von Betrieben in Bezug auf Tierwohl und Tiergesundheit herangezogen. Die Abgangsursachen werden regelmäßig von den Milchkontrollverbänden nach einem vorgegebenen Schema erfasst, das nur vorgegebene Antworten zulässt. Der Entscheidung zur Merzung von Kühen können jedoch vielfältige Ursachen zugrunde liegen. In der vorliegenden Erhebung wurden 42 Betriebe über 12 Monate in Bezug auf die Entscheidung zur Merzung von Milchkühen begleitet. Insgesamt konnten Abgangsursachen von 593 Kühen ausgewertet werden. Es zeigt sich, dass zwei Drittel der Abgänge nicht primär krankheitsbedingt erfolgten, sondern eine betriebliche Managemententscheidung darstellten. Ein wesentlicher Grund für das Merzen von älteren Kühen stellte dabei die Aufzucht überzähliger Färsen („Färsendruck“) dar. Die vorliegende Erhebung legt nahe, dass das Schema der Milchkontrollverbände überarbeitet werden sollte.

Summary

Restocking rates affect economic performance and are sometimes applied to assess farms in terms of animal welfare and animal health. The causes for culling dairy cows are regularly recorded by the milk control associations according to a scheme which allows only predefined answers. However, the decision to cull cows can be based on a variety of causes. In the present survey, 42 farms were analyzed over 12 months with regard to culling dairy cows. In total, the causes for culling from 593 cows could be evaluated. It turns out that two-thirds of the cullings were not primarily due to illness, but instead were a management decision. A major reason for slaughtering older cows was the rearing of surplus heifers (“heifer pressure”). The present survey suggests that the scheme of the milk control associations with regard to cullings should be revised.

1 Einleitung und Zielsetzung

Als Abgänge werden die Kühe bezeichnet, die eine Herde verlassen. Die Gründe für Abgänge können vielfältig sein und reichen vom Verkauf zur Zucht, Merzung aufgrund von Krankheitsursachen bis zu betriebswirtschaftlich begründeten Managemententscheidungen. Die Entscheidung zur Entfernung einer Kuh aus der Herde ist auch ein Steuerungselement, um die Wirtschaftlichkeit der Milcherzeugung zu optimieren, da Kühe mit einer geringen Leistung oder mit transmissiblen Erkrankungen die Produktivität der gesamten Herde negativ beeinflussen können. Auf der anderen Seite erfordern hohe Remontierungsraten einen erheblichen Kostenaufwand zur Aufzucht von Färsen. Aktuell verlassen jährlich 35 bis 38 % der Kühe ihre Herde (vit 2015–2020).

Die Abgangsursachen werden regelmäßig durch die Milchkontrollverbände nach einem vorgegebenen Schema erfasst und sollen als Instrument zur Verbesserung der Tiergesundheit genutzt werden. Erfasst werden dabei zum einen der Verkauf zur Zucht, zum anderen Erkrankungen wie Unfruchtbarkeit, Euterkrankheiten, Klauen-/Gliedmaßenkrankungen und sonstige Erkrankungen sowie Managemententscheidungen wie Alter, geringe Leistung, Melkbarkeit und „sonstige Gründe“. Dabei wird von den Betriebsleitungen ein Anteil von 15 bis 20 % unter „sonstige Gründe“ zusammengefasst und damit nicht näher beleuchtet. Vergleiche der Abgangsursachen über einen längeren Zeitraum zeigen, dass sich die Abgangsursachen innerhalb einer Erhebungsregion wenig geändert haben (LKV NRW 2016, vit 2017–2020).

Die Entscheidung zur Trennung von einer Kuh wird häufig nicht aufgrund singulärer Faktoren getroffen (Stojkov et al. 2020). In den entsprechenden Formularen der Milchkontrollverbände ist jedoch nur die Möglichkeit zur Nennung eines einzelnen Faktors möglich. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, auf welcher Grundlage Landwirte tatsächlich die Entscheidung zur Merzung treffen.

2 Material und Methoden

In der Zeit von Januar bis Dezember 2020 wurden insgesamt 42 Betriebe in Nordrhein-Westfalen zu ihren Entscheidungen zum Verkauf von Kühen begleitet. Die befragten Betriebe wurden zufällig aus der Ausbildungsliste der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen ausgewählt. Sie hielten im Durchschnitt 126 Kühe und hatten damit höhere Tierzahlen als der Durchschnitt der milchviehhaltenden Betriebe in NRW (Information und Technik Nordrhein-Westfalen 2021). Die Datenerhebung erfolgte in einem persönlichen Gespräch anhand eines Fragebogens mit überwiegend geschlossenen Fragen. Die Rücklaufquote betrug 75 %. Insgesamt konnten die Abgangsgründe für 593 Milchkühe ausgewertet werden.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Softwarepaket IBM SPSS Statistics 25. Dafür wurden überwiegend deskriptive Verfahren verwendet.

3 Ergebnisse

Ausgewertet wurden insgesamt 42 Betriebe mit einer mittleren Kuhzahl von 126 ± 67 mit einer Streubreite von 46 bis 400 Kühen. Auf 43 % der Betriebe wurde per AMS gemolken. Die Remontierungsrate lag im Mittel bei 27 ± 4 %.

Die Mehrzahl der abgegangenen Kühe hatte eine mittlere 305-Tage-Laktationsleistung von 9.000 bis 11.000 kg. 49 % der Kühe, die nicht zur Zucht verkauft wurden, verließen den Betrieb ab der 4. Laktation (Abb. 1).

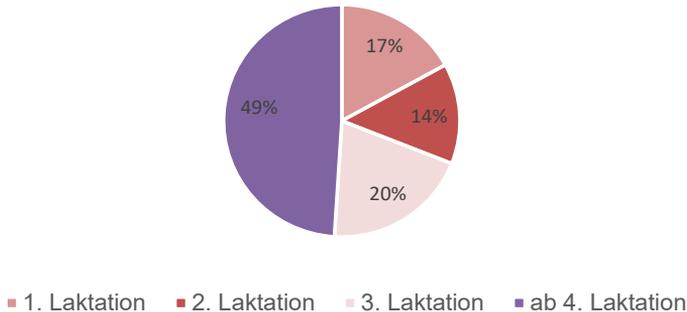


Abb. 1: Anteil der Abgänge in den einzelnen Laktationen ohne Kühe, die zur Zucht verkauft wurden
 Fig. 1: Culling rate per lactation without cows sold for breeding

Hauptabgangsursachen für diese Tiere waren nach dem Verkauf zur Zucht Unfruchtbarkeit (11,8 %) und „Färsendruck“ (11,3 %), d. h., eine ältere Kuh wurde durch eine vielversprechende Färsen ersetzt (Abb. 2). Insgesamt gab es deutliche Differenzen zwischen den Angaben in den Betrieben und den Statistiken der Milchkontrollverbände.

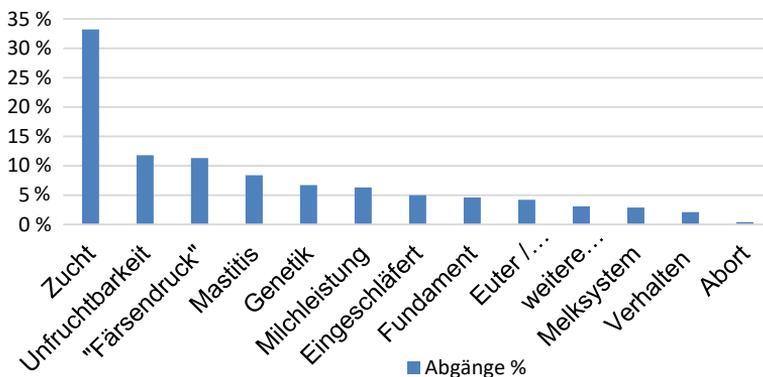


Abb. 2: Abgangsursachen (%) über alle Laktationen
 Fig. 2: Culling causes (%) summarised over all lactations

4 Diskussion

Zwei Drittel der Kühe (66,7 %) verließen die Herde aufgrund von Managemententscheidungen, nicht aufgrund einer Erkrankung. Ein häufiger Abgangsgrund ist das Vorhandensein einer vielversprechenden Färsen, also über den Bedarf hinaus aufgezogene Färsen. Hier ist ein Ansatzpunkt für die Beratung, um das betriebswirtschaftliche Ergebnis des Produktionszweigs Milcherzeugung zu verbessern. Die Färsenaufzucht ist mit hohen finanziellen Aufwendungen verbunden, die sich am Markt über den Verkauf nicht kompensieren lassen.

Um die statistischen Angaben der Milchkontrollverbände für das Management von Milchviehherden nutzen zu können, sollten diese überarbeitet werden. Eine deutlich stärkere Differenzierung der Abgangsursachen ist erforderlich, um gezielte Beratungsempfehlungen geben zu können.

Literatur

Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2021): <https://www.it.nrw/>,
Zugriff am 27.04.2022

LKV NRW (2016): Jahresbericht 2016. <http://www.lkv-nrw.de>, Zugriff am 27.04.2022

Stojkov, J.; von Keyserlingk, M.A.G.; Duffield, T.; Fraser, D. (2020): Management of cull dairy cows: Culling decisions, duration of transport, and effect on cow condition. *J. Dairy Sci.* 103(3), S. 2636–2649

vit (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V.): Geschäftsberichte 2015–2020

Entwicklung von technischen Lösungen und Geschäftsmodellen auf der Grundlage KI-basierter digitaler Stromzähler zur Erhöhung der Ressourceneffizienz in der Landwirtschaft

Development of technical solutions and business models based on AI-based digital electricity meters to increase resource efficiency in agriculture

STEFANIE WAGENER, AKHILESH YADAV, KATHARINA BÄR, ABDESSAMAD SAIDI, CHRISTOPH HOMA, MARKUS GOLDBRUNNER

Zusammenfassung

Der vorgestellte wissenschaftliche Ansatz besteht darin, durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) neuartige Wertschöpfungsleistungen und Erlösoptionen für landwirtschaftliche Betriebe zu generieren und die Rolle der Landwirtschaft als Schlüsselsektor für die Energiewende im ländlichen Raum zu stärken. Übergeordnetes Ziel ist die Entwicklung von technologischen Ansätzen zur wertschöpfungs- und ressourcenoptimierten Einbettung landwirtschaftlicher Betriebe in die fortschreitende Digitalisierung der Energiewirtschaft und des Energiemanagements durch KI-basierte Methoden.

Mithilfe komplexer Algorithmen zur Verbrauchsmustererkennung in landwirtschaftlichen Betrieben können mit dem „Non-Intrusive Load Monitoring“ (NILM) Lastprofile einzelner Geräte vom Gesamtverbrauch disaggregiert werden. Dieser Ansatz ermöglicht die Erfassung des Stromverbrauchs einzelner Geräte, ohne dass einzelne Messstellen installiert werden müssen. Der zeitlich aufgelöste Stromverbrauch kann wiederum in ein Energiemanagementsystem integriert werden.

Summary

The presented scientific approach is to use artificial intelligence (AI) to generate new types of value-added services and revenue options for farms and to strengthen the role of agriculture as a key sector for the energy transition in rural areas. The overall objective is the development of technological approaches for the value-added and resource-optimised embedding of agricultural businesses in the advancing digitalisation of the energy sector through AI-based methods.

With the help of complex algorithms for consumption pattern recognition in farms, load profiles of individual devices can be disaggregated from the total consumption with non-intrusive load monitoring (NILM). This approach enables the recording of electricity consumption for specific appliances without installing individual measuring points.

1 Motivation

Mit dem Inkrafttreten des Messstellenbetriebsgesetzes im Jahr 2016 als zentrales Element der Gesetzesinitiative zur Digitalisierung der Energiewende wurde die Grundlage für eine intelligente Energieversorgung im Stromsektor geschaffen. Durch die flächendeckende Einführung intelligenter Messsysteme soll eine digitale Infrastruktur mit standardisierten Kommunikationsverbindungen generiert werden, um die Transformation hin zur dezentralen Energieversorgung auf der Grundlage regenerativer Stromerzeuger effizient und kostengünstig zu gestalten (Messstellenbetriebsgesetz). Eine zentrale technische Innovation in diesem Umfeld, die in den letzten Jahren für die Nutzung in Privathaushalten und Wohngebäuden bereits intensiv erforscht wird, ist das sogenannte „Non-Intrusive-Load-Monitoring“ (NILM). Als kosteneffiziente Alternative zum „Sub-Metering“ sieht der Ansatz eine Disaggregation des zentral erfassten Gesamtstromverbrauchs vor. Aus Kostensicht bietet dieser technologische Ansatz zudem enormes Potenzial im gewerblichen Sektor, da keine Installation von Einzelmessstellen für die erforderliche Transparenz des Stromverbrauchmonitorings erforderlich ist. Vielmehr wird die Ermittlung von Lastprofilen und Laufzeiten einzelner Verbraucher in die Intelligenz der zentralen Datendisaggregation verlagert. Gleichzeitig bietet die erreichbare Transparenz die erforderliche Datenbasis für eine zeitlich hochaufgelöste und genaue Regelung von Stromerzeugung, -speicherung und -verbrauch, die im Zuge der vermehrten dezentralen Nutzung regenerativer, fluktuierender Stromerzeuger auf der Verteilnetzebene benötigt wird. In besonderem Maße sind ländliche Gebiete mit stark heterogenen Energieversorgungsstrukturen von den sich ergebenden Herausforderungen betroffen. Eine Schlüsselrolle für die Energiewende im ländlichen Raum können dabei landwirtschaftliche Betriebe spielen, die über dezentrale Biogas- und Photovoltaikanlagen bidirektional mit dem lokalen Verteilnetz in Wechselwirkung stehen und auch relevante Energieverbraucher im ländlichen Bereich darstellen. Daneben vollzieht sich in der Landwirtschaft mit der Digitalisierung ein weiterer grundlegender, struktureller Wandel, der die gesamte Wertschöpfungskette umfasst. Die damit einhergehende Automatisierung und Vernetzung der einzelnen Arbeitsprozesse und -geräte bietet in weiten Bereichen auch Anknüpfungspunkte im Kontext der energetischen Optimierung.

2 Zielsetzung

Ein Ansatz ist die Entwicklung von Technologien zur wertschöpfungs- und ressourcenoptimierten Einbettung landwirtschaftlicher Betriebe in die fortschreitende Digitalisierung der Energiewende im ländlichen Raum unter Nutzung von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI). Im Zentrum steht dabei die Entwicklung eines NILM-Algorithmus zur gezielten Identifikation relevanter elektrischer Verbraucher in landwirtschaftlichen Betrieben anhand der gerätespezifischen Leistungssignatur durch intelligente Messsysteme. Im Hinblick auf ein zu entwickelndes Energiemanagementsystem wird die Funktionsstruktur des Algorithmus dahingehend entwickelt, zwei zentrale Funktionen zu erfüllen. Zum

einen soll anhand der gerätespezifischen Verbrauchssignatur eine Echtzeiterkennung der in Betrieb befindlichen elektrischen Verbraucher realisiert werden. Zum anderen sollen basierend auf der Datendisaggregation die Lastprofile der einzelnen Verbraucher ermittelt und dargestellt werden. Zusätzlich sollen die Entwicklung und Erprobung technischer Lösungen zur konkreten Verwertung der KI-Technologie im landwirtschaftlichen Sektor sowie tragfähige Geschäftsmodelle zur Erschließung von Kosten- und Ressourceneinsparpotenzialen und Erlösoptionen für landwirtschaftliche Betriebe erarbeitet werden.

3 Methode

Um eine belastbare Disaggregation sicherzustellen, muss zunächst eine hinreichende Datenbasis für das maschinelle Lernen geschaffen werden. Im Sinne einer repräsentativen Untersuchung landwirtschaftlicher Betriebe soll ein möglichst breites Spektrum des bundesweiten Betriebsbestands abgedeckt werden. Mit einer umfassenden Datenmenge für die unterschiedlichen Kategorien erfolgt eine methodische Auswahl anhand einer Kriterienmatrix. Auf Basis gerätespezifischer Verbrauchssignaturen soll eine Echtzeiterkennung der in Betrieb befindlichen elektrischen Verbraucher umgesetzt werden (Abb. 1).

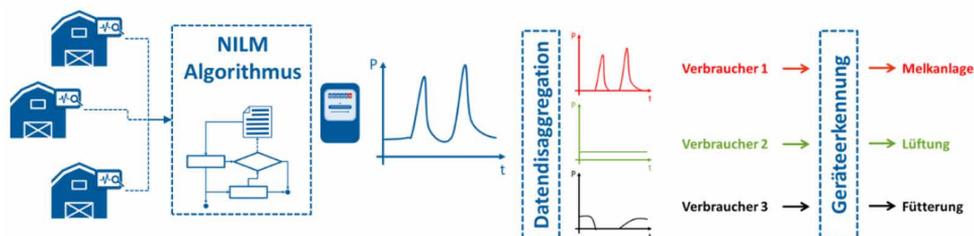


Abb. 1: Konzept zur NILM-basierten Geräteerkennung in Echtzeit (© InES)

Fig. 1: Concept for NILM-based device identification in real-time (© InES)

Gleichzeitig sollen auf der Grundlage der NILM-basierten Datendisaggregation die Lastprofile der einzelnen Verbraucher ermittelt und dargestellt werden. Auf Basis der Lastprofile werden bestehende KI-basierte Modellierungsansätze für die Entwicklung des Algorithmus anwendungsspezifisch gegenübergestellt bewertet. Eine Validierung des Algorithmus soll im Anschluss an die Entwicklung ebenfalls an Praxisbetrieben erfolgen. Die mithilfe der Datendisaggregation geschaffene Transparenz des Stromverbrauchs bietet signifikante Energieeffizienzpotenziale, welche durch ein intelligentes Energiemanagement erschlossen werden können. Basierend auf den aufgeschlüsselten Echtzeitverbrauchsdaten sollen daher technische Konzepte für die intelligente Steuerung der betrieblichen Abläufe in der Milchvieh- und Schweinemasthaltung generiert werden. Neben den elektrischen Verbrauchern sollen ggf. vorhandene dezentrale Stromerzeuger, Speicherkapazitäten, die bidirektionale Wechselwirkung mit dem Stromnetz und eine sektorübergreifende Stromnutzung im Wärme- und Mobilitätssektor eingebunden werden (Abb. 2).

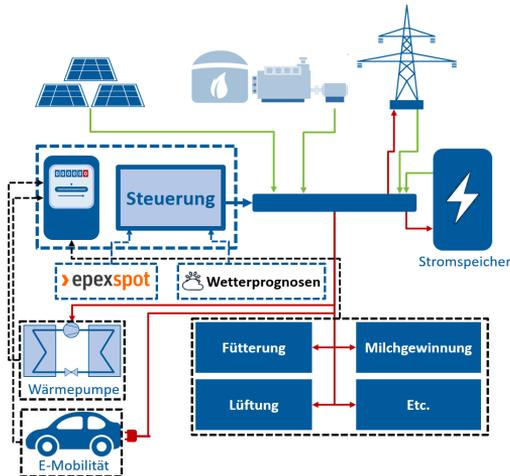


Abb. 2: Systemkonfiguration für das NILM-basierte Regelungskonzept (© InES)

Fig. 2: System configuration for the NILM-based control concept (© InES)

Im Sinne einer Erlösmaximierung werden neben dem Autarkiegrad Impulse aus dem Strommarkt als Kriterium für die Regelstrategie herangezogen und eine stromnetzdiene liche Steuerung in Erwägung gezogen.

4 Geplante Ergebnisse

Mithilfe der Algorithmen zur Verbrauchsmustererkennung soll eine Zuordnung von Lastprofilen zu einzelnen Geräten ermöglicht werden. Durch die geschaffene Transparenz des Energieverbrauchs auf dieser Ebene kann ein erheblicher Mehrwert sowohl im Kontext der Energieeffizienz als auch durch Dienstleistungen in anderen Bereichen realisiert werden. Aus diesen Handlungsfeldern sollen Geschäftsmodelle, sowohl aus der unmittelbaren Perspektive des Landwirts als auch weiterer Akteure, entwickelt werden, die einen Mehrwert für den landwirtschaftlichen Betrieb bedeuten.

Literatur

Messstellenbetriebsgesetz vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034), das durch Artikel 7 vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/messbg/MsbG.pdf>, Zugriff am 06.10.2019

Förderhinweis



Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln der Landwirtschaftlichen Rentenbank.

Energiekonsum eines zwangsbelüfteten Schweineaufzuchtstalls bei kombiniertem Einsatz von Anlagen zur Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung

Energy consumption of a mechanically ventilated piglet rearing barn with combined use of heat recovery and exhaust air treatment system

HAUKE F. DEEKEN, ALEXANDRA LENGING, MANUEL S. KROMMWEH, WOLFGANG BÜSCHER

Zusammenfassung

Der Einsatz von Anlagen zur Wärmerückgewinnung in zwangsbelüfteten Stallanlagen hat sich bewährt. Der Betrieb dieser Anlagen führt jedoch zu einem erhöhten Strombedarf. Innerhalb eines Forschungsprojektes wurde eine Berechnungsmöglichkeit entwickelt, welche eine Analyse von rückgewonnener Energie und dem eingesetzten elektrischen Mehraufwand ermöglicht. In Langzeituntersuchungen (17.12.2019 – 16.12.2020) auf einem Ferkelaufzuchtbetrieb konnten durch zwei Luft-Luft-Wärmetauscher (Winterluftfrate jeweils ca. $16.800 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) 291.518 kWh thermische Energie rückgewonnen werden. Die mittlere Leistungszahl bezogen auf die lufttechnische Anlage (Ventilatoren und Biowäscher) lag bei 3,2; die Leistungszahl bezogen auf den elektrischen Mehraufwand lag bei 6,9. Durch den Wärmetauschereinsatz konnte der Energiekonsum der lufttechnischen Anlage und Raumheizung um 52,0 %, die CO_2 -Emissionen um 41,6 % und die Energiekosten um 13,4 % gesenkt werden.

Summary

The use of heat recovery systems in mechanically ventilated barns has proven its worth. However, the use of these systems leads to increased electricity consumption. Within a research project, a calculation approach was developed, which allows an analysis of recovered energy and the additional electrical effort used. In long-term tests (17.12.2019 – 16.12.2020) on a piglet rearing barn, 291,518 kWh of thermal energy could be recovered by two heat exchangers (winter air rate circa $16,800 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ each). The coefficient of performance (COP) related to the ventilation system (fans and bio-scrubber) was 3.2; the COP related to the additional electrical effort was 6.9. Using heat exchangers, the energy consumption of the ventilation system and room heating was reduced by 52.0%, CO_2 emissions by 41.6% and energy costs by 13.4%.

1 Einleitung und Zielsetzung

Das (politische) Bestreben, die Emissionen der Tierhaltung zu reduzieren, nimmt zu. Abluftreinigungsanlagen helfen hierbei, haben jedoch erhöhte Stromaufwände und Betriebskosten zur Folge. Der Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen kann zu einer Reduzierung der Wärmeverluste durch die Abluft beitragen (Rösmann und Büscher 2010). Der Einsatz dieser Anlagen führt jedoch zu erhöhten Strömungswiderständen. Um diese zu kompensieren, sind höhere Leistungsaufnahmen der Ventilatoren notwendig. Folglich steigt auch hier der Konsum elektrischer Energie, allerdings bei gleichzeitiger Rückgewinnung thermischer Energie. Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Universität Bonn soll die Kombinationsmöglichkeit von Anlagen zur Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung untersucht werden. Untersuchungsziel ist die Quantifizierung der Synergieeffekte der beiden Anlagen. Diese Studie untersucht ein zweistufiges System. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Energieeffizienz der Gesamtanlage.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen (17.12.2019 – 16.12.2020) fanden auf einer zwangsbelüfteten Ferkelaufzuchtanlage (4.140 Ferkelaufzucht- und 238 Jungsauentplätze; $154,2 \pm 12,0$ GV) statt. Innerhalb der Lüftungsanlage waren zwei Luft-Luft-Wärmetauscher (Winterluftfrate je $16.800 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) verbaut. Hinter den insgesamt 6 Abluftventilatoren wurde ein Biowäscher betrieben (DLG 2009). Gasstrahler (Flüssiggas) dienten als zusätzliche Zonenheizung.

Es wurden die Lufttemperaturen der Außenluft und der ein- und ausströmenden Luftmassen sowie die Differenzluftdrücke an den Ventilatoren erfasst (Messintervall 15 Minuten). Der Stromkonsum der Ventilatoren wurde in Abhängigkeit ihrer Ansteuerung berechnet. Diese Werte wurden mit Drehstromzählern überprüft.

Die Größe der geförderten Luftvolumenströme wurde rechnerisch ermittelt. Die Datengrundlage für die Formeln (Abhängigkeit von Drehzahl und Druckdifferenzen) lieferten die Ventilatorleistungen aus den Prüfstandmessungen (Herstellerangaben).

Anschließend wurde die rückgewonnene Energie und die Leistungszahl der Wärmerückgewinnung gemäß DIN 13053 (2020) bestimmt.

Die Berechnung des Luftvolumenstroms ermöglichte es, den energetischen Mehraufwand der Lüftungsanlage bei Wärmetauscherbetrieb herzuleiten. Folglich konnte der Energiekonsum der tatsächlichen Werte (mit Wärmetauscher) mit den kalkulierten Werten (ohne Wärmetauscher) verglichen werden.

3 Ergebnisse

Im Versuchszeitraum konnten insgesamt 291.518 kWh thermische Energie rückgewonnen werden. Der Konsum an elektrischer Energie (Tab. 1) lag bei 66.239 kWh für die lufttechnischen Anlagen (davon ca. 42.034 kWh Mehraufwand). Die Leistungszahl der Gesamtanlage lag im Mittel bei 3,2; bei ausschließlicher Berücksichtigung des elektrischen Mehraufwands der Ventilatoren betrug sie 6,9.

Tab. 1: Energiekonsum der Lüftungsanlage (Ventilatoren), des Biowäschers und der Raumluftheizung im untersuchten Ferkelaufzuchtstall sowie die damit verknüpften CO₂-Emissionen und Energiekosten (Zeitraum 17.12.2019 – 16.12.2020)

Tab. 1: Energy consumption of the ventilation system (fans), the bioscrubber and the ambient air heating system in the piglet rearing barn, and connected CO₂ emissions and energy costs (period 17.12.2019 – 16.12.2020)

Kriterium	Einheit	MIT Wärmetauscher (Realität)	OHNE Wärmetauscher (Kalkulation)	Einsparung durch Wärmetauscher- einsatz
Energiekonsum	kWh	229.839	479.324	-52,0 %
... davon Ventilatoren ¹⁾ (elektrisch)	kWh	66.239	24.205	
... davon Biowäscher (elektrisch)	kWh	25.125	25.125	
... davon Flüssiggas (thermisch)	kWh	138.475	429.993	
Wärmerückgewinnung	kWh	291.518		
CO ₂ -Emissionen ²⁾	kg	71.835	122.985	-41,6 %
Betriebskosten ³⁾	€	30.042	34.692	-13,4 %

¹⁾ Der Differenzbetrag der Werte wird als der elektrische Mehraufwand (Ventilatoren) definiert.

²⁾ Spezifische CO₂-Emissionen: Strom 0,427 kg CO₂ kWh⁻¹, Flüssiggas 0,237 kg CO₂ kWh⁻¹.

³⁾ Spezifische Energiekosten: Strom 0,25 € kWh⁻¹, Flüssiggas 0,055 € kWh⁻¹.

Der Energiekonsum, die CO₂-Emissionen und die Energiebetriebskosten der lufttechnischen Anlagen konnten reduziert werden (Tab. 1). Die CO₂-Emissionen pro Großvieheinheit sanken von 797,5 kg CO₂ GV⁻¹ auf 465,8 kg CO₂ GV⁻¹. Die spezifischen Heizkosten (Wärmetauscher) lagen bei 0,048 ± 0,064 € kWh⁻¹. Die Gegenüberstellung der Energiebetriebskosten (Ventilatoren und Biowäscher) mit den eingesparten Heizkosten (durch die Substituierung von Flüssiggas) zeigt, dass die Kostendifferenz bei Außentemperaturen ≤ 8,0 °C negativ war (Abb. 1); unter diesen Bedingungen konnten die Mehrkosten der Abluftreinigung folglich kompensiert und eingespart werden.

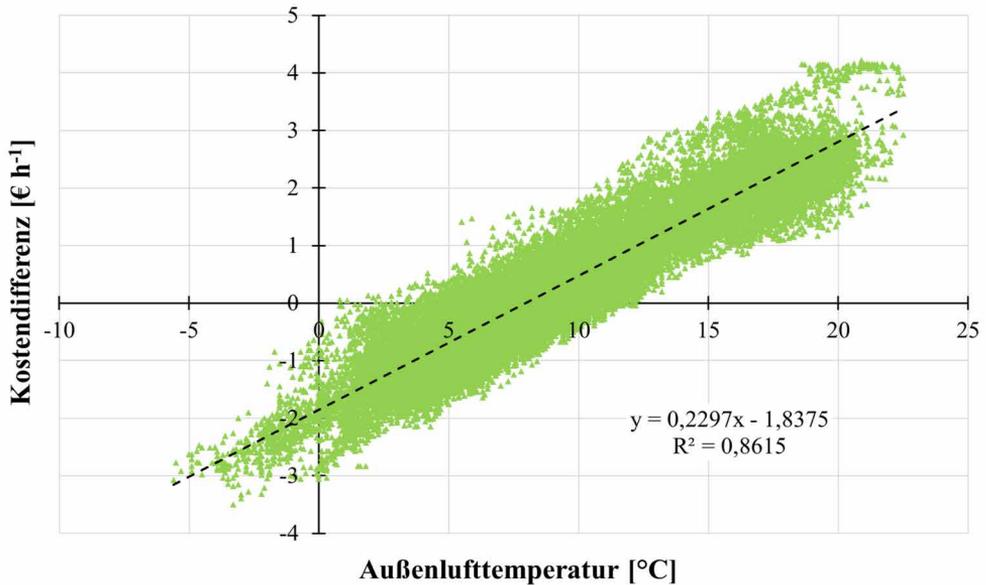


Abb. 1: Kostendifferenz zwischen den Energiebetriebskosten der Ventilatoren sowie des Biowäschers und den eingesparten Heizenergiekosten der Flüssiggassubstitution abhängig von der Außenlufttemperatur während des Wärmetauscherbetriebs (Zeitraum 17.12.2019 – 16.12.2020) (© H. F. Deeken)

Fig. 1: Cost difference between the energy operating costs of the fans and the bioscrubber, and the saved heating energy costs of the liquid gas substitution depending on the outside air temperature during heat exchanger usage (period 17.12.2019 – 16.12.2020) (© H. F. Deeken)

4 Ausblick

Wie die Studie zeigt, tragen Wärmetauscher zu einer Verbesserung der Nachhaltigkeit der Tierhaltung bei, beispielsweise durch eine Steigerung der Energieeffizienz sowie einer Senkung der CO₂-Emissionen. Die Kombination von Anlagen zur Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung ist sinnvoll (Krommweh et al. 2021); so soll der zusätzliche Energiekonsum der Abluftreinigungsanlagen kompensiert, die Energiebetriebskosten gesenkt und das Image dieser im Zuge der Anlagenkombinationen verbessert werden. In Zukunft sind weitere Untersuchungen zur alternativen technischen Umsetzbarkeit der Kombination notwendig.

Literatur

- DLG (2009): Prüfbericht 5879: Abluftreinigungsanlage „Biologic Clean Air Kombiwäscher BCA 70/90“. Groß-Umstadt, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
- DIN 13053 (2020): Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumlufttechnische Geräte – Leistungskennndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten; Leistungskennndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten, EN 13053:2019. Berlin, Beuth Verlag GmbH
- Krommweh, M.S.; Deeken, H.F.; Licharz, H.; Büscher, W. (2021): Heating Performance and Ammonia Removal of a Single-Stage Bioscrubber Pilot Plant with Integrated Heat Exchanger under Field Conditions. *Energies*, 14(20), p. 6484. doi. 10.3390/en14206484
- Rösmann, P.; Büscher, W. (2010): Untersuchung eines Luft-Luft-Wärmetauschers unter Praxisbedingungen. *Landtechnik* 65(6), S. 380–382

Förderhinweis

Die Inhalte sind Teil des Forschungsprojektes „Nutzung der regenerativen Energiequelle „Abluftreinigungsanlage“ für das Kühlen und Heizen von Tierställen – Fallstudienuntersuchung“, welches vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert wird. Die Untersuchungen wurden dankenswerterweise in Kooperation mit der Firma hdt Anlagenbau GmbH, Diepholz, und dem Ferkelaufzuchtbetrieb durchgeführt.

Ein Ansatz für eine praktikable Bewertung der Ferkelvitalität durch automatische Objekterkennung auf der Grundlage von Wärmebildern

An approach towards a practicable assessment of piglet vitality using automatic object recognition based on thermal images

STEFFEN KÜSTER, LION HAVERKAMP, MARTIN SCHLATHER, IMKE TRAULSEN

Zusammenfassung

Die Körpertemperatur (KT) ist ein wichtiges Merkmal für die Vitalität und Lebensfähigkeit von Schweinen, insbesondere von neugeborenen Ferkeln mit geringem Gewicht. Bekannte nicht invasive, visuelle Ansätze zur Bestimmung der KT verwenden oft mehrere Nahaufnahmen von verschiedenen Körperpartien (KP), um die Rektaltemperatur zu bestimmen, was für die Landwirtschaft nicht geeignet ist. Der untersuchte Ansatz benötigt nur ein Bild (Draufsicht) eines Ferkels. Mithilfe eines neuronalen Netzwerks, das für die Erkennung relevanter Bereiche (ganzer Körper, Kopf, Rücken und Hinterteil mit $mAP@0.5 = 0,98$) trainiert wurde, gefolgt von einer Hintergrundsegmentierung mit der Otsu-Methode, werden präzise Mittel- und Höchsttemperaturen der erkannten KP generiert. Unter Verwendung von insgesamt 62 Merkmalen und einer PLSR betrug der RMSE unserer Methode $0,46 \text{ }^\circ\text{C}$. Der vorgestellte Ansatz stellt eine geeignete Methode mit ausreichender Genauigkeit dar, um einen automatischen Hinweis auf die Vitalität von Ferkeln zu erstellen.

Summary

Body temperature is an important indicator of vitality and viability of pigs, esp. of newborn piglets with low weight. Known non-invasive visual approaches to determine body temp. often use several close-up images of different body parts (ear, eye, back, forehead, etc.), which is not practical under farming conditions. Our approach requires only one image (top view) of a piglet. Using a neural network trained to recognize relevant areas (whole body, head, back, and rear with $mAP@0.5 = 0.98$) followed by background segmentation using the Otsu method, accurate mean and maximum temperatures of the recognized body parts are generated. Using a total of 62 features and a PLSR, the RMSE of our method was $0.46 \text{ }^\circ\text{C}$. The presented approach represents a suitable method with sufficient accuracy to generate an automatic indication of piglet vitality.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die KT ist neben anderen Merkmalen, z. B. dem APGAR-Score (Revermann et al. 2018), oder dem Geburtsgewicht ein wichtiges Merkmal für die Vitalität eines Schweines. Zu hohe oder zu niedrige KT können unter anderem auf erhöhten Stress oder Krankheiten hinweisen (Feng et al. 2019). Die manuelle Messung der Rektaltemperatur (RT) mit einem Thermometer erfordert für jedes Ferkel einen Eingriff, durch den Verhalten und damit auch die KT des Ferkels beeinflusst und im Extremfall auch Krankheiten verbreitet werden können (Kammersgaard et al. 2020, Jia et al. 2020). Die Schätzung der RT mittels Wärmebildaufnahmen (WB) ist hingegen eine nicht invasive Methode, die gleichzeitig den manuellen Aufwand verringern kann. Feng et al. (2019), Jia et al. (2020) und Kammersgaard et al. (2020) verwendeten Nahaufnahmen (NA) von verschiedenen KP, um die RT von Sauen und Ferkeln zu schätzen. Diese Arbeiten haben aber den Nachteil, dass für die Schätzung der RT eines Tieres mehrere NA verwendet werden. Dadurch bleibt die Praktikabilität zweifelhaft. Ziel ist: Die Schätzung der RT mit möglichst wenig Aufwand durchzuführen. Hierfür wurden WB von Ferkeln (Draufsicht) aufgenommen, welche mit Algorithmen (YOLOv3 und Otsu) hinsichtlich der Temperatur für das Ferkel sowie die Regionen Kopf, Rücken und Hinterteil automatisch ausgewertet wurden. Diese Werte wurden unter Nutzung von verschiedenen Regressionsansätzen für die Schätzung der RT, welche als Goldstandard für die KT dient, genutzt.

2 Material, Methoden und Auswertung

Die WB wurden auf dem Versuchsgut Relliehausen der Uni Göttingen in drei Durchgängen vom 2.3.–6.8.20 aufgenommen. Die Ferkel wurden hierfür nach 30 Lebensminuten aus der Bucht entnommen und standardisiert untersucht (Abb. 1). Direkt nach der RT-Messung wurde ein WB mit einer Wärmebildkamera (WBK) (FlirOnePro für Android-Teledyne FLIR LLC) aufgenommen.



Abb. 1: a) Aufbau der Wärmebildaufnahmen, b) Beispielaufnahme Wärmebild (© S. Küster)
 Fig. 1: a) Setup of thermal imaging, b) Example of a thermal image (© S. Küster)

Während der Datenaufnahme wurden die Umgebungstemperatur und die Luftfeuchtigkeit mit einem TGP-4500 Klimadatenlogger (Gemini Data Loggers) über jeder Bucht gemessen. Insgesamt wurden 160 Bilder von 64 Ferkeln für die weiteren Untersuchungen genutzt.

Nach einer Datenbereinigung wurden 10 Bilder aussortiert. Die übrigen 150 Bilder wurden mit dem R-Paket „Thermimage“ (Tattersall 2017) eingelesen. Mit den Formeln

von Minkina und Dudzik (2009) wurde die Oberflächentemperatur jedes Pixels berechnet. Dabei werden die Objekt-, Atmosphären- und reflektierte Strahlung, der Emissionswert des Objektes und der Transmissionswert der Atmosphäre (unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit und der Umgebungstemperatur) genutzt.

Für die Objekterkennung der Partien Ferkel, Kopf, Rücken und Hinterteil wurden 150 Bilder mit dem Tool „Roboflow“ (Roboflow, Annotation) annotiert. Anschließend wurde YOLOv3 SPP (Roboflow, Yolov3-SPP) bei einer Lernrate von 0,001 und 300 Epochen über Google Colabs (Bisong 2019) trainiert. Um genaue Mittel- und Höchstwerte für die durch eine Boundingbox (BB) detektierten KP generieren zu können, wurden die Detektionen mit dem Otsu-Algorithmus (Otsu 1979) vom Hintergrund segmentiert (Abb. 2). Die Überschneidungen der detektierten BB und des segmentierten Vordergrunds ergeben die Pixel, die für die Schätzungen genutzt wurden.

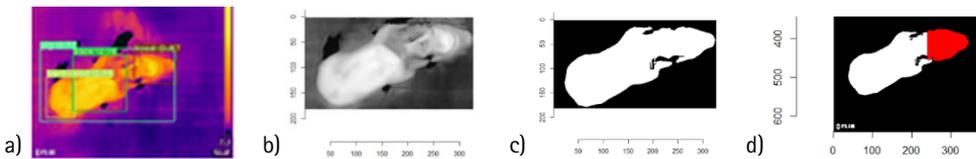


Abb. 2: Otsu für den Kopf eines Ferkels: a) zeigt die vier BB-Detektionen von YOLOv3 SPP an, b) ist ein Bild der BB „Ferkel“ nach Grauwertumwandlung (0–255), c) zeigt ein binäres Bild des Ferkels, nach Schwellenwert-Anwendung auf Bild (b), d) zeigt die Überschneidungen des weißen Vordergrundes (c) und der detektierten „Kopf-BB“ aus (a) (© S. Küster)

Fig. 2: Otsu for the head of a piglet: a) displays the four BB detections of YOLOv3 SPP, b) is an image of the BB „piglet“ after gray value conversion (0–255), c) shows a binary image of the piglet after threshold application on image (b), d) shows the overlaps of the white foreground (c) and the detected „head BB“ (a) (© S. Küster)

Für die Datenauswertung wurde das Programm R (R Core Team 2021) genutzt. Hierbei wurden mehrere Varianten der Regression angewendet (univariat, quadratisch und multivariat (Lasso, PLSR)). Insgesamt wurden 62 Merkmale berücksichtigt, die sich aus Mittel- und Maximalwerten der KP sowie relativen Werten zwischen den einzelnen KP und den zusätzlich gemessenen Umgebungsvarianten relativer Luftfeuchtigkeit und Umgebungstemperatur zusammensetzen.

3 Ergebnisse

YOLOv3 SPP konnte die trainierten KP mit einer $mAP@0,5 = 0,98$ erkennen. Die höchste Genauigkeit für die Schätzung der RT wurde durch die PLSR erzeugt. Hierbei ergaben sich nach 10-facher KV vier Hauptkomponenten, welche einen $RMSE_T(\text{Training}) = 0,44$ und einen $RMSE_p(\text{Test}) = 0,46$ ergaben. Aber auch eine univariate (Kopf $R^2 = 0,65$ $RMSE_T = 0,5$ $RMSE_p = 0,5$) und eine quadratische Regression (Ferkel $R^2_{adj} = 0,67$ $RMSE_T = 0,48$ $RMSE_p = 0,49$) der Maximalwerte erzeugten gute Werte.

4 Diskussion

Der Ansatz ist eine geeignete Methode mit ausreichender Genauigkeit, um einen automatischen Hinweis auf die Vitalität von Ferkeln zu geben und kann damit ein wichtiges Hilfsmittel bei der Tierüberwachung unter praktischer Haltungsbedingung darstellen. Bei Aufzuchtferkeln ist sogar eine komplett automatische, individuelle Messung durch RFID gesteuerte WB an einer Einzeltränke/-trog vorstellbar.

Literatur

- Bisong, E. (2019): Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform, Springer, doi. 10.1007/978-1-4842-4470-8_7
- Feng, Y.; Zhao, H.; Jia, G.; Ojukwu, C.; Tan, H. (2019): Establishment of validated models for non-invasive prediction of rectal temperature of sows using infrared thermography and chemometrics. *International journal of biometeorology* 63(10), pp.1405–1415, doi. 10.1007/s00484-019-01758-2
- Jia, G.; Li, W.; Meng, J.; Tan, H.; Feng, Y. (2020): Non-contact evaluation of pigs' body temperature incorporating environmental factors. *Sensors* 20(15), p. 4282, doi. 10.3390/s20154282
- Kammersgaard, T.; Malmkvist, J.; Pedersen, L. (2013): Infrared thermography – a non-invasive tool to evaluate thermal status of neonatal pigs based on surface temperature. *Animal* 7(12), pp. 2026–2034, doi. 10.1017/S1751731113001778.
- Minkina, W.; Dudzik, S. (2009): *Infrared thermography: errors and uncertainties.* John Wiley & Sons, Hoboken
- Otsu, N. (1979): A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), pp. 62–66, doi. 10.1109/TSMC.1979.4310076
- R Core Team (2021): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien. <https://www.R-project.org/>, accessed 29.10.21
- Revermann, R.; Winckler, C.; Fuerst-Waltl, B.; Leeb, C.; Pfeiffer, C. (2018): Assessment of viability of new born piglets using an adjusted APGAR score. *JCEA*19, pp. 829–833, doi. 10.5513/JCEA01/19.4.2332
- Roboflow (2021): Annotation: <https://roboflow.com/annotate>, accessed 29.10.21
- Roboflow (2021): YOLOv3 SPP: <https://github.com/roboflow-ai/yolov3/blob/master/cfg/yolov3-spp.cfg>, accessed: 29.10.21
- Tattersall, G.J. (2017): Thermimage: Thermal Image Analysis. doi. 10.5281/zenodo.1069704

Nutzung von Smart-Farming-Sensoren in der Weidehaltung von Rindern

Precision dairy technology in grazing systems

NATASCHA A. GRINNELL, DINA HAMIDI, FRIEDERIKE RIESCH, JULIANE HORN, MARTIN KOMAINDA, STEFANIE AMMER, IMKE TRAUlsen, JOHANNES ISSELSTEIN

Zusammenfassung

Da Smart-Farming-Technologien zur Aufnahme von Verhaltensmustern hauptsächlich in Stallsystemen Anwendung finden, führt die vorliegende Studie eine Validierung der Funktionsfähigkeit von Ohrsensoren in Weidesystemen anhand kontinuierlicher Verhaltensbeobachtungen durch. Hierfür wurden 24 Fleckvieh-Färsen in sechs Zufallsgruppen je einem von zwei Zauntypen zugeordnet (virtueller und physischer Zaun) und mit Ohrsensoren zur Verhaltenserfassung ausgestattet (CowManager™, Niederlande). In drei aufeinanderfolgenden Perioden von je 12 Tagen wurden je zwei 1000-m²-Paddocks mit unterschiedlichem Zaunsystem beweidet. Täglich wurden die Tiere 4 h beobachtet. Die von den Ohrsensoren erfassten Daten zur Futteraufnahmezeit wurden anschließend anhand der Daten aus den Tierbeobachtungen nach der verallgemeinerten Methode der kleinsten Quadrate geschätzt. Der Zusammenhang zwischen Tierbeobachtungen und Sensordaten war signifikant ($P < 0,05$) mit RMSE = 39,72 und $R^2_{adj} = 0,09$. Das geringe Bestimmtheitsmaß weist auf eine fehlende Eignung der Sensoren zur zuverlässigen Erfassung des Fressverhaltens auf der Weide hin.

Summary

As smart farming technologies are mainly applied to confined systems, this study aimed to validate them by visual observations to investigate their suitability for grazed grassland. 24 Simmental heifers were randomly assigned to six experimental groups and assigned to one of two fencing treatments (virtual vs. physical fencing), which were compared in three successive periods of 12 days each. An ear sensor (CowManager™, Harmelen, the Netherlands) monitoring cattle activity was attached to the animals before the start of the experiment. Each period, two groups were grazed in two 1000 m² paddocks with either virtual or physical fence and grazing behaviour was visually observed for 4 h daily. Data on grazing activity obtained from ear sensors was predicted from the visual observation data in a generalized least squares model. The relationship between observation data and sensor was significant ($P < 0.0012$) with a root mean square error = 39.72 and $R^2_{adj} = 0.09$. The ear sensor proved unreliable and uncertainty in the prediction calls for further evaluation in the model.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Digitalisierung der Tierproduktion mit Smart-Farming-Technologien, z. B. Ohrsensoren zur Verhaltensfassung, verspricht Betrieben ökonomische Vorteile bei gleichzeitiger Verbesserung des Tierwohls. Bisherige Studien in Stallsystemen, dem Hauptanwendungsgebiet von Smart Farming Sensorik, belegen, dass die Technologien das Verhalten von Milchkühen präzise überwachen und bestimmen können (Bikker et al. 2014). Unter veränderten Bedingungen, z. B. in Betrieben mit Weidehaltung, können sich die Verhaltensweisen jedoch ändern, da Schwankungen der Temperatur und des Futterangebotes das Fress- und Aktivitätsverhalten der Tiere beeinflussen. Entsprechend resümierten Pereira et al. (2018) in einer Studie zur Eignung von Ohrsensoren zur akkuraten Darstellung des Verhaltens von Milchkühen auf der Weide, dass Weide- und Wiederkauverhalten präzise erfasst werden konnten, nicht aber das Aktivitätsverhalten.

Mit der Einführung innovativer Technologien, wie dem virtuellen Zäunen, kann es zusätzlich zu Veränderungen im Fress- und Wiederkauverhalten weidender Rinder kommen, wodurch die Effektivität und Zuverlässigkeit von Ohrsensoren weiter beeinträchtigt werden könnten. Da es bisher keine Studie gibt, die den Effekt des Zaunsystems auf die Verlässlichkeit von Sensorik zum Verhaltensmonitoring untersucht hat, ist es das Ziel dieser Studie, zuerst die Verhaltensfassung mit Sensoren anhand visueller Beobachtungen zu validieren und weiter die Eignung der Sensoren für Weidesysteme mit Färsen unter Vergleich zweier verschiedener Zaunsysteme zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Der Versuch wurde im August und September 2020 auf dem Versuchsgut der Universität Göttingen in Relliehausen durchgeführt. Hierfür wurden 24 Fleckvieh-Färsen (durchschnittlich 462 Tage alt, 396 kg Lebendgewicht) zufällig in sechs Behandlungsgruppen unterteilt, die je einem von zwei unterschiedlichen Zaunsystemen zugewiesen wurden; virtueller Zaun (VF) und physischer Zaun (PF). Alle Tiere wurden mit Ohrsensoren (CowManager, Agis, Harmelen, Niederlande) und Nofence Halsbändern[®] (Nofence, AS, Batnfjordsøra, Norwegen) ausgestattet, die Halsbänder der PF-Gruppen wurden nicht aktiviert. In drei aufeinanderfolgenden Perioden von je 12 Tagen wurden je zwei 1000-m²-Paddocks mit unterschiedlichem Zaunsystem 5 h täglich beweidet. Täglich wurden über einen Zeitraum von 4 h Tierbeobachtungen durchgeführt (siehe Hamidi et al. 2021 in dieser Ausgabe).

Anschließend wurde eine lineare Regression mit der verallgemeinerten Methode der kleinsten Quadrate zur Untersuchung der fixen Effekte der durch visuelle Beobachtungen erfassten kumulierten täglichen Fresszeit (DGTo) und des Zaunsystems sowie deren Interaktion auf die von den Ohrsensoren erfassten Daten zur Fresszeit (DGTs) durchgeführt.

Die Studie wurde durch das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) genehmigt (AZ: 33.19-42502-04-20/3388).

3 Ergebnisse

Die durchschnittliche DGTo war $181,7 \pm 135,1$ min, die durchschnittliche DGTs $221,0 \pm 81,8$ min. Der Zusammenhang zwischen DGTs und DGTo war signifikant ($P < 0,005$, Abb. 1). Das Zaunsystem sowie die Interaktion zwischen Zaunsystem und DGTo hatten keinen signifikanten Einfluss auf die DGTs. Hieraus kann geschlossen werden, dass das Zaunsystem das Weideverhalten der Tiere nicht beeinflusst.

Trotz des signifikanten Zusammenhangs scheinen die Sensoren die Fresszeit im Vergleich zu den Beobachtungen zu überschätzen. Entsprechend fällt das Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,09$) gering aus (Abb. 1). Diese Abweichung zwischen Sensoren und Beobachtungen kann durch die verschiedenen Aufzeichnungsintervalle erklärt werden. Die Sensorsoftware aggregiert aufgenommene Daten je Stunde in einminütigen Intervallen, während die visuellen Beobachtungen in Sekunden erfasst wurden. Technisch bedingt kann es also bei den Sensoren zu einer Verzögerung in der Datenerfassung kommen, wenn Tiere eine Aktivität, z.B. Grasens, weniger als 1 min ausüben. Daher ist die in Echtzeit aufgenommene DGTo, vor allem bei kurzer Dauer einer Verhaltensweise, genauer als die aggregierten DGTs.

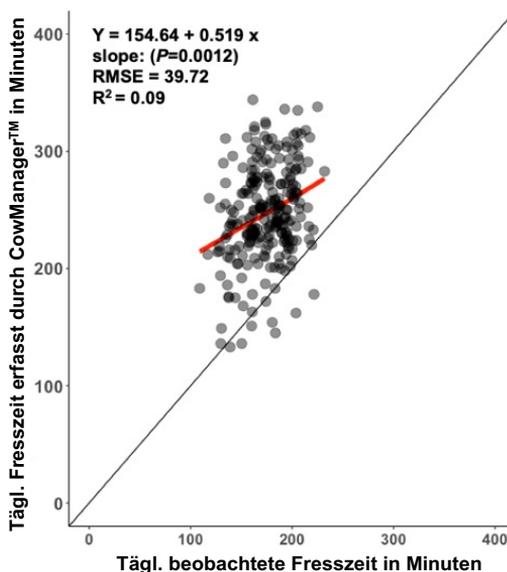


Abb. 1: DGT in min je Beobachtungsintervall (4 h) erfasst durch CowManager™-Sensoren im Vergleich zur beobachteten DGT weidender Fleckvieh-Färsen. Rote Linie = Erwartungswerte für die Sensoraufnahmen geschätzt anhand der verallgemeinerten Methode der kleinsten Quadrate, schwarze Linie = Winkelhalbierende.

Fig. 1: DGT in min per observation interval (4 h) detected by CowManager™ sensors compared to the observed DGT grazing Simmental heifers. Red line = expected values for the sensor images estimated using the generalized least squares method, black line = bisector.

Gleichzeitig findet das Weiden häufig im Weideschritt, also in Bewegung statt (Hodgson 1990). In Stallsystemen hingegen erfolgt die Futteraufnahme an fixen Fressplätzen und der Bewegungsgrad der Tiere ist eingeschränkt. Daher sind die Minutenintervalle in Stallhaltungssystemen ausreichend. Bei Weidehaltung kann es durch das Fressen im Weideschritt jedoch zu einer Ungenauigkeit in der Datenerfassung kommen, wenn der Algorithmus der Sensoren keine Verknüpfung beider Verhaltenskategorien zulässt. So zeigten Pereira et al. (2018) in Versuchen mit CowManager™-Sensoren, dass das Aktivitätsverhalten von Milchkühen mit Weidezugang nicht akkurat aufgezeichnet wurde.

Die Analyse weiterer erfasster Verhaltensweisen kann eine tiefere Evaluierung der Abweichung zwischen den Methoden ermöglichen. Aufgrund der geringen Korrelation zwischen DGTs und DGTo empfiehlt es sich, eine weiterführende Analyse mit optimierten Modellen anzuschließen, um Ursachen für die Variabilität zu ergründen. Vorerst ist anhand der vorliegenden Ergebnisse zu schlussfolgern, dass CowManager™-Sensoren das Verhalten von Färsen auf der Weide nur unzureichend darstellen und deshalb für Tierproduktionssysteme mit Weidezugang nur eingeschränkt geeignet sind.

4 Ausblick

Diese Studie zeigt, dass CowManager™-Sensoren nicht ohne Einschränkungen zur Verhaltensfassung von Rindern in Weidehaltung einsetzbar sind. Kurze Zeitintervalle < 1 Minute können von den Sensoren nur eingeschränkt erfasst werden und die Kombination aus zwei zu unterscheidenden Verhaltensweisen im Weideschritt kann zu Fehlern in der Datenerfassung führen. Dennoch ist eine weitere Analyse der vorliegenden Daten mit optimierten Modellen notwendig, um endgültige Aussagen über die Eignung der Sensoren in Weidehaltungssystemen zu treffen. Hierbei kann jedoch angenommen werden, dass das Zaunsystem keinen relevanten Einfluss auf die Funktionsweise der Sensoren nimmt.

Literatur

- Bikker, J.P.; van Laar, H.; Rump, P.; Doorenbos, J.; van Meurs, K.; Griffioen, G.M.; Dijkstra, J. (2014): Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *Journal of Dairy Science*, 97, pp. 2974–2979
- Hamidi, D.; Grinnell, N.; Horn, J.; Riesch, F.; Komainda, M.; Ammer, S.; Traulsen, I.; Isselstein, J. (2021). Virtuelles Zäunen: Brauchen Rinder sichtbaren Zaun? (in diesem Tagungsband)
- Pereira, G.M.; Heins, B.J.; Endres, M.I. (2018): Validation of an ear-tag accelerometer sensor to determine rumination, eating, and activity behaviors of grazing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101, pp. 2492–2495
- Hodgson, J. (1990): *Grazing management: Science into practice*. Longman Handbooks in Agriculture. Longman Scientific & Technical, Essex, UK

Danksagung und Förderhinweis

Vielen Dank an Barbara Hohlmann, Knut Salzmänn und Eliana Mohn für die Unterstützung im Versuch. Danke auch an Arne Oppermann für die Bereitstellung der Versuchsfächen und -tiere. Diese Studie ist ein Teil des Projektes GreenGrass, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Entwicklung und Anwendung eines Atemfrequenzsensors bei Milchkühen zur Hitzestresserkennung

Development of a respiration rate sensor and its application on heat stress detection in dairy cows

GUNDULA HOFFMANN, JULIA HEINICKE, CHRISTIAN AMMON, SASKIA STRUTZKE, SEVERINO PINTO, LENA DISSMANN, THOMAS AMON

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Nutzbarkeit eines neu entwickelten Sensors für die Erfassung der Atmungsfrequenz (RR) bei Milchkühen getestet. Es wurden kontinuierlich Daten von 6 laktierenden Holstein-Friesian-Milchkühen gesammelt, die in einem natürlich belüfteten Stall in Groß Kreutz (Deutschland) untergebracht waren. Das System bestand aus einem Druckdifferenzsensor, einem Mikrocontroller und einer Software zur Auswertung der Daten. Ein flexibler Silikonschlauch verband einen Anschluss des Drucksensors mit dem linken Nasenloch und endete in der Nasenhöhle. Die Datenerfassung fand an zwei Tagen und einer Nacht statt. Die Körperhaltung der Kuh (stehend oder liegend) wurde während der Datenerfassung dokumentiert und es wurden regelmäßig Videos für die anschließende visuelle Zählung der Atmungsfrequenz gemacht. Die Ergebnisse zeigten eine positive Korrelation zwischen der visuellen und der automatisch gezählten RR (in Atemzügen pro Minute, bpm) bei liegenden ($r=0,98$) sowie stehenden Kühen ($r=0,99$). Laufende Untersuchungen mit einem weiterentwickelten Atmungsfrequenzsensor im Sommer zeigten bereits den Einfluss von Hitzestress auf die Atmungsfrequenz. Mit zunehmendem Temperatur-Feuchtigkeits-Index ($\text{THI} \geq 68$) stieg die RR von $35 \pm 0,99$ auf $75 \pm 1,39$ bpm ($\text{MW} \pm \text{SD}$). Die RR von liegenden Kühen war höher als die von stehenden Kühen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass ein neuer RR Sensor in der Lage ist, Hitzestress durch kontinuierliche Messung ohne Störung der Kühe zu erkennen.

Summary

The present investigation tested the usability of a new developed respiration rate (RR) sensor in dairy cows. Data were continuously collected from 6 lactating Holstein Friesian dairy cows housed in a naturally ventilated barn in Groß Kreutz (Germany). The system consisted of a differential pressure sensor, a microcontroller and software to analyse the data. A flexible silicone tube connected one port of the pressure sensor with the left nostril and ended in the nasal cavity. Data collection took place on two days and one night. Cow body posture (standing vs. lying) was documented during the data collection and videos were made regularly for the visual counting of RR afterwards. The results showed a positive correlation between visual and automatic counted RR (in breaths per

minute, bpm) in lying ($r=0.98$) and standing cows ($r=0.99$). Ongoing studies with an evolved RR sensor during summer showed the influence of heat stress on the RR. With increasing temperature humidity-index ($THI \geq 68$), the RR increased from 35 ± 0.99 to 75 ± 1.39 bpm ($MW \pm SD$). The RR of lying cows was higher than that of standing cows. Our results showed a new RR sensor becomes able to detect heat stress by continuous measurement without a disturbance of cows.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der weltweite Klimawandel und die damit einhergehende stetig ansteigende Wärmebelastung spielen für das Wohlbefinden der Tiere und die landwirtschaftliche Tierhaltung eine immer größere Rolle. In den vergangenen Jahren hat eine stark zunehmende Technisierung in der Tierhaltung Einzug gehalten, die dem Landwirt helfen soll, seinen Betrieb effizient zu führen. Die automatisierte Erfassung der Atmungsfrequenz (RR) bei Milchkühen könnte zukünftig genutzt werden, um Hitzestresssituationen frühzeitig zu erkennen und wird zurzeit im Projekt DigiMuh untersucht. Bei einer sensorgestützten Hitzestresserkennung könnte man durch gezielte Minderungsmaßnahmen (Ventilatoren, Kühlung) das Tierwohl steigern. Bei der vorliegenden Untersuchung handelte es sich um eine Pilotstudie, um zunächst die Verwendbarkeit eines neu entwickelten RR-Sensors bei Milchkühen zu testen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in einem freigelüfteten Milchviehstall in der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung in Groß Kreutz, Deutschland, durchgeführt. Der Liegeboxenlaufstall mit 51 Tiefliegeboxen und planbefestigten Laufgängen beherbergt im Schnitt 50 Kühe. Die durchschnittliche Milchleistung lag bei $40,7 \pm 6,8$ kg ($MW \pm StAbw.$) pro Kuh und Tag. Die Datenerfassung für die Pilotstudie fand an zwei Tagen und einer Nacht statt. Es wurden kontinuierlich Daten von 6 laktierenden Holstein-Friesian-Kühen (1. bis 5. Laktation) erhoben.

Das System bestand aus einem Differenzdrucksensor, einem Mikrocontroller und einer Software zur Auswertung der Daten. Ein Halfter positionierte den Sensor im Bereich des Kiefers auf der rechten Seite des Kopfes. Ein flexibler Silikonschlauch verband einen Anschluss des Drucksensors mit dem linken Nasenloch und endete in der Nasenhöhle (Strutzke et al. 2019). Die Körperhaltung der Kuh (stehend vs. liegend) wurde während der Datenerhebung dokumentiert und es wurden regelmäßig Videos für die anschließende visuelle Zählung der RR gemacht.

Weitere Untersuchungen mit einem weiterentwickelten RR-Sensor (Abb. 1) im Sommer 2020 analysierten den Einfluss von Hitzestress auf die RR.



Abb.1: Atemfrequenzsensor (Gouna GmbH)
 Fig. 1: Respiration rate sensor (Gouna GmbH)

Dazu wurden zusätzlich die Temperatur und relative Luftfeuchte in 10-Minuten-Intervallen an acht Messpunkten im Stall in jeweils 3,4 m Höhe über dem Boden aufgezeichnet (Sensor: EasyLog USB 2+, Lascar Electronics, Wiltshire, UK), um die herrschende Hitzestresssituation zu definieren. Für jeden Messpunkt wurde der Temperatur-Feuchte-Index (THI) nach der Formel des National Research Council (1971) wie folgt berechnet und anschließend über alle Messpunkte gemittelt:

$THI = (1,8 \times T + 32) - ((0,55 - 0,0055 \times H) \times (1,8 \times T - 26))$. Die Formel beinhaltet T für die Temperatur in °C und H für die relative Luftfeuchte in %.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Sensorvalidierung zeigten eine positive Korrelation zwischen visueller und automatisch gezählter RR (in Atemzügen pro Minute, bpm) bei liegenden ($r=0,98$) und stehenden Kühen ($r=0,99$). In Abbildung 2 sind die Differenzen zwischen visueller und automatisch gezählter RR als Bland-Altman-Plot (Bland und Altman 1999) abgebildet. Die Untersuchungen mit dem weiterentwickelten RR-Sensor im Sommer zeigten einen signifikanten Einfluss von Hitzestress auf die RR. Mit steigender Temperatur und steigendem Temperatur-Feuchte-Index ($THI \geq 68$) erhöhte sich die RR von $35 \pm 0,99$ auf $75 \pm 1,39$ bpm (MW \pm SE). Die RR der liegenden Kühe war höher als die der stehenden Kühe.

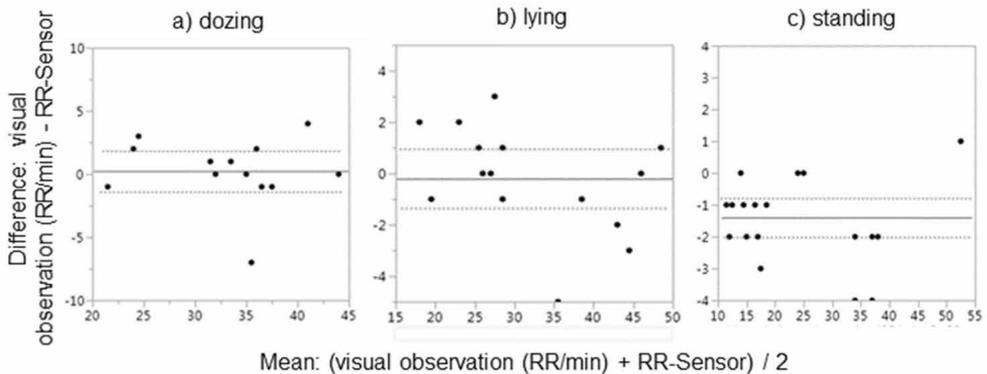


Abb. 2: Differenz zwischen visuell und automatisch erfasster Atmungsfrequenz (RR) während des Dösens (a), Liegens (b) und Stehens (c) (Strutzke et al. 2019)

Fig. 2: Difference between visually and automatically counted respiration rate (RR) during dozing (a), lying (b), and standing (c) (Strutzke et al. 2019)

4 Ausblick

Zusammenfassend zeigten die Ergebnisse der Studie, dass die RR mit einem Differenzdrucksensor zuverlässig gemessen werden kann und kontinuierliche Daten geliefert werden, ohne die Kühe in ihrem Normalverhalten zu stören. Die Messung der RR bei Rindern ist ein wertvolles Werkzeug zur Überwachung des Gesundheitszustandes. So kann ein RR-Sensor sehr hilfreich bei der frühzeitigen Stresserkennung sein, insbesondere bei Hitzestress.

Im Juli 2021 startete zudem das Verbundprojekt KAMI (Künstliche Erfassung der Atmungsfrequenz beim Milchrind), welches das Ziel verfolgt, die Atmungsfrequenz ausschließlich kontaktlos bei Milchkühen zu erfassen. Dafür werden derzeit Infrarotkameras sowie Tiefenkameras getestet. Die Idee ist die Atmungsfrequenz zum einen anhand von Infrarotbildern, die die ein- und ausgeatmete Luft im Bereich des Flotzmauls filmen, automatisch zu erfassen und zum anderen, die Bewegung der Flanken während der Atmung mithilfe von Tiefenkameras aufzuzeichnen. Derzeit werden beide Systeme an verschiedenen Stellen im Stall getestet um die optimale Aufnahmeposition zu finden. Die Herausforderung ist dabei einerseits, eine möglichst hohe Tieranzahl pro Tag zu erfassen, andererseits aber auch eine gute Aufnahmequalität sowie die Tiererkennung sicherzustellen. Der Atemsensor soll dabei als Referenzmethode fungieren und die KI anhand des Bildmaterials trainieren, bis diese die Atmung automatisch erfassen kann.

Literatur

Bland, J. M.; Altman, D. G. (1999): Measuring agreement in method comparison studies. Stat. Methods Med. Res. 8 (2), pp. 135–160, DOI: 10.1177/096228029900800204

National Research Council NRC (1971): A Guide to Environmental Research on Animals. Washington DC, Natl. Acad. Sci.

Strutzke, S., Fiske, D., Hoffmann, G., Ammon, C., Heuwieser, W., Amon, T. (2019): Technical note: Development of a noninvasive respiration rate sensor for cattle. J. Dairy Sci. 102(1), pp. 690–695

Danksagung und Förderhinweis

Die Förderung der Projekte DigiMuh und KAMI 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.

Früherkennung von Schwanzbeißen auf der Basis von Deep Learning

Early detection of tail biting based on deep learning

FRIEDERIKE WARNS, PETER WISSKIRCHEN, KATHARINA DAHLHOFF, CARINA GORETZKY, TIMO BRUNE, FOUAD BITTI, HARALD MATHIS, ASTRID VAN ASTEN

Zusammenfassung

Schwanzbeißen (Caudophagie) bei Schweinen stellt ein schwerwiegendes und zugleich komplexes Problem in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung dar. Ziel des Projektvorhabens KISS (Künstliche Intelligenz gegen Schwanzbeißen bei Schweinen) ist die Konzeption und prototypische Entwicklung eines Decision-Support-Systems zur Analyse des Verhaltens einer Schweinegruppe, welches im Sinne eines Frühwarnsystems Hinweise auf verändertes Verhalten im Vorfeld eines Schwanzbeißausbruchs gibt. Zur automatischen Analyse bekannter Frühindikatoren dienen Verfahren des Deep Learning, deren Tragfähigkeit auch unter dem Aspekt einer praktikablen, kostengünstigen Lösung dargestellt wird.

Summary

Tail biting (caudophagy) in pigs is a serious and at the same time complex problem in agricultural livestock farming. The aim of the project KISS (Artificial Intelligence against Tail Biting in Pigs) is the conception and prototypical development of a decision support system for the analysis of the behaviour of a group of pigs, which in the sense of an early warning system provides indications of changed behaviour previous to a tail biting outbreak. Deep Learning methods are used for the automatic analysis of known early indicators. Their viability is also presented under the aspect of a practicable, cost-effective solution.

1 Einleitung und Zielsetzung

Zur Prävention eines Schwanzbeißausbruchs ist das rechtzeitige Ergreifen von Gegenmaßnahmen entscheidend. Dazu wurden Änderungen im Verhalten der Schweine zur Früherkennung eines bevorstehenden Ausbruchs intensiv erforscht. Bereits vor dem Auftreten erster blutiger Schwanzverletzungen verkürzen sich die Ruhezeiten der Tiere bei gleichzeitig ansteigender Aktivität (Zonderland et al. 2011, Larsen et al. 2019). Die Schweine beschnüffeln und beknabbern vermehrt die Schwänze der Buchtgenossen und der Anteil von hängend oder eingeklemmt getragenen Schwänzen steigt (D'Eath et al. 2018, Larsen et al. 2018).

Zur automatisierten Erkennung dieser Frühwarnzeichen werden aktuell videobasierte Methoden erforscht, die die Bewegungsdynamik und Schwanzhaltung der Tiere erkennen, ohne dass hierfür eine Markierung der Schweine oder am Tier angebrachte Sensoren erforderlich sind. D'Eath et al. (2018) ermittelten die Schwanzhaltung als Winkel des Schwanzes zum Boden mit 3D-Kamera-Aufnahmen vor dem Futtertrog und einem Algorithmus auf Gruppenebene. Zur automatisierten Erkennung der Schwanzhaltung und spezifischer Verhaltensweisen auf tierindividueller Basis zeigen Methoden des Deep Learning aktuell erfolversprechende Resultate (Nasirahmadi et al. 2019, Li et al. 2020).

Ziel des Projektvorhabens KISS (Künstliche Intelligenz gegen Schwanzbeißen bei Schweinen) ist die Konzeption und Entwicklung eines Decision-Support-Systems zur automatisierten Analyse des Verhaltens einer Schweinegruppe, welches im Sinne eines Frühwarnsystems Hinweise auf verändertes Verhalten in Bezug auf Frühindikatoren von Schwanzbeißen gibt. Mit der Erkennung von Posen aus Echtzeit-2D-Videoaufnahmen analysiert das System das dynamische Verhalten, indem es Position, Bewegungen und Interaktionen auf tierindividueller Basis auswertet. Ergänzend soll die Schwanzhaltung klassifiziert werden.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsaufbau

Die Verhaltensanalyse und Beobachtung wird im Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen in Bad Sassendorf, durchgeführt. Die Tiere haben ein durchschnittliches Absetzgewicht von ca. 7,80 kg. Der Versuch erfolgt im Rahmen der konventionellen Ferkelaufzucht in vier Buchten mit einer Gruppengröße von jeweils 35 Tieren. Die Haltungsumwelt zeichnet sich durch ein erhöhtes Platzangebot (0,5 m² je Tier), Ad-libitum-Trockenfütterung, offene Tränkeschalen und verschiedene Beschäftigungsmaterialien aus. Das Verhalten der Tiere wird kontinuierlich über die gesamte Dauer der Ferkelaufzucht von sechs Wochen auf Video aufgezeichnet. Dazu wurden je Bucht zwei stationäre HD-Kameras (Bascom Bullet-Kamera Plus VB40, 1080p, 20 fps) installiert. Auf Grundlage dieser Videoaufzeichnungen findet die weitere Auswertung statt.

2.2 Konzeptioneller Ansatz

Die automatisierte Erkennung der Verhaltensweisen von Schweinen baut auf den einzelnen Schweinen zugeordneten Grundformen auf. Statt eines umhüllenden, achsenparallelen Rechtecks (Nasirahmadi et al. 2019, Li et al. 2020) oder feingliedrigen Posen (Graving et al. 2019) wird im vorgestellten Ansatz eine vereinfachte Pose benutzt, die aus Nacken-, Schwanzposition und gerichteter Rückenlinie vom Nacken zum Schwanz besteht. Durch Kenntnis der Position von Kopf- und Schwanz kann die Orientierung im Raum bestimmt werden. In Kombination mit der Entfernung, Beschleunigung und Geschwindigkeit, gegenseitiger Orientierung, sowie Kopf- und Rückenposition werden außerdem kurzzeitige Interaktionen wie Maul-Schwanz-Näherungen erkannt, die die Basis für weitere Statistiken liefern (Abb. 1). Interaktionen werden mit dem Lernverfahren Random Forests (Breiman 2001) trainiert und Merkmale genutzt, die sich unmittelbar aus der Auswertung der Posen ergeben.

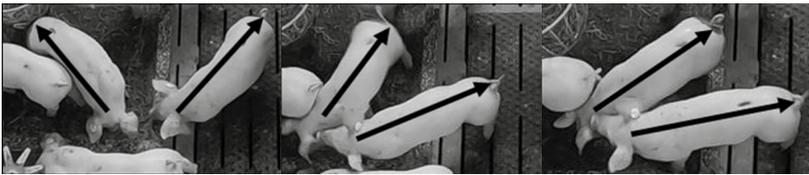


Abb. 1: Beispiel einer kurzzeitigen Interaktion, entdeckt aus zeitlicher Änderung der Posen (© FIT)
 Fig. 1: Example of a brief interaction, discovered from a change in poses over time (© FIT)

Ziel ist es, aus der Verhaltensforschung zum Schwanzbeißen bekannte Merkmale (atypische Schwanzhaltungen, Sequenzen mit aggressivem Verhalten, Schwanz-in-Maul-Situationen, Verfolgungen) aufbauend auf den durch Deep Learning erkannten und klassifizierten Aktionen automatisch zu erkennen und statistisch auszuwerten. Die sich ergebenden Ist-Werte sollen mit den gruppenindividuellen Referenzwerten abgeglichen und für die Früherkennung von Schwanzbeißen genutzt werden. Ziel dieses Ansatzes ist ein funktionsfähiger Prototyp, bei dem Einsatzfähigkeit und Kosteneffizienz im Fokus stehen.

3 Ergebnisse

Für die Erkennung der Posen und deren zeitlicher Koordinierung (Tracking) wurden für ein Demonstrationsvideo zunächst eigene Trainingsdaten erhoben (Demonstrationsvideo KISS 2020). Zur Annotation der Trainingsdaten wurde ein interaktiver Editor zur Erfassung der Nacken- und Schwanzposition entwickelt. Anschließend wurde ein neuronales Netz (Deep Learning) zum Training verwendet (Osokin 2020). Mithilfe der auf Vektoren basierten Verbindungen von Kopf und Rücken und einem Zuordnungsalgorithmus gelingt ein Tracking von Positionen und Verbindungen (Nacken, Schwanz, gerichtete Rückenlinie) im zeitlichen Ablauf für die Analyse der zeitlichen Dynamik. Durch die

Definition von Umgebungsrechtecken um die Schwanzpositionen ist die Grundlage für eine Klassifikation der Schwanzhaltung mit einem Deep-Learning-Klassifizierer geschaffen.

Um Indikatoren eines bevorstehenden Schwanzbeißausbruchs zu erkennen (aggressives Verhalten, Schwanz-in-Maul-Situationen, Verfolgungen), wurden relevante Teilszenen automatisch aus den Videos extrahiert. Grundlage hierfür bildete die Auswertung der durch Tracking gewonnen Passagen mit kritischen Annäherungen (Maul-Nacken bzw. Maul-Schwanz) beteiligter Paare.

4 Fazit und Ausblick

Die mithilfe von Deep Learning erreichten Resultate bieten eine Grundlage für weitere Entwicklungen. Dabei stellt die Kombination der automatisierten Verhaltensfassung mit einer Warnmeldung beim Erreichen von Schwellenwerten, ab denen Verhaltensweisen ein pathologisches Stadium erreichen, eine besondere Herausforderung dar. Des Weiteren wird eine benutzerfreundliche Gestaltung als Decision-Support-System angestrebt, sodass der Tierhalter in eigener Verantwortung Interventionsmaßnahmen ergreifen kann.

Literatur

- Breiman, L. (2001): Random forests. *Machine learning* 45(1), pp. 5–32
- D'Eath, R.B.; Jack, M.; Futro, A.; Talbot, D.; Zhu, Q.; Barclay, D.; Baxter, E.M. (2018): Automatic early warning of tail biting in pigs: 3D cameras can detect lowered tail posture before an outbreak. *PloS one* 13(4), p. e0194524
- Demonstrationsvideo KISS (2020): <https://www.landwirtschaftskammer.de/duesse/tierhaltung/schweine/projekte/kiss/index.htm>, Zugriff am 19.04.2022
- Graving, J.M.; Chae, D.; Naik, H.; Li, L.; Koger, B.; Costelloe, B.R.; Couzin, I.D. (2019): DeepPoseKit, a software toolkit for fast and robust animal pose estimation using deep learning. *Elife* 8, p. e47994
- Larsen, M.L.V.; Andersen, H.M.L.; Pedersen, L.J. (2018): Tail posture as a detector of tail damage and an early detector of tail biting in finishing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 209, pp. 30–35
- Larsen, M.L.V.; Andersen, H.L.; Pedersen, L.J. (2019): Changes in activity and object manipulation before tail damage in finisher pigs as an early detector of tail biting. *Animal* 13(5), pp. 1037–1044
- Li et al. (2020): Li, Y. Z.; Johnston, L. J.; Dawkins, M. S. (2020): Utilization of optical flow algorithms to monitor development of tail biting outbreaks in pigs. *Animals*, 10(2), 323.
- Nasirahmadi, A.; Sturm, B.; Edwards, S.; Jeppsson, K.H.; Olsson, A.C.; Müller, S.; Hensel, O. (2019): Deep learning and machine vision approaches for posture detection of individual pigs. *Sensors* 19(17), p. 3738

- Osokin, D. (2020): Lightweight-human-pose-estimation, <https://github.com/Daniil-Osokin/lightweight-human-pose-estimation-3d-demo.pytorch>, Zugriff am 7.10.2020
- Zonderland, J.J.; Schepers, F.; Bracke, M.B.M.; Den Hartog, L.A.; Kemp, B.; Spoolder, H.A.M. (2011): Characteristics of biter and victim piglets apparent before a tail-biting outbreak. *Animal* 5(5), pp. 767–775

Förderhinweis

Das Projektvorhaben KISS (Künstliche Intelligenz gegen Schwanzbeißen bei Schweinen) wird aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank gefördert.

DigiMilch Umfrage – Vernetzung der digitalen Technologien in Milchviehställen

DigiMilch survey – networking of digital technologies in dairy barns

SOPHIA SAUTER, ISABELLA LORENZINI, BERNHARD HAIDN

Zusammenfassung

Das Experimentierfeld DigiMilch bildet die gesamte Prozesskette der Milcherzeugung unter dem Aspekt der Digitalisierung ab. Im Demonstrationsprojekt (DP) 5 wird der Bereich der tierindividuellen Sensorsysteme betrachtet. Diesbezüglich wurde in Zusammenarbeit mit DP 4 (vernetzte Stalltechnik) eine Online-Umfrage erstellt. Von den 235 Betrieben, die auf die zahlreichen Fragen antworteten, setzen 118 Laufstallbetriebe mindestens einen Tiersensor ein, während in 27 Betrieben mit Anbindehaltung keine Tiersensoren vorhanden sind. Die Mehrheit der Befragten erachten die Bündelung vieler Informationen und Einstellungen in einem Herdenmanagementsystem als sinnvoll. Dagegen befürchtet ein geringer Anteil der Teilnehmer, dass das Herdenmanagement überfrachtet und mehr Zeit benötigt wird, um an die gewünschten Informationen zu kommen. Marktpotenzial gibt es für die zahlreichen Laufstallbetriebe, die noch keinen Sensor einsetzen sowie Betriebe, die mehr Informationen über ihre Tiere auf der Weide haben möchten.

Summary

The DigiMilch experimental field represents the entire process chain of milk production. In demonstration project (DP) 5, digitization in the field of animal-specific sensor systems is analysed. For this purpose, an online survey was created in collaboration with DP 4 (interconnected barn technology). Of the 235 farms that responded to the numerous questions, 118 loose-housing farms use at least one animal sensor whereas there are no animal sensors in 27 tie-stall farms. Most respondents consider that it is useful to bundle a lot of information and settings in a herd management system.

On the other hand, only a small percentage of the participants fear that the herd management system will be overloaded and that they will need more time to get the desired information. There is market potential for the numerous loose-housing farms that do not yet use a sensor as well as farms that would like to have more information about their animals on the pasture.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die wachsenden Bestandszahlen in Familienbetrieben machen es zunehmend schwieriger, jedes Tier einer Herde individuell betreuen zu können (Koning 2010). Dabei besteht ein umfangreiches Angebot an digitalen Systemen am Markt. Insbesondere der Bereich der Rinderhaltung macht etwa 34 % der verfügbaren Sensorsysteme am Markt aus (Hölscher und Hessel 2019). Diese Systeme erfassen unter anderem das Verhalten der Tiere (Rutten et al. 2013) und können somit den Landwirt auf Abweichungen vom Normalverhalten aufmerksam machen. Mangelnde Interkompatibilität zwischen den Systemen können aber das Zusammenführen unterschiedlicher Daten aus verschiedenen Sensoren in einem Managementsystem (Umstätter et al. 2020) und die Analyse auf Einzeltierebene erschweren. Zusätzlich entsteht für den Landwirt durch Mehrfacheingaben ein erhöhter Arbeitsaufwand (Gandorfer et al. 2018). Im Rahmen des Experimentierfelds DigiMilch beleuchtet das Demonstrationsprojekt (DP) 5 die Digitalisierung der Betriebe im Bereich tierindividueller Sensorsysteme. Gemeinsam mit DP 4 (vernetzte Stalltechnik) sollte der aktuelle Stand der Digitalisierung hinsichtlich Sensorsysteme auf landwirtschaftlichen Betrieben sowie deren Erfahrungen, Erwartungen und Wünschen durch eine Online-Umfrage im Jahr 2020 abgebildet werden.

2 Material und Methoden

Die Umfrage wurde mit dem Online-Umfragetool LimeSurvey (<https://www.limesurvey.org/de/>) erstellt. Anschließend wurde der Link über das Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV) sowie über Social-Media-Kanäle verteilt. Die Umfrage besteht aus drei Bereichen (Fragen zum Betrieb; Einsatz von digitalen Technologien auf dem Betrieb; Erfahrungen bei der Nutzung digitaler Technologien). In der Auswertung wurden alle vollständig ausgefüllten Umfragen mit Laufstall- oder Anbindehaltung berücksichtigt. Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden nach relevanten Teilbereichen in Excel gefiltert und mit dem Statistikprogramm Rstudio (Version 3.6.2) ausgewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Einsatz von digitalen Technologien auf dem Betrieb

In Abbildung 1 ist die Nutzung von Tiersensoren in Abhängigkeit von der Haltungform der Milchkühe abgebildet. Von den teilnehmenden 235 Betrieben haben 231 Betriebe Angaben zu ihrem Haltungssystem gemacht. Tiersensoren werden in insgesamt 118 Laufstallbetrieben eingesetzt. In der Haltungform Anbindehaltung (AB) sowie Anbindehaltung und Weide (AB_W) nutzt keiner der Betriebe tierindividuelle Sensoren. Weiter lässt sich erkennen, dass bei 48 Betrieben, die einen Laufstall mit Laufhof (LS_LH) haben, nahezu 62 % Tiersensoren einsetzen. Bemerkenswert ist, dass nur bei rund 50 %

der insgesamt 46 Laufstallbetrieben mit Weidezugang (LS_W; LS_LH_W) ein Tiersensor eingesetzt wird.

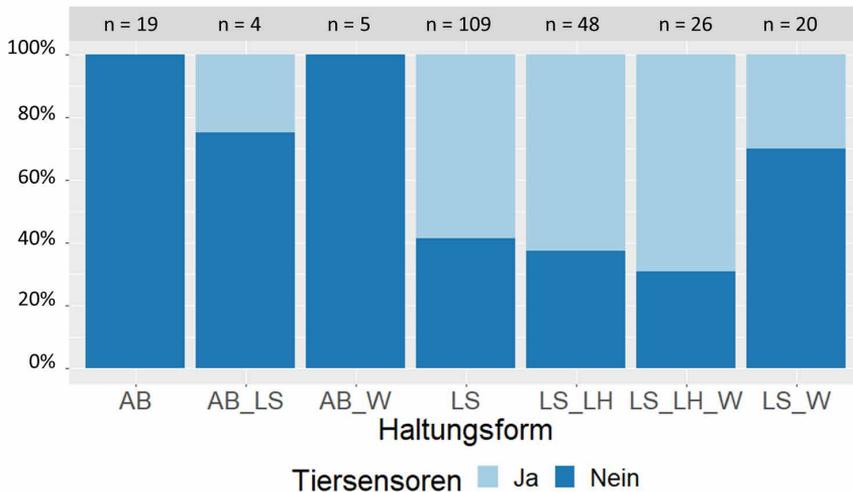


Abb. 1: Einsatz an Tiersensoren in Abhängigkeit von der Haltungsform (n = 231)
 (© I. Lorenzini, S. Sauter) AB = Anbindehaltung; LS = Laufstall; W = Weide; LH = Laufhof
 Fig. 1: Use of animal sensors depending on the type of husbandry (n = 231)
 (© I. Lorenzini, S. Sauter) AB = tie-stall, LS = loose housing, W = pasture, LH = exercise area

3.2 Erwartungen bei der Nutzung digitaler Technologien

87 % der 235 Teilnehmer der Umfrage erachteten es als sinnvoll, viele Informationen und Einstellungen gebündelt in einem Herdenmanagementsystem zusammenzufassen. Überdies gehen 88 % der Befragten, welche die vorhergehende Frage mit „ja“ beantwortet haben, davon aus, dass sie mit mehr verfügbaren Informationen zeitnah auf Probleme in der Herde bzw. Stalltechnik reagieren könnten. Zudem geben 77 % an, dass sie dadurch eine bessere Übersicht über ihre Herde hätten. 76 % vermuten eine Zeiteinsparung durch die Vermeidung von Mehrfacheingaben, dagegen befürchteten 17 %, dass das Herdenmanagement überfrachtet würde. 14 % gehen davon aus, dass sie dadurch mehr Zeit benötigen würden, um an die gewünschten Informationen zu kommen.

4 Diskussion

Die vorliegende Umfrage umfasst eine kleine Schnittmenge an Betrieben in Bayern, die durch den freiwilligen Charakter der Umfrage, nicht als repräsentativ angesehen werden darf. In der Anbindehaltung sind laut vorliegender Umfrage Sensoren nicht vertreten. Dies ist nicht verwunderlich, da ein langfristiger Fortbestand dieser Haltungsform ungewiss ist und Landwirte vermutlich vor Investitionen zurückschrecken. Da bisher bei rund

50 % der Laufstallbetriebe digitale Sensortechnologien eingesetzt werden, besteht hier das größte Potenzial. Beispiel: Sensoren zur Brunsterkennung sind mittlerweile Stand der Technik und zeigen mit einer Brunsterkennungsrate von bis zu 90 % valide Ergebnisse (Gasteiner und Fasching 2020). Bei den restlichen Betrieben könnten die damit verbundenen Anschaffungskosten und Bedenken vor erhöhtem Betreuungsaufwand des Systems Gründe dafür sein, weshalb bisher nicht in digitale Technologie investiert wurde. Ferner ist zu erwarten, dass der Weideanteil aufgrund von Verbrauchertendenzen, die sich in Entscheidungen im Lebensmitteleinzelhandel widerspiegeln, zunehmen wird. Deshalb könnten mehr Tiersensoren zur Tierüberwachung hierfür Anwendung finden. Ein mögliches Hindernis bei der Beschaffung könnte die Sorge sein, dass die verfügbaren Sensorsysteme für die Weide noch nicht zuverlässig genug sind. Manche Studien (Kaniyamattam et al. 2020, Pfeiffer et al. 2020) können bereits ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis für den Einsatz von Sensoren in Teilbereichen wie Brunst- und Lahmheitserkennung aufzeigen. Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um grundsätzliche Aussagen zu den ökonomischen Vorteilen sowie zu einer möglichen Verbesserung der Tiergesundheit durch den Einsatz von tierindividuellen Sensorsystemen machen zu können.

Literatur

- Gandorfer, M.; Schleicher, S.; Erdle, K. (2018): Barriers to Adoption of Smart Farming Technologies in Germany. Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture, Montreal, Canada, <https://www.ispag.org/Proceedings>
- Gasteiner, J.; Fasching, C. (2020): Digitalisierung im Milchviehbereich und ihr Beitrag zum Tierwohl und zur Früherkennung von Tierkrankheiten. In: Webinar Nutztierschutztagung, S. 5–12
- Hölscher, P.; Hessel, E. F. (2019): Automatisiert erfassbare Daten in der Nutztierhaltung - ein Überblick und zukünftige Forschungsansätze. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hg.): 14. Bau, Technik und Umwelt 2019 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Bonn, 24.–26. September, S. 87–93
- Koning, C.J.A.M. de (2010): Automatic milking - Common practice on dairy farms. In: The First North American Conference on Precision Dairy Management, Toronto, Canada, pp. 52–67
- Kaniyamattam, K.; Hertl, J.; Lhermie, G.; Tasch, U.; Dyer, R.; Gröhn, Y.T. (2020): Cost benefit analysis of automatic lameness detection systems in dairy herds: A dynamic programming approach. Preventive Veterinary Medicine 178, doi.10.1016/j.prevet-med.2020.104993
- Pfeiffer, J.; Gandorfer, M.; Ettema, J.F. (2020): Evaluation of activity meters for estrus detection: A stochastic bioeconomic modeling approach. Journal of dairy science 103, pp. 492–506, doi.10.3168/jds.2019-17063
- Rutten, C.J.; Velthuis, A.G.J.; Steeneveld, W.; Hogeveen, H. (2013): Invited review: sensors to support health management on dairy farms. Journal of dairy science 96(4), pp. 1928–1952, doi.10.3168/jds.2012-6107

Umstätter, C.; Martini, D.; Adrion, F. (2020): Opinion Paper: Digitales Tiermonitoring – Was bringt die Zukunft? Landtechnik 75(1), S. 14–23, doi.10.15150/lt.2020.3227

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.

Vernetzung der Technik im Milchviehstall: Bedarf der Landwirte erkennen

Networking technology in the dairy barn: Identifying farmers' requirements

JERNEJ POTEKO, PIA LÜBKE, JAN HARMS

Zusammenfassung

In Milchviehställen wird zunehmend automatisierte, digitale Technik eingesetzt. Ein großer Teil der Geräte ist trotz zunehmender Nutzung noch inkompatibel. Mit einer Umfrage zur Vernetzung der Stalltechnik hat das Experimentierfeld DigiMilch die Bedürfnisse, Anforderungen und den Nutzen der Landwirte in Bezug auf die Vernetzung der Technik im Milchviehstall erhoben, um die Erwartungen, Erfahrungen und Barrieren an die Stalltechnik aus der Perspektive der Landwirte als Endnutzer darzustellen.

Die vorliegenden Ergebnisse – von Landwirten mit einem automatischen Melksystem – drücken das Interesse der Landwirte an einer Vernetzung der Stalltechnik aus, insbesondere bei den mehrmals täglich stattfindenden Prozessen. Darüber hinaus kann ein systemübergreifendes (Herden)-Managementprogramm mit neuen Funktionen, wie Einstellungen der gewählten Stalltechnik, von Bedeutung sein.

Der Entwicklungsbedarf der digitalen Technologien kann durch die Anforderungen des Landwirts als Endnutzer vervollständigt werden, um positive Auswirkungen auf Tiere, Menschen und Umwelt zu erreichen.

Summary

Automated, digital technology is increasingly being used in dairy barns. Despite increasing use, a large proportion of the machines are still incompatible. With a survey on the networking of barn technology, the project DigiMilch surveyed the needs, requirements, and benefits of farmers regarding the networking of technology in the dairy barn to present the expectations, experiences, and barriers to barn technology from the perspective of farmers as end users.

The present results from farmers with an automatic milking system express the farmers' interest in networking the barn technology, especially in the processes that take place several times a day. In addition, a system-overlapping herd management programme with new features such as settings of the selected barn technology can be relevant.

The need for development of digital technology can be completed by the requirements of the farmer as an end user to achieve the positive impact on animals, people, and the environment.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Zeitalter der Digitalisierung äußert sich das Interesse der Milchviehhalter an digitaler Technik, was sich beispielsweise in der steigenden Anzahl von installierten automatischen Melksystemen (AMS) und durch das Investitionsinteresse, vorhandene Technik mit digitaler Technik wie Fütterungssystemen und Herdenmanagementprogrammen (HMP) zu erweitern, widerspiegelt (Egger-Danner et al. 2020, LKV Bayern 2019).

Moderne Stalltechnik ermöglicht die Automatisierung von Arbeitsabläufen im Milchviehstall. Darüber hinaus produzieren die Geräte im Stall im Laufe ihrer Arbeit eine Vielzahl von Daten. Die erhöhte Datenverfügbarkeit bildet die Informationsgrundlage, um die richtigen Entscheidungen zur richtigen Zeit zu treffen (Schick 2017). Obwohl viele Entscheidungen auf logischen Verknüpfungen dieser Informationen beruhen könnten, kann der Landwirt aufgrund der fehlenden M2M-Vernetzung die Entscheidung und ihre Umsetzung nicht an das System übergeben (Tomic et al. 2014). Damit entfällt häufig auch die Möglichkeit die Stalltechnik zeitnah und ohne unmittelbares Zutun des Landwirts an die Gegebenheiten im Stall anzupassen und damit besser auf die Bedürfnisse von Tier, Umwelt und Mensch einzugehen (Poteko et al. 2022).

Im öffentlich zugänglichen Wissensfundus sind die Themen Akzeptanz und Art der eingesetzten digitalen Technik, Gründe für die Investitionsmotivations- und -entscheidung, Fragen der Datensicherheit sowie die gesellschaftliche Akzeptanz umfassend untersucht worden (Egger-Danner et al. 2020, Pfeiffer, et al. 2019, Gabriel et al. 2020). Dennoch bleiben die Anforderungen an die Weiterentwicklung der digitalen Technik aus Sicht des Landwirts als Endanwender mangelhaft untersucht.

Im Experimentierfeld DigiMilch, werden im Demonstrationsprojekt „Vernetzte Stalltechnik“ die Bedürfnisse, Anforderungen und der Nutzen der Landwirte in Bezug auf die Vernetzung von Technik in Milchviehställen untersucht. Zur Ermittlung des Verhältnisses der Landwirte zur Vernetzung der Stalltechnik wurde eine Befragung durchgeführt, mit dem Ziel, Erwartungen, Erfahrungen und Hemmnisse an die Stalltechnik aus Sicht der Landwirte darzustellen und den Entwicklungsprozess der Stalltechnikhersteller auf den Endanwender ausrichten zu können.

2 Material und Methoden

Datengrundlage ist die Online-Umfrage zur Vernetzung digitaler Technologien in Milchviehställen. Sie wurde im Zeitraum vom November 2020 bis Februar 2021 an auf Milchviehbetrieben tätigen Personen in Deutschland verteilt und erfasst die eingesetzte Stalltechnik auf dem Betrieb und Informationen zu Erfahrungen, Erwartungen und Anforderungen in Bezug auf digitale Technologien. Die vorliegenden Ergebnisse beschränken sich auf Umfrageteilnehmer mit einem Milchviehlaufstall und AMS in Bayern (n = 94). Mithilfe von Likert-Skalen wurde ihr Bezug zur Vernetzung verschiedener Geräte im Stall sowie ihr Verhältnis zu HMP und deren Funktionen ermittelt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Mehrheit der Befragten würde in ihren Ställen die automatisierte Technik vernetzen (Abb. 1). Potenziale zur Vernetzung sehen die Umfrageteilnehmer vor allem in den Bereichen Melken, Füttern, Entmisten und Stallklima, auch wenn dafür zusätzliche Investitionen erforderlich sind. Wenn zusätzliche Kosten anfallen, wären dagegen die Bereiche Einstreuen und Ortung weniger attraktiv.

Geringere Nennungen kann auf die Intensität der Nutzung bestimmter Technik (z.B. mehrmals tägliche Entmistung, Melken vs. sporadisches Einstreuen) oder die Verfügbarkeit der Technik in den Betrieben (AMS, automatische Entmistung vs. Einstreuen mit der mobilen Technik, kein Selektionstor bei freiem Kuhverkehr) zurückgeführt werden.

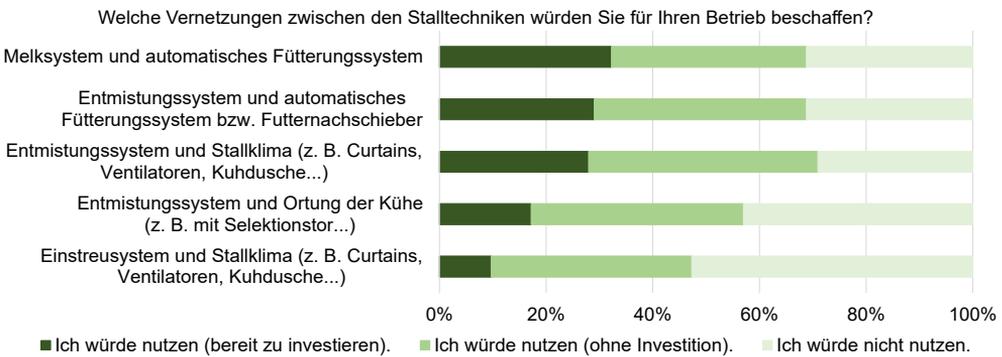


Abb. 1: Anforderungen der Landwirte an die Vernetzung der verschiedenen Stalltechniken in der Milchviehhaltung (n = 94) (© J. Poteko)

Fig. 1: Farmers' requirements for the networking of different barn technologies in dairy farming (n = 94) (© J. Poteko)



Abb. 2: Priorisierung der neuen Funktionen im Herdenmanagementprogramm in der Milchviehhaltung aus Sicht der Landwirte (n = 94) (© J. Poteko)

Fig. 2: Prioritisation of the new features in a herd management program in dairy farming from the farmer's perspective (n = 94) (© J. Poteko)

Fast 90 % der Befragten sehen Chancen im Einsatz eines systemübergreifenden HMP. Sie sehen die Möglichkeiten der Einstellung der Technik zur Fütterung und das Selektionstor als wichtige neue Funktionen eines HMP (Abb. 2). Die Einstellungen im Bereich der Entmistung und des Stallklimas werden in einem solchen HMP niedriger priorisiert, werden aber von ca. 70 % der Befragte unter dem Gesichtspunkt der Vernetzung (Abb. 1) als erwünscht bezeichnet.

4 Ausblick

Die Digitalisierung hat mittlerweile Einzug in die Milchviehställe gehalten und deutet auf die positiven Auswirkungen auf Tier, Mensch und Umwelt hin. Es besteht dennoch Entwicklungsbedarf, in dem der Landwirt als Endanwender mit praktischen Erfahrungen und Anforderungen an die Technik eine mittlere Rolle spielen muss. Die Umfrage zur Vernetzung digitaler Technologien in Milchviehställen stellt mit einer Befragung der Landwirte einen neuen Entwicklungsschritt dar.

Literatur

- Egger-Danner, C.; Steininger, F.; Suntinger, M.; Mayerhofer, M.; Koblmüller, M.; Grandl, F.; Duda, J.; Linke, Auer, F.-J.; Stegellner, M.; Drillich, M.; Papst, F.; Saukh, O.; Fürst-Waltl, B.; Klimek, P.; Wittek, T. (2020): D4Dairy – Datenvernetzung im Kuhstall. In: Digitale Technologien am bäuerlichen Familienbetrieb. Gumpenstein, 22.-23.10.2020
- LKV Bayern (2019): Milchleistungsprüfung in Bayern 2019, S. 55
- Schick, M. (2017): Digitale Tierhaltung. Interview, agri-bizz, Heft 1
- Tomic, D.K.; Drenjanac, D.; Lazendic, G.; Hörmann, S.; Handler, F.; Wöber, W.; Auer, W. (2014): agriOpenLink: Semantic Services for Adaptive Processes in Livestock Farming. In: Internat. Conf. of Agricultural Engineering, Zurich, 6.-10.7.2014
- Pfeiffer, J.; Gabriel, A.; Gandorfer, M. (2019): Gesellschaftliche Akzeptanz von Digitalisierung in der Landwirtschaft. In: 39. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für landw. Betriebe in kleinstrukturierten Regionen-ein Widerspruch in sich? S. 151-154
- Gabriel, A.; Gandorfer, M. (2020). Landwirte-Befragung 2020, Digitale Landwirtschaft Bayern. LfL Bayern. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/ilt6_praesentation_by_2390_27082020.pdf, Zugriff am 15.01.2021

Danksagung und 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.

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.

Virtuelles Zäunen: Brauchen Rinder sichtbare Zäune?

Virtual fencing: Do cattle need visual fences?

DINA HAMIDI, NATASCHA A. GRINNELL, JULIANE HORN, FRIEDERIKE RIESCH,
MARTIN KOMAINDA, STEFANIE AMMER, IMKE TRAULSEN, JOHANNES ISSELSTEIN

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde in einem Weideversuch untersucht, ob Fleckvieh-Färsen innerhalb von 12 Tagen an die neuartige Technologie des virtuellen Zäunens gewöhnt werden können und wie sich die Nutzung dieser auf die Zeitbudgets der Hauptverhaltensweisen auswirkt. Jeweils vier Färsen einer Versuchsgruppe „virtual fence“ (VF) – ohne Vorerfahrungen – und einer Kontrollgruppe „physical fence“ (PF) grasten je Periode auf benachbarten Paddocks. Auf diesen wurden Exklusionszonen mithilfe einer virtuellen Zaunlinie anhand von GPS-Koordinaten (VF)/einem herkömmlichen Zaun (PF) eingerichtet. Alle Tiere wurden mit Nofence-Halsbändern ausgestattet (inaktiviert bei der PF-Gruppe), die bei Annäherung an die virtuelle Zaunlinie akustische Signale, gefolgt von einem elektrischen Impuls bei nicht erfolgter Umkehrreaktion abgeben. Das Training der Versuchsgruppe wurde in drei Lernabschnitte unterteilt: Visuelle Unterstützung der virtuellen Zaunlinie (Tag 1–2), virtuelle Zaunlinie ohne visuelle Unterstützung, verschobene virtuelle Zaunlinie (Tag 8). Die Ergebnisse zeigen, dass jede Färse den Umgang mit der Technologie lernte. Die Zeitbudgets der Hauptverhaltensweisen der Tiere waren nicht von der Gruppenzugehörigkeit beeinflusst.

Summary

In this study, a grazing trial was conducted to determine whether heifers could be acclimated to the novel virtual fence technology within 12 days and how its use affected the time budgets of the main behaviors. Four heifers per group, one virtual fence (vf) group (with no previous experience) and one physical fence (pf) group grazed in adjacent paddocks each period. Exclusion zones were established on these, using a virtual fence line, based on GPS coordinates (vf)/a conventional fence (pf). All animals were fitted with nofence collars (inactivated in the pf-group) that emitted acoustic signals when an animal approached the vf-line and then an electrical pulse in the absence of a reversal response. The training of the virtual fence group was divided into three learning sections: Visual support of the virtual fence line (day 1-2), virtual fence line without visual support, shifted virtual fence line (day 8). The results showed that each heifer was able to learn how to use the technology. The time budgets of the main animal behaviors were not influenced whether they grazed in the virtual fence or in the control group.

1 Einleitung und Zielsetzung

Grasende Tiere sind essentiell für den Erhalt von offenem Weideland und der Erreichung von Naturschutzziele im Grünland (Tallowin et al. 2005). Sowohl Über- als auch Unterbeweidung kann zu einem Verlust der Biodiversität der Flächen führen. Demzufolge ist ein wichtiger Aspekt eines Weidesystems, dass die Tiere zur Erhaltung ihrer agronomischen Leistungsfähigkeit, aber auch zur Erhaltung der Biodiversität des Standortes entsprechend umgetrieben werden, wenn ein gewisser Grad der Beweidung der Fläche erreicht ist. Diese Abhängigkeit von arbeits- und kostenintensiven Zäunungstechniken macht Weidehaltung vielfach unattraktiv im Vergleich zu produktionsoptimierten automatisierten Stallhaltungssystemen mit sensorüberwachtem Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmonitoring. Eine Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist inwieweit eine Automatisierung des Zäunens und/oder des Monitorings der Tiere auf der Weide verwirklicht werden kann (Grinnell et al. 2021 in dieser Ausgabe). Virtuelles Zäunen hat das Potenzial insbesondere die Portionierung der Weide zu vereinfachen. Virtuelle Paddocks können flexibel versetzt und/oder verändert werden (Campbell et al. 2017). Die in der vorliegenden Studie eingesetzten Halsbänder der Firma Nofence (Nofence, Norwegen) nutzen akustische Warntöne bei Annäherung des Tieres an die virtuellen Grenzen. Wenn die Tiere nach den akustischen Signalen keine Umkehrreaktion zeigen, sondern sich weiter in Richtung Grenze bewegen, wird ein elektrischer Impuls abgegeben. Wir untersuchten folgende Hypothesen: (i) Die Färsen sind in der Lage die Technologie des virtuellen Zäunens zu erlernen und können somit erfolgreich elektrische Impulse vermeiden; (ii) es kommt nicht zu wesentlichen Unterschieden in den Zeitbudgets des beobachteten Verhaltens gegenüber üblich gezäunten Tieren.

2 Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut der Universität Göttingen in Rellehausen (Solling) wurde die vorliegende Studie vom 17.08. bis 25.09.2020 durchgeführt. Die verwendeten Tiere, 24 Färsen der Rasse Fleckvieh, wurden unter Berücksichtigung des Gewichtes (320 bis 449 kg) und des Alters (421 bis 487 Tage) in Gruppen zu je vier Tieren eingeteilt. Diese wurden randomisiert der Versuchsgruppe (VF) oder der Kontrollgruppe (PF) zugeordnet. Alle Tiere trugen Nofence-Halsbänder, welche nach dem Abspielen einer anschwellenden Melodie bei Annäherung an die virtuelle Zaunlinie und nicht erfolgter Umkehrreaktion durch die Färsen einen elektrischen Impuls (maximale Energieladung 0,2 Joule) abgeben. Bei den Färsen der Kontrollgruppe wurden die Halsbänder deaktiviert. Beide Gruppen wurden in drei aufeinander folgenden Perioden von jeweils 12 Tagen auf zwei nebeneinander liegenden Paddocks (je 1.000 m²) zwei Stunden vormittags und zwei Stunden nachmittags innerhalb des Zeitraumes von 10 bis 17 Uhr beobachtet. Die Tierbeobachtungen wurden von einer Beobachterin je Gruppe mithilfe der Tierbeobachtungs-App „Observasjonslogger“ von Morten Sickel durchgeführt. Durch Zuweisen der Tiere zu den vordefinierten Verhaltensweisen wurden die Zeitbudgets kontinuierlich

(sekundengenau) erfasst. In den Paddocks wurden Exklusionszonen mittels virtuellem bzw. physischem Zaun eingerichtet. Der Trainingsablauf der VF-Gruppe kann Abbildung 1 entnommen werden. In der PF-Gruppe wurde die physische Zaunlinie an Tag 8 analog zur virtuellen Zaunlinie einmalig verschoben.

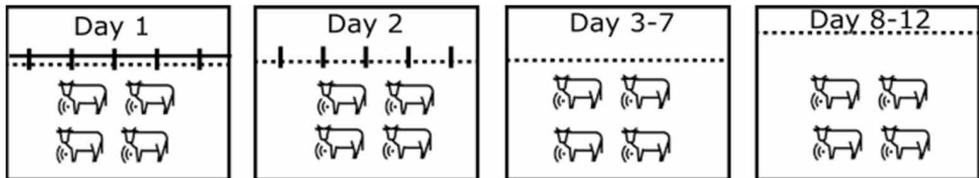


Abb. 1: Unterteilte Lernabschnitte des virtuellen Zäunens: Tag 1 virtuelle Zaunlinie mit physischem Zaun, Tag 2 virtuelle Zaunlinie mit Zaunpfosten, Tag 3–7 virtuelle Zaunlinie, Tag 8–12 verschobene virtuelle Zaunlinie (© D. Hamidi)

Fig. 1: Learning sections of the (vf) virtual fencing group: day 1 physical fence (pf) + vf-line, day 2 fence posts + vf-line, day 3 to 7 only vf-line, day 8 to 12 shifted vf-line (© D. Hamidi)

Statistische Analysen wurden durchgeführt mit R 4.0.3. Es wurden lineare gemischte Modelle genutzt mit den fixen Effekten: Gruppe, Beobachtungstag, Tageszeit (Vormittags/Nachmittags) und den genesteten Zufallseffekten: Periode, Gruppe, Tieridentifikationsnummer.

Der Versuch wurde vom LAVES (Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) genehmigt, unter der Nummer: 33.19-42502-04- 20 / 3388.

3 Ergebnisse

Keine Färsche hat die virtuelle Zaunlinie während der gesamten Versuchsdauer überschritten. Die durchschnittliche Anzahl der akustischen Signale und elektrischen Impulse betrug 2,7 bzw. 0,3 je Tier und Tag. Die Zeitbudgets für die Hauptverhaltensweisen zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Der Anteil von Grasern als Hauptaktivität während der täglichen Beobachtungszeit betrug für die VF-Gruppe $73 \% \pm 17 \%$ (Mittelwert \pm Standardfehler) und für die PF-Gruppe $75 \% \pm 16 \%$ je Tag. Der Einfluss des Beobachtungstages und der Tageszeit auf die Graseaktivität waren signifikant ($P < 0,0001$). Die täglichen Zeitbudgets für Liegen/Wiederkauen (VvZ: 13% ; Kg: $11 \pm 12 \%$) waren ebenfalls unbeeinflusst von der Gruppe und signifikant beeinflusst ($P < 0,0001$) vom Beobachtungstag und Tageszeit.

4 Diskussion

Die erste Hypothese konnte bestätigt werden, da alle Tiere in der Lage waren, die Funktionsweise des virtuellen Zäunens zu erlernen. Mit der Unterschreitung des

Schwellenwertes von vier elektrischen Impulsen je Tag und Tier gilt das virtuelle Zäunen als erfolgreich erlernt (Eftang und Boe 2019). Konditioniertes Lernen mittels des akustischen Signals, auf welches verlässlich (bei fortgesetzter Vorwärtsbewegung) der elektrische Impuls folgt, führt zur Vermeidung desselben (Butler et al. 2006). Die Zeitbudgets der beiden Gruppen für Grasens und Liegen/Wiederkaugen sind ähnlich der von Homburger et al. (2015) beschriebenen Verhaltensanteile in einer Studie mit Rindern, die in der Nacht im Stall und tagsüber auf der Weide waren (Grasens: 55–75 %; Liegen 14–33 %). Das Fehlen von signifikanten Unterschieden zwischen den beiden Gruppen in unserer Studie deutet daraufhin, dass das Tierwohl nicht durch die Nutzung der Technologie des virtuellen Zäunens beeinflusst wurde. Somit konnte die zweite Hypothese bestätigt werden. Das Versetzen der virtuellen Zaunlinie an Tag 8 erhöhte die Zahl der akustischen Signale. Augenscheinlich war die Interaktionsfreudigkeit der Tiere mit der virtuellen Zaunlinie, beeinflusst von der geringer werdenden Futterverfügbarkeit, der wachsenden Sicherheit im Umgang mit der Technologie und dem Erfolgserlebnis des neuen Futterangebotes nach Versetzen der Grenze, erhöht. In der vorliegenden Studie konnte ein 100-prozentiger Lernerfolg bei allen Tieren nachgewiesen werden, ohne dass es zu einer maßgeblichen Veränderung der Zeitbudgets der Hauptverhaltensweisen kam. Dieses Ergebnis ebnet den Weg für weitere Forschung im Bereich des virtuellen Zäunens.

Literatur

- Butler, Z.; Corke, P.; Peterson, R.; Rus, D. (2006): From Robots to Animals: Virtual Fences for Controlling Cattle. *The International Journal of Robotics Research* 25(5–6), pp. 485–508
- Campbell, D.; Lea, J.; Farrer, W.; Haynes, S.; Lee, C. (2017): Tech-Savvy Beef Cattle? How Heifers Respond to Moving Virtual Fence Lines. *Animals* 7(12), p. 72
- Eftang, S.; Bøe, K.E. (2019): Virtual fences on cattle – studies on heifers (2018), p. 33
- Grinnell, N.; Hamidi, D.; Riesch, F.; Horn, J.; Komainda, M.; Ammer, S.; Traulsen, I.; Isselstein, J. (2021): Untersuchung der Kompatibilität von Smart Farming Sensoren in der Weidehaltung von Rindern. (In diesem Tagungsband)
- Homburger, H.; Lüscher, A.; Scherer-Lorenzen, M.; Schneider, M.K. (2015): Patterns of Livestock Activity on Heterogeneous Subalpine Pastures Reveal Distinct Responses to Spatial Autocorrelation, Environment and Management. *Move. Ecology* 3(1) p. 35
- Tallowin, J. R. B.; Rook, A. J.; Rutter, S. M. (2005): Impact of Grazing Management on Biodiversity of Grasslands. *Animal Science* 81(2), pp. 193–98

Danksagung und Förderhinweis

Herzlichen Dank an Barbara Hohlmann, Eliana Mohn und Knut Salzmann für die Hilfe bei der Versuchsdurchführung. Die Studie ist ein Teil von dem Projekt „GreenGrass“, welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird.

SAW-System zur Indoor-Ortung von Milchvieh

SAW system for indoor localization of dairy cows

CHRISTIANE ENGELS, THOMAS OSTERTAG, STEFFEN PACHE, WOLFGANG BÜSCHER

Zusammenfassung

Ortungssysteme zur Positionsbestimmung von Milchkühen im Stall gewinnen immer größere Bedeutung, da sie Tierhalter bei der Einzeltierbetreuung unterstützen, betriebliche Abläufe automatisieren und das Tierwohl steigern können.

In der vorliegenden Studie wurde ein auf der SAW-Technologie (SAW = surface acoustic wave) basierendes Ortungssystem untersucht, welches mit batterielosen und dadurch robusten und langlebigen SAW-Transpondern arbeitet. Dazu wurden zwei Prototypen von elektronisch schwenkbaren Antennenarrays unter „Laborbedingungen“ in einer Montagehalle und in einem Milchviehstall unter „Praxisbedingungen“ getestet. Die ermittelte Genauigkeit liegt mit $0,46 \pm 0,54$ m und $0,32 \pm 0,48$ m in den Hallenversuchen deutlich unter der angestrebten Genauigkeit von 1 m pro Achsenrichtung. Es besteht weiterer Entwicklungsbedarf, um mit dem System eine Pulkerkennung, d.h. die quasi-parallele Ortung mehrerer Transponder, zu ermöglichen, damit alle im Antennenfeld befindlichen Tiere gleichzeitig geortet werden können.

Summary

Locating systems for dairy cows gain increasing importance. They support livestock farmers in their daily individual care taking, are able to automate operations and to enhance animal welfare.

In this study, an indoor locating system for dairy cows based on SAW technology (SAW = surface acoustic wave) has been tested, which employs passive, battery-free and therefore robust and durable SAW transponders. To this end, two prototypes of phased array antennas have been studied under “laboratory” and “barn” conditions. The determined accuracy (0.46 ± 0.54 m and 0.32 ± 0.48 m in the laboratory trials) lies within the requested scope. However, there is still further development needed to achieve bulk detection, i. e. the quasi-simultaneous localisation of multiple transponders, to track the positions and movements of all animals within the antenna field.

1 Einleitung und Zielsetzung

Durch eine fortschreitende Digitalisierung in der Milchviehhaltung werden vermehrt Sensorsysteme im Stall eingesetzt. Neben Systemen zur automatisierten Brunsterkennung, welche bereits seit einigen Jahren Standard sind, gewinnen Ortungssysteme zur Lokalisierung der Tiere zunehmend an Bedeutung. Sie ermöglichen über eine Erfassung von reinen Aktivitätssignalen hinaus eine räumliche Zuordnung der erfassten Aktivitäten. So können im Stall lokalisierte Tiere einfacher gefunden und Muster in den Verhaltensweisen untersucht werden.

Die Mehrheit der kommerziell erhältlichen Ortungssysteme für Milchviehställe verwendet aktive, batteriebetriebene Transponder (z.B. CowControl (Nedap), CowView (GEA Farm Technologies) und Smartbow (Zoetis)). Im Rahmen einer nachhaltigen und ressourceneffizienten Agrartechnik sollte ein passives System basierend auf der SAW-Technologie erprobt werden.

In der vorliegenden Studie wurden zwei Prototypen einer elektronisch schwenkbaren Antenne getestet. Es handelt sich dabei um eine Weiterentwicklung des in Engels et al. (2019) beschriebenen SAW-Ortungssystems. Gegenüber den zuvor verwendeten mechanisch schwenkbaren Antennen, bieten elektronisch schwenkbare Antennen einige Vorteile. Ohne die physikalische Schwenkbewegung sind diese nahezu verschleißfrei, energiesparend und robust. Zudem führte die Schwenkbewegung zu Ungenauigkeiten des Systems und limitierte die Ortungsfrequenz, d. h. die Anzahl Positionsbestimmungen eines Transponders pro Zeiteinheit, auf $< 15 \text{ h}^{-1}$. Die verwendeten SAW-Transponder wurden im Rahmen des Innovationsprojekts „Space Data Milking“ ebenfalls optimiert.

2 Material und Methoden

2.1 SAW-Ortungssystem

Das in der Studie untersuchte SAW-Ortungssystem besteht aus passiven, d. h. batterielosen, SAW-Transpondern und einer schwenkbaren Antennen- und Leseinheit, welche an der Decke montiert wird. Diese scannt die darunter befindliche Fläche ab. Die Größe der erfassten Antennenfläche ist dabei abhängig von der Montagehöhe der Antenne (über Transponderhöhe). Es können Positionen bis ca. 60° Schwenkwinkel von der Antenneneinheit aus erfasst werden. Bei einer Montagehöhe von 7,15 m am Stallgiebel (5,7 m über Transponderhöhe) entspricht dies ca. 10 m pro Richtung, sodass etwa 1 bis 2 Tiergruppen abgedeckt werden können.

Bei den entwickelten elektronisch schwenkbaren Antennen handelt es sich um Arrays von zirkular polarisierten Patchantennen. In der Studie wurden zwei Prototypen mit Arrays der Größe 4×4 und 5×6 untersucht. Die Antennenumlaufzeit des 4×4 -Arrays beträgt 4.080 ms, die des 5×6 -Arrays 1.020 ms, sodass die Positionen der Transponder mit einer Frequenz von 0,25 bzw. 1 Hz bestimmt werden können.

Die aufgezeichneten Antennenrohdaten wurden anschließend mit stochastischen Methoden verarbeitet. Dabei wird jedem gesichteten Transponder ein Feld eines defi-

nierten Rasters als Position zugewiesen. Für das 4x4-Array wurde ein Raster mit Feldern der Größe 1 m × 1 m verwendet. Für das 5x6-Array wurde ein Raster basierend auf der Größe des Schwenkwinkels in Stufen von 2° bzw. 5° verwendet. Dieses ist in der Nähe der Antenne feiner (ca. 0,2 m bzw. 0,5 m im oben beschriebenen Beispiel) und gröber in größerer Entfernung (ca. 0,5 m bzw. 1,35 m bei 50°).

Die neu entwickelten SAW-NeckTag-Transponder enthalten die gleichen zirkular polarisierten Patchantennen wie die Antenneneinheit. Diese sind in einem Kunststoffgehäuse verbaut. Der Träger ist aus Aluminium gefertigt und v-förmig dem Kuhnacken angepasst, um den Transponder oben am Halsband in der optimalen Position zu halten.

2.2 Durchgeführte Versuche

Mit beiden Arrays wurden zunächst Versuche in einer Montagehalle unter „Laborbedingungen“ ohne Störfaktoren wie Stalleinrichtungen aus Metall oder Tierkörper mit hohem Wasseranteil durchgeführt. Anschließend wurde der jeweilige Prototyp im Liegeboxenlaufstall des Lehr- und Versuchsguts Köllitsch (Sachsen) installiert, um diesen unter „Praxisbedingungen“ zu testen.

In allen vier Versuchsserien wurden SAW-NeckTags an ausgewählten Referenzpositionen für eine bestimmte Zeitspanne platziert und die Ortungsdaten von den Antennenarrays aufgezeichnet. Die Platzierungszeit war in den Versuchen unterschiedlich und betrug zwischen 50 und 425 Antennenzyklen. In den Hallenversuchen wurden die Transponder auf dem Hallenboden platziert, um die größtmögliche Antennenhöhe (über Transponderhöhe) zu erhalten; in den Praxisversuchen wurden die Transponder auf Stativen auf einer Höhe von 1,45 m platziert, welche in etwa der Transponderhöhe am Halsband einer (stehenden) Kuh entspricht. Die Praxisversuche fanden während der Abendmelkzeit statt. In dieser Zeit befanden sich keine Tiere und somit außer den Referenztranspondern keine weiteren Transponder im abgedeckten Stallbereich.

Zusätzlich wurden Platzierungsversuche durchgeführt, um die neu entwickelten SAW-NeckTags mit den zuvor verwendeten, linear polarisierten SAW-Transpondern zu vergleichen. Diese Versuche fanden mit einer mechanisch schwenkbaren Antennen- und Leseinheit im 1 m × 1 m Raster statt.

Es wurden jeweils die Erkennungsrate (Anteil Ortungen pro aufgezeichneter Antennenzyklen) und die mittleren Abweichungen (in x- und y-Richtung sowie euklidisch) berechnet.

3 Ergebnisse

Zunächst konnte festgestellt werden, dass die SAW-NeckTags in den durchgeführten Versuchen mit $0,92 \pm 0,42$ Rasterfeldern ($n = 231$) eine geringere mittlere euklidische Abweichung als die linear polarisierten SAW-Transponder mit $1,07 \pm 0,56$ ($n = 998$) Rasterfeldern aufwiesen.

Die Hallenversuche mit dem 4x4-Array zeigten eine mittlere euklidische Abweichung von $0,83 \pm 0,57$ Rasterfeldern ($0,46 \pm 0,54$ Rasterfelder pro Richtung, $n = 76.260$).

Dabei fällt eine hohe Wiederholbarkeit auf: In 52,9 % der Versuche blieb die geortete Position über die jeweils erfassten 100 Antennenzyklen konstant. In weiteren 29,7 % der Versuche schwankten die georteten Positionen lediglich zwischen zwei benachbarten Rasterfeldern. Es wurden jedoch Probleme bei der Pulkerkennung aufgezeigt. So werden die Signale von Transpondern, die von der Antenne aus gesehen hinter einem anderen Transponder platziert waren, von den Signalen der davor platzierten Transponder überstrahlt. Dies wirkt sich negativ auf die Erkennungsrate aus. Beträgt die Erkennungsrate in Versuchen mit acht gleichzeitig platzierten Transpondern 74,1 % ($n = 15.200$), so sind es in den Versuchen zur Pulkerkennung 24,9 % ($n = 14.400$).

Dieses Problem zeigt sich auch in den Praxisversuchen. So wurden mit dem 4x4-Array im Durchschnitt 2,7 Transponder pro Antennenzyklus geortet. In den Platzierungsversuchen wurde eine Erkennungsrate von 85,2 % und eine mittlere euklidische Abweichung von $1,12 \pm 0,56$ Rasterfeldern erzielt ($n = 2.100$).

Bei den Hallenversuchen mit dem 5x6-Array wird eine mittlere euklidische Abweichung von umgerechnet $0,32 \pm 0,48$ m erreicht ($n = 5.354$). Die Erkennungsrate beträgt 94,4 % und lässt erst in einer Entfernung von 14 m zur Antenne nach. Dies bestätigt sich in den Praxisversuchen, wo auch Referenztransponder in einer Entfernung von 13,7 m zur Antenne geortet werden können. Allerdings beträgt die mittlere euklidische Abweichung dort umgerechnet $1,66 \pm 2,59$ m ($n = 4.240$).

4 Ausblick

Die durchgeführten Versuche zeigen, dass eine Positionsbestimmung mit einem SAW-Ortungssystem unter Praxisbedingungen grundsätzlich möglich ist und dabei die von Huhtala et al. (2007) formulierten Anforderungen an Ortungssysteme für Milchvieh (Genauigkeit ≤ 1 m pro Richtung, Ortungsfrequenz ≥ 1 Hz) erfüllen kann.

Es besteht weiterer Entwicklungsbedarf zur Pulkerkennung, damit gleichzeitig alle Tiere im Antennenfeld geortet und deren Verhalten ausgewertet werden kann. So bleibt das System zunächst ein Prototyp, der für Forschungszwecke eingesetzt und in diesem Rahmen weiterentwickelt werden kann.

Literatur

- Engels, C. et al. (2019): Validierung eines SAW-Ortungssystems zur Indoor-Lokalisation von Milchkühen. In: 14. BTU-Tagung, Bonn, S. 154–159
- Huhtala, A. et al. (2007): Evaluation of Instrumentation for Cow Positioning and Tracking Indoors. *Biosystems Engineering* 96, pp. 399–405

Förderhinweis

Teile der Studie wurden aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 2815713415).

Idee: Digital vernetzter Modellbetrieb mit Acker- und Futterbau, Milchviehhaltung (DigiMo)

Idea: Digitally connected model farm with agriculture and fodder farming, dairy farming (DigiMo)

ADRIANA FÖRSCHNER, ELISABETH GERSTER, HANSJÖRG NUSSBAUM

Zusammenfassung

Die Möglichkeiten zur Digitalisierung in der Landwirtschaft sind vielfältig. Sie beginnen mit einem smarten Produkt und erfordern ein intelligentes Produktsystem zur Integrierung der Daten. Jedoch fokussieren sich die Produktsysteme aktuell gesondert auf die Systemgruppen Außenwirtschaft und Tierhaltung, eine Verbindung ist bisher noch kaum gegeben. Auch eine Vernetzung der einzelnen digitalen Produkte ist häufig wegen fehlender Schnittstellen und Kompatibilitätsproblemen selten möglich. Diese Probleme erschweren den Einsatz am landwirtschaftlichen Betrieb und führen bei vielen Landwirten zu Hemmnissen bei der Investition in digitale Technologien.

Mit dem Ziel, intelligente Produktionssysteme zu etablieren und anhand praxisnaher Anwendungsszenarien vorstellen und demonstrieren zu können, wird der Lehr- und Versuchsbetrieb des LAZBW Aulendorf zu einem digitalen Modellbetrieb mit dem Schwerpunkt Milchviehhaltung und Futterbau ausgebaut. Es werden entlang der Wertschöpfungskette Milch digitale Produkte und Systeme ergänzt und Grundlagen zur Wissensvermittlung in der Beratung, Aus-, Fort- und Weiterbildung am LAZBW Aulendorf geschaffen.

Summary

There are vast possibilities for digitization in agriculture. To realize those, a smart product and an intelligent product system are required. However, to date, the product systems focus on the separate system groups agriculture and animal husbandry; a connection has not yet been established. Networking of the digital products may also not be possible due to a lack of interfaces and compatibility problems. These problems can make it difficult to use digital tools on the farm and cause reluctance in many farmers to invest in digital technologies.

With the goal to establish intelligent production systems and to present and demonstrate those using practical application scenarios, the teaching and testing facility LAZBW Aulendorf is being expanded into a digital model facility with a focus on dairy farming. Digital products and systems are being added along the milk value chain and a platform for knowledge transfer in consulting, education and advanced training is being created.

1 Einleitung und Zielsetzung

Durch die intelligente Vernetzung von Betriebsmitteln, digitalen Werkzeugen, Betriebszweigen, der Mitarbeiter, der Partner und Dienstleister entlang der gesamten Wertschöpfungskette kann die Landwirtschaft ihre Prozesse transparent und vergleichbar machen (Rolf und Hammerschmidt 2017). Zusätzlich kann eine Vernetzung die nachhaltige Bewirtschaftung entlang der gesamten Produktionskette von Milchvieh- und Futterbaubetrieben fördern und auch belegen (Abb. 1).



Abb. 1: Vereinfachte Wertschöpfungskette Milch (© A. Förschner)

Fig. 1: Dairy supply chain, simplified (© A. Förschner)

Mittlerweile gibt es am Markt auch eine fast unüberschaubare Zahl an digitalen Systemen für die Außenwirtschaft und Milchviehhaltung (Stachowicz und Umstätter 2020). Ziel ist es, dass der Landwirt mit einer geschickten Auswahl der „passenden“ digitalen Geräte nicht nur smarte Produkte bekommt (Porter und Heppelmann 2014), sondern auch die Möglichkeit, die Produkte zu einem intelligenten Produktsystem zu vernetzen. Jedoch steht einem verbreiteten Einsatz digitaler Systeme und Farm Management Information Systems (FMIS) noch fehlende Schnittstellen bzw. ein „barrierefreier“ Datenaustausch zwischen digitalen Geräten und Systemen im Weg. In vielen Fällen wird berichtet, dass gerade das manuelle zeitintensive Nachtragen von Datensätzen (z. B. Ertragsdaten oder Gesundheitsdaten) in ein FMIS den ökonomischen Vorteil schmelzen lassen (Munz et al. 2020).

Aus diesem Grund soll mit dem Projekt „DigiMo“ ein digital vernetzter Modellbetrieb mit dem Schwerpunkt Milchviehhaltung und Futterbau erarbeitet werden, der ausgestattet mit aktuell kommerziell verfügbar digitalen Systemen entlang der Prozesskette Milch die höchste Digitalisierungsstufe abbilden kann. Mit praktischen Demonstrationen soll die Wissensvermittlung und Sensibilisierung zu digitalen Technologien in Beratung, Aus-, Fort- und Weiterbildung erzielt werden.

2 Planung und Vorgehen

Der Lehr- und Versuchsbetrieb des LAZBW Aulendorf bietet als Futterbau- und Milchviehbetrieb in Kombination mit dem Institut für Milchwirtschaft in Wangen alle Voraussetzungen, um zu einem digitalen Modellbetrieb mit dem Schwerpunkt Milchviehhaltung ausgebaut zu werden (Nußbaum 2021). Es soll eine Plattform geschaffen werden, auf der digitale Bausteine und Technologien zuerst erprobt und im Anschluss bewertet werden können.

In einem ersten Schritt wurde dazu die IST-Situation in der Praxis und der Forschung recherchiert und aufbereitet. Zeitgleich wurde auch die Situation und Ausstattung am landwirtschaftlichen Betrieb des LAZBW analysiert und systematisch ausgewertet. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden dann den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette Milch zugewiesen.

Im nächsten Schritt wurde nach der Methode eines „Think Tanks“ mit einer internen Expertengruppe, bestehend aus Wissenschaftlern und Praktikern der LAZBW, in mehreren Sitzungen die Entwicklungsmöglichkeiten zu einem digitalen Modellbetrieb erforscht. Ein Ziel des „Think Tanks“ war es, relevante Fragestellungen für landwirtschaftliche Praxis und Schwerpunkte zur Digitalisierung zu definieren.

3 Erste Ideen und Visionen

An einer 10 m langen Leinwand wurde eine Einteilung entsprechend der Prozesskette Milch vorgenommen und deren einzelnen Prozessglieder abgebildet. So wurden unterhalb der Prozessglieder die Ideen, Gedanken und technologischen Bausteine in die Bereiche „Beibehalten“, „Optimieren“, „Neues Ergänzen“ und „Vision“ eingegliedert (Abb. 2).



Abb. 2: Ergebnis Leinwand Think Tank „DigiMo“ (© A. Förschner)

Fig. 2: Results of the think tank "DigiMo" (© A. Förschner)

Das übergeordnete Ziel aus dem Think Tank ist, die vorhandenen Systeme und digitalen Werkzeuge zu optimieren und durch neue Software und Hardwarekomponenten zu ergänzen. Die großen Systemgruppen Außenwirtschaft (grün) und Milchviehhaltung (blau) der Wertschöpfungskette Milch, wie in Abbildung 1 dargestellt, sollen im Sinne von System-of-Systems (SoS) durch geeignete Schnittstellen oder digitale Verfahren verbunden und ein Datenaustausch erreicht werden. Im Idealfall werden alle Daten an einem Punkt (z.B. FMIS) zusammengeführt.

Die herausgearbeiteten Schwerpunkte zur Digitalisierung sind die Ertragserfassung und flächenspezifische Ausbringung von Wirtschaftsdüngern im Bereich der Außenwirtschaft und Futterbau. Die Tierhaltung mit Blick auf die Milchvieh-, Kälber- und Jungviehställe des LAZBW Aulendorf soll mit zusätzlichen Systemen aus dem Bereich

Landwirtschaft 4.0 erweitert werden. Insbesondere im Milchviehstall sollen automatische Fütterungs- und Einstreusysteme in das bestehende FMIS integriert werden. Damit die oben genannten digitalen Technologien am Betrieb der LAZBW Aulendorf auf einfache Weise integriert werden können, soll dazu eine Plattform geschaffen werden, die mit der entsprechend technischen Infrastruktur als digitales Zukunftslabor genutzt werden kann.

4 Ausblick

Der Lehr- und Versuchsbetrieb des LAZBW Aulendorf wird zusammen mit dem Institut für Milchwirtschaft in Wangen zu einem digitalen Modellbetrieb mit dem Schwerpunkt Milchviehhaltung ausgebaut. Es wird eine Plattform geschaffen, auf der die neuen digitalen Systeme integriert und flexibel eingesetzt werden können und den Zielgruppen (Landwirte, Berater, Molkereien, Landtechnik- und Sensorhersteller) die Möglichkeit bietet, Einblicke in die Vernetzung und den praxisnahen Einsatz von digitalen Systemen zu erhalten. Es soll darüber hinaus der Aspekt des Datenschutzes und der Datensicherheit mit angesprochen und die Kommunikationswege der digitalen Systeme dargestellt werden.

Literatur

- Munz, J.; Gindele, N.; Doluschitz, R. (2020): Exploring the characteristics and utilisation of Farm Management Information Systems (FMIS) in Germany. *Computers and Electronics in Agriculture* 170, S. 105246, DOI: 10.1016/j.compag.2020.105246
- Nußbaum, H. (2021): Digitalisierung und Automatisierung im Milchviehstall. *Rheinische Bauernzeitung* 3, S. 21–24
- Porter, M.E.; Heppelmann, J.E. (2014): How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Manager* (November), pp. 34–60
- Rolf, K.-H.; Hammerschmidt, Y. (2017): Datenmanagement auf dem Betrieb – Heute und Morgen. *Landinfo* 3, S. 17–18
- Stachowicz, J.; Umstätter, Ch. (2020): Übersicht über kommerziell verfügbare digitale Systeme in der Nutztierhaltung. *Agroscope Transfer* 294, S. 1–28

Förderung

Das Projekt DigiMo wird vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR) als Leuchtturmprojekt im Rahmen der integrierten Strategie „Landwirtschaft 4.0 – nachhaltig.digital“ gefördert.

Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Fiebererkennung bei Schweinen mittels Wärmebildkameras für Mobiltelefone

Possibilities and limits of digital fever detection in pigs using thermal imaging cameras for mobile phones

CHRISTINA ZIRON, MARTIN ZIRON, CHRISTINA KARNATH

Zusammenfassung

Hinsichtlich des Tierwohls ist es sowohl bei Hyperthermie durch hohe Außentemperaturen in Hitzesommern als auch bei fiebrigen Erkrankungen wichtig, möglichst früh erhöhte Körpertemperaturen bei Sauen zu erkennen, um entsprechend einzugreifen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde am FB Agrarwirtschaft der FH-Südwestfalen, gefördert durch das MULNV NRW, getestet, ob die Infrarotthermographie, mittels Wärmebildkamera-Aufsteckgeräte für Mobiltelefone, in der Lage ist, das rektale Fiebermessen zu ersetzen bzw. ein Einsatz bei der täglichen Tierkontrolle sinnvoll sein könnte. Des Weiteren wurde eine Handy-App, die dies noch vereinfachen sollte, überprüft. Die Untersuchung ergab weder für die IR-Kameras alleine noch in Kombination mit der Degree® App zufriedenstellende Ergebnisse. Die Kameramessergebnisse unterschieden sich signifikant von der Rektaltemperatur ($p < 0,05$).

Summary

With regard to animal welfare, it is important to recognize increased body temperatures in sows as early as possible in order to intervene accordingly, both in the case of hyperthermia due to increased outside temperatures in hot summers and in the case of feverish illnesses. As part of this study, the Department of Agriculture of the South Westphalia University of Applied Sciences, funded by the MULNV NRW, tested whether infrared thermography, using new thermal imaging camera attachments for mobile phones, is able to replace rectal fever measurement or whether it makes sense to use it in daily animal inspections could become. A mobile phone app that should make this even easier was also checked. The investigation yielded satisfactory results neither for the IR cameras alone nor in combination with the Degree® App. Camera measurement results differed significantly from rectal temperature ($p < 0.05$).

1 Einleitung und Zielsetzung

Schweine können ihre Körperkerntemperatur nur in engen Grenzen konstant halten (Scriba und Wechsler 2021). Durch Hitzetage, Krankheit, Stress u.a. besteht schnell die Gefahr einer Hyperthermie, die schwerwiegende gesundheitliche Folgen für die Tiere haben kann, Leistungseinbußen hervorruft und bei Kerntemperaturen über 42 °C sogar zum Tode führt (Sapotka et al. 2016).

Neben der klassischen Temperaturmessung mittels Thermometer gibt es Ansätze die Körpertemperatur kontaktlos mittels Infrarotthermografie (IRT) zu erfassen (Jara et al. 2016)

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde unter Laborbedingungen und in der Praxis getestet, ob durch die IRT mittels Wärmebildkamera-Aufsteckgeräten auf Mobiltelefonen das rektale Fiebermessen bei Schweinen ersetzt werden kann. Des Weiteren wurde eine ergänzende App (Degree® (Beinflive, Spanien)) zur Feststellung von Fieber beim Schwein, auf ihre zuverlässige Anwendbarkeit und Messsicherheit hin überprüft.

2 Material, Tiere und Methoden

2.1 Geräteauswahl und -test

Nach einer Marktanalyse und Vorversuchen erfolgte die Auswahl der Wärmebildkamera-Aufsteckgeräte. Als Referenzsystem diente eine professionelle und hochauflösende FLIR® ThermaCam B400.

Der technische Vergleich erfolgte unter standardisierten Bedingungen mittels eines BB 500 Schwarzstrahlers (= idealisierte thermische Strahlungsquelle). Die Messungen fanden im Abstand von 30 cm, 100 cm, 200 cm und 300 cm statt, um die Temperaturabweichungen der IRT-Kameras von der Schwarzstrahlertemperatur zu erfassen.

Aufgrund von Forschungsergebnissen zum Verhältnis von Hautoberflächen- zu Rektaltemperatur bei Schweinen wurde bei den Aufnahmen der Sauen der Fokus auf die Vulva gelegt (30 cm Entfernung), da hier mit die höchste Korrelation ($r = 0,5$) zur Rektaltemperatur erzielt wurde und dies im Versuch praktikabel war (Traulsen et al. 2010).

2.2 Praxisuntersuchungen

Bei frisch laktierenden Sauen wurde auf zwei Praxisbetrieben regelmäßig mit dem Digitalthermometer rektal Fieber gemessen. Diese Körpertemperaturen wurden mit der Degree® App-Anzeige, mit der FLIR®One auf dem Iphone 6 und der FLIR®Lepton im Cat S61 sowie mit der internen Maximaltemperatur bei FLIR®Tools abgeglichen.

3 Ergebnisse

Auf den beiden Praxisbetrieben wurden sowohl die Kamerasysteme alleine als auch die FLIR® One Pro in Kombination mit der Degree® App getestet.

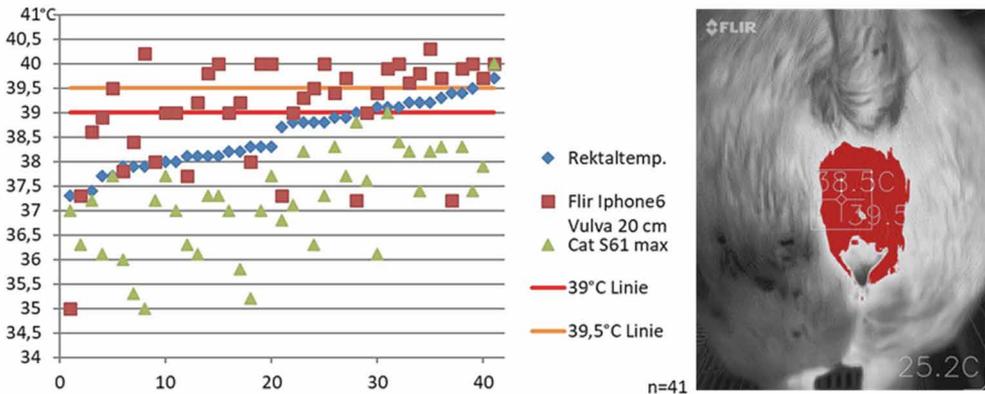


Abb. 1: Messergebnisse der FLIR® One Pro auf dem Iphone 6, der FLIR® Lepton Kamera im Cat S61 in 30 cm Abstand und der Rektaltemperatur bei 41 Sauen (© C. Ziron)

Fig. 2: Measurement results of FLIR® One Pro on iPhone 6, integrated FLIR® Lepton camera (Cat S61) at a distance of 30 cm and rectal temperature in 41 sows (© C. Ziron)

Die Abweichungen zwischen den Infrarotkammermessungen und der Rektaltemperatur waren signifikant zu hoch ($\alpha = 0,05$), um Rückschlüsse auf die exakte Körpertemperatur ziehen zu können.

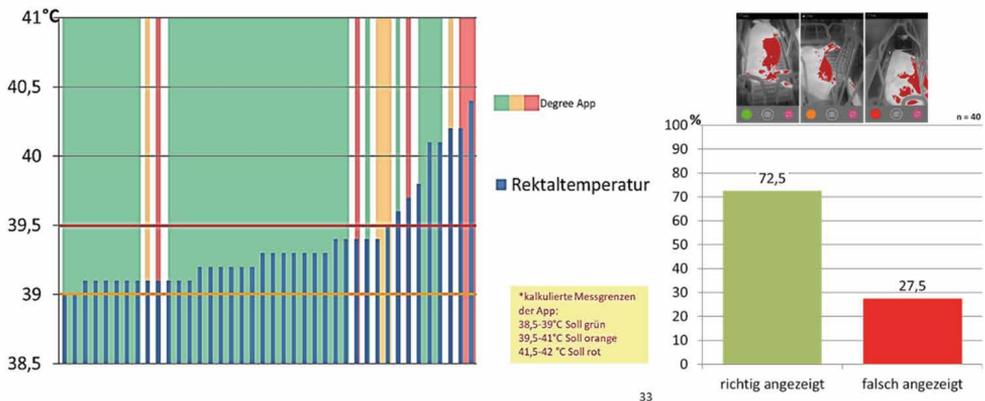


Abb. 2: Links: Ampelanzeigen der Fieber-App in % bei 40 Sauen ab 39 °C Rektaltemperatur; rechts: Anzahl „richtig“ bzw. „falsche“ Ampelanzeigen der Degree®App in % (© C. Ziron)

Fig. 2: Left: Traffic light displays of the fever app in % for 40 sows from 39 °C rectal temperature; right: Number of „correct“ or „incorrect“ traffic light displays of the Degree®App in % (© C. Ziron)

Die Degree® App-Ampelanzeige wurde ebenfalls mit der Rektaltemperatur überprüft. Bei 150 gescannten (davon 40 ab 39 °C Rektaltemperatur) Tieren konnte eine normale bzw. erhöhte Körpertemperatur nicht mit zufriedenstellendem Ergebnis angezeigt

werden (Abb. 2). Es kam häufig sowohl zu falsch positiven als auch falsch negativen Anzeigen der Degree® App.

Um die Güte der Bestimmbarkeit des Messwerts (Spezifität) und die Empfindlichkeit (Sensitivität) der Messung zu bewerten, wurden diese Parameter für die Degree® App bestimmt. Bei den 150 getesteten Tieren lag die Sensitivität nur bei 19 % und die Spezifität bei 30 %. Bei ausschließlicher Betrachtung der Tiere mit einer Körpertemperatur ab 39 °C (n = 40), erhöhte sich die Spezifität zwar auf 90 % aber die Sensitivität lag nur noch bei 11 %. Insgesamt betrachtet, stimmte die Degree® App hier zu 72,5 % mit der gemessenen Rektaltemperatur überein.

4 Ausblick

Diese Untersuchung zeigt, dass es auch mit den neuen IRT-Aufsteckkameras noch immer nicht möglich ist, erhöhte Körpertemperaturen bei Schweinen sicher zu erkennen. Es konnten keine zufriedenstellenden Messgenauigkeiten erzielt werden.

Für die Degree® App konnte kein feststellbarer Mehrwert gegenüber der alleinigen Kameranutzung festgestellt werden. Zudem ist die Güte der Messung und die Messempfindlichkeit bislang viel zu gering, um im Praxiseinsatz zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten

Literatur

- Jara, A.L., Hanson, J.M., Gabbard, J.D., Johson, S.K., Register, E.T., HE, B., Tompkins, S.M. (2016): Comparison of microchip transponder and noncontact infrared thermography with rectal thermometry in domestic swine (*sus scrofa domestica*). *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.* 55(5), pp. 588–593
- Sapotka, A., Herr, A., Johnson, J.S., Lay, D.C. (2016): Core body temperature does not cool down with skin surface temperature during recovery at room temperature after acute heat stress exposure. *Livestock Science* 191, pp.143–147
- Scriba, M. F., Wechsler, B. (2021): Verhaltensindikatoren und physiologische Indikatoren für Hitzestress bei Mastschweinen. *Agrarforschung Schweiz* 12, S. 172–180
- Traulsen, I., Naunin, K., Müller, K., Krieter, J. (2010): Untersuchungen zum Einsatz der Infrarotthermografie zur Messung der Körpertemperatur bei Sauen. *Züchtungskunde* 82(6), S.437–446

Förderhinweis

Die Untersuchung wurde gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV).

Einfluss der Anwendung von Klauenklötzen auf die Fortbewegungseigenschaften und die Gewichtsverteilung bei Rindern

Effect of claw block application on locomotion characteristics and weight distribution in cattle

JEANETTE PLÜSS, ADRIAN STEINER, MAHER ALSAOD

Zusammenfassung

Die Anwendung eines Klauenklotzes ist eine verbreitete Methode zur Schmerzlinderung und Behandlung verschiedener Klauenerkrankungen bei Rindern. Ziel dieser Studie war es, die Auswirkung der Anwendung von Klauenklötzen auf die Fortbewegungsmerkmale und die Gewichtsverteilung bei gesunden und bei lahmen Rindern mit einseitigen Klauenerkrankungen zu messen. Dazu wurden 17 Kühe mit einer spontanen Erkrankung im Bereich einer Klaue und 17 klinisch gesunde Kühe in die Studie einbezogen. Lahmheitsscoring, Pedometer-Daten aus Messungen mit Beschleunigungssensoren und Daten aus Messungen mit einer 4-Waagen-Plattform wurden als Outcomes definiert. Die Anwendung von Klauenklötzen reduzierte das Lahmheitsscoring und die Unterschiede in den Fortbewegungseigenschaften zwischen den kontralateralen Gliedmaßen bei lahmen Rindern im Gehen signifikant, die Gewichtsverteilung im Stehen wurde jedoch nicht verbessert.

Summary

The application of a claw block is a common tool for pain relief and treatment of various foot pathologies in cattle. This study aimed to measure the effect of claw block application on locomotion characteristics and weight distribution in healthy versus lame cattle with unilateral foot pathologies. For this purpose, 17 cows with a spontaneous claw disease and 17 clinically healthy cows were included in the study.

Locomotion scoring, pedometer and 4-scale weighing platform variables were used as outcomes. Claw block application significantly reduced lameness score and differences in gait cycle characteristics across contralateral limbs in lame cattle at walking but did not improve weight distribution at standing.

1 Einleitung und Zielsetzung

Das Auftreten von Lahmheiten bei Rindern wird als ein großes Problem im Bereich der Tiergesundheit angesehen, da sie häufig mit starken Schmerzen im Bereich der Gliedmaßen und einer anhaltenden erhöhten Empfindlichkeit der betroffenen Klaue verbunden sind. Die rasche Erkennung und prompte Behandlung von Gliedmaßenerkrankungen sind entscheidend für eine erfolgreiche Prävention und Behandlung von Lahmheiten bei Rindern.

Die Möglichkeiten zur Schmerzlinderung und Behandlung umfassen die korrekte Klauenpflege (Shearer und van Amstel 2001), die Analgesie durch die Applikation nicht steroidaler Entzündungshemmender (NSAIDs) (Alsaad et al. 2019), und die Befestigung eines Klotzes auf die gesunde Partnerklaue der betroffenen Gliedmaße (Toussaint 1989).

Bis heute sind nur wenige Informationen über die Auswirkung der Anwendung von Klauenklötzen auf die Fortbewegungseigenschaften und die Gewichtsverteilung bei lahmen Rindern verfügbar, obwohl es sich dabei um eine weit verbreitete und bekannte Methode handelt.

Die Entwicklung und Validierung objektiver Instrumente zur Messung des Fortbewegungsverhaltens bei Rindern und ihre Anwendung zur Verbesserung des Tierwohlbefindens sowie als veterinärmedizinische Diagnoseinstrumente zur Erkennung von Lahmheiten wurden kürzlich evaluiert und lieferten vielversprechende Ergebnisse (Alsaad et al. 2017, Nechanitsky et al. 2016).

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkung der Anwendung von Klauenklötzen auf die Fortbewegungseigenschaften und die Gewichtsverteilung bei gesunden und bei lahmen Rindern mit einseitigen Klauenerkrankungen mithilfe validierter Methoden zur Erkennung von Lahmheiten zu messen.

2 Material und Methoden

2.1 Tiere und Einschlusskriterien

Es wurden Daten von zwei unabhängigen Gruppen von Milchkühen gesammelt. Die Kontrollgruppe (Gruppe C) bestand aus 17 lahmheitsfreien Milchkühen (Inforama Rütli, Zollikofen, Schweiz). Die lahme Gruppe (Gruppe L) umfasste 17 Rinder mit einer einseitigen Klauenerkrankung an einem Vorder- oder Hinterbein, wobei jeweils nur eine Klaue betroffen war (Wiederkäuerklinik, Universität Bern, Schweiz). Vor der Datenerhebung wurde keine Behandlung durchgeführt. Das Studienprotokoll wurde von der Tierversuchskommission des Kantons Bern, Schweiz, genehmigt (Genehmigung Nr. 30150).

2.2 Datenerhebung

In dieser Studie wurde vorübergehend ein Holzklauenklotz auf eine zufällig ausgewählte Klaue der Kühe in Gruppe C respektive auf die gesunde Partnerklaue der erkrankten

Gliedmaße der Kühe in Gruppe L angebracht. Je nach Größe der Klauen wurde ein kleinerer (11 x 5,2 x 2,1 cm) oder ein größerer (12,6 x 5,8 x 2,5 cm) Klotz verwendet.

Jede Kuh wurde am Halfter über ebenen, harten Untergrund geführt und dabei mit einer digitalen Videokamera aufgezeichnet, um ein Lahmheitssoring gemäß dem Schema von Flower und Weary (2006) durchzuführen. Die Fortbewegungseigenschaften (relative Standphasendauer, Beschleunigung beim Aufußen und beim Abußen) wurden unter Verwendung von zwei 3D-Beschleunigungsmessern (400 Hz) gemessen und, wie von Alsaod et al. (2017) beschrieben, als Gangvariablen des Kuh-Pedogramms berechnet. Die Messung der Gewichtsverteilung (Differenz der mittleren Gewichtsverteilung zwischen den kontralateralen Gliedmaßen während des Stehens; Δ weight) wurde unter Verwendung einer 4-Plattform-Waage (1,94 x 1,06 m; ITIN & HOCH GmbH, Fütterungstechnik, Liestal, Schweiz) durchgeführt, wie von Nechanitzky et al. (2016) beschrieben.

Das Lahmheitssoring sowie die Messungen mit den 3D-Beschleunigungsmessern und der 4-Plattform-Waage wurden vor und nach dem Aufbringen des Holzklaueklotzes durchgeführt. Für die statistische Auswertung wurden die Variablen als Differenz zwischen den Gliedmassen berechnet. Ein gepaarter t-Test wurde durchgeführt, um die Unterschiede in den Fortbewegungseigenschaften und in der Gewichtsverteilung vor und nach der Anwendung des Klauenklotzes innerhalb der Gruppen C bzw. L zu vergleichen.

3 Ergebnisse

Bei den Kühen der Gruppe C wurden im Vergleich der Messungen vor und nach der Anwendung des Klauenklotzes keine signifikanten Unterschiede im Lahmheitssoring und in den Gangvariablen gemessen, während Δ weight nach der Applikation des Klauenklotzes signifikant anstieg. Bei Kühen der Gruppe L reduzierte die Anwendung von Klauenklötzen den Lahmheitsscore und die Unterschiede in den Gangvariablen beim Gehen signifikant, sie führte jedoch zu keiner Verbesserung von Δ weight im Stehen.

4 Ausblick

Diese Studie bestätigt die vorteilhafte Wirkung der Anwendung von Klauenklötzen auf das Gehverhalten von lahmen Kühen. Die Unterschiede im Gangbild der lahmen Kühe, die auf Schmerzen im Bereich der Klauen hinweisen, haben sich signifikant verkleinert. Gleichzeitig werden aber auch die Grenzen dieser Methode bei der Schmerzlinderung im Stehen aufgezeigt, denn die Unterschiede in der Gewichtsverteilung zwischen der erkrankten und der gesunden Gliedmaße haben sich nach dem Anbringen eines Klauenklotzes nicht verbessert. Somit bestärkt diese Studie die Empfehlung, den Klauenklotz bei lahmen Kühen mit anderen Methoden zur Schmerzlinderung zu kombinieren, z.B. mit der Anwendung von Analgetika.

Literatur

- Alsaad, M.; Kredel, R.; Hofer, B.; Steiner, A. (2017): Technical note: Validation of a semi-automated software tool to determine gait-cycle variables in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100:4897–4902, doi.10.3168/jds.2016-12235
- Alsaad, M.; Fadul, M.; Deiss, D.; Bucher, E.; Rehage, J.; Guccione, J.; Steiner, A. (2019): Use of validated objective methods of locomotion characteristics and weight distribution for evaluating the efficacy of ketoprofen for alleviating pain in cows with limb pathologies. *PLoS One* 14, p. e0218546, doi.10.1371/journal.pone.0218546
- Flower, F.C.; Weary, D.M. (2006): Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *J. Dairy Sci.* 89, pp. 139–146, doi.10.3168/jds.S0022-0302(06)72077-X
- Nechanitzky, K.; Starke, A.; Vidondo, B.; Müller, H.; Reckardt, M.; Friedli, K.; Steiner, A. (2016): Analysis of behavioral changes in dairy cows associated with claw horn lesions. *J. Dairy Sci.* 99, pp. 2904–2914, doi.10.3168/jds.2015-10109
- Shearer, J.K.; van Amstel, S.R. (2001): Functional and corrective claw trimming. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 17, pp. 53–72, doi.10.1016/S0749-0720(15)30054-2
- Toussaint, R.E. (1989): *Cattle Footcare and Claw Trimming*. Farming Press, Ipswich, UK

Danksagung

Wir möchten den Mitarbeitenden der Landwirtschaftsschule Inforama Rütli (Zollikofen, Schweiz) und der Klinik für Wiederkäuer, Vetsuisse-Fakultät, Universität Bern für die gute Zusammenarbeit danken.

Weideinformationssystem

Pasture information system

PRISKA KRUG, JONAS WEBER

Zusammenfassung

Für Baden-Württemberg hat das Landwirtschaftliche Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LAZBW) mit dem Weideinformationssystem (WIS) ein digitales Weidetagebuch für die Dokumentation der Weidehaltung entwickelt. Mit dem WIS kann die Anzahl der Weidetiere, die sich täglich auf der Fläche aufhalten, für staatliche Förderprogramme dokumentiert und die Nährstoffausscheidungen der Weidetiere anhand von standardisierten Werten berechnet werden. Um die Digitalisierung der Weidehaltung auch für kleinere Betriebe zu ermöglichen und zu verbessern, soll dieses Weideinformationssystem zu einem Weidemanagementsystem weiterentwickelt und dabei der Zeitbedarf für die Dokumentationspflicht minimiert und die erfassten Daten für die Landwirte übersichtlich dargestellt und aufbereitet werden. Damit das WIS zudem als Management und Entscheidungshilfe bei der Weidewirtschaft für die Betriebe dienen kann, sind Erweiterungen in der Anwendung, wie z.B. Ertragsmessung oder die Erfassung der Futteraufnahme, geplant.

Summary

For Baden-Württemberg, the LAZBW (Agricultural Centre for cattle production, grassland management, dairy food, wildlife and fisheries Baden-Wuerttemberg) has developed a unique application for the documentation of pasture management, i.e. a digital pasture diary, called Weideinformationssystem (WIS). With the WIS, the number of grazing animals and their time spent on pasture can be documented for each day. This data can be used to meet requirements for government funding programs and the nutrient excretions of the grazing animals can also be calculated using standardized values. To enable and improve the digitization of pasture management for smaller farms, this pasture information system will be further developed into a pasture management system, turning the unpopular documentation requirement into a benefit for farmers. Further steps, such as integrating yield measurement or feed intake by means of sensors into the program, are planned.

1 Einleitung und Zielsetzung

Digitalisierung steht in der Weidehaltung noch am Anfang. Dies war der Anlass eine Web-Anwendung zu programmieren, die sich zuerst mit der Dokumentation der Weidegänge beschäftigt und dann weitere Bereiche hinzuzufügt.

Das LAZBW Aulendorf startete 2019 speziell für die Region Baden-Württemberg mit einem digitalen Weidetagebuch, dem sogenannten Weideinformationssystem (WIS), als Web-Anwendung für den PC (Abb. 1). Damit erhalten die Landwirte unter www.weide-bw.de Unterstützung bei der Dokumentation der Beweidung für die Sommerweideprämie (FAKT) und auch für die Aufzeichnung des Nährstoffanfalls auf der Weide im Rahmen der Düngeverordnung.



Abb. 1: Logo

Fig. 1: Logo

Ziel ist es, das WIS nicht nur für die Dokumentation der Weidegänge zu nutzen, sondern so weiterzuentwickeln, dass die Landwirte auch beim Weidemanagement unterstützt werden sollen. Dazu sollen bereits eingegebene Daten ausgewertet und durch weitere Parameter ergänzt werden. Die daraus gewonnenen Informationen sollen das Weidemanagement optimieren.

2 Entwicklung und Funktion des Weideinformationssystems

Basierend auf verschiedener Projekte am LAZBW in Aulendorf gab es drei große Entwicklungsstufen des WIS (Abb. 2).

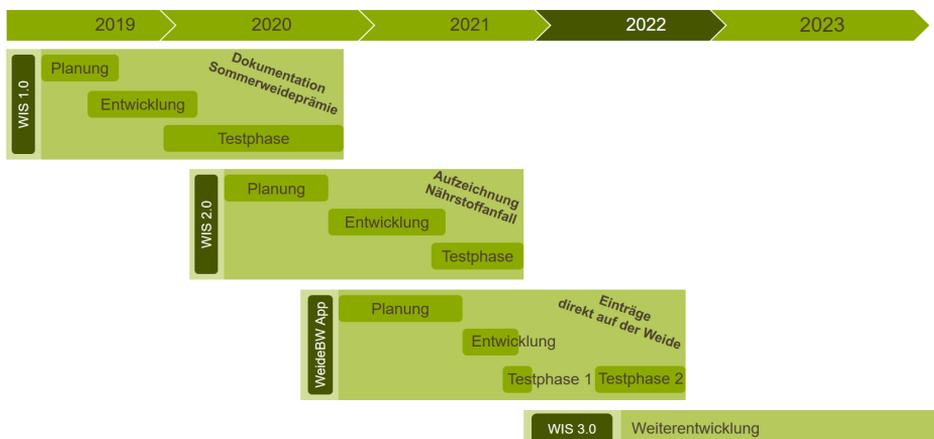


Abb.2: Entwicklung des Weideinformationssystems (© P. Krug, J. Weber)

Fig. 2: Development of the pasture information system (© P. Krug, J. Weber)

Das digitale Weidetagebuch ist aktuell noch in der Testphase und steht daher nicht für alle zur Verfügung. Ab dem Jahr 2023 soll die Anwendung für alle interessierten Landwirte in Baden-Württemberg nutzbar sein.

Die Anmeldung erfolgt unter www.weide-bw.de mit den gleichen Zugangsdaten (Benutzername und Passwort) wie bei HI-Tier. Um mit der Anwendung arbeiten zu können, müssen zunächst die Weideflächen aus FIONA (Antragsprogramm für Fördergelder inklusive Flächendaten) importiert werden. Die schlagbezogenen Flächendaten sind die Grundlage für die späteren Aufzeichnungen. Nachdem die Weideflächen des Betriebs importiert sind, kann mit der Dokumentation begonnen werden. Das WIS funktioniert hierbei ähnlich wie ein Kalender (Abb. 3). Die Nutzer können die Weidegänge für jeden Tag eintragen, also eingeben, welche Tiere wie lange auf welcher Fläche geweidet haben. Zum Beispiel werden 31 Milchkühe für 7 Stunden auf der Fläche „Obere Weide“ am 1. Juni eingetragen.

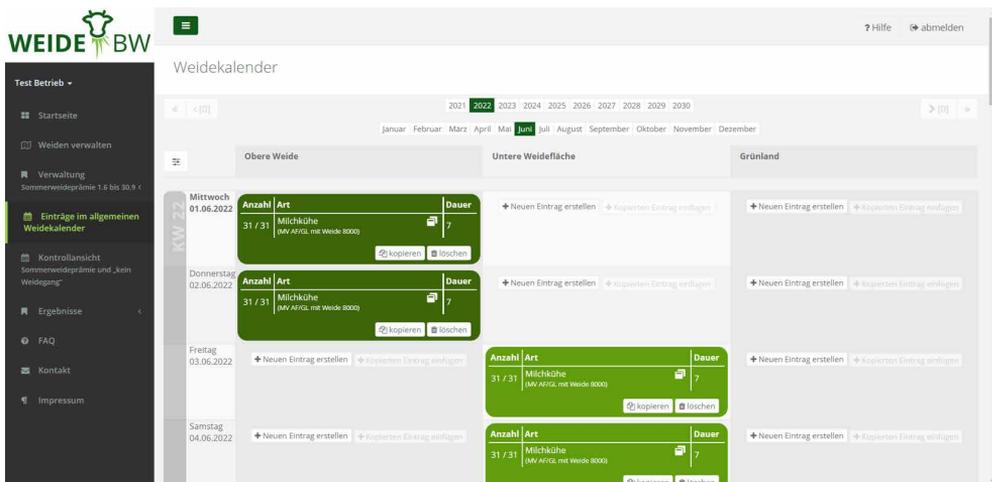


Abb.3: Ansicht des Weidekalenders im Weideinformationssystem (© P. Krug, J. Weber)

Fig. 3: View of the pasture calendar in the pasture information system (© P. Krug, J. Weber)

Die Aufzeichnung des Anfalls der Nährstoffe kann ganzjährig und für sämtliche Weidetiere (Rinder, Pferde, Lamas, Schweine usw.) erfolgen. Dafür wählt der Landwirt im WIS die entsprechende Tiergruppe – z. B. Jungrinder 13–24 Monate (Stammdatentabelle) – aus, die einen mittleren jährlichen Nährstoffwert ausscheidet. Diese Nährstoffwerte werden durch eine Schnittstelle zu „DuengungBW.de“ stets aktualisiert.

Beantragt der Landwirt zusätzlich im Zeitraum von Juni bis September die Sommerweideprämie, müssen für diesen Zeitraum die Einzeltiere den Herden (Milchkühe und Rinder) zugeordnet werden. Der Import der Tiere erfolgt über eine HI-Tier-Schnittstelle mit einem Klick. Die Tiere müssen den entsprechenden Herden zugeordnet und ein Nährstoffwert angegeben werden.

Um die täglichen Dokumentation der Weidegänge schnell und einfach zu ermöglichen, kann der Nutzer die Einträge auch mobil auf dem Smartphone mit der WeideBW-App erledigen. Die App wird erstmals für die Weidesaison 2022 der Testgruppe zur Verfügung gestellt.

Aus den Einträgen im Kalender erstellt das WIS eine pdf-Datei für die Sommerweideprämie und eine pdf-Datei für den Anfall der Nährstoffe auf der Weide zur Dokumentation nach den Vorgaben der Düngeverordnung (Abb. 4). Ein Eintrag füllt zwei Dokumentationspflichten gleichzeitig aus – ein Vorteil für den Nutzer.

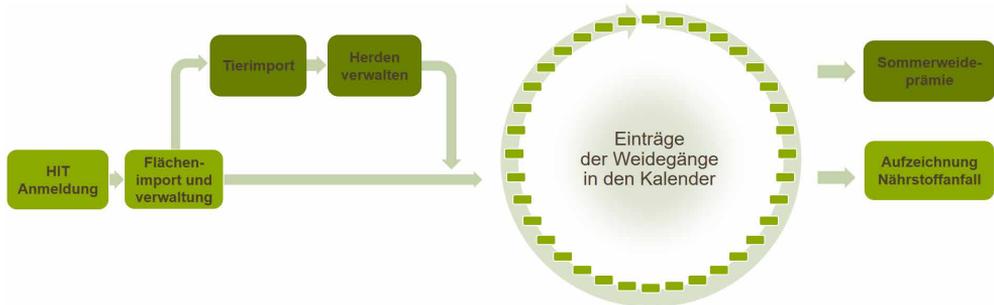


Abb.4: Workflow von der Anmeldung bis zum Export (© P. Krug, J. Weber)

Fig. 4: Workflow from registration to export (© P. Krug, J. Weber)

3 Weiterentwicklung

Das digitale Weidetagebuch soll zukünftig als Weidemanagementsystem weiterentwickelt werden. Dafür sollen die bereits täglich eingegebenen Daten zu den genutzten Weideflächen und den Weidetieren mit weiteren Daten (z.B. Höhe des Bestands, Zuwachskurven, Tierbesatz) ergänzt und eine Weidebilanz erstellt werden. Das digitale Weidetagebuch als webbasierte Anwendung hat zum Ziel, neben der Dokumentation der Beweidung eine Planungshilfe für das Weidemanagement hinsichtlich Tierbesatz, Nutzungsintensität und der Ertragsfähigkeit der Weideflächen bzw. Futterverfügbarkeit zu bieten. Dadurch werden die Vorteile der Digitalisierung für die Landwirte in Baden-Württemberg direkt sichtbar.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) Baden-Württemberg.

Vergleich zweier Outdoor-Trackingsysteme für Rinder

Comparison of two outdoor tracking systems for cattle

CHRISTIANE ENGELS, ALEXANDRA LEHMBERG, WOLFGANG BÜSCHER

Zusammenfassung

Um Trackingsysteme auf der Weide zur Tierbeobachtung einzusetzen, müssen diese gewisse Anforderungen erfüllen. Neben einer ausreichend langen Akkulaufzeit ist eine kontinuierliche Erhebung und Übermittlung von validen Positionsdaten in geeigneter zeitlicher Abfolge von Bedeutung. Insbesondere wenn aus den Positionsdaten Bewegungsparameter abgeleitet und diese zur weiteren Auswertung genutzt werden sollen, ist eine möglichst korrekte Positionserfassung notwendig.

In der Studie wurden die Geräte „Akku Plus“ von InfoStars und „Cattle Tracker v2“ von SODAQ an vier trockenstehenden Milchkühen über einen Zeitraum von 15 Tagen getestet. Beide Systeme sind grundsätzlich dazu geeignet, GPS-Positionen zu ermitteln, welche über die Plattformen der Hersteller auf einer Karte eingesehen werden können. Trotz eines größeren Ortungsintervalls erfassten die SODAQ-Transponder die sechsfache Anzahl verschiedener Positionen, was zu einer 2,4-fach höheren berechneten zurückgelegten Wegstrecke führte.

Die eingestellten Ortungsintervalle von 20 s bzw. 1 min sind aufgrund der damit verbundenen Akkulaufzeit nicht praxistauglich. Es besteht weiterer Forschungsbedarf, um den Einsatz von Trackingsystemen zur Tierbeobachtung und zum Gesundheitsmonitoring im Outdoor-Bereich zu ermöglichen, wie beispielsweise die Entwicklung energieeffizienterer Transponder.

Summary

The application of locating systems for cattle on pasture demands specific requirements if used for behavioural observations. Besides a sufficient long battery life, a continuous determination and transmission of valid position data in adequate temporal resolution is essential.

In this study, the devices “Akku Plus” by InfoStars and “Cattle Tracker v2” by SODAQ have been tested with four dry dairy cows over 15 days. Both systems are suitable for generating position data which can be visualised on a map on the companies’ web platforms. Despite a longer locating interval, the SODAQ transponders collected a six times higher amount of different positions resulting in a 2.4 times larger calculated distance travelled.

The chosen locating intervals of 20 s and 1 min resp. are not viable due to the corresponding battery life. There remains a need for further research on more energy efficient tracking devices and appropriate derived parameters capable of longer locating intervals to establish tracking systems for animal monitoring on pasture.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Einsatz von Trackingsystemen in der Rinderhaltung gewinnt im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Durch eine kontinuierliche Datenerfassung unterstützen Trackingsysteme Landwirte bei der digitalen Tierbeobachtung. Systeme im Indoor-Bereich werden neben einer schnellen Navigation zum Tier hauptsächlich zur Aktivitätsmessung eingesetzt, um Alarmer für Brunst- oder Gesundheitsereignisse zu generieren. Outdoor-Systeme werden bislang überwiegend zur Tiersuche im Gelände oder im Rahmen von virtuellen Weidezäunen genutzt. Die energieintensive Positionsbestimmung via globalen Navigationssatellitensystemen wie GPS und die mangelnde Energieversorgung auf der Weide sind limitierende Faktoren für die Akkulaufzeit bzw. das Ortungsintervall der Systeme, also die Häufigkeit mit der Positionsbestimmungen vorgenommen und versendet werden. Eine hohe Abtastrate ist allerdings entscheidend, um Bewegungen korrekt abzubilden.

Um zu evaluieren, ob Outdoor-Trackingsysteme dennoch zur Ableitung von Aktivitäts- und Bewegungsparametern geeignet sind, wurden in der vorliegenden Studie zwei kommerzielle Systeme für Rinder vergleichend untersucht.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden im August und September 2021 auf dem Campus Frankendorf der Universität Bonn in Königswinter-Vinxel statt. Über einen Zeitraum von 15 Tagen wurden die GPS-Positionsdaten von vier trockenstehenden Milchkühen parallel von zwei kommerziellen Outdoor-Trackingsystemen aufgezeichnet, welche an einem Halsband angebracht waren. Verwendet wurden die Geräte „Akku Plus“ von InfoStars und „Cattle Tracker v2“ von SODAQ. Beide Systeme ermitteln die Position mittels GPS, unterscheiden sich aber in der Datenübertragung. Bei InfoStars werden die Positionsdaten über das Mobilfunknetz versendet. Für SODAQ wurde ein LoRa-Netzwerk mit einem Gateway der Firma Wifx (Modell „LORIX One“) eingerichtet, welches im offenen TheThingsNetwork registriert war. Über die Plattformen der Hersteller konnten die Daten heruntergeladen und ausgewertet werden. Bei beiden Geräten wurde für den Versuch das kleinstmögliche Ortungsintervall eingestellt. Dieses betrug für InfoStars 20 s und 1 min für SODAQ, wobei letzteres mit einer Bewegung (1,2-fache Erdbeschleunigung) für 10 min aktiviert wurde und sonst auf 10 min eingestellt war. Beide Intervalle sind wegen der resultierenden Akkulaufzeit von ca. 1,5 Wochen nicht praxistauglich und wurden im Versuch zur Erhebung einer größtmöglichen Datenbasis gewählt. Während des Versuchszeitraums wurden die Geräte dreimal zum Nachladen der Akkus von den Tieren für jeweils 165–195 min abgenommen. Die auswertbare Versuchsdauer beträgt 342,5 h (14,3 d).

Den Tieren, einer Kleingruppe von insgesamt 19 tragenden Rindern und Trockenstehern, stand zunächst eine Weidefläche von 1,4 ha zur Verfügung, auf der sich eine

Futterraufe mit Heuballen befand. An Tag 10 erfolgte ein Umtrieb auf eine angrenzende Weidefläche von 0,8 ha (ohne zusätzliche Futterraufe).

Beim Vergleich der Systeme wurden zum einen Aspekte des Handlings und der Funktionalität (Installation, Datenzugriff, Datenverluste etc.) bewertet. Zum anderen wurde die zurückgelegte Wegstrecke als Bewegungsparameter für beide Systeme berechnet und ebenfalls miteinander verglichen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Der Installationsaufwand der Systeme war sehr unterschiedlich. Während das InfoStars-System bereits bei Lieferung einsatzbereit war und sofort am Halsband der Tiere angebracht werden konnte, mussten die SODAQ-Transponder und das zugehörige LoRa-Netzwerk zunächst eingerichtet werden. Dies erforderte Programmiergrundkenntnisse und war nicht ohne Support des Herstellers möglich. Mit entsprechenden Kenntnissen konnte bei den SODAQ-Transpondern allerdings eine Vielzahl an Einstellungen vorgenommen werden, was bei InfoStars nur in begrenztem Maße über den Hersteller möglich war. So konnte z. B. eine minimale Anzahl Satelliten spezifiziert werden, welche zur Positionsbestimmung verwendet werden sollte, und die resultierende Satellitenanzahl mit versendet werden. Die SODAQ-Transponder verfügten zudem über ein 0,5-W-Solarpanel, über welches die Akkus nachgeladen werden konnten.

Trotz eines Ortungsintervalls von 20 s zeigten nur 2,5 % der Positionsbestimmungen der InfoStars-Transponder eine Positionsveränderung gegenüber der vorherigen Messung. Anders als auf der Plattform angezeigt, wo sich die Position regelmäßig veränderte, wurde eine neue Position offenbar nur dann im System gespeichert, wenn die Ortsveränderung mindestens 19,5 m betrug. Durch die Annahme einer linearen Bewegung bei der Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke wird diese somit unterschätzt, da Rinder dazu neigen, sich gewunden und nicht geradlinig fortzubewegen (McGavin et al. 2018). Zudem kann das Aktivitätsmaß in der Zeitspanne zwischen zwei Positionen nicht eingeschätzt werden.

Bei SODAQ wurde stets eine Positionsveränderung angezeigt und mit $5,20 \pm 1,44$ km eine 2,4-fach höhere täglich zurückgelegte Wegstrecke als bei InfoStars berechnet ($2,12 \pm 0,88$ km). Durch das Ortungsintervall von 1 min kann die berechnete Wegstrecke ebenfalls unterschätzt werden, da bereits Intervalle ab 30 s dazu führen, dass abgeleitete Parameter wie die zurückgelegte Strecke signifikant unterschätzt werden (McGavin et al. 2018). In den SODAQ-Positionsdaten zeigte sich zudem ein weiterer Effekt: „springende“ Koordinaten führten dazu, dass die berechnete Wegstrecke überschätzt wird, insbesondere wenn z. B. rund um die Futterraufe bei der Futteraufnahme nur eine geringe Bewegung der Tiere stattfindet. Durch eine Glättung konnte dieser Effekt verringert werden.

Bei InfoStars wiesen 97,5 % der übermittelten Daten ein Intervall von 18–21 s auf. Durch einige Datenlücken von > 2 min ergibt sich dennoch ein Datenausfall von 3,3 bis 12,5 %, welcher hauptsächlich auf der zweiten Weidefläche aufgetreten ist. Trotz der räumlichen Nähe könnte die Mobilnetzabdeckung dort geringer gewesen sein.

Durch einen Softwarefehler kam es in den ersten drei Versuchstagen bei zwei SODAQ-Transpondern vermehrt zu Datenübermittlungsfehlern, was mit einem Firmwareupdate behoben werden konnte. Da das Ortungsintervall bei SODAQ abhängig von einem Bewegungsimpuls war, ist es schwierig den Datenausfall zu quantifizieren. Das mittlere Intervall zwischen zwei übermittelten Positionsbestimmungen betrug 2:39 min und war auf der zweiten Weidefläche mit 1:54 min geringer als auf der ersten (3:12 min). Dies könnte durch eine erhöhte Bewegungsaktivität ohne Futteraufnahme oder durch ein zweites, externes LoRa-Gateway in der Nähe dieser Weidefläche bedingt sein, welches die Datenübertragung begünstigte.

Der Anteil ungültiger Positionsbestimmungen ist bei beiden Systemen mit 0,3 % (InfoStars) und 0,01 % (SODAQ) gering. Bei zwei InfoStars-Transpondern gab es allerdings Ausreißer (0,1 %), welche zusammen zu einem Fehler von insgesamt 22,2 km bei der berechneten Wegstrecke führten (16,5 % der Gesamtstrecke). Davon standen 70,4 % in zeitlichem Zusammenhang mit ungültigen Positionen.

Da der Akkustand auf der InfoStars-Plattform nicht korrekt angezeigt wurde, konnten keine Auswertungen zur Akkulaufzeit durchgeführt werden. Bei den SODAQ-Transpondern wurde der Akkustand zusammen mit den GPS-Koordinaten übermittelt. Das Solarpanel des Transponders war beim eingestellten Intervall nur tagsüber während weniger, sehr sonniger Stunden in der Lage den Akkustand zu halten.

4 Fazit und Ausblick

Beide Systeme sind für das Auffinden von Tieren geeignet und lieferten zuverlässig Positionsdaten, welche auf der jeweiligen Plattform visualisiert wurden. Die verwendeten minimalen Ortungsintervalle von 20 s bzw. 1 min, wie sie für eine nähere Verhaltensbeobachtung notwendig sind – McGavin et al. (2018) geben ein optimales Ortungsintervall von 5–10 s an –, sind aufgrund der resultierenden Akkulaufzeit von etwa 1,5 Wochen nicht praxistauglich. Es bedarf weiterer Forschung, um energieeffizientere Positionsbestimmungsgeräte zu entwickeln und mit größeren Ortungsintervallen geeignete Parameter zur Verhaltensbeobachtung abzuleiten.

Literatur

McGavin, S.L. et al.: Effect of GPS sample interval and paddock size on estimates of distance travelled by grazing cattle in rangeland, Australia. *The Rangeland Journal* (40), pp. 55–64, 2018

Förderhinweis

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

Erkennung von sozialen Strukturen bei Mastschweinen anhand von UHF-RFID-Daten

Recognition of social structures in fattening pigs using UHF RFID data

ANITA KAPUN, EVA GALLMANN

Zusammenfassung

Die soziale Struktur von Schweinen wurde bisher hauptsächlich bei Tieren in freier Wildbahn bzw. Wildschweinen untersucht. In der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung folgen die Entscheidungen, welche Schweine zusammen in einer Gruppe oder einer Bucht leben, anderen Gesetzmäßigkeiten und werden vom Menschen getroffen. Daher ist eine Betrachtung, wie sich die sozialen Strukturen in diesen Gruppen bilden, sehr interessant.

Mithilfe von UHF-RFID-Daten wurde in dieser Arbeit untersucht, welche Mastschweine einer Bucht gemeinsam viel Zeit an wichtigen Funktionsbereichen verbringen. Die Datenaufnahme erfolgte über mehrere Mastwochen hinweg bis zu dem Zeitpunkt, an dem viele Tiere zum Schlachten ausgestellt werden mussten. Es stellt sich heraus, dass starke Verbindungen auch über die Mastdauer hinweg oft erhalten bleiben, manche Verbindungen sogar stärker werden bzw. sich erst mit der Zeit entwickeln. Eine genauere Untersuchung auch mit sogenannten Cliquenanalysen zur Erkennung von Untergruppen ist möglich und soll zukünftig durchgeführt werden.

Summary

The social structure of pig groups has mainly been studied in animals in the wild or in wild boars. In animal husbandry, decisions about which pigs live together in a group or pen follow different laws and are made by humans. Therefore, an examination of how social structures form in these groups is very interesting.

Using UHF RFID data, this work investigated which fattening pigs in a pen spend a lot of time together at key functional areas. Data was collected over several weeks of fattening until the time when many animals had to be removed for slaughter. It turns out that strong connections are often maintained over the fattening period, and some connections even become stronger or develop over time. A more detailed investigation, including so-called clique analyses to identify subgroups, is possible and will be carried out in the future.

1 Einleitung und Zielsetzung

Schweine sind sehr soziale Tiere, die in freier Wildbahn in Gruppen von etwa acht Individuen zusammenleben (Landsberg und Denenberg 2014). Die Gruppenorganisation folgt einer sozialen Rangordnung (Böttcher 2013). In schweinehaltenden Betrieben teilen sich Schweine häufig eine Bucht mit viel mehr Artgenossen und es wird angenommen, dass sie kleinere Untergruppen bilden (Kaufholz et al. 2021). Zudem werden die Tiere meist in Gruppen gleichen Alters und ähnlicher Lebendmasse gehalten, sodass die Sozialstruktur nicht abhängig vom Alter gebildet werden kann, sondern vorwiegend ausgekämpft werden muss (Böttcher 2013).

Die soziale Struktur hat vermutlich auch bei Tieren einen sehr starken Einfluss auf Gesundheit und Tierwohl, wurde allerdings bei Schweinen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung noch nicht ausreichend untersucht (Kaufholz et al. 2021). In dieser Arbeit sollen aus automatisch erfassten Besuchszeitpunkten der Mastschweine am Trog, an den Tränken oder am Beschäftigungsautomat soziale Strukturen innerhalb der Gruppe sowie mögliche Änderungen dieser erkannt werden.

2 Material und Methoden

In diesem Versuch wurden insgesamt 400 Mastschweine mit elektronischen Ohrmarken ausgestattet, wodurch die Besuchszeiträume der Tiere an wichtigen Punkten in der Bucht mithilfe von Antennen rund um die Uhr registriert werden konnten (Trog, Tränken und Beschäftigungsautomat). Die Schweine wurden über vier Mastdurchgänge in Gruppen von jeweils 25 Tieren pro Bucht unterteilt. Die Versuche fanden auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim statt. Die Datenaufnahme lief pro Mastdurchgang maximal zwischen 15 und 19 Wochen.

Durch den Einsatz von UHF-Technik (Ultrahochfrequenz) war eine Erfassung mehrerer Ohrmarken zur selben Zeit sowie eine relativ hohe Lesereichweite möglich, sodass eine Vereinzelung der Tiere an den Antennen entfiel. Dadurch konnten gemeinsame Besuche der Schweine am Trog, an den Tränken oder am Beschäftigungsautomat registriert werden. Obwohl es insgesamt drei Tränken pro Bucht gab und an jeder Tränke eine eigene Antenne angebracht wurde, wurden die Registrierungen hier zusammengefasst.

In der vorliegenden Ausarbeitung werden die Ergebnisse einer Bucht des ersten Mastdurchganges dargestellt. Die Datenaufnahme startete in diesem Durchgang aufgrund einer vorangegangenen Validierung des Systems in der fünften Mastwoche. In Woche 7 und der ersten Hälfte von Woche 8 gab es aufgrund eines technischen Ausfalls keine Daten für die Trogbesuche, weshalb diese Tage aus der Gesamtbetrachtung ausgeschlossen wurden. Nach Mastwoche 14 wurde ein großer Teil der Tiere zum Schlachten ausgestellt, daher werden die Analysen nur bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführt.

3 Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die zehn Verbindungen der Tiere aufgeführt, die im Zeitraum von Mastwoche 5 bis einschließlich Mastwoche 14 insgesamt die meiste Zeit gemeinsam am Trog, an den Tränken oder am Beschäftigungsautomat verbracht haben.

Tab. 1: Tiere mit der insgesamt längsten gemeinsamen Besuchsdauer an Trog, Tränken und Beschäftigungsautomat (von Mastwoche 5 bis einschließlich Mastwoche 14)

Tab. 1: *Animals with the most visiting time overall at trough, drinkers and playing device (fattening week 5 to fattening week 14)*

Verbindung (Kanten)	Dauer gemeinsamer Besuche insgesamt (Woche 5 bis Woche 14) h
(Tier 13, Tier 24)	8,03
(Tier 11, Tier 13)	7,92
(Tier 13, Tier 17)	7,13
(Tier 13, Tier 16)	6,60
(Tier 17, Tier 24)	6,20
(Tier 11, Tier 17)	5,84
(Tier 2, Tier 13)	5,54
(Tier 16, Tier 24)	5,18
(Tier 11, Tier 24)	5,13
(Tier 11, Tier 16)	5,01

Insgesamt kommen in diesen Verbindungen nur sechs verschiedene Tiere vor. Tier 13 ist am häufigsten vertreten (fünf Mal), Tier 11 und Tier 24 kommen jeweils vier Mal vor, Tier 16 und Tier 17 jeweils drei Mal. Diese zehn häufigsten Verbindungen wurden über die verschiedenen Mastwochen hinweg betrachtet. Abbildung 1 zeigt die Netzwerkstruktur dieser sechs Tiere in Mastwoche 5 und in Mastwoche 14. Die Dicke der Kanten (Verbindungen) ist abhängig von der Zeit, die die jeweiligen Tiere in dieser Woche gemeinsam am Trog, an den Tränken oder am Beschäftigungsautomat verbracht haben.

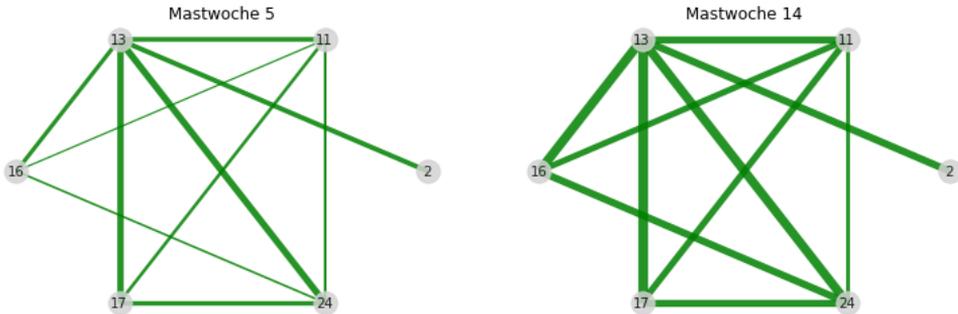


Abb. 1: Netzwerkstruktur der insgesamt zehn häufigsten Verbindungen (Kanten) in Bucht 1 in Mastwoche 5 (links) und in Mastwoche 14 (rechts) (© A. Kapun)
 Fig. 1: Network structure of the top ten connections (edges) in pen 1 in fattening week 5 (left) and fattening week 14 (right) (© A. Kapun)

4 Diskussion und Ausblick

Die zehn Verbindungen, die über die gesamte Mastdauer am stärksten waren, waren auch in den einzelnen Mastwochen relativ stark. Allerdings sind die Verbindungen in Woche 14 insgesamt stärker als in Woche 5. Zudem waren in Woche 5 vier dieser Verbindungen nicht unter den zehn stärksten und in Woche 14 nur zwei Stück nicht unter den zehn stärksten Verbindungen. Dies zeigt, dass sich die Verbindungen zwischen den Tieren über die Zeit verändern können, was unterschiedliche Ursachen und einen Einfluss auf Tierwohl und Gesundheit haben kann (Kaufholz et al. 2021).

In weiteren Auswertungen soll versucht werden, eine Cliquenanalyse für die einzelnen Buchten durchzuführen, um eventuelle Untergruppenstrukturen darzustellen.

Literatur

- Böttcher, U.M. (2013): Untersuchungen zur sozialen Wiedererkennung und Interaktion bei Absetzferkeln. Inaugural-Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, Verlag DVG Service GmbH
- Landsberg, G.M.; Denenberg, S. (2014): Social Behavior of Swine. In: MSD Veterinary Manual, <https://www.msdsvetmanual.com/behavior/normal-social-behavior-and-behavioral-problems-of-domestic-animals/social-behavior-of-swine>, Zugriff am 27.04.2022
- Kaufholz, T.; Franz, M.; Hammerstein, P.; Müller-Graf, C.; Selhorst, T. (2021): Community structure of domesticated pigs in livestock facilities. *Preventive Veterinary Medicine* 188, p. 105260, doi.10.1016/j.prevetmed.2021.105260

Individualisierte und züchterische Hitzestressprävention mittels Digitalisierung in der Milchkuhhaltung

Prevention of heat stress by individualised means and means of genetic selection in dairy farming

JULIA HEINICKE, SEBASTIAN WILLE, THOMAS AMON, GUNDULA HOFFMANN

Zusammenfassung

Ziel des Projekts ist es, das Tierwohl, die Tiergesundheit und die Nutzungsdauer von Milchkühen durch gezielte Prävention von Hitzestress und ein integriertes Gesundheitsmonitoring zu verbessern. Stall- und Tierdaten aus verschiedenen digitalen Anwendungen sollen über Schnittstellen zu einem Gesamtsystem zusammengeführt werden, um die Einzelinformationen der bisherigen Insellösungen besser zu verwalten, zu analysieren, zu interpretieren und den Landwirten in Form eines flexiblen und anwendungsorientierten Entscheidungsunterstützungssystems zur Verfügung zu stellen.

Ein langfristiges Ziel ist zudem die nachhaltige Verbesserung der Hitzestresstoleranz durch genetische Selektion basierend auf den umfangreichen phänotypischen und genotypischen Daten, um Werkzeuge für Selektionsentscheidungen bereitzustellen.

Summary

The objective of the present project is to improve animal welfare, animal health, and useful life of dairy cows through targeted prevention of heat stress and integrated health monitoring. Barn and animal data from various digital applications will be merged into a complete system by means of interfaces in order to better manage, analyse, and interpret the individual information of the previous isolated applications and make them available to farmers in the form of a flexible and application-oriented decision support system.

A long-term goal is also the sustainable improvement of heat stress tolerance by means of genetic selection and is based on the extensive phenotypic and genotypic data in order to provide tools for selection decisions.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die allgegenwärtige und ständig zunehmende Flut an Sensoren, Unterstützungssystemen und daraus erzeugten Daten in der Milchkuhhaltung stellt enorme Anforderungen an ein effizientes Datenmanagement und eine übersichtliche Darstellung für die Nutzer dieser Daten (v. a. Landwirte) dar. Im Projekt DigiMuh wird nun diese Fülle an Daten aus verschiedensten digitalen Anwendungen zusammengeführt, um sie besser zu verwalten, zu analysieren, zu verrechnen und den Landwirten in Form eines flexiblen, anwendungsorientierten Entscheidungsunterstützungssystems zugänglich zu machen.

Ziel ist es, die arbeitswirtschaftliche Belastung zu verringern und zugleich eine Verbesserung des Tierwohls und der Tiergesundheit zu erreichen.

2 Material und Methoden

Die Projektlaufzeit erstreckt sich über 3 Jahre (März 2021 bis Februar 2024) und die praxisorientierten Messungen werden in einer Testherde mit bereits genotypisierten Kühen in der Agrargenossenschaft Sonnewalde eG (Südbrandenburg) durchgeführt.

Der Betrieb verfügt über 460 laktierende Kühe (plus Nachzucht), die auf drei Ställe verteilt sind. Im Rahmen des Projekts werden alle Kühe mit einem Bolus (smaXtec, Graz, Österreich, Abb. 1) ausgestattet und eine Herde von 100 Kühen (mittlere/hohe Milchleistung) erhält zusätzlich einen Atemfrequenzsensor (Gouna, Potsdam, Abb. 2). Zusätzlich werden Melkparameter (Milchleistung, Milchfluss, Leitfähigkeit etc. pro Melkvorgang) aus dem Melksystem (DeLaval GmbH) sowie Managementdaten (HERDEplus Software) in die Datenanalyse mit einbezogen.



Abb. 1: Pansenbolus der Firma smaXtec GmbH zur kontinuierlichen Messung von Körpertemperatur, Aktivität, Wiederkautätigkeit, Trinkhäufigkeit (ATB/Potsdam)

Fig. 1: Bolus from smaXtec GmbH within the reticulum to measure rumen temperature, movement activity, rumination activity, drinking events (ATB/Potsdam)



Abb. 2: Atemfrequenzsensor der Gouna GmbH zur kontinuierlichen und automatischen Erfassung der Atemfrequenz pro Kuh (ATB/Potsdam)

Fig. 2: Respiration rate sensor from Gouna GmbH to record the respiration rate per cow continuously and automatically (ATB/Potsdam)

Um die klimatischen Bedingungen bezüglich Hitzestress bewerten zu können, wurden Klimasensoren über den gesamten Betrieb innerhalb und außerhalb der Ställe montiert, um Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Windgeschwindigkeit zu messen. Zusätzlich wird die Aktivität der Ventilatoren im Stall, die Stellung der Curtains sowie der Betrieb der Beregnungsanlage im Wartebereich vor dem Melken erfasst.

3 Ergebnisse

Es sind alle laktierenden Kühe der Herde mit einem Bolus ausgestattet ($n = 460$) und unter diesen Tieren befinden sich derzeit bereits 25 Tiere, die zusätzlich mit einem Atemfrequenzsensor ausgestattet sind. Die umfangreiche Installation der Klimamesstechnik ist bereits abgeschlossen. Die erfassten Sensordaten sind in ihrer Struktur und dem Volumen sehr unterschiedlich: zeitlich/räumlich teils hoch aufgelöst (z.B. Stallklima), Daten die periodisch in zeitlichen Abständen anfallen (z.B. Melkroboter, Bolusdaten) oder die punktuell anfallen (z.B. Krankheitsdaten).

Bei der Datenerfassung konnte teilweise auf vorhandene Exportschnittstellen zurückgegriffen werden, teilweise mussten diese erst ermöglicht werden (Software-Gateway, Skripte, Hard-/Software-Konverter etc.). Es ist gelungen, dass alle erfassten Tier- und Stalldaten automatisch übermittelt werden.

Eine erste Vorversion der DigiMuh Cloud (Wille Engineering, Hattersheim/Main, Abb. 3) zur Sammlung, Speicherung, Aufbereitung, Darstellung und Exportfunktion sämtlicher Stall-, Tier- und Managementdaten ist bereits entwickelt und wird fortlaufend zum Plattform-Prototyp ausgebaut und weiter optimiert.

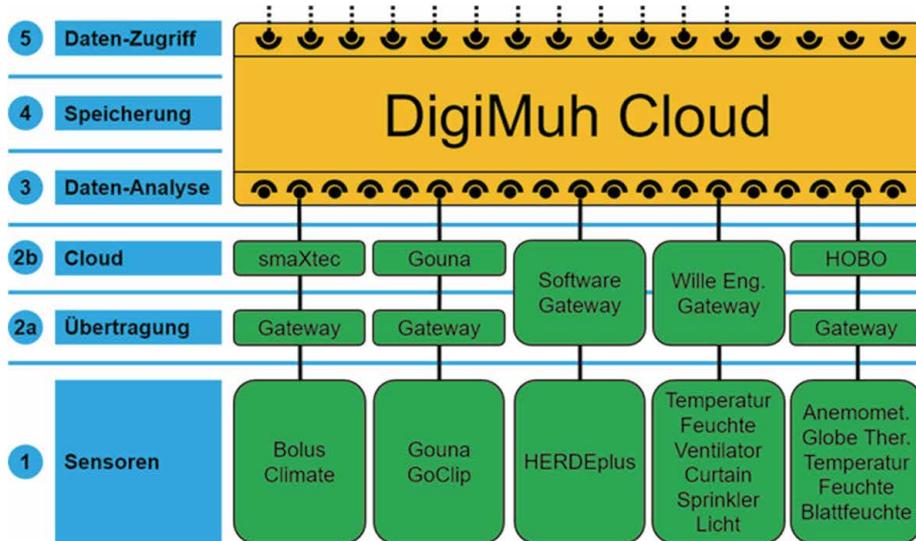


Abb. 3: DigiMuh Cloud (Wille Engineering/Hattersheim)
 Fig. 3: DigiMuh Cloud (Wille Engineering/Hattersheim)

4 Ausblick

Innerhalb der nächsten Schritte wird anhand der tierindividuell beobachteten Sensordaten ein mechanistisches Modell entwickelt, das eine Dateninterpretation mittels Data Science beinhaltet. Des Weiteren wird eine genomweite Assoziierungsstudie durchgeführt, um wichtige Genomregionen für Merkmale der Umwelt- und Hitzetoleranz zu identifizieren und die Ergebnisse in eine genomische Zuchtwertschätzung einfließen zu lassen.

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 zur Innovationsförderung.

Umsetzbarkeit einer Ultraschallvernebelung und Fütterung von Kompetitivkeimen zur Veränderung des Mikrobioms in Schweineställen

Practicability of ultrasonic fogging and feeding of competitive microorganisms to alter the microbiome in pig barns

IRIS KOBUSCH, SABRINA LINNEMANN, HANNAH SCHOLLENBRUCH, FRANKA HOFMANN, MARC BOELHAUVE

Zusammenfassung

Präbiotika zur Stabilisierung der Tiergesundheit und zur Reduktion pathogener Erreger stehen schon viele Jahre im Fokus. Futterzusätze lassen sich mit der bestehenden Technik bereits gut ausbringen. Wenn es jedoch um die kontinuierliche Benetzung von Oberflächen im Stall geht, so fehlen praktikable technische Lösungen.

Gegenstand dieser Untersuchungen ist die Ausbringung einer Laktobazillus-Spezies als Kompetitivsubstanz über das Futter, sowie die Vernebelung mittels Ultraschallgerät. Die Versuchsvarianten im Ferkelaufzuchtstall umfassen die Vernebelung, die Verfütterung, sowie die Vernebelung und Verfütterung. Hierbei stellt sich die Ultraschallvernebelung als grundsätzlich geeignet für die Anwendung im geschlossenen Stall dar. Veränderungen des Oberflächenmikrobioms kann festgestellt werden, insbesondere auf die Belastung mit Staphylokokken. Als Einsatzzweck der Ultraschallvernebelung ist ebenso eine Ausbringung von Desinfektionsmitteln oder Substanzen zur Staubbindung denkbar.

Summary

Prebiotics to stabilize animal health and reduce pathogens have been in the focus for many years. Feed additives can already be applied well with existing technology. However, when it comes to continuous coating of surfaces, there are hardly any practicable technical solutions available.

The subject of these studies is the application of a Lactobacillus species as a competitive substance via feed, as well as nebulization using ultrasound. The experimental variants in the piglet rearing barn include nebulization, feeding, and fogging and feeding. Here, ultrasonic fogging turns out to be basically suitable for use in a closed barn. A significant change in the microbiome of the surfaces in the compartment cannot be detected. However, there seems to be an influence on the load of staphylococci. Ultrasonic fogging can also be used to apply disinfectants or substances to bind dust.

1 Einleitung und Zielsetzung

Das zunehmende Auftreten von Antibiotikaresistenzen in Schweinebeständen (GERMAP 2015) erfordert neue Strategien zur Reduktion der Erreger. Auch mit der derzeitigen Entwicklung hin zum Einsatz von Einstreu und organischem Beschäftigungsmaterial können Stalloberflächen nicht mehr im üblichen Reinigungs- und Desinfektionsverfahren organisiert werden.

Präbiotika stehen schon viele Jahre im Fokus von einzelnen Tierhaltern, die Verwendung setzt sich bisher jedoch nicht im großen Stil durch. Für das Management größerer Tierbestände stellt sich in der praktischen Umsetzung für die dauerhafte Ausbringung einer Kompetitivkeimflora die Frage, wie sich dies mit arbeitswirtschaftlich geringem Aufwand umsetzen lässt. Zur Ausbringung über das Futter sind bereits gute technische Lösungsmöglichkeiten über Dosiereinrichtungen gegeben. Sollen Luft und Stalloberflächen behandelt werden, sind die Möglichkeiten eingeschränkt. Technik zur Stalldesinfektion oder zur Kühlung schafft eine starke Befeuchtung (und/oder Kühlung) der Oberflächen, was bei Jungtieren problematisch ist. Ziel bei der Ausbringung über die Stallluft ist somit die Schaffung eines möglichst feinen Nebels mit kleiner Tropfengröße, welcher sich optimal im Raum verteilen kann und den Tieren keine gesundheitlichen Nachteile verschafft. Die Verneblung mittels Ultraschalltechnik bietet hier Lösungsmöglichkeiten.

2 Material und Methoden

Es werden vier baugleiche Abteile mit jeweils 400 eingestallten Absetzferkel in zehn Buchten genutzt. Die Zuluft wird über eine Schlitzlüftung mit Schächten über den Kontrollgang geführt. Die Abluft wird oberflur abgeführt. Die mehrphasige Fütterung der Tiere erfolgt über eine sensorgesteuerte Flüssigfütterung mit einer Stichleitung für jedes Abteil. Gefüttert wird in sechs Blöcken. Pro Abteil dient jeweils eine Bucht als Versuchsbucht. In jedem Abteil wird eine Variante durchgeführt: a) Fütterung, b) Vernebelung, c) Fütterung + Vernebelung, d) Kontrolle.

Vernebelt wird mit einem Ultraschallvernebler (U Fun, Fa. BOGA, Soest), der als Prototyp fungiert. Der Nebel verteilt sich über ein Rohrsystem in die Zuluft der jeweiligen Versuchsbucht (Abb. 1). Der Vernebler bringt zwischen 07:00 und 21:30 Uhr halbstündlich aus (Nachtphase: alle zwei Stunden 30 Minuten). Ein Datenlogger (TGU-450 Tinytag Ultra 2, Fa. Gemini Data Loggers, Chichester, UK) misst Temperatur und Luftfeuchte. Die Zudosierung des Futterzusatzes erfolgt über einen Mikrodosierer (Fa. Tewe Elektronik, Vreden) zu Beginn jeden Futterblocks.

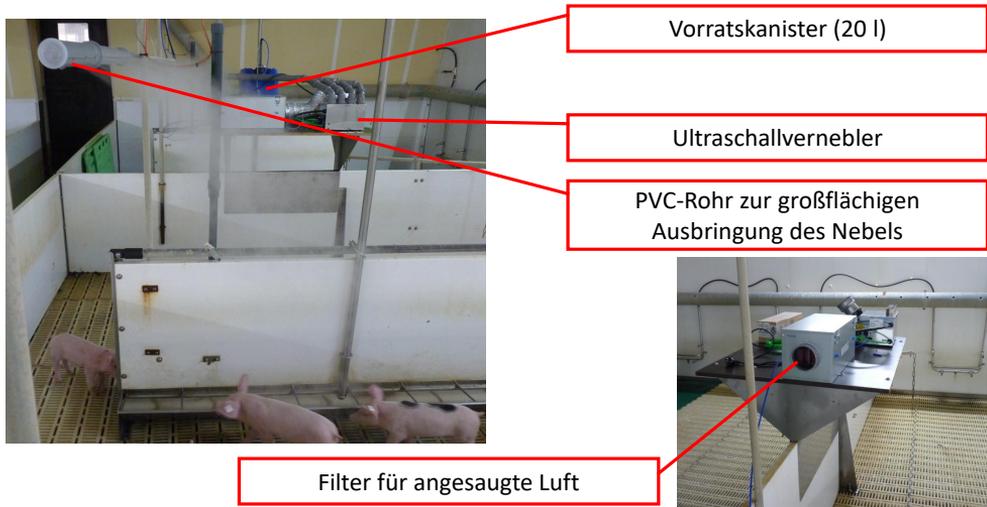


Abb. 1: Übersicht Ultraschallverneblungsanlage und Aufbau des Rohrsystems (© I. Kobusch)
 Fig. 1: Overview of ultrasonic fogging system and the pipe system (© I. Kobusch)

Ausgebracht wird eine Laktobazillus-Spezies (*Lactobacillus paracasei*) mit 1×10^{11} KBE/Bucht/Tag. Analysiert wird quantitativ die Gesamtkeimzahl (GKZ) (37 °C), coliforme Keime und Staphylokokken auf den Buchtentrennwänden. Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgen im Labor der FH SWF. Versuchsstart ist in allen Varianten der fünfte Tag nach Einstallung in die gereinigten, desinfizierten und vorgeheizten Abteile. Beprobet wird der Zustand vor Ausbringung des Kompetitivzusatzes („Beginn“), drei Wochen („Woche 3“) und sechs Wochen nach Einstallung („Woche 6“).

3 Ergebnisse

Der Ultraschallvernebler erzeugt geräuscharm unter den Bedingungen im geschlossenen und zwangsbelüfteten Stallabteil einen sehr feinen Nebel, der von der Zuluft getragen werden kann. Es ist kein Vernässen der Oberflächen feststellbar. Auch ein Auskühlen der jungen Tiere durch zu starke Benetzung der Haut kann nicht beobachtet werden. Bei der Messung von Klimadaten aus den betreffenden Abteilen macht sich ein kurzzeitiger Einfluss auf Luftfeuchte und Abteiltemperatur bemerkbar (Abb. 2).

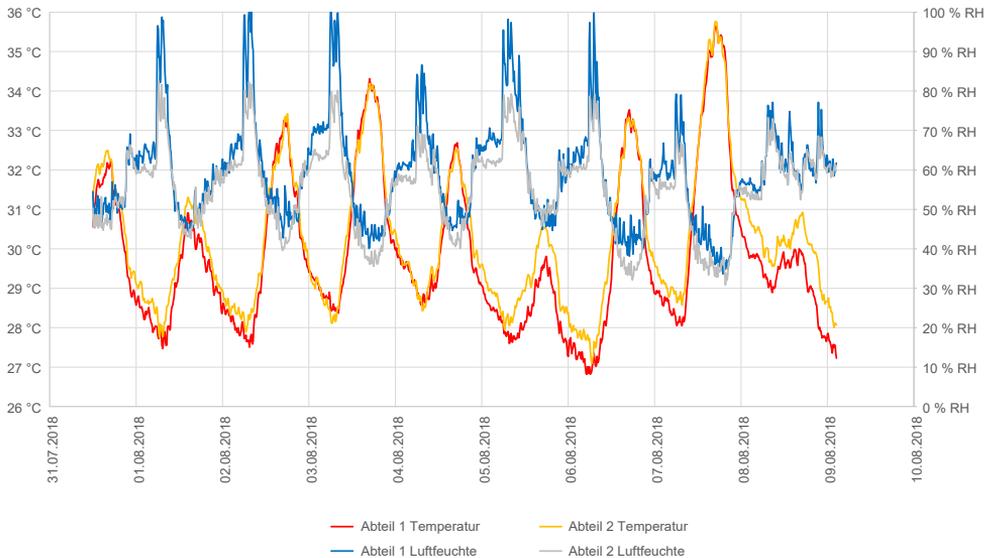


Abb. 2: Messung von Luftfeuchte und Temperatur in Stallabteilen (Abteil 1, Abteil 2) mit Vernebelung (© I. Kobusch)

Fig. 2: Measurement of humidity and temperature in compartments (compartment 1, compartment 2) with fogging (© I. Kobusch)

Bei den Oberflächenkeimen auf den Buchtentrennwänden kann bei der GKZ und den coliformen Keimen nicht in jedem Durchgang eine Veränderung zur Kontrolle festgestellt werden. Die Untersuchung auf Staphylokokken zeigt in den Versuchsvarianten in Woche 3 ein reduziertes Auftreten gegenüber den Kontrollgruppen. In Woche 6 ist dieser Effekt nicht wahrnehmbar.

4 Diskussion

Die Ausbringung der Laktobazillus-Spezies kann die Zusammensetzung des Mikrobioms von Oberflächen verändern (Dec et al. 2014). In diesen Untersuchungen erfolgt eine Ausbringung in Form einer kontinuierlichen Vernebelung und/oder Verfütterung. Der durch das Ultraschallgerät erzeugte Nebel, zeigte sich unter den gegebenen Bedingungen als grundsätzlich gut geeignet für den kontinuierlichen Einsatz im Tierbereich. Neben der Ausbringung von Kompetitivkeimen ist auch eine Ausbringung von Desinfektionsmitteln oder Substanzen zur Bindung von Staubpartikeln denkbar.

In den vorliegenden Analysen der Oberflächenkeime sind in der GKZ und den coliformen Keimen keine Veränderungen im Vergleich zur Kontrollvariante feststellbar. Bei den Staphylokokken ist ein Trend zur Reduktion erkennbar. Nachfolgende Studien könnten klären, ob eine Erhöhung der Laktobazillenkonzentration Veränderungen im Oberflä-

chenmikrobiom hervorruft. Darüber hinaus ist eine Ausbringung weiterer präbiotisch wirksamer Keime denkbar.

Literatur

GERMAP (2015): Bericht über den Antibiotikaverbrauch und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland. Antiinfectives Intelligence, Rheinbach, 2016, S. 132–142

Dec, M.; Puchalski, A.; Urban-Chmiel, R.; Wernicki, A. (2014): Screening of Lactobacillus strains of domestic goose origin against bacterial poultry pathogens for use as probiotics. *Poult. Sci.* 93, pp. 2464–2472

Danksagung und Förderhinweis

Diese Studien werden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert. Wir bedanken uns beim beteiligten Landwirt für die Zusammenarbeit.

Einfluss unterschiedlicher Lüftungssysteme auf das Aktivitäts- und Liegeverhalten laktierender Milchkühe unter Wärmelast

Influence of different ventilation systems on the activity and lying behavior of lactating dairy cows under heat load

JULIA HEINICKE, GUNDULA HOFFMANN, CHRISTIAN AMMON, THOMAS AMON

Zusammenfassung

Ziel der Studie war es, das Aktivitäts- und Liegeverhalten von laktierenden Milchkühen unter Hitzebelastung in den Sommermonaten zu analysieren. Dazu wurden zwei verschiedene Lüftungssysteme im Stall installiert und der Kühleffekt hinsichtlich des Aktivitäts- und Liegeverhaltens vergleichend untersucht. Die Studie wurde in einem natürlich belüfteten Milchviehstall in Brandenburg durchgeführt. Die Messungen mit Querlüftung von Ventilatoren wurden von Juni 2015 bis September 2016 durchgeführt. Im Jahr 2019 wurde eine Schlauchlüftung über den Liegeboxen installiert und die Daten wurden von Juni bis September erhoben. Das Stallklima wurde an acht Punkten im Stall gemessen und der durchschnittliche Temperatur-Feuchtigkeits-Index (THI) pro Tag berechnet. Der THI wurde verwendet, um die Wärmebelastung zu definieren, der die Kühe ausgesetzt waren. Die Aktivität und das Liegeverhalten der Milchkühe (n = 22) wurden mit IceTag3D™-Schrittzählern gemessen.

Im Allgemeinen zeigten die Ergebnisse eine Abnahme der Liegezeit pro Tag und der durchschnittlichen Liegedauer mit zunehmender Hitzebelastung. Außerdem nahm die Anzahl der Schritte zu. Der Vergleich der beiden Belüftungssysteme zeigte, dass die Verhaltensänderungen unter Schlauchlüftung in Abhängigkeit von der zunehmenden Wärmebelastung weniger stark ausfielen als unter Ventilatoren. Visuelle Beobachtungen deuteten auch darauf hin, dass die Kühe während der Messzeit mit der Schlauchlüftung homogener im Stall verteilt waren. Dies zeigt, dass die Schlauchlüftung einen besseren Kühleffekt hat und eine Alternative zur Ventilatoren sein könnte.

Summary

The objective of the present study was to analyze the activity and lying behavior of lactating dairy cows under heat load in the summer months. Additionally, two different ventilation systems were installed in the barn and the cooling effect regarding the activity and lying behavior was comparatively investigated. The study was conducted in a naturally ventilated dairy barn in Brandenburg, Germany. The measurements with cross ventilation of fans were carried out from June 2015 to September 2016. A tube ventilation system above the lying cubicles was installed in 2019 and data were collected from June to September. The barn climate was measured at eight points within the barn and

the average temperature-humidity index (THI) was calculated per day. The THI was used to define the heat load the cows were exposed to. The activity and lying behavior of the dairy cows (n = 22) was measured using IceTag3D™ pedometers.

In general, the results showed a decrease in the lying time per day and the average lying bout duration with increasing heat load. Furthermore, there was an increase in the number of steps. The comparison of both ventilation systems showed that the behavior changes under tube ventilation were less strongly than under fans depending on increasing heat load. Visual observations also indicated that the cows were more homogeneously distributed in the barn during the measurement time with the tube ventilation system. This indicates that the tube ventilation system has a better cooling effect and could be an alternative compared with fan ventilation.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Zuge des prognostizierten Klimawandels hat das Problem des Wohlbefindens und der Wärmebelastung von Milchkühen auch unter moderaten Klimabedingungen an Bedeutung gewonnen. Maßnahmen zur Erhöhung der Luftzirkulation im Stall und zur Intensivierung der konvektiven und evaporativen Wärmeabgabe der Kühe werden zunehmend eingesetzt. Ziel der vorliegenden Studie war es, das Aktivitäts- und Liegeverhalten von laktierenden Milchkühen unter Wärmebelastung in den Sommermonaten zu analysieren. Zusätzlich wurden zwei verschiedene Lüftungssysteme im Stall installiert, um den Kühleffekt anhand des Aktivitäts- und Liegeverhaltens zu vergleichen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in einem freigelüfteten Milchviehstall in der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung in Groß Kreutz durchgeführt. Der Liegeboxenlaufstall mit 51 Tiefliegeboxen und planbefestigten Laufgängen beherbergte im Schnitt 50 Kühe (1. bis 8. Laktation). Die durchschnittliche Milchleistung lag bei $40,7 \pm 6,8$ kg pro Tier und Tag. Die Messungen mit Querlüftung der Ventilatoren wurden von Juni 2015 bis September 2016 durchgeführt. Dabei waren zwei Ventilatoren über den Liegeboxen und ein Ventilator über dem Futtertisch montiert (Abb. 1). Im Jahr 2019 wurde eine Schlauchlüftung über den Liegeboxen sowie über dem Laufgang am Futtertisch installiert (Abb. 2) und es wurden Messdaten von Juni bis September erhoben.

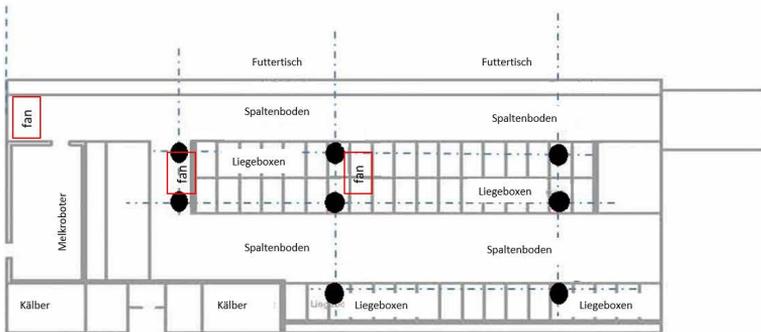


Abb.1: Grundriss des freigelüfteten Liegeboxenlaufstalls mit sichtbarer Positionierung der Ventilatoren (fan) und der Klimamesspunkte (●) (© ATB/Potsdam)

Fig. 1: Layout of the naturally ventilated barn with the position of the fan ventilation (fan) and the measurement points of the climate (●) (© ATB/Potsdam)

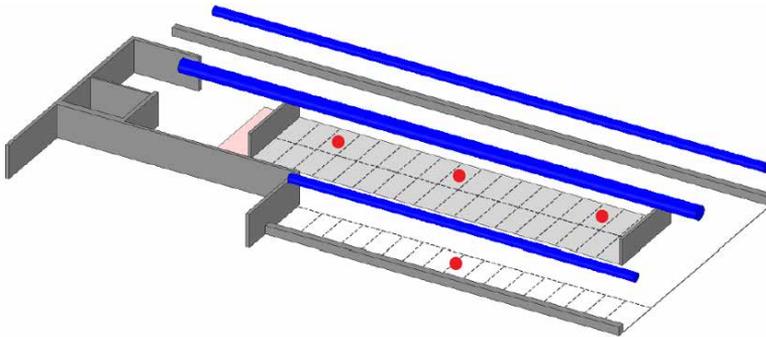


Abb.2: Grundriss des freigelüfteten Liegeboxenlaufstalls mit Darstellung der Lüftungsschläuche (© ATB/Potsdam)

Fig. 2: Layout of the naturally ventilated barn with the tube ventilation system (© ATB/Potsdam)

In jeweils 3,4 m Höhe über dem Boden wurde die Temperatur und relative Luftfeuchte in 10-Minuten-Intervallen an acht Messpunkten (Abb. 1) im Stall aufgezeichnet (Sensoren: EasyLog USB 2+, Lascar Electronics, Wiltshire, UK), um die herrschende Wärmelastsituation zu definieren. Für jeden Messpunkt wurde der Temperatur-Feuchte-Index (THI) nach der Formel der National Research Council (1971)¹ wie folgt berechnet und anschließend über alle Messpunkte gemittelt:

$$THI = (1,8 T + 32) - ((0,55 - 0,0055 \times H) \times (1,8 \times T - 26))$$

Die Formel beinhaltet die Temperatur (T) in °C und die relative Luftfeuchte (H) in %. Das Aktivitäts- und Liegeverhalten der Milchkühe (n = 22) wurde mit IceTag3D™-Sensoren (IceRobotics, Edinburgh, Schottland) gemessen, die am Hinterbein der Tiere

angebracht waren. Sie dokumentierten unter anderem die Bewegungsimpulse, die Gesamtliegedauer und die Liegeperiodendauer pro Tier und Tag.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten eine Abnahme der mittleren Liegedauer pro Tier und Tag (Ventilatoren: $10,5 \pm 0,3$ h; Schlauchlüftung: $11,5 \pm 0,5$ h) (Abb. 3) und der mittleren Liegeperiodendauer pro Tag mit zunehmender Wärmebelastung. Außerdem kam es zu einem Anstieg der mittleren Bewegungsimpulse. Der Vergleich der beiden Lüftungssysteme zeigte, dass die Verhaltensänderungen unter der Schlauchlüftung in Abhängigkeit von der zunehmenden Wärmebelastung weniger stark ausgeprägt waren als unter Ventilatoren ($p < 0,0001$). Visuelle Beobachtungen ließen vermuten, dass die Kühe während der Versuchsdauer unter dem Schlauchlüftungssystem außerdem homogener im Stall verteilt waren. Dies deutet darauf hin, dass das Schlauchlüftungssystem einen verbesserten Kühleffekt für die Kühe im gesamten Stallraum hat und eine Alternative zur zentralen Ventilatorlüftung darstellt.

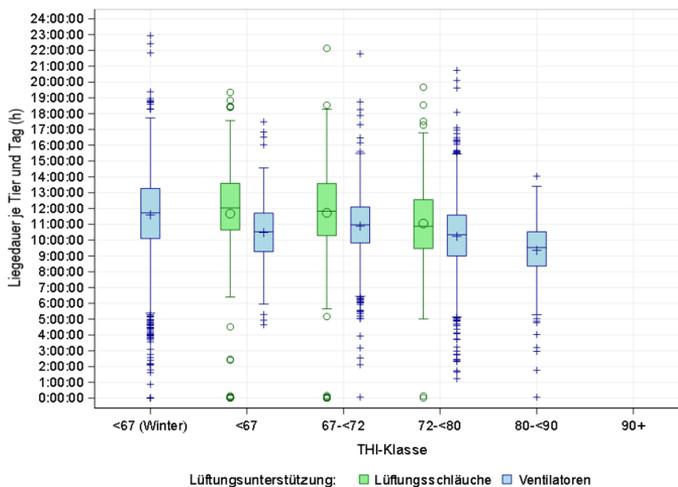


Abb. 3: Mittlere tägliche Liegedauer pro Tier in Stunden bei verschiedenen Wärmebelastungen (Temperatur-Feuchte-Index (THI) Klassen) und in Abhängigkeit vom Lüftungssystem (© ATB/Potsdam)
 Fig. 3: Average daily lying time per cow in hours under different heat load (temperature-humidity-index (THI) classes) and in relation to the ventilation system (© ATB/Potsdam)

4 Diskussion und Ausblick

Vorteil des Schlauchlüftungssystems ist die direkte Belüftung jeder einzelnen Liegebox, sodass der Kühleffekt der Konvektion gleichmäßig verteilt über die Liegeboxenreihen stattfindet. Somit sind die Tiere homogener im Stall verteilt und nutzen die Liegeboxen

vermehrt auch in den Sommermonaten. Nachteil ist die kostenintensive Anschaffung des Systems sowie die ansteigende Staubaufwirbelung aus den Liegeboxen in Abhängigkeit von den genutzten Einstreumaterialien.

Innerhalb eines derzeitig laufenden Projektes soll untersucht werden, wie sich das Stallklima und das Tierverhalten ändert, wenn die Luft aus den Lüftungsschläuchen zusätzlich gekühlt wird.

Literatur

National Research Council NRC (1971): A Guide to Environmental Research on Animals.
Natl. Acad. Sci., Washington, DC

Hygienische Herausforderungen und mögliche Lösungen bei der Mobilstall-Haltung von Legehennen

Hygienic challenges and possible solutions in mobile houses for laying hens

LORENA RIEKE, LUISA RAEDERSCHIEDT, FALKO KAUFMANN, ROBBY ANDERSSON,
NICOLE KEMPER

Zusammenfassung

In den letzten Jahren hat das Interesse an der mobilen Haltung von Legehennen als tier- und umweltgerechte Alternative zu Festställen stark zugenommen. Zur gleichen Zeit sind jedoch auch Herausforderungen ersichtlich geworden, vor allem hinsichtlich der Biosicherheit von Mobilställen. Gerade vor dem Hintergrund eines Tierseuchenausbruchs wie der Aviären Influenza stellt sich Mobilstallhaltern die Frage, wie sich Hygienemaßnahmen im Mobilstall am besten etablieren lassen. Dabei spielen Praktikabilität, Mobilität und Realisierbarkeit der Maßnahmen eine wichtige Rolle. Zudem stellt auch der fehlende Auslauf während einer Aufstallungspflicht die Betriebe vor eine Herausforderung, denn das Verhalten und die Tiergesundheit können sich in dieser Zeit ändern.

In einer Umfrage mit 20 Landwirten wurden deren Erfahrungen während des Geflügelpestausbruchs 2016/2017 erhoben. Auf dieser Grundlage wurde ein Prototyp eines Mobilstalls mit angrenzendem Wintergarten entwickelt, dessen Praktikabilität während zwei Durchgängen untersucht wurde. Die Ergebnisse der Erhebungen zur Tier- und Umweltgerechtigkeit werden in Managementempfehlungen für die Praxis resultieren.

Summary

Over the recent years, mobile houses for laying hens have gained increasing interest as an animal and environmental friendly alternative to static housing systems, but some challenges emerged at the same time. With regard to biosecurity, and especially in the event of an outbreak of an epizootic disease such as Avian Influenza, mobile houses face the challenge to establish hygienic measures. Especially reasons of practicability, mobility and economic feasibility have to be considered. Furthermore, the obligation to keep the birds exclusively indoors is challenging because both animal behaviour and health can be affected.

In a survey with 20 farmers, their experiences during the Avian Influenza outbreak in 2016/2017 were revealed. Based on these results, a modified mobile house with an adjacent winter garden was developed. Data on animal welfare and environmental aspects were assessed resulting in a management package.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Zahl der Mobilställe für die Legehennen-Haltung hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Die Haltung der Tiere in Mobilställen soll dabei dem Tier- und Umweltschutz Rechnung tragen und wird als tiergerechte Alternative zur konventionellen Legehennenhaltung in Festställen gesehen (Giersberg et al. 2017).

Neben den Vorteilen einer mobilen Haltung, wie ein angepasstes Auslaufmanagement und die Haltung kleiner Tierbestände, wurden in letzter Zeit auch vermehrt Herausforderungen beobachtet (Giersberg et al. 2017). Derzeit existieren nur wenige konkrete Handlungsempfehlungen in Bezug auf die vorbeugende Absicherung der Mobilställe gegen einen Erregereintrag oder die gesetzlich vorgeschriebenen Maßnahmen im konkreten und akuten Tierseuchenfall. Bei einem Tierseuchengeschehen kommt es ferner zu amtlich angeordneten Aufstallungspflichten, wodurch gerade Mobilställe vor Herausforderungen gestellt werden, da die Legehennen in Mobilställen den Auslauf besonders intensiv nutzen (Fach-AG Legehennen 2017). Durch den Wegfall des Auslaufs auf der Wiese und die reine Stallhaltung kann es zu Verhaltensstörungen kommen.

Daher ist Ziel des Projekts „Hyg-MobiLe – Mobilstallhaltung von Legehennen: Innovationen zur Umsetzung eines gesetzeskonformen Hygienemanagements in der Praxis“, die möglicherweise bestehenden Defizite aufzudecken und geeignete Maßnahmen zu etablieren, die zur Verbesserung der Tiergesundheit und Tierhygiene in Mobilställen beitragen.

2 Material und Methoden

2.1 Umfrage und Entwicklung eines Mobilstall-Prototyps

Zur Erfassung und Identifizierung praxisrelevanter Defizite im Umgang mit der Aufstallung wurde ein Fragebogen entwickelt und damit die Befragung von 20 Betriebsleitern durchgeführt. Dabei wurden vor allem aufgetretene Probleme und Erfahrungen der Landwirte bei der Aufstallung erfragt. Die Fragebögen wurden anschließend deskriptiv ausgewertet.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Befragung wurden Anforderungen an einen Mobilstall-Prototyp (Stallbau Weiland GmbH & Co. KG., Bad Sooden-Allendorf) mit integrierter Hygieneschleuse sowie an einen Wintergarten erarbeitet, der während der Zeit einer Aufstallung für die Legehennen zur Verfügung stehen kann.

2.2 Erhebungen zur Tiergerechtigkeit

Während zwei aufeinanderfolgenden Legehennendurchgängen wird der Mobilstall-Prototyp hinsichtlich der Tier- und Umweltgerechtigkeit untersucht.

Die Auswertungen des ersten Durchgangs sind bereits abgeschlossen. Dabei wurden zur Bewertung der Tiergerechtigkeit unter anderem Daten zu Leistungsparametern erhoben. Von der 18. bis zur 69. Lebenswoche (LW) wurden 310 Lohmann Brown Lite Hennen im Mobilstall gehalten, wobei es ab der 56. LW zu einer amtlich angeordneten Stall-

pflicht kam. Das Gewicht wurde alle 2 Wochen anhand einer repräsentativen Stichprobe von 50 Hennen erfasst. Die Daten wurden deskriptiv ausgewertet.

3 Ergebnisse

Als Hauptprobleme oder Unsicherheiten während des Geflügelpestausbruchs gaben die Betriebe das Hygienemanagement sowie die Tiergesundheit an. Im Durchschnitt mussten die Legehennen 3,5 Monate aufgestallt bleiben, sodass den Tieren während dieser Zeit nur begrenzter Platz zur Verfügung stand. Keiner der Betriebe hatte eine Hygieneschleuse am Mobilstall. Im überwiegenden Teil der Fälle wurde ein Kleider- und Schuhwechsel als Hygienemaßnahme durchgeführt.

Hinsichtlich des Verhaltens der Tiere gaben 87 % der befragten Betriebe an, dass sich das Verhalten der Legehennen während der Zeit der Aufstallung geändert hat. In mehr als der Hälfte der Fälle kam es zu Federpicken und Kannibalismus (Abb. 1).

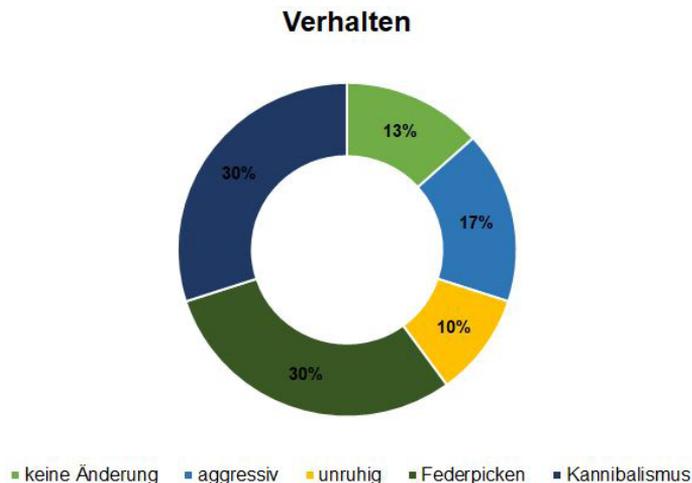


Abb. 1: Änderungen im Verhalten während einer Aufstallungspflicht (in % der befragten Betriebe)
(© L. Rieke)

Fig. 1: Behavioral changes during the obligation to keep the hens indoors (© L. Rieke)

Um diesen Problemen zukünftig entgegenzuwirken, wurde ein Mobilstall-Prototyp entwickelt und produziert, in dem eine fest installierte Hygieneschleuse integriert ist. Zudem wurde ein bereits bestehender Wintergarten so modifiziert, dass er den Tieren auch während einer Aufstallungspflicht als Auslauf und Funktionsbereich zur Verfügung stehen kann.

Die Leistungsdaten des ersten Durchgangs ergaben, dass sich die Legehennen im Mobilstall über den Soll-Vorgaben des Züchters für Lohmann Brown Lite Hennen (Loh-

mann Tierzucht) befanden. Legeleistung (Abb. 2 A) und Gewicht (Abb. 2 B) entwickelten sich auch während der angeordneten Stallpflicht über der Soll-Kurve, sodass von keiner Beeinträchtigung der Leistung der Tiere durch die Stallpflicht ausgegangen werden kann. Weitere Datenauswertungen werden im Beitrag präsentiert.

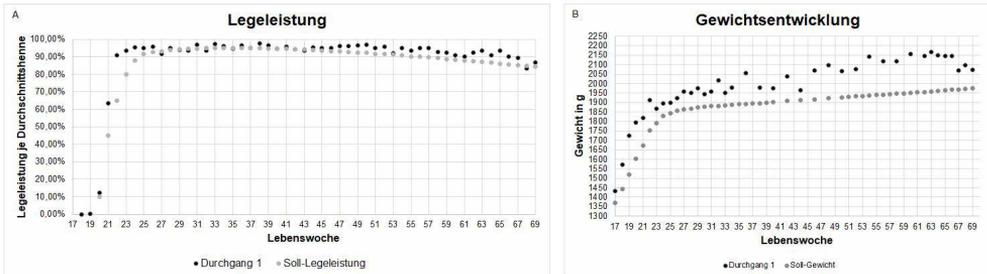


Abb. 2: A: Legeleistung des ersten Durchgangs je Durchschnittshenne in % im Vergleich zur Soll-Legeleistung, B: Gewichtsentwicklung der Tiere des ersten Durchgangs im Vergleich zum Soll-Gewicht, $n = 50$; beides aufgetragen nach Lebenswochen (© L. Rieke)

Fig. 2: A: Laying performance of the first period, B: weight of the hens during the first laying period; both in comparison with the breeder guidelines (© L. Rieke)

4 Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projekts wird neben den baulichen Anpassungen des Mobilstalls ein Hygienekonzept mit einem Managementpaket etabliert, dessen Schwerpunkt auf den allgemeinen und speziellen Hygienemaßnahmen unter Berücksichtigung der Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit liegt.

Weiterhin werden Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Tierwohls während einer amtlich angeordneten Aufstallung entwickelt.

Literatur

- Fach-AG Legehennen (2017): Tierschutzplan Niedersachsen (Stand 07.11.2017): Tierschutzfachliche Empfehlungen für Einrichtung und Betrieb eines Mobilstalles für Legehennen.
- Giersberg, M.; Spindler, B.; Kemper, N. (2017): Mobile houses for laying hens – both chance and challenge. XVIII ISAH Congress, Mazatlan, Sinaloa, Mexico

Förderhinweis

Die Förderung erfolgte aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank (Förderkennzeichen 28RZ3071).

Nutzung von Sitzstangen und erhöhten Ebenen in einem Aufzuchtssystem für Junghennen

Use of perches and elevated platforms in a rearing system for pullets

ANNA RIEDEL, SINA KÄSELAU, NICOLE KEMPER, BIRGIT SPINDLER

Zusammenfassung

Die Aufzucht von Legehennen gewinnt in der Diskussion um Tierwohl und tiergerechte Haltung von Nutztieren immer mehr an Bedeutung. Obwohl noch keine speziellen gesetzlichen Vorgaben in Deutschland existieren, ist dieser Zeitraum im Leben einer Legehenne in vielerlei Hinsicht entscheidend für die weitere Entwicklung der Tiere.

Im Projekt „LayerHACCP“ wurden zwei Junghennenherden verschiedener Genetiken (braun und weiß befiedert) über ihre Aufzucht hinweg in einem System mit höhenverstellbaren Sitzstangen und erhöhten Ebenen begleitet. Mittels Fotoaufnahmen durch Wildtierkameras wurden Beobachtungen zum Nutzungsverhalten der verschiedenen Strukturen im Stall gemacht.

Die weiße und braune Genetik unterschieden sich beim Nutzungsverhalten der Stangen und Ebenen. Außerdem zeigten sich tageszeitliche Präferenzen sowie eine steigende Nutzung der höherliegenden Strukturen mit zunehmendem Alter der Junghennen.

Summary

The rearing of pullets gains importance in the discussion about animal welfare and animal-friendly husbandry systems. Although there is no respective German legislation yet, this period in the life of a laying hen is decisive for the further development of the animals.

In the MuD animal welfare project „LayerHACCP“, two herds of pullets of different genetics (brown and white feathers) were monitored during their rearing in a system with perches and height-adjustable elevated platforms. Observations on the usage behaviour of the various structures in the husbandry system were performed via photos from wild-life cameras.

The white and brown genetic differed in the way they used the perches and platforms. In addition, time-of-day preferences and an increasing use of the higher structures with higher age of the rearing hens were observed.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Junghennenaufzucht bildet einen wesentlichen Baustein für das Gelingen der nachfolgenden Legehennenhaltung. Auch wenn derzeit keine speziellen rechtsverbindlichen Vorgaben zur Haltung von Junghennen in Deutschland existieren, fordert zumindest die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, dass Junghennen an das System zu gewöhnen sind, in das sie als spätere Legehennen einziehen. Dies ist gerade bei der Haltung von Legehennen in Voliersystemen von Bedeutung, da hier die Tiere gelernt haben müssen, die dritte Dimension zu nutzen, um sich sicher im System zu bewegen. Fehlt dieses Training, können mögliche Folgen verlegte Eier und ein erhöhtes Risiko von Federpicken und Kannibalismus sein (Gunnarsson et al. 1999).

Neben der praxisüblichen Aufzucht in stationären Volierenanlagen mit fest installierten Ebenen und Sitzstangen, existieren in der Praxis flexible Aufzuchtssysteme, die sich durch Ebenen und Sitzstangen auszeichnen, welche über ein Seilwindensystem altersgerecht in ihrer Höhe verstellt werden können. Die höhenverstellbaren Plateaus und Stangen sowie Tränke- und Wasserlinien auf verschiedenen Ebenen im System sollen ein optimales Training für die Junghennen bieten.

Wie gut die Raumnutzung durch die Junghennen erfolgt und ob Unterschiede zwischen einer weißen und einer braunen Legelinie bestehen, wurde im „Layer HACCP“-Projekt untersucht.

2 Material und Methoden

Zwei Gruppen mit jeweils 4.800 Junghennen wurden unter ökologischen Haltungsbedingungen in einem Stallgebäude unter gleichen Bedingungen aufgezogen. Dabei handelte es sich um eine weiß (Dekalb White, Hendrix Genetics CK Boxmeer, Niederlande) und eine braun (Bovans Brown, Hendrix Genetics, CK Boxmeer, Niederlande) befiederte Genetik. Das Stallsystem bestand aus einem NivoVaria-Aufzuchtssystem (Jansen Poultry Equipment, Barneveld, Niederlande) mit einer perforierten Basisfläche, auf der sich eine höhenverstellbare perforierte Ebene mittig, zwei übereinanderliegende perforierte Ebenen links und rechts der Basisfläche sowie diverse Sitzstangen befanden.

Zur Erfassung der Nutzung erhöhter Strukturen wurden Wildtierkameras (HomeVista, Firma SecaCam, Köln, Deutschland) an verschiedenen Positionen im Stall aufgehängt, welche im Zeitraum von 5:00 Uhr bis 20:00 Uhr alle 15 Minuten Fotoaufnahmen anfertigten und speicherten. In den Zeiträumen aus Lebenswoche (LW) 6–7 (Anfang Aufzucht), 11–12 (Mitte Aufzucht) sowie 16–17 (Ende Aufzucht) wurden je LW an zwei Tagen die Aufnahmen ausgewertet und die Anzahl der Tiere in den verschiedenen Bereichen ausgezählt. Insgesamt wurden drei Sitzstangen im unteren Bereich des Haltungssystems, drei in mittlerer Höhe sowie vier obere Sitzstangen ausgewertet (Abb. 1). Hinzu kam die höhenverstellbare Ebene mittig im Haltungssystem sowie die seitlich im System befindliche obere Ebene. Je Aufnahme wurde die Anzahl der Tiere auf 1 m Sitzstange bzw. auf 1 m² Ebene erfasst.

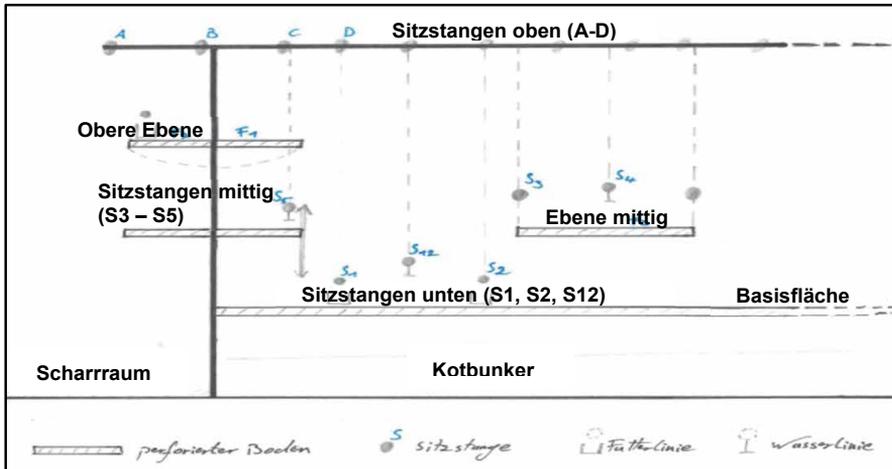


Abb. 1: Schematische Darstellung des Aufzuchtssystems (NivoVaria) mit den ausgewerteten Sitzstangen und Ebenen (© A. Riedel)

Fig. 1: Schematic representation of the rearing system (NivoVaria) with the evaluated perches and platforms (© A. Riedel)

3 Ergebnisse

Die Junghennen nutzten die Stangen und Ebenen unterschiedlich. Dabei zeigten sich Unterschiede in der Nutzung in Abhängigkeit von der Tageszeit, dem Alter der Tiere sowie der Genetik.

Tagsüber hielten sich die Tiere beider Genetiken vor allem auf den Ebenen auf, während die Sitzstangen mit bis zu 14 Junghennen/m Sitzstange (obere Sitzstangen am Ende der Aufzucht, weiß befiederte Junghennen) vermehrt in der Dunkelphase zum Aufbaumen genutzt wurden. Die Sitzstangen auf mittlerer Höhe wurden von beiden Genetiken im Vergleich zu den unteren Sitzstangen sowohl zu Beginn als auch in der Mitte der Aufzucht von mehr Tieren aufgesucht (Abb. 2). Die oben gelegenen Sitzstangen wurden am Ende der Aufzucht vornehmlich durch die weiß befiederten Junghennen angenommen (durchschnittlich 0,51 braun befiederte Junghennen/m gegenüber 6,60 weiß befiederte Junghennen/m). Die obere Ebene wurde, mit durchschnittlich maximal 4,73 Junghennen/m² (braun befiedert) bis zur Mitte der Aufzucht, von weniger Tieren aufgesucht als die höhenverstellbare Ebene in der Mitte der Anlage. Auf dieser wurden zu Beginn der Aufzucht durchschnittlich bis zu 38,46 Tiere/m² (weiß befiederte Junghennen) und in der Mitte der Aufzucht bis zu 29,90 Tiere/m² (weiß befiederte Junghennen) ermittelt (Abb. 3).

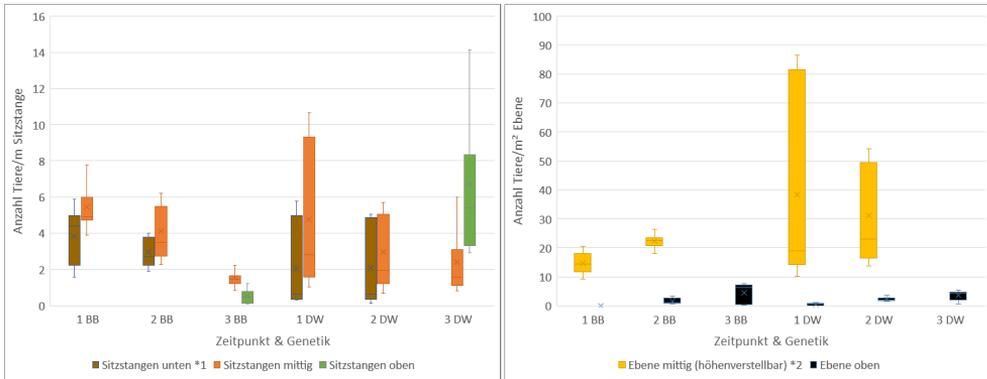


Abb. 2 und 3: Nutzung von Sitzstangen (2) und erhöhten Ebenen (3) durch Junghennen (braun und weiß befiedert) in einem NivoVaria-System im Verlauf der Aufzucht (Zeitpunkte 1–3: Anfang, Mitte und Ende der Aufzucht), *1 und *2: Auswertung erfolgte nicht am Ende der Aufzucht (© A. Riedel)

Fig. 2 and 3: Use of perches (2) and elevated platforms (3) by pullets (brown and white feathered) in a NivoVaria system during rearing (time points 1–3: beginning, middle and end of rearing), *1 and *2: evaluation did not take place at the end of rearing (© A. Riedel)

4 Diskussion

Die hier vorgestellte Untersuchung zeigt das Nutzungsverhalten von Sitzstangen und erhöhten Ebenen durch Junghennen in einer Volierenaufzucht mit flexiblen Strukturelementen. Die in der Hellphase vermehrte Nutzung von erhöhten Ebenen und das Aufsuchen von Sitzstangen vor allem zum nächtlichen Ruhen ist vergleichbar mit Erhebungen aus der Junghennenaufzucht in ausgestalteten Käfigen (Habinski et al. 2017), die auch einen genetischen Einfluss sowie einen Effekt des Alters auf die Nutzung von Sitzstangen durch Junghennen zeigten.

Damit zeigen die Untersuchungen, dass das System den Junghennen viele Möglichkeiten bietet, sich zu bewegen. Weiße Genetiken scheinen die Sitzstangen der obersten Ebene besser anzunehmen als braune Genetiken, die sich bevorzugt auf den Flächen aufhalten.

Literatur

- Gunnarsson, S.; Keeling, L.J.; Svedberg, J. (1999): Effect of rearing factors on the prevalence of floor eggs, cloacal cannibalism and feather pecking in commercial flocks of loose housed laying hens. *British Poultry Science* 40, pp. 12–18
- Habinski, A.M.; Caston, L.J.; Casey-Trott, T.M.; Hunniford, M.E.; Widowski, T.M. (2017): Development of perching behavior in 3 strains of pullets reared in furnished cages. *Poultry Science* 96(3), pp. 519–529

Förderhinweis

Das Projekt „LayerHACCP“ ist Teil der Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) Tierschutz in der Projektphase Wissen-Dialog-Praxis. Die Förderung 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) – FKZ: 2817MDT200/20.

Monitoring alternativer Ställe für Mastschweine

Monitoring of alternative housing systems for growing pigs

FRANZISKA PLANK, CHRISTINA JAIS

Zusammenfassung

Alternative Haltungssysteme für Mastschweine rückten jüngst zunehmend in den Fokus von Gesellschaft, Politik und Handel. Im Rahmen des Projekts wurden elf verschiedene Stallungen hinsichtlich ihrer Praktikabilität und ihrer Wirkung auf das Wohl der Tiere bewertet. Bei der Entscheidung für ein System müssen die Präferenzen des Betriebs, die Anforderungen der Vermarktung und die Folgen für die Arbeitsorganisation im Fokus stehen. Bedingt durch längere Arbeitswege und zusätzliche Tätigkeiten, wie Einstreuen und Entmisten, wurde für Routinearbeiten in den alternativen Systemen ein etwa 1,3- bis 6-facher Zeitbedarf relativ zum konventionellen Vergleichswert beobachtet. Die Sauberkeit der Buchten beeinflusste den Zeitaufwand, aber auch die Zufriedenheit des Betriebsleiters. Einige baulich-technischen Gestaltungsmerkmale sowie eine regelmäßige Reinigung zeigten eine positive Wirkung auf die Buchtensauberkeit.

Hinsichtlich des Tierwohlbeitrags zeigten sich keine klaren Unterschiede zwischen den Systemen.

Summary

Currently, alternative housing systems for growing pigs are getting in the focus of society, policy and retail. The aim of the project was to evaluate various representatives of such systems with regard to their practicability and their effect on animal welfare. The farmer's decision must be based on his preferences, marketing requirements and the consequences for work organization. Due to longer ways as well as to additional activities such as bedding and manure removal, time required for routine work was found to be 1.3-6 times higher than the conventional reference. Cleanliness of the pens influenced the time needed, but also the farmer's satisfaction. Some structural and technical features, as well as constant cleaning, showed a positive effect on cleanliness.

With regard to the contribution to animal welfare, there were no clear differences between the systems.

1 Einleitung und Zielsetzung

Während die Nutztierhaltung in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte hinsichtlich der Ressourceneffizienz erzielte, verliert die daraus resultierende Haltungsform an Akzeptanz. Die Forderung nach „mehr Tierwohl“ wird von Seiten der Gesellschaft und Politik zunehmend lauter (BMEL 2015, Winkel 2021). Auch der Lebensmitteleinzelhandel erkannte diese Entwicklung und führte im Jahr 2019 die Haltungskennzeichnung nach Haltungsform ein, um eine bessere Orientierung und Transparenz zu schaffen. Jüngst folgte die Verpflichtung einiger Systemteilnehmer, bis 2030 nur noch Frischfleisch aus Haltungsform 3 oder 4 zu beziehen. Als Resultat der aktuellen Entwicklung ergeben sich neue Anforderungen an zukunftsfähige Haltungssysteme. Neben dem Zugang zu verschiedenen Klimazonen, vorzugsweise Außenklima, werden Forderungen nach dem Angebot von Funktionsbereichen (inklusive Bodengestaltung) oder einem erhöhten Platzangebot lauter. Außerdem sollen das Angebot einer reizvolleren Umgebung und der Verzicht auf Amputationen realisiert werden (BMEL 2015).

Das Ziel der Arbeit bestand darin, die Funktionssicherheit verschiedener alternativer Schweinemastsysteme in Hinblick auf Technikeinsatz und Sauberkeit zu bewerten, ihre Wirkung auf Tierwohl und Arbeits erledigung einzuschätzen und darauf basierend Beratungsempfehlungen für die Praxis abzuleiten.

2 Material und Methoden

Das Monitoring wurde auf zehn Betrieben mit verschiedenen alternativen Haltungssystemen für Mastschweine in Bayern und Baden-Württemberg durchgeführt, wobei elf Buchtenvarianten einbezogen wurden. Zu den Auswahlkriterien zählten ein Zugang zum Außenklima oder Auslauf, ein erhöhtes Platzangebot, strukturierte Buchten mit Festflächenanteilen, sowie das Angebot von Stroh. Außerdem sollten Erfahrungen zu innovativen Techniken für die Entmistung und das Einstreuen abgefragt werden. Das Ergebnis der Betriebsakquise setzte sich wie folgt zusammen: 1 modifizierter Tiefstreu-stall, 1 Offenfrontstall, 3 Schweizer-Labelställe, 2 Schrägbodenställe, 2 PigPort 3-Ställe, 2 angepasste konventionelle Ställe.

Zunächst wurde für jedes Haltungssystem eine Beschreibung der baulich-technischen Details angefertigt. Die Datenerhebung erfolgte in einem vier- bis sechswöchigen Turnus und über einen Zeitraum von einem Jahr, sodass pro Betrieb zehn bis zwölf Besuche realisiert wurden. Im Fokus standen eine regelmäßige Befragung der Betriebsleiter zur Zufriedenheit, zum Arbeitszeitaufwand und zum Management sowie eine Bonitur der Buchten und Tiere. Für jeden Besuch wurden vier Buchten zufällig ausgewählt. In die Bewertung floss unter anderem die Funktionsfähigkeit ein, welche sich durch die Einhaltung der Buchtenstruktur und die Sauberhaltung des Liegebereichs charakterisierte (Jais und Niemi-Reichel 2006). Die Bewertung der tierbezogenen Indikatoren fand in Anlehnung an das WQAP (2009) und den KTBL-Leitfaden (KTBL 2016) statt.

3 Ergebnisse

3.1 Arbeitszeitaufwand

Zum Arbeitszeitaufwand für Routinearbeiten zählten neben der Tierkontrolle auch das Einstreuen und Entmisten. Als Referenzwert für konventionelle Stallungen wurde ein Wert von 0,15 bis 0,20 Stunden pro Mastplatz und Jahr bestimmt, welcher ausschließlich die tägliche Tierkontrolle beinhaltet (Kaase et al. 2007).

In den alternativen Stallungen überschritt der Zeitaufwand diesen Wert: In zwei Schweizer-Labelställen lag er mit 0,16 und 0,20 Stunden auf einem sehr niedrigen Niveau. Im dritten Schweizer-Labelstall wurden 0,67 Stunden pro Mastplatz und Jahr aufgewendet. Mit 0,25 und 0,33 Stunden pro Mastplatz und Jahr war der Zeitaufwand in den beiden PigPort 3-Ställen vergleichsweise gering. Die beiden Schrägbodenställe (0,30 und 0,50 Stunden pro Mastplatz und Jahr) unterschieden sich in ihrem zeitlichen Aufwand deutlich. Am höchsten war der Arbeitszeitaufwand mit je 1,10 Stunden pro Platz und Jahr im modifizierten Tiefstreustall und im Offenfrontstall. Die Unterschiede innerhalb und zwischen den Systemen lassen sich auf die Strohmenngen und die teilweise automatisierte Vorlage bzw. den vollständigen Verzicht von Stroh zurückführen und die Häufigkeit der händischen Entmistung im Liegebereich. Außerdem unterschied sich die Buchtensauberkeit zwischen den Ställen, sowie die Ansprüche der Betriebsleiter an die Sauberkeit der Festflächen insbesondere im Liegebereich. Im Tiefstreustall nahm die Entmistung mit dem Schlepper viel Zeit in Anspruch.

3.2 Buchtensauberkeit

Für jedes Haltungssystem wurde die Buchtensauberkeit der einzelnen Funktionsbereiche mittels 40 Einzelwerten je Betrieb ermittelt. Der Anteil der verschmutzten Fläche im Liegebereich variierte stark von Betrieb zu Betrieb, zeigte aber keinen klaren Bezug zum Stalltyp (Medianwerte je Betrieb zwischen 6,25 und 50,0 %).

Vielmehr schienen sich verschiedene Parameter positiv auf die Einhaltung der Funktionsbereiche auszuwirken. Dazu zählten neben baulichen Aspekten (Ausrichtung des Auslaufs nach Süden, einreihige Buchtenanordnung mit langen, schmalen Buchten) auch eine klare Differenzierung der Klimazonen und das Angebot von Mikroklimabereichen. Eine Strukturierung der Funktionsbereiche war durch eine Varianz der Bodenarten, Lichtverhältnisse, Strohmenngen oder klimatischen Bedingungen möglich. Besondere Herausforderungen stellten sehr heiße Phasen und die Übergangszeiten mit starken Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages dar. Betriebe, die auf eine trockene Futtervorlage setzten, waren von einer geringeren Buchtenverschmutzung im Liegebereich betroffen. Beim Auftreten von Verschmutzungen spielten verschiedene Managementaspekte eine Rolle (Reinigungsintervall, Strohmenngen).

3.3 Verletzungen und Teilverluste am Schwanz

Auf vier Mastbetrieben wurden ausschließlich unkupierte Ferkel eingestallt, der Anteil der Schweine mit Verletzungen am Schwanz variierte zwischen 8,9 und 18,0 %. Bei den Teilverlusten ergab sich eine Spannweite von 3,9 bis 37,7 %. Betriebe mit höheren

Anteilen an Verletzungen wiesen weniger Teilverluste auf und umgekehrt. Die Ursache für diesen konträren Verlauf von Verletzungen und Teilverlusten lässt sich mitunter auf den Zustand der Schwänze bei der Einstallung der Ferkel zurückführen, aber auch auf das rasche Handeln im Falle eines Beißausbruchs. Bei den kupierten Mastschweinen lag der Anteil der Tiere mit Schwanzverletzungen zwischen 0,0 und 3,3 %. Teilverluste traten nur selten auf.

4 Diskussion

In Bayern und Baden-Württemberg wurden verschiedene alternative Systeme für Mastschweine realisiert. Auch verschiedenste Techniken für die Entmistung und das Einstreuen wurden umgesetzt, um Arbeitszeit einzusparen. Sie zeigten sich teilweise als störungsanfällig und optimierungsbedürftig. Trotz eingesetzter Techniken ist mit einem höheren Zeitaufwand als im konventionellen System zu kalkulieren. Beeinflussend auf die Arbeitszeit wirken sich die Einhaltung der Funktionsbereiche und die Buchten-sauberkeit aus, da eine Nichteinhaltung eine händische Reinigung zur Folge hat. Es zeigte sich ein differenziertes Bild, da vor allem Betriebe mit hohen Ansprüchen an die Sauberkeit viel Arbeitszeit für die Reinigung investierten. Grundsätzliche Unterschiede zwischen den Stalltypen im Hinblick auf die Tiergerechtigkeit wurden nicht beobachtet.

Literatur

- BMEL (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin
- Jais, C.; Niemi-Reichel, P. (2006): Schweinemast in zwei unterschiedlich gestalteten Offenfrontställen. Vergleich einer Leichtbauhülle ohne Wärmedämmung mit einem Umbau in Ziegelbauweise. Hg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub
- Kaase, C., Braunreiter, C., Haidn, B. (2007): Großgruppenhaltung in der Schweinemast – Auswirkungen auf die Arbeitswirtschaft. In: Innovationen in der Schweinemast, Freising-Weihenstephan
- KTBL (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)
- Winkel, C. (2021): Zukunft der Nutztierhaltung: Stallbau im Spannungsfeld zwischen Tierwohl, Ökonomie und Gesellschaft. In: Internationale Reihe Agribusiness, Göttingen, Cuvillier Verlag
- Welfare Quality Consortium (2009): Welfare Quality Assessment protocol for pigs, Lelystad, Netherlands

Untersuchung der Ammoniakemissionen unter ressourceneffizienter Fütterung von Mastschweinen basierend auf Leistungsgruppen und Rohfaser ergänzter Rationen

Investigation of ammonia emissions under resource efficient feeding of fattening pigs based on performance groups and crude fibre supplemented diets

ALEXANDRA LENGLING, WOLFGANG BÜSCHER

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde ein neues ressourceneffizientes Fütterungskonzept für Mastschweine untersucht, welches auf körperkonditionsbasierten Leistungsgruppen und erhöhtem Rohfasereinsatz beruht. In mehreren Mastdurchgängen wurden Tiere einer Großgruppe anhand von Gewicht und Rückenspeck-Rückenmuskel-Verhältnis in 4 unterschiedliche Leistungsgruppen eingeteilt. Mittels Sortierschleusen und räumlich getrennter Fressbereiche erhielten die Tiere entsprechend ihrer Gruppenzugehörigkeit unterschiedliche Rationen, die sich im Rohfasergehalt unterschieden. Vergleichend wurden in Versuchs- und Kontrollgruppen Ammoniakemissionen (NH_3) gemessen. Die NH_3 -Emissionen konnten in den Sommermonaten in der Versuchsgruppe um bis zu 40 % gegenüber der Kontrollgruppe reduziert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass eine NH_3 -Reduktion und Ressourceneinsparung durch das untersuchte System möglich sind.

Summary

In the present study a new resource-efficient feeding concept based on body composition related performance groups and increased use of crude fibre was investigated. In several fattening periods, animals of a large group were divided into four different performance groups based on weight and backfat/backmuscle ratio. By means of sorting gates and spatially separated feeding areas, the animals received different diets according to their group affiliation. Diets differed in their crude fibre content. Ammonia (NH_3) emissions were measured in experimental and control groups, respectively. In the experimental group NH_3 -emissions were reduced by up to 40 % compared to the control group, especially during summer. Results show that NH_3 -reduction and resource efficiency can be achieved with the investigated system.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Deutschland entstammen 95 % der NH_3 -Emissionen der Landwirtschaft, wobei die Schweinehaltung den zweitgrößten Anteil einnimmt. Eutrophierung und Versauerung der Böden und Gewässer sind nur einige von vielen Auswirkungen der NH_3 -Emissionen auf die Umwelt. Neue Fütterungsstrategien in der Schweinemast bieten großes Potenzial, um den Stickstoffeintrag in die Umwelt zu reduzieren (LfU 2013). Bei bisherigen Konzepten der Phasenfütterung entspricht die Ration dem Bedarf des „Durchschnittstiers“ der Gruppe. Der individuelle Bedarf einzelner Tiere wird nur unzureichend berücksichtigt (Jeroch et al. 1999). Dies führt zu Über- bzw. Unterversorgung einzelner Tiere und somit zu einer Verschwendung von Ressourcen. In der vorgestellten Studie wurde ein neues Fütterungssystem für Mastschweine untersucht. Dieses beruht auf einer Einteilung der Tiere in körperkonditionsbasierte Leistungsgruppen (Reckels et al. 2020, Lengling et al. 2020). Mittels Sortierschleusen und räumlich getrennter Fressbereiche soll eine bedarfsgerechtere Fütterung ermöglicht werden, die täglich an den genauen Bedarf der Tiere einer Leistungsgruppe angepasst werden kann. Hierfür wurde der Zusammenhang verschiedener Rohfasergehalte und der Futteraufnahme einzelner Leistungsgruppen, sowie der Einfluss des erhöhten Rohfasergehalts auf die NH_3 -Emissionen untersucht. Die hier vorgestellten Ergebnisse beschränken sich einzig auf die Ergebnisse der NH_3 -Messungen. Mithilfe dieser Studie soll eine ressourceneffizientere Fütterung in der Mastschweinehaltung ermöglicht werden.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf einem Schweinemastbetrieb in Niedersachsen zwischen Oktober 2018 und August 2020 durchgeführt. Für die Messungen der NH_3 -emissionen standen zwei für Großgruppenhaltung konzipierte Stallgebäude (Stall I und II) zur Verfügung. Stall I verfügte über eine Fläche von ca. 556 m² mit 656 Tierplätzen; Stall II über eine Fläche von 585 m² und 700 möglichen Tierplätzen. Beide Ställe konnten für Versuchszwecke räumlich in zwei gleich große Abteile unterteilt werden. Jeder Stall war mit zwei Sortierschleusen (Hölscher + Leuschner GmbH und Co. KG, Emsbüren, Deutschland) ausgestattet, die den Aktivitäts- und Liegebereich mit je zwei räumlich getrennten Fressbereichen (Fressbereich „A“ und „B“) verbanden. Beide Ställe wurden zwangsbelüftet, mit Frischluftzufuhr entlang der Traufen und dezentraler Oberflur-Absaugung der Abluft. Insgesamt wurden 4 Mastdurchgänge durchgeführt. Versuchsdurchgang 1 (V_W) und Kontrolldurchgang 1 (K_W) im Winter; Versuchsdurchgang 2 (V_S) und Kontrolldurchgang 2 (K_S) im Sommer. Die Versuchsgruppen wurden jeweils in 4 Leistungsgruppen unterteilt. Alle Tiere wurden mit Ohrmarken zur individuellen Identifizierung ausgestattet und zunächst mithilfe der Sortierschleusen anhand des Körpergewichts in zwei räumlich getrennte Tiergruppen (50 % schwere und 50 % leichte Tiere) unterteilt. Anschließend wurde jede Gruppe auf Basis des Rückspeck-Rückenmuskel-Verhältnisses in je zwei Untergruppen unterteilt. Dieses wurde mit Ultraschallmessungen bestimmt (50 % fette

und 50 % magere Tiere) (Lengling et al. 2020, Reckels et al. 2020). Bei den Kontrollgruppen wurde mittels der Schleuse nur zwischen schweren und leichten Tieren unterschieden ohne räumliche Trennung der Gruppen. Alle Gruppen wurden ad libitum mit einer Flüssigfütterung gefüttert. Als Rohfaserquelle wurde in den Versuchsgruppen Triticale-Ganzpflanzensilage (GPS) eingesetzt. Die Rationen der Versuchsgruppen enthielten 2,5; 5,0; 7,5 und 10,0 % GPS in der Trockenmasse. Die Kontrollgruppen erhielten keine GPS. Die Versuchsrationen unterschieden sich lediglich in ihrem Rohfasergehalt. Während V_W wurden die Rationen in einem 6-Tage-Rhythmus rotierend in den 4 Fressbereichen gefüttert. Hierdurch sollte untersucht werden, wie sich die Futteraufnahme der unterschiedlichen Leistungsgruppen abhängig von unterschiedlichen Rohfasergehalten verändert. In V_S wurde jeder Leistungsgruppe konstant über die Mastperiode ein fester Rohfasergehalt gefüttert. Die Messungen der NH_3 -Konzentrationen erfolgten innerhalb und außerhalb der Ställe kontinuierlich mittels photoakustischer Infrarot-Spektroskopie (LumaSense Technologies A/S, Ballerup, Dänemark). Zur Berechnung der Emissionen wurden zusätzlich mittels Messventilatoren (Reventa GmbH, Horstmar, Deutschland) die Volumenströme erfasst.

3 Ergebnisse und Diskussion

Zum Vergleich der Ergebnisse wurden die Mastperioden in 3 Gewichtsabschnitte eingeteilt. Im Gesamtmittel waren die NH_3 -Emissionen im Winter geringer als im Sommer. Während V_W waren die NH_3 -Emissionen in Mittel- und Endmast signifikant niedriger als in K_W . In V_S konnte eine signifikante Reduktion der NH_3 -Emissionen um bis zu 40 % für alle Gewichtsabschnitte im Vergleich zu K_S festgestellt werden. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der NH_3 -Emissionsmessungen.

Tab. 1. Mittlere NH_3 -Emissionen ($g\ d^{-1}$ Großvieheinheit (GV) $^{-1}$) für die Versuchsdurchgänge V_W (Winter) und V_S (Sommer) und die dazugehörigen Kontrolldurchgänge K_W und K_S . ^{a, b, c, d} zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Durchgängen an ($p < 0,05$)

Tab. 1. Mean NH_3 -emissions ($g\ d^{-1}$ livestock unit (LU) $^{-1}$) the fattening periods in winter (V_W and K_W) and summer (V_S and K_S), respectively. ^{a, b, c, d} different letters indicate significant differences between the fattening periods ($p < 0.05$)

Gewichtsabschnitt in kg	NH_3 in $g\ d^{-1}\ GV^{-1}$			
	K_W	V_W	K_S	V_S
70–110	46,97 ^a	47,95 ^{ac}	80,45 ^b	49,00 ^{ac}
75–85	47,82 ^a	45,81 ^a	79,31 ^b	51,45 ^a
105–115	63,30 ^a	58,74 ^b	82,27 ^c	49,82 ^d

Philippe et al. (2015) berichten von vergleichbaren NH_3 -Reduktionen durch Rohfasereinsatz. Die stärkste Reduktion der NH_3 -Emissionen zeigte sich während der Endmast. Eine Regulierung der Futteraufnahme wirkt sich hier am stärksten aus (Lengling et al. 2020). Dies hängt mit dem sinkenden Proteinbedarf und der steigenden Futteraufnahme-

kapazität der Tiere zusammen (Jeroch et al. 1999). Während in V_W alle Leistungsgruppen abwechselnd mit verschiedenen Rohfasergehalten gefüttert wurden, wurden in V_S die Leistungsgruppen konstant mit einem festen Rohfaseranteil gefüttert. Frohwüchsige Tiere mit hoher Futterraufnahmekapazität erhielten über die gesamte Mast deutlich mehr Rohfaser als langsam wachsende, magere Tiere. Dadurch zeigt sich hier eine stärkere Reduktion der NH_3 -Emissionen im Vergleich zur Kontrolle. Die NH_3 -Konzentrationen im Stall der Versuchsgruppen waren im Mittel niedriger als in den Kontrollgruppen. Die größten Konzentrationsunterschiede von bis zu 39 % zeigten sich auch hier während der Endmast. In Deutschland dürfen in Schweineställen NH_3 -Konzentrationen von 20 ppm nicht überschritten werden (TierSchNutzTV 2021). Besonders im Winter, wenn weniger gelüftet wird (Jungbluth et al. 2017) und während der Endmastphase in der die NH_3 -Konzentrationen im Stall signifikant höher liegen als zu Beginn der Mast (Philippe et al. 2015), ist aus Tierschutzgründen darauf zu achten diese Vorgaben einzuhalten. Durch das getestete Fütterungssystem konnten die Vorgaben jeder Zeit eingehalten werden und gegenüber der Kontrolle vor allem in der Endmast reduziert werden. Somit kann das neue Fütterungskonzept sowohl positiv hinsichtlich der Umweltwirkung bezogen auf Ammoniak als auch positiv im Hinblick auf das Tierwohl bewertet werden.

Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2013): UmweltWissen – Schadstoffe. Ammoniak und Ammonium
- Jeroch, H.; Drochner, W.; Ortwin, S. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. Stuttgart
- Jungbluth, T.; Büscher, W.; Krause, M. (2017): Technik Tierhaltung. Stuttgart
- Lengling, A.; Reckels, B.; Schwennen, C.; Hölscher, R.; Waldmann, K.-H.; Visscher, C.; Büscher, W. (2020): Validation of a New Resource-Efficient Feeding System for Fattening Pigs Using Increased Crude Fiber Concentrations in Diets: Feed Intake and Ammonia Emissions. *Animals* 10(3), 497, <https://doi.org/10.3390/ani10030497>
- Philippe, F.-X.; Laitat, M.; Wavreille, J.; Nicks, B.; Cabaraux, J.-F. (2015): Effects of a high-fibre diet on ammonia and greenhouse gas emissions from gestating sows and fattening pigs. *Atmospheric Environment* 109, pp. 197–204
- Reckels, B.; Hölscher, R.; Schwennen, C.; Lengling, A.; Stegemann, U.; Waldmann, K.-H.; Visscher, C. (2020): Resource-Efficient Classification and Early Predictions of Carcass Composition in Fattening Pigs by Means of Ultrasound Examinations. *Agriculture* 10(6), 222, <https://doi.org/10.3390/agriculture10060222>
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzTV) 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

Förderungshinweis

Das Projekt „RESAFE-Pig“ wurde gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (33449/01-36). Projektpartner sind der Hersteller für Stalleinrichtungen Werner und Richard Hölscher GbR und die Tierärztliche Hochschule Hannover.

Einfluss einer Nachrüstlösung zur stallinternen Ansäuerung von Flüssigmist auf Ammoniak- und Methanemissionen aus einem Schweinemaststall

Impact of a retrofit in-house acidification of slurry on ammonia and methane emissions from fattening pig barn

VERONIKA OVERMEYER, MANFRED TRIMBORN, JOACHIM CLEMENS, RICHARD HÖLSCHER, WOLFGANG BÜSCHER

Zusammenfassung

Die stallinterne Ansäuerung von Flüssigmist, welche in Dänemark schon weit verbreitet ist, stellt auch für Deutschland eine mögliche Maßnahme zur Reduktion der Ammoniakemissionen dar. Diese Technik wird derzeit allenfalls nur beim Neubau von Stallanlagen integriert, häufig in Verbindung mit flachen Flüssigmistkanälen.

In dieser Studie wurde untersucht, wie groß die Minderung der Ammoniak- und Methanemissionen über den gesamten Mastdurchgang ist, wenn dieses System in Schweineställe mit Flüssigmistlagerung unter dem Spaltenboden nachgerüstet wird. Durch die Ansäuerung des Flüssigmistes von Mastschweinen konnte eine Reduktion der Ammoniakemissionen um etwa 40 % sowie von 67 % bei den Methanemissionen im Vergleich zum Referenzabteil ohne Ansäuerung festgestellt werden. Auf diese Weise konnte das Stallklima für das Stallpersonal sowie die Tiere deutlich verbessert werden. Gleichzeitig wirken sich die verminderten Emissionen positiv auf die Umwelt und den Klimaschutz aus.

Summary

In-house acidification of slurry, already a common practice in Denmark, is also a possible measure for reducing ammonia emissions in Germany. This technology is currently only installed in the construction of new livestock buildings, often used in combination with flat slurry channels.

This study investigated the extent of the reduction in ammonia and methane emissions over an entire fattening period when this system is retrofitted to pig houses with slurry storage under the slatted floor.

By acidifying the slurry of fattening pigs, a reduction of about 40 % in ammonia emissions and of 67 % in methane emissions was observed compared to the reference compartment without acidification. In this way the barn air quality for the staff as well as the animals could be considerably improved. At the same time, the reduced emissions have a positive effect on the environment and climate protection.

1 Einleitung und Zielsetzung

Eine Möglichkeit zur Reduktion der Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung ist die stallinterne Ansäuerung von Flüssigmist, die in Dänemark bereits häufig praktiziert wird (Fangueiro et al. 2015). Diese wird allerdings oftmals nur beim Neubau von Stallanlagen integriert. Auf Grund der gesetzlichen Vorschriften ist derzeit eine stallinterne Ansäuerung des Flüssigmistes in Deutschland nur unter besonderen Auflagen möglich (Overmeyer et al. 2019). Bei der stallinternen Ansäuerung wird durch die Absenkung des Flüssigmist-pH-Wertes das Gleichgewicht zwischen Ammonium (NH_4^+) und gelöstem Ammoniak (NH_3) verschoben, sodass eine Ammoniakverflüchtigung minimiert werden kann (Giner Santonja et al. 2017). Andere Studien berichten zusätzlich von verringerten Methanemissionen (CH_4) während der Lagerung von angesäuertem Flüssigmist (Berg et al. 2006, Petersen et al. 2016).

Das Ziel dieser Studie ist es, die Auswirkungen einer stallinternen Ansäuerung des Flüssigmistes in einem Schweinemaststall auf die NH_3 - und CH_4 -Emissionen zu untersuchen. Dabei soll die nötige Technik zur Ansäuerung des Flüssigmistes eine Nachrüstlösung für typische Stallanlagen sein, bei denen die Flüssigmistkanäle unter dem Spaltenboden als Zwischenlager bis zum Ende der Mastperiode dienen.

2 Material und Methoden

Auf dem Campus Frankenforst der Universität Bonn wurden im Zeitraum vom 4. März bis 20. Mai 2020 (1. Durchgang), 18. Juni bis 11. September 2020 (2. Durchgang) und 10. Juni bis 8. September (3. Durchgang) jeweils 64 Mastschweine in 2 Abteilen (2 x 32 Tiere) gehalten. Die Abteile waren mit jeweils 4 Buchten (je Bucht 8 Tiere) und Teilspaltenboden baugleich. Mehrmals wöchentlich wurde ein Teil des Flüssigmistes aus dem Versuchsabteil in einen externen Prozessbehälter gepumpt. In dem Prozessbehälter wurde der pH-Wert des Flüssigmistes mithilfe einer pH-Sonde gemessen und bei Bedarf durch Schwefelsäure (56 %) angesäuert. Der Ziel-pH-Wert im Flüssigmistkanal lag bei 5,5. Der angesäuerte Flüssigmist wurde im Anschluss an den Ansäuerungsprozess in den Flüssigmistkanal zurückgepumpt.

Da im ersten Mastdurchgang die Ansäuerung des Flüssigmistes nicht direkt ab dem Einstalltag der Schweine erfolgen konnte, wird für diesen Durchgang nur der Zeitraum ab 72 kg Lebendgewicht der Tiere berücksichtigt (Flüssigmist-pH-Wert 5,5). Im zweiten und dritten Durchgang wurde der Flüssigmist im Vorfeld auf pH 5,5 angesäuert, sodass bereits bei der Einstellung der Tiere eine deutliche Reduktion des pH-Wertes im Flüssigmist gewährleistet werden konnte. Alle Flüssigmistkanäle wurden vor jedem Mastdurchgang bis auf eine technische Restmenge entleert.

Zur Erfassung der NH_3 - und CH_4 -Emissionsmassenströme wurde die Schadgaskonzentration in der Abluft des Referenz- und Versuchsabteils (C_{inside} in g kg^{-1} Luft) sowie in der Zuluft (C_{outside} in g kg^{-1} Luft) mithilfe der photoakustischen Infrarotspektroskopie gemessen. Weiterhin wurde der Abluftmassenstrom (D in kg Luft h^{-1}) durch Messven-

tilatoren und Temperatursensoren bestimmt. Der Emissionsmassenstrom (E_{Gas} in g h^{-1}) wurde anhand folgender Gleichung berechnet:

$$E_{\text{Gas}} = D \times (C_{\text{inside}} - C_{\text{outside}})$$

Im weiteren Verlauf wird der Emissionsmassenstrom je Stunde und Tier betrachtet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Durch die Ansäuerung des Flüssigmistes im Versuchsabteil konnten die NH_3 -Emissionen um etwa 40 % im Vergleich zum Referenzabteil gesenkt werden (Tab. 1). In anderen Untersuchungen konnten Minderungsraten von bis zu 70 % erreicht werden (Kai et al. 2008). Da nach Modellkalkulationen von Janssen und Krause (1987) weniger als 25 % der Ammoniakabgaben an die Stallluft in einem Mastschweinegestall direkt von dem Flüssigmist ausgehen, können weitere Einflussfaktoren wie die Tier- oder Buchtenverschmutzung ebenfalls die Minderungsraten beeinflusst haben.

Tab. 1: Mittlere NH_3 - und CH_4 -Emissionen je Stunde und Tier ($\text{mg h}^{-1} \text{Tier}^{-1}$) im Referenz- sowie Versuchsabteil mit Ansäuerung des Flüssigmistes

Tab. 1: Mean NH_3 and CH_4 emissions per hour and animal ($\text{mg h}^{-1} \text{animal}^{-1}$) in the reference and experimental compartment with acidification of the slurry

Gas	Durchgang	Referenzabteil	Versuchsabteil	Veränderung absolut	Veränderung prozentual
Ammoniak (NH_3)	1. Durchgang (72 bis 111 kg)	792	452	- 340	- 43 %
	2. Durchgang (29 bis 112 kg)	592	348	- 244	- 41 %
	3. Durchgang (29 bis 110 kg)	588	392	- 196	- 33 %
Methan (CH_4)	1. Durchgang (72 bis 111 kg)	572	257	- 315	- 55 %
	2. Durchgang (29 bis 112 kg)	871	305	- 566	- 65 %
	3. Durchgang (29 bis 110 kg)	1192	241	- 951	- 80 %

Die CH_4 -Emissionen konnten durch die nachgerüstete Ansäuerungstechnik um durchschnittlich 67 % gemindert werden (Tab. 1). Trotz des angesäuerten Flüssigmistes, der auch weiterhin in den Flüssigmistkanälen des Abteils gelagert wurde, kam es zu einer starken Reduktion der CH_4 -Emissionen. Andere Autoren berichten von einer Reduktion der CH_4 -Emissionen um 50 % bei einer stallinternen Flüssigmistansäuerung im Schweinegestall (Petersen et al. 2016).

4 Schlussfolgerung

Die stallinterne Ansäuerung von Flüssigmist kann auch als Nachrüstlösung mit Lagerung des angesäuerten Flüssigmistes unter dem Tierbereich zu einer deutlichen Minderung der NH_3 - als auch CH_4 -Emissionen in der Tierhaltung beitragen. Sie hat gegenüber der Ansäuerung in nachgelagerten Bereichen den Vorteil, dass die Emissionen der gesamten Prozesskette von der Entstehung im Stall über die Lagerung bis zur Ausbringung des Flüssigmistes gemindert werden und darüber hinaus durch ein verbessertes Stallklima bessere Arbeitsbedingungen für das Stallpersonal als auch eine Förderung des Tierwohls realisiert werden können.

Literatur

- Berg, W.; Türk, M.; Hellebrand, H.J. (2006): Effects of Acidifying Liquid Cattle Manure with Nitric or Lactic Acid on Gaseous Emissions. Workshop on Agricultural Air Quality. Washington D.C USA, (Juni 2006), pp. 492–498
- Fangueiro, D.; Hjorth, M.; Gioelli, F. (2015): Acidification of animal slurry – a review. *Journal of environmental management* 149, pp. 46–56
- Giner Santonja, G.; Georgitzikis, K.; Delgado Sancho, L.; Scalet, B.M.; Roudier, S.; Montobbio, P. (2017): Best Available Techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Luxembourg
- Kai, P.; Pedersen, P.; Jensen, J.E.; Hansen, M. N.; Sommer, S.G. (2008): A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy* 28(2), pp. 148–154
- Janssen, J; Krause, K.-H. (1987): Stallinterne Beeinflussung der Gesamtemission aus Tierhaltungen. *Grundlagen der Landtechnik* 37(6), S. 213–220
- Overmeyer, V.; Trimborn, M.; Clemens, J.; Büscher, W. (2019): Stallinterne Ansäuerung von Flüssigmist in der Schweinehaltung – Stand der Technik. In: 14. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der Nutztierhaltung 2019, S. 63–68
- Petersen, S.O.; Hutchings, N.J.; Hafner, S.D.; Sommer, S.G.; Hjorth, M.; Jonassen, K. E. (2016): Ammonia abatement by slurry acidification: A pilot-scale study of three finishing pig production periods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 216, pp. 258–268

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 zur Innovationsförderung (FKZ: 281B102316).

Stickstoffeffizienz in der Mutterkuhhaltung

Nitrogen efficiency of beef suckler cows

HEIKO SCHOLZ, PETRA KÜHNE, GERD HECKENBERGER

Zusammenfassung

Die Stickstoffeffizienz ist definiert als die Menge N in Milch oder Fleisch in Bezug zur aufgenommenen Menge. Eine Optimierung der Kennzahl bewirkt neben der möglichen Erhöhung der Produktivität ein hohes Potenzial zur Senkung der Ausscheidungen. Während der Kalbperiode (2 Wochen ante partum bis 4 Wochen post partum) wurden insgesamt 14 Mutterkühe in die Analyse einbezogen und deren Futteraufnahme tierindividuell erfasst. In den Untersuchungen wurden 3 Rationen im Stall (TMR, lange und kurze Grassilage) sowie die Weideperiode analysiert. Durch die differenzierten Rationen in der Stallfütterung ergaben sich veränderte TM-Aufnahmen der Kühe, die von 14,8 kg TM/d bei langer Grassilage, 16,9 kg TM/d bei der kurzen Grassilage bis zu 17,7 kg TM/d bei der TMR-Variante reichte. Während der Weideperiode konnte die Futteraufnahme nicht erfasst werden. Im Mittel konnte eine Stickstoffeffizienz von 21 % ermittelt werden, die von 18 % (Weide) bis 24 % (kurze Grassilage) variierte. Während der Weideperiode zeigte sich ein deutlicher Anstieg der Ausscheidungen an Stickstoff über den Harn der Mutterkühe, was insbesondere bei einer geringen XP-Versorgung in der Stallperiode im Mai sehr deutlich wurde.

Summary

Nitrogen-use-efficiency (i. e., N-efficiency) is defined as percentage of feed nitrogen (N) that is converted into milk and meat protein. Optimizing N-efficiency has the potential to improve the productivity of livestock systems while reducing their environmental impact. During calving period (2 weeks antepartum and 4 weeks postpartum), 14 beef cows were monitored for daily feed intake. Group 1 received a Total Mix Ration (TMR). Group 2 received ad libitum grass silage cut to two different chop lengths (15 % CP; 27 % crude fiber). Mean TMR intake was 17.7 kg DM/d. Intake of grass silage was 14.8 kg DM/d (> 10 cm chop length) and 16.9 kg DM/d (\leq 2 cm chop length), respectively. Feed intake during the grazing season was not measured. Average N-efficiency of suckler cows was 21 %, calculated as milk protein outcome in relation to the feed intake of crude protein or nitrogen per cow and day. The highest N-efficiency was found by feeding the short grass silage. During the grazing season (pasture) was found the lowest N-efficiency while the losses in urine was increased highly.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die europäische Landwirtschaft ist bestrebt, die Effizienz des Einsatzes an Ressourcen (zum Beispiel Stickstoff, aber auch Energie) weiter zu optimieren, um die Produktionskosten und Umweltbelastungen weiter zu reduzieren. Um die Stickstoffeffizienz beschreiben zu können, verwendet die OECD einen Agrar-Umwelt-Indikator, der auf einer Betrachtung des Inputs und des Outputs basiert (Brentrup und Palliere 2010). So werden im Ackerbau bei Raps und Getreide mittlere Raten der Umwandlung von gedüngtem Stickstoff zu den N-Ertrag der Kulturen zwischen 65 % und 87 % angegeben (Dubois et al. 2012). Dagegen können bei den landwirtschaftlichen Nutztieren sehr differenzierte Effizienzen ermittelt werden (Flachowsky et al. 2008, Menzi 2008). In der Mutterkuhhaltung für die Kalkulationen der Emissionen noch hinzu, dass durch den „doppelten Transformations-Verlust“ (Weidefutter zu Milch und Milch zu Kalbfleisch) auf dann 2 Ebenen die Emissionen zu bewerten sind (Dämmgen et al. 2015). Ziel der vorliegenden Untersuchungen war die Ermittlung der Effizienz der Umsetzung des Stickstoffes bei Mutterkühen im Verlauf eines Jahres mit differenzierten Fütterungsansätzen.

2 Material und Methoden

Die Futtermittelaufnahme der Mutterkühe wurde über Einzelfuttertröge in der LLG Iden erfasst und täglich erfasst. Analysen der Rationen in der LKS Lichtenwalde im wöchentlichen Intervall ermöglichen die Abschätzung der Menge an Stickstoff je Mutterkuh und Tag. Aus den Erfassungen der Verluste an Stickstoff über den Kot (gesammelte 24-h-Kotmenge \times N-Gehalt im Kot) und den Harn (kreatininbasierte Schätzung der Harnmenge je Kuh und Tag sowie der N-Gehalt im Harn) können die Effizienzen des Stickstoffs kalkuliert werden. Die Milchleistungen der Mutterkühe wurde über die Methode Wiegen-Säugen-Wiegen erfasst und kalkuliert, wobei die Analyse der gewonnenen Milchproben auf die qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe erfolgte. Es konnte je nach System der Fütterung eine Milchleistung der Mutterkühe von im Mittel 15–18 kg/d dokumentiert werden.

3 Ergebnisse

Für alle Auswertungen wurde ein Erhaltungsbedarf der Mutterkühe von 85 g Rohprotein je Kuh und Tag nach den Empfehlungen der DLG (2009) unterstellt. Aus der Milchmenge und dem Gehalt an Milcheiweiß wurde die Menge an Stickstoff berechnet, die je Kuh und Tag für die Milchproduktion verwendet wurde. Dabei zeigte sich, dass diese Stickstoffmenge in der Milch von 76 g N je Tag bei der langen Grassilage bis 93 g N/d bei der TMR variierte. Die über den Erhaltungsbedarf und den Bedarf für die Milchproduktion hinausgehenden Mengen an Stickstoff wurden als „Verlust/Ansatz“ kalkuliert und variieren deutlich. In der Weideperiode konnte eine Menge an Stickstoff für „Verlust/Ansatz“ von 383 g je Kuh und Tag kalkuliert werden und stellt daraufhin den höchsten Wert

aller geprüften Varianten dar. Dagegen konnte bei den trockenstehenden Mutterkühen mit 130 g je Mutterkuh und Tag der geringste Wert für den Verlust oder auch Ansatz ermittelt werden (Abb. 1). Die Effizienz des Stickstoffs kann bei den Fütterungsverfahren eine Variation von 20 % bis 24 % aufweisen (Tab. 1). Während der Weideperiode wurden im Mittel 18 % des Stickstoffs in der Milch wiedergefunden, was aber in den einzelnen Monaten sehr großen Schwankungen unterlag. Abbildung 2 zeigt die sehr hohen N-Ausscheidungen über den Harn zu Beginn der Weideperiode, wenn in der Stallperiode der Gehalt an Rohprotein unterhalb des Bedarfswertes lag.

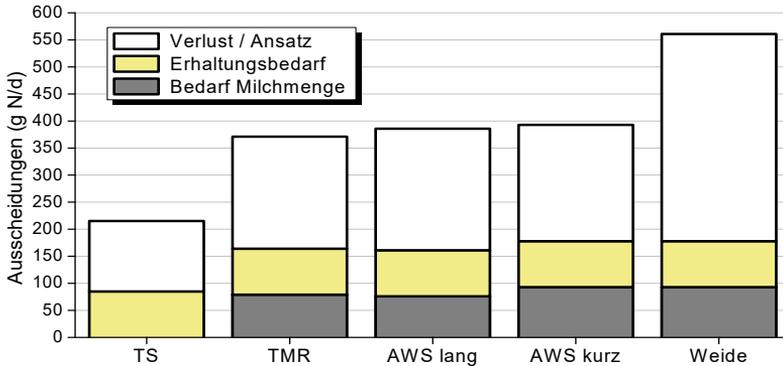


Abb. 1: N-Effizienz der Mutterkühe während der Stallperiode (TS = Trockensteher; TMR = Totale Mischration; AWS lang = lange Grassilage; AWS kurz = kurze Grassilage; TMR+AWS = p.p.) und der Weideperiode
 Fig. 1: Nitrogen efficiency of beef suckler cows during winter feeding and grazing season

Tab. 1: Stickstoffeffizienz der Mutterkühe in den geprüften Varianten
 Tab. 1: Nitrogen-use-efficiency of suckler cows in different variations

Variante	TS	TMR	AWS lang	AWS kurz	Weide
N-Effizienz	-	21 %	20 %	24 %	18 %

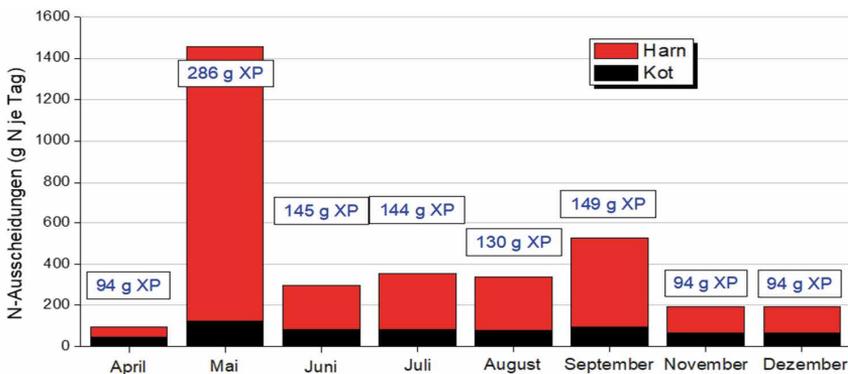


Abb. 2: Ausscheidungen an Stickstoff über Kot und Harn in unterschiedlichen Monaten
 Fig. 2: Output of nitrogen in faeces and urine in different months

4 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen können für die Effizienz des Stickstoffes bei Mutterkühen folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Für die Menge des über die Milch abgegebenen Stickstoffs gegenüber der Menge des aufgenommenen Stickstoffes konnte eine N-Effizienz von 18 % auf der Weide bis 24 % bei kurzer Grassilage ermittelt werden.
- Eine deutliche Erhöhung der Stickstoffausscheidungen kann während der Weideperiode beobachtet werden, was vor allem aus den erhöhten Gehalten an Stickstoff im Harn zu begründen sein dürfte.

Literatur

- Brentrup, F.; Palliere, C. (2010): Nitrogen Use Efficiency as an Agro-Environmental Indicator. OECD workshop „Agri-environmental indicators: lessons learned and future directions“, 23-26 March 2010, Leysin, Switzerland
- Dämmgen, U.; Brade, W.; Meyer, U.; Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Schwerin, M. (2015): Rindfleischerzeugung und Luftverschmutzung, 4. Einfluss von Nutzungsdauer, Tierverlusten sowie Haltungsverfahren auf Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement in der Fleischerzeugung mit Mutterkuhherden. Züchtungskunde 87(4), S. 227–248
- DLG (2009): Empfehlungen zur Fütterung von Mutterkühen und deren Nachzucht. DLG, Frankfurt am Main
- Dubois, A.; Richner, W.; Dubois, D. (2012): Stickstoff-Effizienz: Output-Input-Verhältnis. Schweizer Ackerbau
- Flachowsky, G.; Lebziene, P. (2008): Fütterungsmaßnahmen zur Reduzierung der Stickstoff- und Methanausscheidungen bei Lebensmittel liefernden Tieren. In: Klimawandel und Ökolandbau, Situation, Anpassungsstrategien und Forschungsbedarf, KTBL, Darmstadt, S. 87–102
- Menzi, H. (2008): Stickstoff-Effizienz von Schweizer Milchproduktionsbetrieben. 52. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF) der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Zollikofen, Schweiz

Direkte Messung der Emissionen aus frei gelüfteten Ställen

Direct measurements of the emissions from naturally ventilated barns

DAVID JANKE, QIANYING YI, SABRINA HEMPEL, THOMAS AMON

Zusammenfassung

Die direkte Messung von Emissionen aus freigelüfteten Ställen (FGS) ist eine besondere Herausforderung bezüglich des wirtschaftlichen Einsatzes von Sensoren zur Erfassung von Geschwindigkeitsvektoren und Gaskonzentrationen. Ziel dieser Studie war die Ermittlung des Einflusses von Anzahl und Positionierung der Geschwindigkeits- und Gassensoren auf die Genauigkeit der direkten Messung von Emissionen. Dazu wurden Windkanaluntersuchungen an einem 1:100 skalierten Modell eines FGS in einem atmosphärischen Grenzschichtwindkanal durchgeführt. Unter Queranströmung wurde im Stall ein Tracergas injiziert. Gas- und Geschwindigkeitsfelder wurden in der Auslassenebene des Modells hochaufgelöst gemessen. Der erzeugte Datensatz wurde als Referenz genutzt, um systematisch verschiedene Sensorkonfigurationen hinsichtlich der erzielbaren Genauigkeit zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigten systematische Fehler bei der Bestimmung von Emissionen von bis zu +97 %, wenn Konzentrations- und Geschwindigkeitsmessungen in konstanter Höhe durchgeführt wurden. Dieser Fehler konnte auf 7 % reduziert werden, wenn die Gaskonzentrationen als vertikale Mischprobe gemessen wurden.

Summary

The direct measurement of emissions from naturally ventilated barns (NVB) is a particular challenge with regard to the economical use of sensors to record velocity vectors and gas concentrations. The aim of this study was to determine the influence of the number and positioning of the velocity and gas sensors on the accuracy of the direct measurement of emissions. For this purpose, wind tunnel investigations were carried out on a 1:100 scaled model of an NVB in an atmospheric boundary layer wind tunnel. A tracer gas was injected in the barn with a transverse flow. Gas and velocity fields were measured with high resolution at the outlet area of the model. The generated data set was used as a reference to systematically examine different sensor configurations with regard to the achievable accuracy. The results showed systematic errors in determining emissions of up to +97 % when concentration and velocity were measured at constant height. This error could be reduced to 7 % when the gas concentrations were measured as a vertical composite sample.

1 Einleitung und Zielsetzung

In der Milchviehhaltung ist eine genaue Messung der gasförmigen Emissionen aus frei belüfteten Ställe (FBS) ein ungelöstes Problem. Emissionen aus FBS werden in der Regel mittels indirekter Tracer-Gas-Methoden ermittelt, die mit hohen Unsicherheiten behaftet sind. Eine Alternative ist die direkte Messmethode. Hier wird der Volumenstrom Q direkt gemessen, indem an den Stallöffnungen die ein- oder ausgehenden Geschwindigkeiten v gemessen werden und dann mit der am Messort pro Sensor assoziierten Fläche A multipliziert werden: $Q = v \times A$. Wird am jeweiligen Messort auch noch die Konzentration c des jeweiligen Schadgases gemessen, kann die Emission E entsprechend berechnet werden: $E = Q \times c$.

Die Herausforderung dieser Methode besteht in der korrekten Auswahl von Anzahl und Positionierung von Messpunkten. Durch das Zusammenspiel wetterbedingter turbulenter Strömung und großen Öffnungsflächen der FBS sind sowohl Geschwindigkeiten als auch Gaskonzentrationen an den Öffnungsflächen höchst variabel verteilt. Daraus folgt, dass für eine repräsentative Erfassung dieser Messgrößen eine hohe Anzahl von Sensoren bzw. Messpositionen anzustreben ist. Wirtschaftliche und praktische Erwägungen zielen jedoch auf eine möglichst geringe Anzahl von Sensoren ab.

Das Ziel dieser Studie ist daher die Ermittlung des Einflusses von Anzahl und Positionierung der Geschwindigkeits- und Gassensoren auf die erzielbare Genauigkeit der direkten Messung von Emissionen. Daraus sollen praktische Handlungsempfehlungen zum wirtschaftlichen Einsatz der Sensoren unter Beibehaltung einer hohen Genauigkeit abgeleitet werden.

2 Material und Methoden

Die Messungen wurden in einem atmosphärischen Grenzschichtwindkanal (GS-WK) durchgeführt. Mithilfe von Rauigkeitselementen wurde ein turbulentes Geschwindigkeitsprofil erzeugt, das den Anforderungen einer mäßig rauen Grenzschicht gemäß VDI 3783/12 entspricht. Untersucht wurde ein skaliertes Modell eines FGS im Maßstab 1:100, das in Abbildung 1 dargestellt ist. Im Modell wurde im Bereich des Fressgangs durch zwei poröse Steine das Tracergas Ethan mit konstanter Quellstärke ausgelassen. Das Modell wurde rechtwinklig zur Strömung ausgerichtet, sodass eine reine Quer-Durchströmung (cross-flow) vorlag.

Die Messungen wurden auf der Auslassebene (grüne Fläche in Abb. 1) durchgeführt. Gemessen wurde auf vier horizontalen Messlinien ($y_1 - y_4$ in Abb. 1). Die vier Messlinien wurden in der Breite jeweils in 65 Messpunkte (MP) unterteilt, was eine Matrix von insgesamt $4 \times 65 = 260$ MP ergab. Im Folgenden wird dieser Satz von MP als Baseline (BL) bezeichnet. An jedem MP wurde der Normalanteil der Geschwindigkeit v und die Ethankonzentration c solange gemessen, bis die Messergebnisse jeweils statistisch konvergiereten. Aus den Messdaten wurden dann für jeden MP die Mittelwerte für v und c gebildet und Q und E berechnet. Die Gesamtemissionen EBL der Baseline wurden als Summe der

Emissionen aller 260 MP gebildet. EBL dient als Referenzdatensatz zur Berechnung des relativen Fehlers ΔE [%], der auftritt, wenn Anzahl und Position der Sensorpositionen variiert werden: $\Delta E = \frac{E_{var} - E_{BL}}{E_{BL}} \times 100$, mit E_{var} als dem gemessenen Emissionswert mit variierteter Konfiguration.

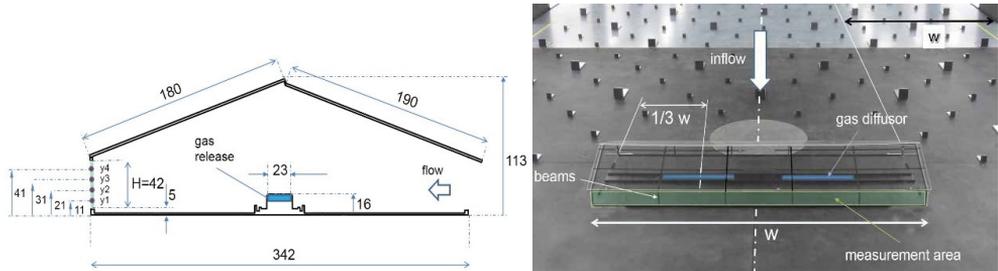


Abb. 1: Modell des Stalles. Links: Schnittansicht, alle Maße in mm. y_1 , y_2 , y_3 und y_4 kennzeichnen die Höhen der horizontalen Messlinien. Blaue Flächen kennzeichnen den Gaseinlass. Rechts: Positionierung des Modells im Windkanal (Janke et al. 2020).

Fig. 1: Model of the barn. Left: sectional view, all dimensions in mm. y_1 , y_2 , y_3 and y_4 indicate the heights of the horizontal measurement lines. Blue areas mark the gas inlet. Right: Positioning of the model in the wind tunnel (Janke et al. 2020).

Es wurden die Variationen von zwei Strategien untersucht: (I) E_{var} wird nur mit Sensoren auf einer Messhöhe (entweder y_1 , y_2 , y_3 oder y_4) ermittelt. Die Breite W der Auslassebene wird in n gleichbreite Abschnitte unterteilt. n wird inkrementell erhöht von $n=1$ bis 65, für jedes n wird ein Emissionswert $E_{var,n}$ berechnet. (II) Vorgehen wie in (I), allerdings wird die Konzentration c nicht nur auf einer Höhe gemessen, sondern als vertikale Sammelprobe der jeweils vier übereinanderliegenden Sensorpositionen.

3 Ergebnisse

Die Verteilungen von v , c und E für die BL-Konfiguration sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Geschwindigkeit v weist einen Gradienten in vertikaler Richtung auf, mit höheren Geschwindigkeiten Richtung Dachkante. Zudem ist an den Positionen 14, 27, 39 und 52 auf allen vier vertikalen SP eine Abbremsung der Geschwindigkeit festzustellen. Diese ist auf den Einfluss der Pfeiler des Modells („beams“ in Abb. 1) zurückzuführen.

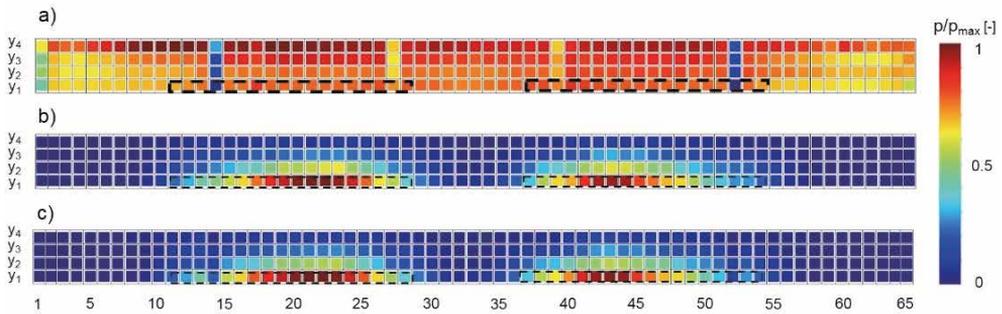


Abb. 2: Messergebnisse an der Auslassebene. a) Mittlere normale Geschwindigkeit u . b) Mittlere Konzentration c . c) Berechnete Emissionen $E = Q \cdot c$. Ergebnisse sind mit den jeweiligen Maximalwerten von u , c und E normalisiert, „ p “ ist Platzhalter für jeweilige Eigenschaft. x -Achse gibt die seitliche Abtastposition an. (Janke et al. 2020).

Fig. 2: Measured properties at the outlet area. a) Mean normal velocity u . b) Mean concentration c . c) Computed emissions $E = Q \cdot c$. Results are normalized with the respective maximum values of u , c and E . „ p “ is a placeholder for the property shown. Numbers on the x -axis index the lateral sampling position (Janke et al. 2020).

Die Gaskonzentrationen weisen hohe vertikale sowie horizontale Gradienten auf. Höhere Konzentrationslevel sind deutlich im Bereich hinter den beiden porösen Gasquellen zu identifizieren. In diesem Bereich sind die Gaskonzentrationen auf der unteren Messlinie y_1 etwa 14-mal höher als auf der obersten y_4 .

Die Entwicklung des Fehlers für die Emissionsmessung in Abhängigkeit von Anzahl und Positionierung der Sensoren ist in Abbildung 3 dargestellt. Werden Geschwindigkeit und Gaskonzentrationen nur auf einer Messhöhe gemessen wie in Variante I, ergibt sich je nach Messhöhe systematischer Messfehler von +97 % (y_1), +18 % (y_2), -41 % (y_3) und -76 % (y_4), wenn die maximale Anzahl von Abschnitten bzw. Sensoren $n=65$ genutzt wird. Diese relativ großen Fehler resultieren hauptsächlich aus den hohen vertikalen Gradienten der Gaskonzentrationen. Werden Gaskonzentrationen als Mischprobe gemessen wie in Variante II, treten je nach Messhöhe deutlich geringere systematische Fehler für die maximale Anzahl von Sensoren $n=65$ in Höhe von -2 % (y_1), -2 % (y_2), +3 % (y_3) oder +10 % (y_4) auf. Für Variante II ist es möglich, unter Beibehaltung dieser Genauigkeiten die Anzahl der Sensoren zu reduzieren: Würden statt $n=65$ Sensoren z. B. nur $n=5$ Sensoren verwendet, ergäben sich je nach Messhöhe relative Fehler von -6,5 % (y_1), -6 % (y_2), +0,5 % (y_3) oder +7 % (y_4).

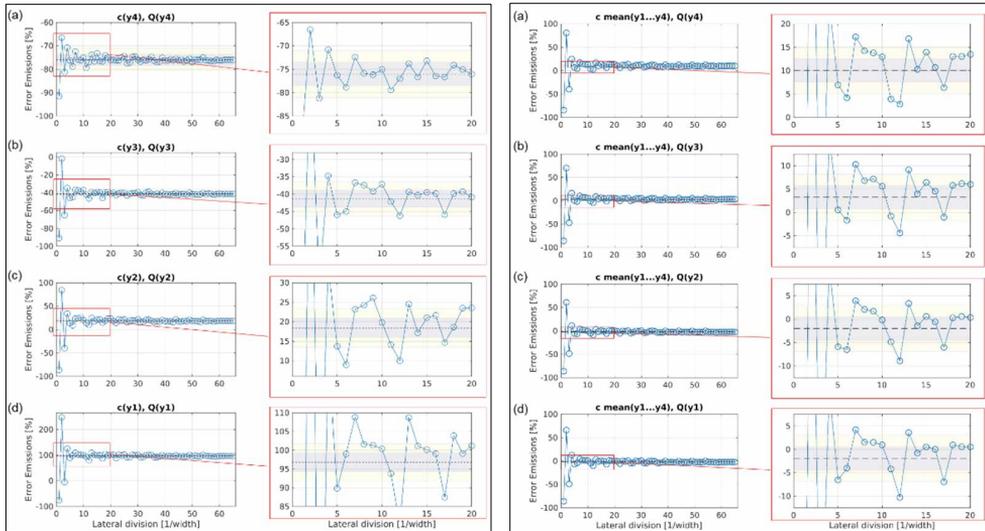


Abb. 3: Fehlerentwicklung der Emissionsmessung in Abhängigkeit der Sensoranzahl (Lateral division) für Sampling Variante I (links) und II (rechts). Abbildungen a), b), c) und d) zeigen jeweils die relativen Fehler in den horizontalen Messreihen y_1 , y_2 , y_3 und y_4 (Janke et al. 2020).

Fig. 3: Error development in the emission measurement depending on the number of sensors and (lateral division) for sampling variant I and II. sensor positions. Figures a), b), c) and d) each show the relative errors in the horizontal measurement series y_1 , y_2 , y_3 and y_4 (Janke et al. 2020).

4 Diskussion

Durch die heterogene Verteilung von Geschwindigkeit und Gaskonzentrationen an den Öffnungsflächen sollten insbesondere die Gaskonzentrationen mit möglichst hoher räumlicher Auflösung gemessen werden. Dies kann wirtschaftlich umgesetzt werden, indem z.B. Gas-Sammelleitungen mit kritischen Düsen eingesetzt werden, die eine großflächige Gasmischprobe um jeden Geschwindigkeitssensor ziehen. Gelingt dies, kann mit überschaubarem Aufwand ein relativ genaues Ergebnis erzielt werden: in dem hier gezeigten Fall konnten, für einen in der Naturskala 100 m langen Stall, die Emissionen mit 5 Geschwindigkeitssensoren mit entsprechendem Gassampling mit einem Fehler von 7 % ermittelt werden.

Literatur

Janke, D.; Yi, Q.; Thormann, L.; Hempel, S.; Amon, B.; Nosek, Š.; Amon, T. (2020): Direct Measurements of the Volume Flow Rate and Emissions in a Large Naturally Ventilated Building. *Sensors*, 20(21), 6223

Disziplinäre Grenzen erschweren die Folgenutzung von Daten zu Antibiotika- und Antibiotikaresistenz-Einträgen in die Umwelt durch Wirtschaftsdünger aus Tierhaltungen

Disciplinary boundaries challenge the data follow up use of antibiotic and antibiotic resistance entries into the environment via organic fertilizer from livestock production

JULIA STEINHOFF-WAGNER, RUTH HAUPT, DIANA NETT, LAURA KRÖGER, FRANZISKA BURKHARDT, JASON JEREMIA HAYER, SIMONE MAGDALENE SCHMID, CELINE HEINEMANN

Zusammenfassung

Eine Risikominimierung des Eintrages von Antibiotikarückständen, Antibiotikaresistenzen und Resistenzgenen aus Nutztierhaltungen durch die Ausbringung von Wirtschaftsdünger scheint zwingend nötig. Um Risiken bewerten zu können, wurden in einer umfassenden Literaturrecherche Originalarbeiten, die sich mit Antibiotika, Antibiotikaresistenzen und Resistenzgenen in Wirtschaftsdünger befassen, hinsichtlich der Tierart, Haltungsform, Produktionsrichtung, aber auch der Behandlungsverfahren und Lagerdauer der Wirtschaftsdünger untersucht. Die Literaturanalyse zeigte auf, dass die analysierten Faktoren nicht umfassend oder gar nicht beschrieben wurden. Als eine mögliche Ursache wurde die vorrangig fachfremde Fachrichtung der Autorenschaft herausgearbeitet, welche das Fehlen für eine Risikobewertung wichtiger agrarwissenschaftlicher oder veterinärmedizinischer Aspekte erklärt.

Summary

A risk minimization of antibiotic residues, antibiotic resistance and resistance genes that originate from livestock and poultry farming and enter the environment through the application of organic fertilizer seems to be absolutely necessary. In a comprehensive literature search, original papers dealing with antibiotics, antibiotic resistance and resistance genes in organic fertilizer from livestock farms were examined regarding information on animal species, husbandry systems, production branch as well as treatment and storage of manure in order to assess risks. Our literature search revealed that such information was often given in little detail or was missing entirely. This can be explained by the fact that authors came primarily from disciplines outside the subject area and therefore many agricultural or veterinary aspects important for a risk assessment were neglected.

1 Einleitung

Die Ausbreitung resistenter Keime stellt ein Risiko für die erfolgreiche Therapie bakterieller Erkrankungen bei Mensch und Tier dar, auch wenn die Einsatzmengen in der Nutztierhaltung seit einigen Jahren rückläufig sind (AG Antibiotikaresistenz 2018). Wirtschaftsdünger, die aus der Nutztierhaltung stammen, können in unterschiedlichem Maße mit Tierarzneimitteln und deren Abbauprodukten belastet sein. Der Begriff „Wirtschaftsdünger“ umfasst Gülle, Gärreste, Jauche, Geflügelkot und Festmist. Die Belastung des Düngers mit Tierarzneimitteln ist in erster Linie abhängig von dem Gesundheitsstatus und dem damit verbundenen Medikamenteneinsatz auf dem Betrieb. Durch Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt und pH-Wert bestimmen Interaktionen zwischen den im Wirtschaftsdünger befindlichen Bakterien und der Art des Wirtschaftsdüngers (Leach et al. 2015). Je länger der Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung gelagert wird, desto geringer sind die darin enthaltenen Konzentrationen der meisten Tierarzneimittel oder deren Rückstände (Kleefisch et al. 2020). Während einige Tierarzneimittel lediglich eine kurze Halbwertszeit bei Lagerung des Wirtschaftsdüngers aufweisen (z. B. zwei Tage für Clarithromycin) verfügen andere Wirkstoffe über lange Halbwertszeiten von über 100 Tagen (Sulfadiazin oder Roxithromycin) (Vidaurre et al. 2016).

Dementsprechend groß ist die Variation von Antibiotikakonzentrationen in verschiedenen Wirtschaftsdüngern. Bei der Ausbringung des Wirtschaftsdüngers wird aus einer lokal-begrenzten Quelle ein diffuser flächendeckender Umwelteintrag. Gelangen resistente Keime mit Wirtschaftsdünger in die Umwelt, können beispielsweise Bodenbakterien durch den Austausch von genetischem Material Resistenzgene aufnehmen (Hamscher 2019). Um die Risiken durch das Wirtschaftsdüngermanagement für Umwelt, Mensch und Tier besser abschätzen zu können und darauf aufbauend sinnvolle und praxistaugliche Minimierungsmaßnahmen zu entwickeln, war es Ziel, mit einer umfassenden Literaturanalyse eine Risikoanalyse vorzunehmen.

2 Vorgehensweise bei der Literaturrecherche

Für jede gängige Form von Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärreste, Jauche, Geflügelkot und Festmist) wurden potenzielle Frachten (Antibiotika, Antibiotika-Metaboliten, antibiotikaresistente Bakterien und Resistenzgene) in der Literatur recherchiert. Alle potenziell in der Nutztierhaltung eingesetzten Antibiotika (Wallmann et al. 2015) wurden in einem systematischen Ansatz als Suchbegriffe für die Recherche genommen.

Alle auf diese Weise gefundenen Studien wurden in eine tabellarische Übersicht gebracht. Informationen zu den Tierhaltungen, insbesondere Tierart, Haltungsform (Außenklima, Warmstall usw.), Bodenbeschaffenheit (Spaltenboden, befestigte Bodenplatte mit oder ohne Abfluss, Einstreu u. Ä.), aber auch Produktionsstandards (konventionell, ökologisch) wurden erfasst, sofern die Studien Angaben dazu beinhalteten. Ein weiterer Fokus lag auf der Erfassung der Lagerdauer bzw. dem Alter des Wirtschaftsdüngers. Ebenso wurden die Veröffentlichungen auf Angaben zu Behandlungsverfahren

des Wirtschaftsdüngers wie beispielsweise Rühren, Umschichten oder Beimengungen analysiert.

Die Recherche ist derzeit noch nicht abgeschlossen und dementsprechend wurde der aktuelle Zwischenstand (n = 83 Originalquellen) deskriptiv ausgewertet und im Folgenden dargestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

In 6 % der analysierten Studien wurde die Herkunft des Wirtschaftsdüngers nicht beschrieben. Alle anderen Studien spezifizieren grob die Spezies (z.B. Kälber, Kühe, Schweine oder Geflügel), in der Regel jedoch ohne weitere Informationen zur Rasse (< 4 %), Produktionsrichtung (< 14 %) oder Altersabschnitt (< 10 %) respektive Alter (0 %) der Tiere zum Zeitpunkt der Probenahme oder über die jeweilige Ausscheidungsdauer (0 %) zu machen. Die fehlende Information erschwert die Interpretation der gefundenen Antibiotikakonzentrationen, da bekannt ist, dass Antibiotika während der Produktion vor allem nach Ansteckungsgeschehen im Zuge von Neugruppierungen in jüngerem Alter den Tieren verabreicht werden müssen und es beispielsweise Unterschiede zwischen Rassen bezüglich ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten gibt (Vidaurre et al. 2016).

Eine Angabe der Haltungform findet sich lediglich in unter 14 % der untersuchten Studien. Diese Angabe wäre jedoch wichtig, um Rückschlüsse auf mögliche Gesundheitsrisiken oder alternative Eintragswege in die Umwelt treffen zu können, da beispielsweise das Platzangebot einen Einfluss auf die Inzidenz mancher Krankheiten haben kann.

Die Haltungform wurde vor allem dann genannt, wenn ein genereller Vergleich zwischen Wirtschaftsdünger aus biologischer und konventioneller Produktion gezogen wurde (5 von 12 Studien), wohingegen Aussagen zum Boden des Haltungssystems oder der Einstreu nur in vereinzelt Ausnahmefällen gemacht wurden. Diese Faktoren beeinflussen jedoch den Feuchtigkeitsgehalt, pH-Wert und die Konkurrenz-Flora, welche maßgeblich den Abbau von Antibiotika und das Überleben bzw. die Vermehrung von resistenten Bakterien bestimmen (Vidaurre et al. 2016, Oliver et al. 2020). Von Behandlungen des Wirtschaftsdüngers wurde in den Veröffentlichungen kaum berichtet, obwohl manche zur Reduktion von resistenten Bakterien beitragen könnten (Learch et al. 2015, Staley et al. 2021). Lediglich im Zuge der Probenahme wurde oft (1/3 der Studien) berichtet, dass die Gülle homogenisiert wurde, dies diente aber primär dem Nachweis einer repräsentativen Probenahme. In > 80 % der Artikel fehlten detaillierte Angaben, wie die Probenahme der Gülle konkret realisiert wurde, insbesondere wie mit Sediment und Schwimmschicht umgegangen worden ist. Auch zur Lagerdauer des Wirtschaftsdüngers gab es nur im Fall von Lagerversuchen detailliertere Angaben. Insgesamt ließ sich feststellen, dass in den analysierten Publikationen zwar detektierte Frachten genau beschrieben, aber das Probenmedium und möglicherweise beeinflussende Hintergrundinformationen im Management des tierhaltenden Betriebes nur sehr rudimentär genannt wurden. Diese lückenhaften Beschreibungen im Material- und Methodenteil vieler Veröffentlichungen verhindern eine weitere Verwertung der publizierten Ergebnisse im Zuge einer Risikobewertung.

Die Lücken in der Beschreibung lassen sich möglicherweise darauf zurückführen, dass die Autoren überwiegend aus fachfremden Disziplinen stammten. Ein Drittel der Veröffentlichungen ist ohne Beteiligung eines Autors aus den Tierwissenschaften oder der Veterinärmedizin publiziert worden.

4 Fazit

Damit der immense finanzielle und zeitliche Einsatz für Studien zu Antibiotikarückständen, Antibiotikaresistenzen und Resistenzgenen in Wirtschaftsdünger auch gewinnbringend in der Zukunft weiter verwertet werden kann, erscheint es an dieser Stelle angebracht, auf die Wichtigkeit eines ausführlichen Material- und Methodenteils hinzuweisen. Um interdisziplinäre Grenzen zu überwinden und fachfremde Autoren dahingehend zu unterstützen, dass ihre Daten für eine literaturbasierte Risikobewertung genutzt werden können, wäre die Entwicklung eines freizugänglichen, interdisziplinären Methodenleitfadens hilfreich.

Literatur

- AG Antibiotikaresistenz (2018): Lagebild zur Antibiotikaresistenz im Bereich der Tierhaltung und Lebensmittelkette. BMEL
- Hamscher, G. (2019): Tierarzneimittel: Rückstände in Lebensmitteln und Umwelt. *Chemie in unserer Zeit* 53, S. 2–9
- Kleefisch, M.T.; Heinemann, C.; Leubner, C.D.; Steinhoff-Wagner, J. (2020): Presence of antibiotic-resistant bacteria in pig slurry after storage. Virtual EAAP Meeting
- Leach, K.A.; Archer, S.C.; Breen, J.E.; Green, M.J.; Ohnstad, I.C.; Tuer, S.; Bradley, A.J. (2015): Recycling manure as cow bedding: Potential benefits and risks for UK dairy farms. *The Veterinary Journal* 206(2), pp. 123–130
- Oliver, J.P.; Gooch, C.A.; Lansing, S.; Schueler, J.; Hurst, J.J.; Sassoubre, L.; Aga, D.S. (2020): Invited review: Fate of antibiotic residues, antibiotic-resistant bacteria, and antibiotic resistance genes in US dairy manure management systems. *Journal of dairy science* 103(2), pp. 1051–1071
- Vidaurre, R.; Lukat, E.; Steinhoff-Wagner, J.; Ilg, Y., Petersen, B.; Hannappel, S.; Möller, K. (2016): Fachbroschüre: Konzepte zur Minderung von Arzneimittelrückständen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. UBA-FB, Berlin
- Wallmann, J.; Bender, A.; Reimer, I.; Heberer, T. (2015): Abgabemengenerfassung antimikrobiell wirksamer Stoffe in Deutschland 2014. Auswertung der nach DIMDI-AMV eingereichten Daten 2014 und Vergleich mit den Daten aus 2011. *Deutsches Tierärzteblatt* 9, S. 1260–1265
- Staley, Z.R.; Tuan, C.Y.; Eskridge, K.M.; Li, X. (2021). Using the Heat Generated from Electrically Conductive Concrete Slabs to Reduce Antibiotic Resistance in Beef Cattle Manure. *Science of The Total Environment* 768, p. 144220

Erhebung der Ammoniakfreisetzung aus frei belüfteten Haltungssystemen für Rinder mittels Laser-Absorptions-Spektrometrie

Survey of ammonia release from freely ventilated cattle barns using laser absorption spectrometry

KATJA BONKOSS, WOLFRAM BONKOSS, STEFAN NESER

Zusammenfassung

Im Zuge der Umsetzung immissionsschutzrechtlichen Bestimmungen kommt u. a. der Erhebung und Bewertung der Ammoniakemissionsmassenströme aus Stallanlagen zentrale Bedeutung zu.

Bei Außenklimaställen und Ausläufen im Freien bedarf es dazu spezieller Erhebungstechniken, die i. d. R. mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden sind. Vor diesem Hintergrund wurde eine jeweils eigene Methodik für die Emissionsratenbestimmung an frei belüfteten Rinderställen und Laufhöfen unter Einsatz von Laser-Absorptions-Spektrometern erarbeitet und getestet. Dabei ließ sich v. a. der zeitliche und personelle Aufwand für die Stallmessungen deutlich reduzieren. Die bisherigen Ergebnisse aus Stall- und Laufhofmessungen sind plausibel, weitere Erhebungen zur Einordnung und Erweiterung der Datenbasis u. a. auch für eingestreute Haltungssysteme sind im Rahmen eines Folgevorhabens beabsichtigt.

Summary

For the purpose of implementing emission control regulations, inter alia the survey and evaluation of ammonia emission mass flows from livestock buildings is of central importance.

Field measurements in outdoor climate houses and outdoor running yards require special survey techniques, which are mostly associated with considerable effort and expense. Against this background, a separate methodology was developed and tested for the determination of emission rates in free ventilated cattle barns and yards using laser absorption spectrometers. In particular, the time and personnel required for the stall measurements could be significantly reduced. The results already achieved from barn and run yard measurements are plausible. Further surveys to classify and expand the database, including for littered housing systems, are to be undertaken as part of a follow-up project.

1 Einleitung und Zielsetzung

In den letzten Jahren wurden die Luftreinhaltungsbestimmungen zunehmend verschärft, während die Forderung nach einer stärker tierwohlorientierten Nutztierhaltung an Bedeutung gewonnen hat. Im Zuge der Umsetzung dieser Regelungen geraten Betreiber tierwohlorientierter Ställe mit freier Lüftung besonders unter Druck, da diese u. a. standortbedingt nur schwer oder nicht zu erfüllen sind.

Die Erhebung und Bewertung der aus Ställen emittierten Ammoniakmenge erfolgt auf Basis sogenannter Emissionsfaktoren. Bei Außenklimaställen und Laufhöfen bedarf es dazu, aufgrund der großen Quellstärkendynamik, spezieller, i. d. R. aufwands- und kostenintensiver Erhebungstechniken. Verglichen mit der Vielfalt an Standorten, Stallbauarten, klimatischen und betrieblichen Einflussfaktoren ist die Emissionsdatenbasis für solche Systeme begrenzt.

Vor diesem Hintergrund wurde in einem Forschungsprojekt (gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) u. a. eine spezielle Methodik entwickelt, die die Bestimmung der NH_3 -Emissionsfracht aus frei belüfteten Rinderställen und Laufhöfen unter reduziertem zeitlichem und personellem Aufwand erlaubt. Im Rahmen eines Anschlussvorhabens (Laufzeit bis Ende 2023) sollen nun weitere Emissionsdaten an unterschiedlichen eingestreuten und einstreulosen Haltungssystemen mit und ohne Auslauf gewonnen werden.

2 Material und Methoden

Aufgrund der unterschiedlichen Quellcharakteristik und -dynamik sowie der räumlichen Trennung zwischen Ställen und Laufhöfen musste jeweils eine eigene Erhebungsmethodik erarbeitet werden.

Für die Konzentrationsmessung von NH_3 bzw. CO_2 kamen Diodenlaser-Absorptions-Spektrometer (Typ LaserGasTM II OP Monitor, Fa. NEO Monitors) zum Einsatz. Dabei sendet ein sogenannter Transceiver Nahinfrarotlicht eines stoffcharakteristischen Wellenlängenbereichs aus, das am Ende eines Offenmesspfades vom Reflektor zurückgeworfen wird. Da ein Teil des Lichtes durch die Stoffmoleküle in der Messtrasse absorbiert wird, kann die Konzentration anhand der detektierten Restlichtintensität ermittelt werden. Um den im Stall zusätzlich benötigten Luftwechsel mittels CO_2 -Massenbilanz-Methode zu erheben, wurden eine NH_3 - und eine CO_2 -Geräteausführung in Kombination betrieben. Die Gerätetransceiver und ein Reflektor wurden auf Spezialstativen befestigt bzw. letzterer ggf. an der Wand verschraubt. Die u. a. ergänzend benötigten Windströmungsdaten wurden per 3D-Ultraschall-Anemometer aufgezeichnet, die Hintergrund-Gaskonzentrationen in der Außenluft per Photoakustischem IR-Spektrometer (Fabrikat GASERA OnePulse).

Für die Laufhofmessungen wurde ein längenvariabler mobiler Messtunnel (Einzelsegmente ca. 2 x 0,25 x 0,35 m; Material Edelstahl; Innenbeschichtung PTFE-Platten) eingesetzt, in dem die Gerätekomponenten eines NH_3 -Lasermessgerätes bodennah plat-

ziert werden. Nach Tunnelverschluss mittels Blenden werden Höhe, Verlauf und Dauer des Konzentrationsanstiegs im Innern bis zum Erreichen eines „steady-state“-Zustandes aufgezeichnet. Anhand dieser Informationen kann mit Hilfe der Ergebnisse aus Kalibrierungsmessreihen mit bekannter Gasfreisetzung die während des Untersuchungszeitraums aus der Lauffläche emittierte Ammoniakmenge bestimmt werden.



Abb. 1: NH_3 - und CO_2 -Diodenlaser-Spektrometer während der Messung in einem Milchviehstall (links); Messtunnel bei der Laufhofmessung (rechts) (© LfL, ILT)

Fig. 1: NH_3 and CO_2 diode laser spectrometer during barn measurement (left); measuring tunnel during measurement at a running yard (right) (© LfL, ILT)

3 Ergebnisse

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, lagen die an drei Laufhöfen bestimmten Emissionsraten vorwiegend zwischen 2 und $11,5 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ und wurden erheblich durch Ausgestaltung, Verschmutzung und Feuchte der Laufflächen geprägt. Teilweise wurden trotz Temperaturen von über 30 °C niedrige Ammoniakemissionen gemessen, sofern die Lauffläche trocken und nur gering verschmutzt war. Am mit Spaltenboden ausgestatteten Laufhof war die Beobachtungsspanne selbst unter wechselnden Umgebungsbedingungen am geringsten, was u. a. dem ständigen Emissionsbeitrag des darunter liegenden Güllekanals zugerechnet werden kann. Diese Spannen bilden die Schwankungsbreite möglicher „Emissionsszenarien“ ab.

Tab. 1: Ammoniakemissionsraten und Begleitparameter aus Messungen an drei verschiedenen Laufhöfen (© LFL, ILT)

Tab. 1: Ammonia emission rates and associated parameters from surveys at three different running yards (© LFL, ILT)

Kurzbeschreibung der Laufhöfe		Teilspaltenboden, teilüberdacht, außen liegender Futtertisch (Betrieb 2)		planbefestigter Boden, Längsrinnen (Betrieb 3)		planbefestigter Boden, teilüberdacht (Betrieb 8)	
Flächengröße	m ²	252		348 (innenliegend)		98	
Fläche pro Tier	m ² /Tier	2,4		4,1		1,4**	
Entmistung		manueller Schieber		automatischer Schieber		automatischer Schieber	
Jahr und Monat der Erhebung		2019-05, 2019-10		2019-07, 2020-03, 2020-10		2019-06, 2020-07	
Anzahl Versuchstage/-reihen (Frühling/ Sommer)	3-4 Wdhg./ Versuchsreihe	6 Versuchstage, insges. 9 Versuchsreihen		4 Versuchstage, insges. 13 Versuchsreihen		3 Versuchstage, insges. 9 Versuchsreihen	
mittlerer NH ₃ Anstieg*	ppm/10s	0,11 - 0,22	0,33 - 0,44	0,23 - 0,41	0,29 - 0,87	0,06 - 0,08	0,57 - 0,89
Temperatur	°C	10,8 - 20,6	14,0 - 19,4	5,4 - 28,3 (!)	4,7 - 26,7 (!)	19,6 - 37,6	21,6 - 36,0
Luftdruck	hPa	0,952 - 0,955	0,947 - 0,967	0,945 - 0,958	0,946 - 0,957	0,966 - 0,967	0,959 - 0,967
Verschmutzung		niedrig - mittel	mittel	niedrig - mittel	stark	niedrig***	stark
Feuchte		Teilflächen	großflächig	niedrig/Teilflächen	großflächig	trocken/niedrig	großflächig
Spanne NH ₃ -Emissionsraten	g m ⁻² h ⁻¹	0,1 - 0,14	0,21 - 0,27	0,13 - 0,23	0,19 - 0,47	<0,1	0,31 - 0,49
Spanne NH ₃ -Emissionsraten	g m ⁻² d ⁻¹	2,3 - 3,4	5,1 - 6,4	3,2 - 5,5	4,5 - 11,3	1,3 - 1,6	7,4 - 11,6

*ab 30 s nach Messbeginn bis z. Erreichen des "steady state" **Laufhof nicht für alle Tiere zugänglich ***ohne Versuchsreihe 2.4

4 Diskussion und Ausblick

Das eingesetzte Messverfahren ermöglicht eine genaue, kontinuierliche und längerfristige Erhebung bei geringem Installationsaufwand und überschaubaren Betriebskosten. Die für zwei frei belüftete Milchviehställe (mehrere Erhebungen) bestimmten Emissionsraten reichten von 6,7 bis 12,8 kg LU⁻¹ a⁻¹ bzw. 8,2 bis 15,5 kg TP⁻¹ a⁻¹ und waren mit Literaturdaten (mit 4,7 bis 14,2 kg LU⁻¹ a⁻¹) vergleichbar. Unterschiedliche Erhebungsverfahren, klimatische und betriebspezifische Rahmenbedingungen bildeten sich dabei deutlich ab. Zudem konnten im Rahmen mehrerer Messkampagnen die Ergebnisse der Laser-Offenpfadmessungen mit einer parallel betriebenen, extraktiven FTIR-Messeinrichtung erfolgreich referenziert werden.

Die für Laufhöfe erarbeitete Erhebungsmethodik erwies sich ebenfalls als geeignet und lieferte plausible Ergebnisse. Um diese abzusichern und die Datenbasis für verschiedene eingestreute und einstreulose frei belüftete Haltungssysteme zu erweitern, sind weitere Erhebungen an mehreren Untersuchungsstandorten geplant.

Literatur

- Schiefler, I. (2013): Greenhouse gas and ammonia emissions from dairy barns. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn
- Schmithausen, A; Schiefler, I.; Trimborn, M.; Gerlach, K.; Südekum K.-H.; Pries, M.; Büscher, M. (2018): Quantification of Methane and Ammonia Emissions in a Naturally Ventilated Barn by Using Defined Criteria to Calculate Emission Rates. *Animals* 8(5), <https://doi.org/10.3390/ani8050075>
- Schrade, S.; Zeyer, K.; Gygax, L.; Emmenegger, L.; Hartung, E.; Keck, M. (2012): Ammonia emissions and emission factors of naturally ventilated dairy housing with solid floors and an outdoor exercise area in Switzerland. *Atmospheric Environment* 47, pp. 183–194, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.11.015>
- VERA (2018): VERA Prüfprotokoll für Tierhaltungs- und Managementsysteme. Version3: 2018-09, Deutsche Fassung, https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Pruefprotokoll_Stallsysteme_v3_2018.pdf, Zugriff am 25.5.2022

NMVOC-Emissionen aus der Milchviehhaltung: Vergleich einer Silageration und einer silofreien Ration

NMVOC emissions from dairy housing: comparison of a silage-based and a silage-free diet

SABINE SCHRADER, SIMON WYSS, KERSTIN ZEYER, MATTHIAS HILL, JOACHIM MOHN, MICHAEL ZÄHNER

Zusammenfassung

Die Milchviehhaltung ist eine wesentliche Quelle für NMVOC-Emissionen. Wobei der Großteil der NMVOC-Emissionen aus der Fütterung zu stammen scheint.

Im Emissionsversuchsstall für Milchvieh wurden die die NMVOC-Emissionen bei einer Silageration und einer silofreier Ration quantifiziert. Zwei räumlich getrennte Stallabteile ermöglichen vergleichende Emissionsmessungen. Zur Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung diente eine Tracer-Ratio-Methode mit SF₆ und SF₅CF₃. SF₆ und SF₅CF₃ wurden mittels einem GC-ECD und die NMVOC-Konzentration mit einem GC-FID-FID sowie einem THC-Monitor analysiert.

Bei den NMVOC-Emissionen im Stallabteil mit der Silageration dominierte Ethanol, gefolgt von Ethylacetat und Methanol. Die Sommermessungen zeigten rund 70 % geringere Ethanol-Emissionen bei silofreier Ration im Vergleich zur Silageration. Im Herbst und Winter waren die Ethanol-Emissionen im Stallabteil mit silofreier Ration deutlich tiefer. Die Ethanol-Emissionen im Stallabteil mit der Silageration wiesen während der Futtervorlage und den Hauptfresszeiten deutliche Erhöhungen auf.

Summary

Dairy farming is a considerable source of NMVOC emissions. Whereas the majority of NMVOC emissions seems to originate from feeding.

In the experimental dairy housing for emission measurements, NMVOC emissions of silage-based vs. silage-free diet were quantified. Two spatially separated housing compartments allow comparative emission measurements. A tracer-ratio method with SF₆ and SF₅CF₃ was used to determine emissions under natural ventilation. SF₆ and SF₅CF₃ were analysed by a GC-ECD and NMVOC concentrations by a GC-FID-FID and a THC-Monitor.

NMVOC emissions in the compartment with the silage-based diet were dominated by ethanol followed by ethyl acetate and methanol. Summer measurements showed around 70 % lower ethanol emissions in the compartment with the silage-free diet compared to the silage-based diet. In autumn and winter, ethanol emissions in the compartment with silage-free diet were markedly lower. Ethanol emissions in the compartment with silage-based diet showed clear peaks during the feed supply and the main feeding times.

1 Hintergrund und Ziel

Die Landwirtschaft und insbesondere die Rindviehhaltung verursacht nicht nur Emissionen von Ammoniak und Treibhausgasen, sie ist auch eine bedeutende Quelle für „Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe“ (NMVOC). Bei den flüchtigen organischen Verbindungen aus der Landwirtschaft handelt es sich um eine umfangreiche Substanzklasse mit bis zu 500 Einzelkomponenten (Ni et al. 2012). Dabei variiert der relative Anteil der Einzelverbindungen abhängig von Produktionsbedingungen wie Fütterung oder Haltungssystem. Bisherige Untersuchungen fokussierten häufig auf nur wenige NMVOC-Einzelverbindungen und sind daher für eine Gesamtabeschätzung ungeeignet. Zudem wurden meist nur Konzentrationsmessungen oder Laboruntersuchungen durchgeführt, da für eine Emissionsabschätzung insbesondere bei freibelüfteten Ställen eine aufwändige Bestimmung der Luftwechselrate notwendig wäre. Aus diesen Gründen basiert der im EMEP/EEA-Guidebook 2019 (EEA 2019) vorgeschlagene Emissionsfaktor auf amerikanischen Studien. Fraglich ist, inwieweit dieser die Produktionsbedingungen in Europa abbildet. In der Schweiz spielt zudem die silofreie Milchproduktion eine grosse Rolle. Der Anteil von silofrei produzierter Milch an der vermarkteten Milch betrug in den Jahren 2016 bis 2018 gut 30 % (Milchstatistik 2019). Demnach müssen für eine verlässliche Bestimmung der NMVOC-Emissionen auch unterschiedliche Fütterungsstrategien berücksichtigt werden.

Ziel dieser Studie war es, die NMVOC-Emissionen aus der Milchviehhaltung der Schweiz für die beiden Fütterungsstrategien Silage-Fütterung und silofreie Fütterung vergleichend zu bestimmen und somit die Datengrundlage der NMVOC-Emissionen zu verbessern.

2 Material und Methoden

Die Messungen erfolgten 2018 im Emissionsversuchsstall für Milchvieh von Agroscope (Tänikon) in den drei Jahreszeiten Sommer (2 x 8 Tage), Herbst (2 x 8 Tage) und Winter (2 x 4 Tage). Zwei getrennte Stallabteile für je 20 Kühe ermöglichen die zeitgleiche Durchführung vergleichender Messungen. Untersucht wurden zwei für die Schweiz typische Fütterungsvarianten „silofreie Ration“ und „Silageration“. Die silofreie Ration bestand aus Heu/Emd kombiniert mit Mais- und Mais-Bohnen-Würfeln und wurde jeweils vor dem Abend- und Morgenmelken am Futtertisch vorgelegt. Die Silageration setzte sich aus einer Teilmischung aus Grassilage, Maissilage sowie Heu/Emd zusammen und wurde jeweils vor dem Abendmelken mit dem Futtermischwagen vorgelegt. Bei beiden Rationen erhielten die Kühe zusätzlich Proteinausgleichs- und Milchleistungsfutter über Kraftfutterautomaten. Um den Effekt der beiden Rationen auf die Emissionen zu bestimmen, wurde ein gekreuztes Design („Cross-Design“) gewählt.

Zur Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung wurde die von Empa und Agroscope gemeinsam entwickelte Tracer-Ratio-Methode angewendet. Durch Verwendung von zwei unterschiedlichen Tracergasen (SF₆, SF₅CF₃) in separaten Stallbereichen, können die Emissionen der beiden Fütterungsvarianten separat abgebildet und quantifiziert werden (Mohn et al. 2018). Die Analyse der beiden Tracergase erfolgte simultan mittels Gaschro-

matographie (GC-ECD, 7890A, Agilent Technologies AG, Schweiz). Die Konzentrationen der VOC-Einzelkomponenten wurden mittels Gaschromatographie (GC-FID-FID, 7890B, Agilent Technologies AG, Schweiz) sowie die flüchtigen Kohlenwasserstoffe NMVOC-Gesamtkonzentration) mit einem THC-Monitor (APHA-360, Horiba, Japan) bestimmt.

3 Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt den mittleren Tagesverlauf der Emissionen der NMVOC-Einzelverbindungen (GC-FID-FID) im Sommer 2018. Dabei sind nur die anteilmässig bedeutendsten Komponenten Ethanol, Ethylacetat, Methanol, Acetaldehyd, Aceton und Isopropanol/Propanol einzeln ausgewiesen. Der Beitrag von Ethanol an den untersuchten NMVOC Verbindungen ist im Sommer sowohl bei der Silageration mit rund 80 % als auch bei der silofreien Ration mit 41 % am größten. Auch in den anderen Jahreszeiten dominierte Ethanol gefolgt von Ethylacetat und Methanol.

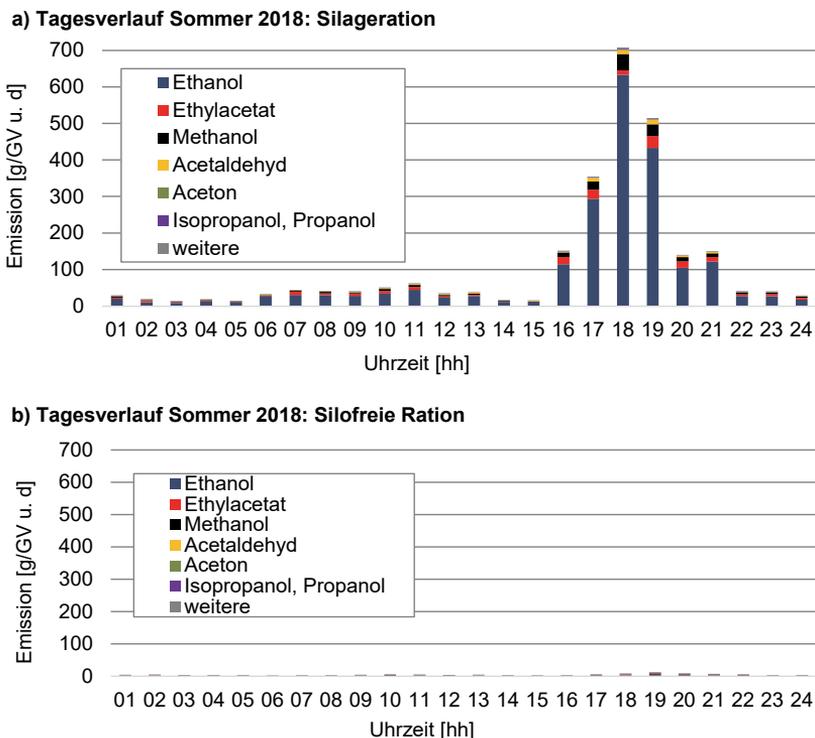


Abb. 1: Mittlere Tagesverläufe der NMVOC-Emissionen (g/GV u. d) im Sommer bei der Silageration (a) und der silofreien Ration (b)

Fig. 1: Average of daily courses of NMVOC emissions (g/LU per d) in summer by silage-based feeding (a) and silage-free feeding (b)

Sowohl bei der Silageration als auch bei der silofreien Ration waren die NMVOC-Emissionen von 16:00 bis 19:00 Uhr während der Futtervorlage und der Hauptfresszeit am höchsten (Abb. 1). Ein leichter Anstieg war ausserdem am Vormittag sichtbar. Insbesondere bei der Silageration könnte dies auf erhöhtes Bewegen des Futters bei der Futtervorlage mit dem Futtermischwagen und beim Fressen zurückgeführt werden. Das absolute Niveau der NMVOC-Emissionen lag bei der silofreien Ration um ein Vielfaches tiefer. Grosse Unterschiede bestanden zwischen den Jahreszeiten. Bei der silofreien Ration lagen die Stundenmittelwerte im Sommer zwischen 2 und 13, im Herbst zwischen 1 und 7 und im Winter zwischen 1 und 3 g pro GV und Tag. Dagegen erreichten bei der Silageration die Höchstwerte im Sommer gut 700, im Herbst 200 und Winter 70 g pro GV und Tag. Die jahreszeitlichen Unterschiede können mit dem Effekt der Temperatur auf die Stofffreisetzung relevanter NMVOC-Komponenten begründet werden.

Die Messungen mit dem THC-Monitor bestätigten sowohl das unterschiedliche Emissionsniveau der beiden Fütterungsvarianten als auch die tageszeitlichen und jahreszeitlichen Variationen klar.

4 Fazit

Erstmals wurden NMVOC-Emissionen aus einem freigelüfteten Liegeboxen-Laufstall für zwei Schweiz-typische Futterrationen für Milchvieh (Silageration bzw. silofreie Ration) vergleichend quantifiziert. Diese Daten verbessern die Grundlage zur Differenzierung von Betrieben mit Silage-Fütterung bzw. silofreier Fütterung im Emissionsinventar.

Literatur

- EEA (2019): EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook>
- Milchstatistik (2019): Milchstatistik der Schweiz 2018. Herausgeber: TSM, SMP, SCM, BO Milch, Agristat, p. 100, <https://api.swissmilk.ch/wp-content/uploads/2019/06/publikation-smp-milchstatistik-2018-de-fr.pdf>
- Mohn, J.; Zeyer, K.; Keck, M.; Keller, M.; Zähler, M.; Poteko, J.; Emmenegger, L.; Schrade, S. (2018): A dual tracer ratio method for comparative emission measurements in an experimental dairy housing. *Atmospheric Environment* 179, pp. 12–22, doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.01.057
- Ni, J.Q.; Robarge, W.P.; Xiao, C.; Heber, A.J. (2012): Volatile organic compounds at swine facilities: A critical review. *Chemosphere* 89, pp. 769–788, doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.04.061

Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung bedanken wir uns beim Bundesamt für Umwelt, BAFU (Schweiz).

Projekt EmiDaT – Ammoniak- und Methan-Emissionen aus freigelüfteten Milchviehställen in Deutschland

Project EmiDaT – Ammonia and methane emissions from naturally ventilated dairy barns in Germany

ULRIKE WOLF, GIANNA DEHLER, DIETER HORLACHER, ALEXEJ SMIRNOV, EWALD GRIMM, KATRIN WAGNER, BRIGITTE EURICH-MENDEN

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „EmiDaT“ wurden Emissionsmessungen an 12 freigelüfteten Milchviehställen (Praxisbetriebe) in Deutschland für die Gase Ammoniak (NH_3) und Methan (CH_4) durchgeführt. Die Messungen erfolgten für mindestens 6 Messzeiträume innerhalb eines Jahres. Die Betriebe wurden auf Basis der Gestaltung des Stallbodentyps des Laufgangs und dem Ort der Güllelagerung in 3 Gruppen unterteilt (Keller = Spaltenboden mit Güllelagerung im Stall, Plan = planbefestigter Boden mit Güllelagerung außerhalb des Stalls, Spalte = Spaltenboden mit Güllelagerung außerhalb des Stalles).

Bei den Jahresemissionsraten konnten für Ammoniak keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Im Gegensatz dazu wurden bei den Jahresemissionsraten für Methan statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Stalltypen „Keller“ im Vergleich zu den Stalltypen „Plan“ bzw. „Spalte“ festgestellt.

Summary

As part of the „EmiDaT“ project, emission measurements for ammonia (NH_3) and methane (CH_4) were carried out at naturally ventilated dairy barns (practice farms). The measurements were carried out at 12 locations in Germany with at least six measurement periods within one year. The farms were divided into the three groups cellar, closed and slatted based on the design of the floor covering of the walkway and the location of the slurry storage (inside or outside the building).

No statistically significant differences were found in annual emission rates for ammonia among the three groups. In contrast, statistically significant differences were found in the emission rates for methane between the barn types with manure storage inside the barn building (cellar) compared to the barn types with manure storage outside the barn building (closed or slatted).

1 Zielsetzung

In dem Projekt „Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkungen der Nutztierhaltung“ (EmiDaT) werden Emissionsdaten für Ammoniak und Methan in freigelüfteten Milchvieh-Liegeboxenlaufställen in verschiedenen Regionen Deutschlands ermittelt.

Ziele des Projekts EmiDaT sind die Emissionsermittlung, die Validierung und die Etablierung von Messstandards für zukünftige Vorhaben sowie ergänzend der Aufbau einer Datenbank für Emissionsdaten aus der Milchviehhaltung.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsstandorte

Für die Emissionsmessungen wurden 12 Milchviehställe ausgewählt. Die untersuchten Liegeboxenlaufställe unterscheiden sich zum einen in der Bodengestaltung des Laufgangs (planbefestigt oder Spalten) und zum anderen im Ort der Güllelagerung (im Stall oder außerhalb des Stalles). Die Stalltypgruppe „Keller“ bezeichnet Ställe mit Güllekeller unter den Spalten im Laufgang, die Stalltypgruppe „Plan“ die Ställe mit planbefestigtem Laufgang und Gülleaußenlager und die Stalltypgruppe „Spalte“ Ställe mit Spaltenböden im Laufgang und Gülleaußenlager. Es wurden jeweils 4 Ställe je Stalltypgruppe untersucht.

2.2 Emissionsmessungen

An jedem Untersuchungsstandort wurden in mindestens 6 Messperioden pro Jahr Emissionsmessungen durchgeführt. Die Messungen wurden mit einheitlichem Messaufbau und Messroutinen nach VERA (2018) durchgeführt. Der Messaufbau umfasste zur Gasprobennahme eine Sammelleitung im Stallgebäude sowie 2 Außenmesspunkte an den Längsseiten des Gebäudes. Die innere Sammelleitung und die Außenmesspunkte wurden in zeitlicher Abfolge beprobt und die Gaskonzentrationen (NH_3 , CH_4 , CO_2) mittels FTIR bestimmt. In der Regel wurden mindestens 5 Messwerte pro Stunde innen bzw. außen erfasst. Meteorologische Daten im Außenbereich wurden mit einer Wetterstation in ca. 100 m Entfernung vom gemessenen Stall erhoben. Im Stallgebäude wurden Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit gemessen. Zudem wurden die NH_3 -Hintergrundkonzentrationen mithilfe von Passivsammler im weiteren Umfeld der Ställe sowie Tier- und Managementdaten erfasst.

2.3 Aufbereitung der Messdaten und Berechnung der Emissionsraten

Nach Plausibilisierung der Messdaten erfolgte in der entwickelten Datenbankanwendung deren Synchronisierung. Kriterien der Synchronisierung waren Windanströmungswinkel zum Stallgebäude, tolerierbare Zeitdifferenz zwischen Innen- und Außenmessung sowie Windgeschwindigkeiten innerhalb eines Toleranzbereichs.

Die Berechnung der Ventilationsraten bzw. Emissionsraten für NH_3 und CH_4 der einzelnen Messzeitpunkte erfolgte unter Verwendung von CO_2 als natürlichem Tracer (VERA 2018). Die Ergebnisse der Einzelmesszeitpunkte wurden zu arithmetischen Stundenmittelwerten zusammengefasst. Zur Berechnung von mittleren jährlichen Emissionsraten erfolgte eine temperaturabhängige Gewichtung der Einzelmesswerte auf Basis der Häufigkeiten der langjährigen Temperaturstundenmittel (DWD 2020) der Untersuchungsstandorte. Die aggregierten gewichteten Jahresmittelwerte wurden nach Stalltyp (Keller, Spalte, Plan) gruppiert und auf signifikante Unterschiede bezüglich der Emissionsraten zwischen den Stalltypen getestet (Varianzanalyse, Post-Hoc-Test: Tukey HSD, $p < 0,05$).

3 Ergebnisse

In Abbildung 1 sind beispielhaft die Stundenmittelwerte der Emissionen für Ammoniak für alle Messzeiträume dargestellt. Die Stundenmittelwerte variieren bedingt durch die unterschiedlichen Randbedingungen (Temperatur, Management etc.) erheblich.

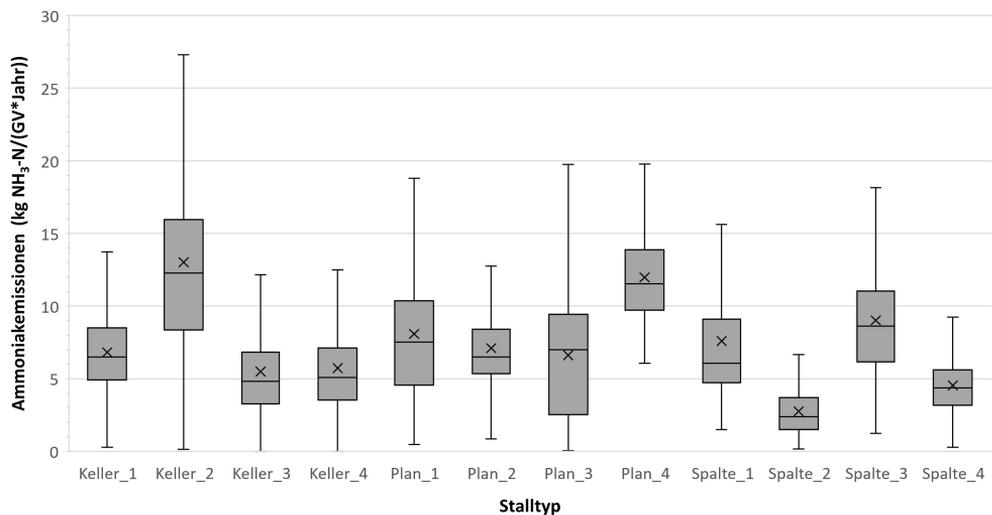


Abb. 1: Ammoniak-Stickstoff-Emissionsraten ($\text{kg NH}_3\text{-N GV}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$) der 12 untersuchten Ställe der Stalltypen Keller, Plan und Spalte (Stundenmittelwerte) (© KTBL)

Fig. 1: Rates of ammonia nitrogen emission ($\text{kg NH}_3\text{-N LU}^{-1} \text{ year}^{-1}$) from twelve barns of the three barn types cellar, closed and slatted (hourly mean values) (© KTBL)

Statistisch signifikante Unterschiede der aggregierten gewichteten Jahresmittelwerte zwischen den Stalltypen „Keller“, „Plan“ und „Spalte“ konnten bei den Ammoniak-Emissionsraten nicht nachgewiesen werden (Tab. 1). Im Gegensatz dazu wurden zwischen dem Stalltyp „Keller“ und den Stalltypen „Spalte“ bzw. „Plan“ signifikante Unterschiede bei den Methanemissionsraten festgestellt (Tab. 1). Daraus kann abgeleitet werden, dass der Ort der Güllelagerung die Höhe der Methanemissionen beeinflusst, mit niedrigeren Methanemissionsraten bei Lagerung der Gülle außerhalb des Stallgebäudes.

Tab.1: Emissionsraten für Ammoniak ($\text{kg NH}_3\text{-N GV}^{-1}\text{ Jahr}^{-1}$) und Methan ($\text{kg CH}_4\text{ GV}^{-1}\text{ Jahr}^{-1}$) für die 3 untersuchten Stalltypen „Keller“, „Plan“ und „Spalte“ (einfaktorielle Varianzanalyse, Post-Hoc-Test: Tukey-HSD, $p < 0,05$; Stalltypen mit unterschiedlichen Buchstaben (a, b) unterscheiden sich signifikant) (© KTBL)

Tab. 1: Ammonia ($\text{kg NH}_3\text{-N LU}^{-1}\text{ year}^{-1}$) and methane ($\text{kg CH}_4\text{ LU}^{-1}\text{ year}^{-1}$) emission rates for the 3 types of barn, cellar, closed and slatted (one-factor analysis of variance, post hoc test: Tukey-HSD, $p < 0.05$; barn types with different letters (a, b) differ significantly) (© KTBL)

Stalltyp	Emissionsraten	
	$\text{kg NH}_3\text{-N GV}^{-1}\text{ Jahr}^{-1}$	$\text{kg CH}_4\text{ GV}^{-1}\text{ Jahr}^{-1}$
Keller	7,7 ^a	228 ^a
Plan	8,3 ^a	92 ^b
Spalte	6,3 ^a	101 ^b

4 Diskussion

Der in dieser Untersuchung berechnete Mittelwert für $\text{NH}_3\text{-N}$ aus den in Tabelle 1 dargestellten Emissionsraten für alle 3 Stalltypen ist mit $7,4\text{ kg NH}_3\text{-N a}^{-1}\text{ GV}^{-1}$ geringer als der in der VDI-Richtlinie 3894 (VDI 2011) mit $10\text{ kg NH}_3\text{-N a}^{-1}\text{ GV}^{-1}$ (bei angenommener Belegungsrate von 100 %) angegebene Konventionswert.

Ein direkter Vergleich der Emissionsraten für Liegeboxenlaufställe der vorliegenden Studie mit Ergebnissen anderer Veröffentlichungen ist nur bedingt möglich, zum einen da es sich bei den hier vorgestellten Ergebnissen um temperaturgewichtete Jahreswerte handelt. Zum anderen sind ermittelte Emissionsraten abhängig von Messkonzept, Stallsystem sowie Anzahl und jahreszeitlicher Verteilung der verwendeten Messdaten. Weiterhin ist ein Vergleich von Emissionsraten nur bei Verwendung derselben Bezugsbasis (z. B. je Tierplatz, je Tier, je GV) unter Kenntnis der zugrundeliegenden Daten (bei GV z. B. Lebendmasse je Tier; bei Tierplatz Tierkategorie und Belegungsrate) sinnvoll.

Literatur

DWD (Climate Data Center) (2020): Vieljährige Stationsmittelwerte für die Klimareferenzperiode 1981-2010 für aktuellen Standort und Bezugsstandort. https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/multi_annual/, Zugriff am 21.01.2020

VDI (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen Haltungsverfahren und Emissionen Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. VDI Richtlinie 3894, Blatt 1. Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure

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_Testprotocol_Housing_v3_2018.pdf, Zugriff am 15.01.2019

Förderhinweis

Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank, Frankfurt am Main.



Raumplanungstechnische Beurteilungsgrundlage für Schallemissionen aus der Landwirtschaft

Technical Basis for assessment of Noise Emissions from Agriculture for Land Use Planning

MICHAEL KROPSCH, CHRISTOPH LECHNER, IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER

Zusammenfassung

Nachfolgend an die Veröffentlichung des „Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft“ (Kropsch und Lechner 2013) hat die HBLFA Raumberg-Gumpenstein, in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Arbeitsring für Lärmbekämpfung, die gesamte Lärmentwicklung von landwirtschaftlichen Betrieben untersucht. In einem mehrjährigen Projekt wurden die Lärmemissionen von landwirtschaftlichen Betrieben mit Geflügel-, Rinder- und Schweinehaltung erfasst und ausgewertet. Die Erhebung umfasste 956 Schallquellen, darunter 585 Tätigkeiten landwirtschaftlicher Kraftfahrzeuge, 251 im Bereich landwirtschaftlicher Maschinen und Technik und 120 Stallungen bzw. Auslaufbereiche. Aus den Erhebungen wurden flächenbezogene Schalleistungspegel abgeleitet und mit der aktuellen Normung und Rechtslage verglichen. Die detaillierten Ergebnisse sind in der „ÖAL-Monografie 2“ (Kropsch und Lechner 2021) nachzulesen; diese bildet die zentrale Grundlage für die Behandlung lärmbedingter Fragestellungen in der Raumplanung in Zusammenhang mit landwirtschaftlichen, nutztierhaltenden Betrieben.

Summary

Following noise emissions from animals and machines in the Practical Guide Of Sound Technology in Agriculture (Kropsch and Lechner 2013), the AREC Raumberg-Gumpenstein has investigated farm sites for their noise development as a whole in cooperation with the Austrian Working Group for Noise Control. In a multiannual project noise emissions of livestock farms with poultry, cattle and pigs were recorded and evaluated. The survey covered 956 sound sources, specifically 585 motor vehicle activities, 251 agricultural machinery and 120 stables or free-range areas. Finally area-based sound power levels were derived and compared to current standardization and legal status. Now the “ÖAL Monograph 2” (Kropsch and Lechner 2021) forms the central basis for the treatment of noise-related issues in land use planning in connection with livestock farms.

1 Einleitung und Zielsetzung

Eine zentrale Funktion der Raumplanung ist u.A. die zielgerichtete Ordnung schallemmissionstechnisch gleichrangiger Widmungen. Diese dient einerseits dem Schutz von Flächen mit hohem Ruheanspruch vor übermäßiger Lärmbelastung, andererseits ermöglicht sie auf Flächen für Dienstleistungen, Landwirtschaft und Gewerbe die Ausschöpfung widmungstypischer Emissionen. Jedem Standplatz wird einerseits eine bestimmte Schallemission zugeordnet, indes besteht auch ein gewisser Ruheanspruch, der durch den Immissionsgrenzwert ausgedrückt wird.

In Österreich steht die ÖNORM S 5021 „Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und -ordnung“ für Widmungsverfahren zur Verfügung. Die ÖNORM S 5021 führt unter der Baulandkategorie 3 den Standplatz „Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen“ an. Dieses Gebiet ist gekennzeichnet durch einen Planungsrichtwert für die Emission von 55 dB im Tageszeitraum, 50 dB im Abendzeitraum und 45 dB im Nachtzeitraum. Dies stellt das nutzbare Ausmaß an Schallemissionen in dieser Widmungskategorie dar. Um in Raumordnungsbelangen optimal agieren zu können, ist das Vorhandensein realistischer Emissionskenn-daten maßgeblich. Es muss sichergestellt sein, dass Vorgänge/Bauten auf der betrachteten Widmungskategorie in der Realität kein höheres Emissionsausmaß aufweisen als der entsprechende Planungsrichtwert nach ÖNORM S 5021.

2 Auswahl der Studienobjekte

Entsprechend ihrer Relevanz in der österreichischen landwirtschaftlichen Betriebsstruktur wurde der Fokus auf Geflügel-, Rinder- und Schweinebetriebe gelegt. Die Studienobjekte umfassen konventionelle und Biobetriebe. In Bezug auf die flächenbezogenen Schallemissionen wurden Betriebe der Nutzungsrichtungen Legehennen, Hühnermast, Rindermast, Mutterkuhhaltung, Milchviehhaltung, Ferkelproduktion, Ferkelaufzucht und Schweinemast untersucht.

Analog zum „Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft“ fanden die Emissionsquellen Kfz und landwirtschaftlicher Verkehr, Maschinen und Technik sowie Nutztiere Eingang in die Erhebungen. Für die betrieblichen, flächenbezogenen Schallemissionen der Hofstellen war die gemeinsame Betrachtung von Schallquellen innerhalb von Gebäuden (z.B. Fütterungsanlagen), die über Fenster, Türen und Tore abstrahlen und von Schallquellen im Freien (z.B. Traktorfahrten, Auslaufhaltung von Tieren) relevant.

In Summe wurden bei den umfangreichen Erhebungen 956 Schallquellen erfasst; 585 Kfz-Aktivitäten, 251 landwirtschaftliche Maschinen und 120 Stallungen bzw. Freilaufbereiche. Die in die Studie miteinbezogene Gesamtanzahl an Tieren beläuft sich auf 113.745; 91.570 Hühner, 1.160 Rinder und 21.015 Schweine.

3 Datenerhebung

Durchgeführt wurden die schalltechnischen Befundaufnahmen mittels standardisierter Fragebögen. Die Betriebsbesuche fanden in den Jahren 2014 bis 2016 durch Mitarbeiter der österreichischen Landwirtschaftskammern sowie der HBLFA Raumberg-Gumpenstein statt. Ziel war die Abbildung eines typischen Arbeitsgeschehens an der jeweils betrachteten Hofstelle im Jahresverlauf.

4 Modellbildung

Die Daten aus den Fragebögen wurden in ein Tabellenkalkulationsprogramm übertragen und für die Berechnung der betriebsspezifischen, flächenbezogenen Schalleistungspegel aufbereitet. Betrachtet wurde ein mittleres Emissionsgeschehen über ein Kalenderjahr.

5 Ergebnisse

Die flächenbezogenen Gesamtschalleistungspegel der drei nutztierhaltenden Betriebskategorien in den Beurteilungszeiträumen Tag, Abend und Nacht korrespondieren mit den Planungsrichtwerten für die Emission gemäß ÖNORM S 5021.

6 Zusammenfassung

Ziel in der Entwicklung der „ÖAL-Monografie 2“ war die Ableitung flächenbezogener Schalleistungspegel für Geflügel-, Rinder- und Schweinebetriebe zur Anwendung in Flächenwidmungsverfahren.

Ergänzend galt die Frage zu klären, ob die ermittelten betriebsspezifischen Schallemissionen die Planungsrichtwerte für die Emission nach ÖNORM S 5021 (55 dB am Tag, 50 dB am Abend, 45 dB in der Nacht) überschreiten

Obwohl die Untersuchungen zur „ÖAL-Monografie 2“ gewisse Widersprüche zu den normativen Schallemissionsrichtwerten zu Tage gefördert haben (einzelne Betriebe wiesen höhere flächenbezogene Schalleistungspegel auf) zeigt die finale Berechnung, dass die entsprechenden Emissionsvorgaben in ÖNORM S 5021 einen durchschnittlichen nutztierhaltenden Normbetrieb weitestgehend abbilden.

Bezieht man die Standardabweichung von ± 5 dB, die die Bandbreite betrieblicher Emissionen in der Praxis widerspiegelt, in die Betrachtung mit ein, erscheint es unter dem Aspekt des Vorsorgeprinzips jedoch zielführend, die Anpassung der Normwerte an das „Tiroler Raumordnungsgesetzes 2016“ (Tag = 60 dB, Abend = 55 dB, Nacht = 50 dB) zu diskutieren.

Für eine vorausschauende Planung in Flächenwidmungsverfahren, unter Miteinbeziehung des Vorsorgeaspekts, scheint die Tiroler Festlegung für betriebliche Lärmemissio-

nen der Nutztierhaltung treffender zu sein. Ziel muss es sein, dem realen Betriebsgeschehen gerecht zu werden, um ein Nebeneinander von Landwirtschaft und Nachbarschaft so konfliktfrei wie möglich zu gestalten.

Die Landwirtschaft als Basis der Nah- und Eigenversorgung der Bevölkerung ist zwangsläufig mit gewissen Emissionen seitens der Hofstellen verbunden. Da die Produktion in der Landwirtschaft gleich jedem Betriebsgeschehen das der Versorgung der Bürger dient (Bäckereien, Lebensmittelmärkte usw.) nicht lautlos vonstattengehen kann, ist es essentiell, das Bewusstsein dafür und den „richtigen“, vorausschauenden Umgang damit zu bilden.

7 Diskussion und Ausblick

Für die „ÖAL-Monografie 2“ wurden erstmals flächenbezogene Schalleistungspegel für landwirtschaftliche Hofstellen mit Nutztierhaltung für Geflügel-, Rinder- und Schweinebetriebe abgeleitet. In Flächenwidmungsverfahren ermöglichen sie in Zukunft eine konkrete Berücksichtigung landwirtschaftlicher Schallemissionen zur Hintanhaltung späterer Lärmkonflikte.

Die abgeleiteten flächenbezogenen Schalleistungspegel der nutztierhaltenden Betriebe überschreiten, bis auf Schweinebetriebe im Abendzeitraum, nicht die Planungsrichtwerte für die Emission gemäß ÖNORM S 5021. Die ermittelte Standardabweichung von ± 5 dB spiegelt den Rahmen betrieblicher Schallemission in der Praxis wider. Im Sinne des Vorsorgeprinzips scheint es diskutierenswert, die normativen Emissionsrichtwerte um diesen Pegel anzuheben bzw. die lärmtechnischen Vorgaben des „Tiroler Raumordnungsgesetzes 2016“ in allen österreichischen Bundesländern zu implementieren.

Literatur

- Kropsch, M.; Lechner, C. (2013): Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft. UBA REP-0409, Forum Schall, Umweltbundesamt, Wien
- Kropsch, M.; Lechner, C. (2021): Lärmemissionen von landwirtschaftlichen Betrieben und Flächenwidmung. ÖAL-Monografie 2, Ausgabe 2021-07-01, Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, Wien

Analyse der technologischen und organisatorischen Vereinbarkeit von TA Luft und Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung

Analysis of the technological and organizational compatibility of the Technical Guideline on Air Quality (TA Luft) and Animal Protection Keeping of Production Animals Order (TierSchNutzV)

SOPHIE KÖNIG, HEINZ BERNHARDT

Zusammenfassung

Der Zielkonflikt zwischen TA Luft und TierSchNutzV entsteht nicht erst durch die Veränderungen der Verordnungen, denn durch gesellschaftliche Forderungen und die Gesetzestexte ist der Konflikt zwischen Tierwohl und Emissionen grundlegend vorhanden. Die Ergebnisse der Literaturanalyse kommen zu dem Resultat einer möglichen Vereinbarkeit. Dem entgegen sind die Ergebnisse der Interviews vielschichtig und von fachlichen Perspektiven geprägt, dennoch sehen sie eine Vereinbarkeit aufgrund der Ziel-Neutralität der meisten Aspekte als möglich an. Insgesamt ist der Konflikt auf der organisatorischen und damit seitens der rechtlich-verwaltungsbezogenen Vorgaben größer als auf der technischen Seite. Die Forschung an technischen Lösungen ist gleichwohl essenziell. Es ist abzuwarten, welche Handlungsschritte im Bereich der Umsetzung der Verwaltungs- und Rechtsvorschriften als nächstes vollzogen werden. Der nachfolgende Beitrag ist die Kurzfassung der gleichnamigen Bachelorarbeit an der TU München (König 2021).

Summary

The results clearly indicate that the conflicting objectives do not arise through the changes in the regulations, but that both the TierSchNutzV and the TA Luft have difficulties with other social demands in some areas. The conflict between animal welfare and emissions is therefore fundamentally present. The results of the literary analysis on the one hand indicate good compatibility between the two objectives. The results of the interview on the other hand, are multi-layered, based on the different perspectives of the interviewed professionals. All in all, they suggest the possibility of compatibility because the side of goal neutrality predominates. Overall, the conflict on the organizational and thus also the licensing area outweigh the conflict on the technical area. Research into technical solutions is still essential. It remains to be seen which steps in the approval area will be carried out next. The following article is the short version of the bachelor thesis of the same name at the TU Munich (König 2021).

1 Einleitung und Zielsetzung

Durch die Novellierung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) und der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutztV) sind im Jahr 2021 zwei grundlegende Verordnungen, die den Bereich der tierhaltenden Landwirtschaft betreffen, aktualisiert worden. Dadurch könnte ein möglicher Zielkonflikt zwischen Tierwohl und Emissionen verschärft worden sein und große Auswirkungen auf die tierhaltenden landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland haben.

Im Mittelpunkt der Forschungsarbeit steht die Analyse, Darlegung und Bewertung eines möglichen Zielkonflikts zwischen TA Luft und TierSchNutztV. Das politische und administrative Gesamtziel des Gesetzgebers hinter dieser Problematik ist es, eine verlässliche Rechtsgrundlage zu schaffen, die für den landwirtschaftlichen Unternehmer langfristig sichere Rahmenbedingungen für die erforderlichen Anpassungsinvestitionen bietet. Da diese Zielräume wegen verschiedenster Einflüsse nicht deckungsgleich sind, ist das fachliche Hauptziel der Untersuchung darzulegen, ob es möglich ist, beide novellierten Verordnungen technologisch und organisatorisch so zu vereinbaren, dass eine tierhaltende Landwirtschaft weiterhin in einem verlässlichen Rechts- und angemessenen Aufwandsrahmen möglich ist.

2 Material und Methoden

Es wurde eine qualitative induktive Forschungsarbeit zum Stand vom 31.07.2021 verfasst. Da in der verabschiedeten Fassung der TA Luft (TA Luft 2021) keine signifikanten Änderungen im Unterschied zum analysierten Entwurf zu finden sind, kann die Untersuchung übertragen werden. Erforscht werden sollen die Veränderungen in den novellierten Fassungen der TA Luft und TierSchNutztV sowie deren Vereinbarkeit und die Herausforderungen in der Handhabung auf der Grundlage einer ausführlichen Literaturanalyse im Sinne einer Kohärenzanalyse und Experteninterviews mit Fachleuten aus den Bereichen der Tierwissenschaften, der Tierhaltungstechnik und der Beratung.

Als Folge wurden die daraus herausgearbeiteten Ergebnisse in drei Kategorien eingeteilt. In Regelungen ohne gegenseitige Zielbeeinflussung (Ziel-Neutralität), mit positiver wechselseitiger Zielbeeinflussung (Komplementarität, Synergie) oder mit negativer wechselseitiger Zielbeeinflussung (Widerspruch, Konflikt). Die Kohärenzanalyse erfolgte anhand der Beschlüsse des Bundesrates inklusive deren Begründungen, sowie den jeweils aktuellen Gesetzestexten und den Ausführungshinweisen. Die Durchführung von qualitativen Experteninterviews diente der Datenerhebung. Mit folgenden Personen wurden nicht standardisierte, jedoch strukturierte Interviews durchgeführt: Prof. Dr. Wolfgang Büscher (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn), Apl. Prof. Dr. Eva Gallmann (Universität Hohenheim), Prof. Dr. Eberhard Hartung (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel), Dr. Dirk Hesse (Beratungsunternehmen AGRIKontakt), Prof. Dr. Jörg Oldenburg (Ingenieurbüro Prof. Dr. Oldenburg GmbH), Prof. Dr. Wilhelm Pflanz (Hochschule Weihenstephan-Triesdorf). Die Fragen beinhalteten folgende Themen:

Umgang mit Ställen und Bestandsanlagen hinsichtlich Um- und Neubauten sowie den damit zusammenhängenden finanziellen Belastungen und Übergangsfristen, Beachtung des Begriffes Tierwohl in den Verordnungen, Forderungen in der Schweinehaltung, Handlungsbedarf und Verbesserungen zur besseren Vereinbarkeit, Entwicklung der Problematik und der Strukturwandel.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Literaturanalyse können wie folgt zusammengefasst werden. Ein Großteil der Regelungen unterliegt der Ziel-Neutralität, da sie sich auf der organisatorischen Seite nicht überschneiden. Eine positive wechselseitige Zielbeeinflussung liegt in den Bereichen Einstreu und Reinigung der Flächen vor, weil bei saubereren und trockenen Flächen sowohl Tierwohl positiv beeinflusst wird als auch die Emissionen sinken. Der Anteil der Paragraphen und Sätze, die im Widerspruch stehen, sind gering und stehen immer in Verbindung mit der emittierenden Fläche und der vorgeschriebenen Fläche der TierSchNutzV (2006).

Aufgrund der fehlenden einheitlichen Gesamtmeinung, sondern eher einem zusammenfassenden Meinungsbild zu Tierwohl- und Emissionsschutzaspekten, wurde eine Kategorisierung der Interviews vorgenommen. Die positiven Wechselwirkungen beziehen sich vor allem auf die vielfältigen Möglichkeiten und Chancen, die jene Entwicklung mit den darauffolgenden Kompromisslösungen mit sich bringt. Keine wechselseitigen Zielbeeinflussungen sind auf fachlicher Ebene zu finden, da die Diskrepanzen zwischen den Ansprüchen der TA Luft und der TierSchNutzV lösbar sind. Größere Probleme werden vermutlich zwischen den Papieren des Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung (Borchert-Kommission) hinsichtlich Außenklimastall und der TA Luft zu erwarten sein. Detailprobleme, die aufgrund der gesellschaftlichen Diskussion und Rechtslage in Deutschland entstanden sind, können in die Kategorie der negativen wechselseitigen Zielbeeinflussungen eingeordnet werden. Es ist eine Tendenz erkennbar, die vermuten lässt, dass das Problem nicht zwischen TA Luft und TierSchNutzV liegt, sondern die Verordnungen eine Herausforderung sind und an einigen Stellen die Vereinbarkeit mit dem Baurecht oder gesellschaftlichen Forderungen problematischer sind, als die Vereinbarkeit der in dieser Arbeit behandelten Verordnungen. Insgesamt ist der Konflikt auf der organisatorischen und damit rechtlich-verwaltungsbezogenen Seite größer als auf der technischen Seite.

4 Diskussion

Die technologische Vereinbarkeit ist in der nach der literaturbasierten Analyse möglich, doch kann es in der Umsetzung entweder zu weiteren Problemen kommen, die in der Theorie nicht ersichtlich sind oder Schwierigkeiten, die in der Theorie ersichtlich sind, können gelöst werden und stellen somit weniger Konfliktpotenzial dar. Außerdem ist

dieser Widerspruch von mehreren Parametern abhängig, welche nicht weiter betrachtet wurden. Die wirklichen Auswirkungen und Konsequenzen der Veränderungen der Verordnung sind nach kurzer Analyse nicht möglich und bedürften einer Nachstellung sämtlicher Szenarien und weitere Forschungen und Auflistungen im Bereich der Emissionen und der Abhängigkeit der Haltungsverfahren und des Managements. Die wirklichen Probleme, die auf Anwender und Genehmigungsbehörden zukommen werden, werden sich erst im Laufe der nächsten Zeit in der Umsetzung und Praxis ergeben. Die Tatsache, dass sich ein Großteil der Veränderungen neutral gegenübersteht, hat den Ursprung darin, dass sie weder Berührungspunkte haben noch sich auf organisatorischer Ebene überschneiden. Der Fokus lag bei der Betrachtung nur auf den Veränderungen, wie sie die jeweiligen Verordnungen zur Änderung der TA Luft und der TierSchNutzV beschreiben. Vernachlässigt wurden Sekundärliteratur und die Umsetzung der Genehmigungsbehörden. Demnach ist es möglich, dass Veränderungen, die in der Literaturanalyse als neutral beschrieben wurden, in der Genehmigungspraxis und Umsetzung Probleme in der Vereinbarkeit verursachen, die durch eine reine Analyse der Veränderungen aufgrund der Komplexität und der Vielschichtigkeit des Themas nicht erkennbar sind. Um zu konkreten Ergebnissen zu gelangen und den Konflikt in der Umsetzungspraxis vollständig zu erkennen, sind weitere Fallbeispiele in allen Bereichen dringend notwendig. Aufgrund der Herausforderungen ist eine Notwendigkeit einer Veröffentlichung von weiteren Ausführungshinweisen für Landwirte, Berater und Genehmigungsbehörden, um dadurch Unbestimmtheiten einheitlich zu regeln, unabdingbar.

Literatur

- König, S. (2021): Analyse der technologischen und organisatorischen Vereinbarkeit von TA Luft und Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. Bachelorarbeit, Berufliche Bildung Agrarwirtschaft, München
- TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft) vom 28.05.2021. Drucksache 314/21, Beschluss des Bundesrates, <https://dserver.bundestag.de/brd/2021/0314-21B.pdf>, Zugriff am 07.10.2021
- TierSchNutzV (2006): 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. <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutzv/>, Zugriff am 31.05.2021

Geruchsemissionsmessungen in Versuchsstallungen für Mastgeflügel

Odour emission measurements in poultry flocks for fattening

MICHAEL KROPSCH, IRENE MÖSENBACHER-MOLTERER, EDUARD ZENTNER

Zusammenfassung

In Österreich hat das Thema Geruchsemissionsfaktoren aus der Nutztierhaltung aktuell erhebliche Brisanz. Neben der Diskussion zur Auswahl der beprobten Betriebe, über die Durchführung der Erhebung bis zur Ableitung richtet sich der Fokus in erster Linie auf die Höhe der finalen Emissionsfaktoren. Für die Anwendung in Geruchsausbreitungsrechnungen ist es essentiell, dass die abzubildenden Immissionen nicht zu stark unterschätzt bzw. überschätzt werden. Seit 2011 werden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein Mastgeflügelversuche mit begleitenden Geruchsmessungen durchgeführt. Mit dem gesammelten Datenmaterial soll ein Beitrag geleistet werden, Geruchsausbreitungsrechnungen in Zukunft realitätsnäher gestalten zu können – Geruchsemissionsfaktoren bilden hier eine wesentliche Stellschraube.

Summary

In Austria, the issue of odour emission factors from livestock farming is currently a major issue. In addition to the discussion on the selection of the sampled farms, the conduct of the survey and the derivation, the focus is primarily on the level of the final emission factors. For use in odour dispersion calculations it is essential that the immissions to be depicted are not too much underestimated or overestimated. Since 2011 fattening poultry trials with accompanying odour measurements have been carried out at AREC Raumberg-Gumpenstein. The collected data is intended to contribute to making dispersion calculations more realistic in the future – odour emission factors are an important adjustment screw here.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Mehrzweckversuchsstall der HBLFA Raumberg-Gumpenstein verfügt über zwei baulich idente und lüftungstechnisch getrennte Stallungen (Abteil OST und Abteil WEST) für Versuche mit Mastgeflügel. In den Durchgängen wird jeweils in einem Abteil mit einem Versuchsfuttermittel, im zweiten mit einer „herkömmlichen“ Praxisrezeptur (Kontrollgruppe) gefüttert. Um eine Beeinflussung durch die Abteile auszuschließen, werden die Versuchs- und Kontrollgruppen nach jedem Mastdurchgang getauscht. Die Stallabteile werden jeweils – durch Einfügung einer unüberwindbaren Barriere – in zwei gleich große Buchten geteilt. Hinsichtlich der Parameter tägliche Zunahme, Mastendgewicht und Futtermittelverwertung stehen somit pro Versuchsdurchgang (jeweils für die Versuchs- und die Kontrollgruppe) Daten aus zwei Buchten zur Verfügung. In Bezug auf die gasförmigen und olfaktorischen Emissionen erfolgt der Vergleich jeweils für das Versuchs- und das Kontrollabteil im Gesamten. Entsprechend den AMA-Vorgaben werden je 420 Masthühner pro Abteil gehalten, aufgeteilt in je zwei Buchten zu 210 Tieren. Die Mastküken werden von einer konventionellen Brüterei bezogen; ebenfalls erfolgt die Schlachtung der Tiere auf einem Schlachthof in der Praxis. An vier Tagen während des Mastverlaufs (einmal pro Woche) erfolgt in den Abluftkaminen, jeweils zwischen 08:00 und 11:00 Uhr, die Geruchsprobenziehung (zwei Säcke je Quelle) zur normenkonformen Untersuchung am Olfaktometer. Durch Miteinbeziehung des Abluftvolumenstroms und der Anzahl der Tiere werden die Geruchsemissionsfaktoren abgeleitet – diese bilden die zentrale Basis von Geruchsausbreitungsrechnungen.

2 Vergleichbarkeit mit der Praxis und Ergebnisse

In punkto Anwendung der Forschungsergebnisse in der heimischen Landwirtschaft ist der Umstand hervorzuheben, dass – mit Ausnahme der messtechnischen Ausstattung der Abteile und der erhobenen Parameter – die Bedingungen während der Mastdurchgänge weitgehend jenen in der Praxis entsprechen. Zwar ist die gehaltene Tierzahl je Abteil nicht anatzweise mit jenen in großen Mastbetrieben zu vergleichen, jedoch entspricht die „Umgebung“ (eine bestimmte Anzahl an Tieren teilt sich, gemäß AMA-Vorgaben, Futtertröge und Tränken), der Bezug der Küken (Rasse Ross 308) aus einer konventionellen Brüterei und die Abwicklung der Schlachtung durch einen heimischen Geflügelproduzenten den Vorgängen in der Praxis. Dies stellt hinsichtlich der Übertragung der Versuchsergebnisse oftmals einen Vorteil gegenüber Kleingruppenversuchen dar, die hinsichtlich der Haltungsbedingungen als z. T. „artifizial“ zu betrachten sind.

Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Kontrollabteile der Mastgeflügelversuche mit den jeweiligen mittleren Geruchsstoffkonzentrationen in GE/m^3 ; die Basis der Werte bilden stets acht olfaktometrische Analysen (vier pro Mastdurchgang, zweifache Probenziehung je Quelle). Unter Miteinbeziehung des mittleren Abluftvolumenstroms und der Anzahl der Tiere wurden die Geruchsemissionsfaktoren in $\text{GE}/\text{s} \cdot \text{GVE}$

berechnet (die Umrechnung der Tierzahl in GVE = Großvieheinheiten erfolgte gemäß VDI-Richtlinie 3894).

Tab. 1: Mastgeflügelversuche, Geruchsstoffkonzentrationen und Emissionsfaktoren
 Tab. 1: Tests on fattening poultry, odour concentrations and emission factors

Nr.	Control Group Trial number	Geruch GE/m ³ (Durchschnitt)	Geruch EmiFaktor (GE/s*GVE)	Nr.	Control Group Trial number	Geruch GE/m ³ (Durchschnitt)	Geruch EmiFaktor (GE/s*GVE)
1	DGE34-F4M II	95	61	23	DGE15	1196	425
2	DGE33-F4M I	409	70	24	DGE12	2204	169
3	DGE32	345	33	25	DGE11	3258	478
4	DGE31	962	101	26	DGE10	1352	91
5	DGE30	599	224	27	DGE9	1641	118
6	DGE29	737	517	28	DGE8	1418	88
7	DGE28	348	35	29	DGE7	1640	98
8	DGE27	248	37	30	DGE6	1742	118
9	DGLa3	672	87	31	DGE5	1771	242
10	DGLa2	139	230	32	DGE3	1749	178
11	DGLa1	281	193	33	DG16	1192	90
12	DGE26	571	95	34	DG15	2138	215
13	DGE25	493	58	35	DG14	759	165
14	DGE24	936	113	36	DG13	698	200
15	DGE23	905	99	37	DG12	1022	141
16	DGE22	307	202	38	DG11	1135	99
17	DGE21	377	192	39	DG10	1306	77
18	DGE20	615	185	40	DG9	1092	261
19	DGE19	755	60	41	DG8	183	51
20	DGE18	1481	106	42	DG7	210	112
21	DGE17	887	74	43	DG6	221	77
22	DGE16	1261	289	44	DG5	205	69

Im Durchschnitt der 44 Mastdurchgänge liegt die ermittelte Geruchsstoffkonzentration bei 944 GE/m³ und der mittlere Geruchsemissionsfaktor bei 151 GE/s*GVE. Die in Tabelle 2 mitangeführten Maximum- und Minimumwerte sowie die hohe Standardabweichung spiegeln die große Variabilität der Ergebnisse wider.

Tab. 2: Zusammenfassendes Ergebnis der Geruchsanalysen aus 44 Mastgeflügelversuchen
 Tab. 1: Summary result of the odour analyses of 44 fattening poultry trials

	Geruch GE/m ³ (Durchschnitt)	Geruch EmiFaktor (GE/s*GVE)
MW	944	151
MED	823	109
STAB	672	110
MAX	3258	517
MIN	95	33

3 Fazit und Diskussion

Der gegenständliche Beitrag basiert auf mehr als 160 Geruchsstoffkonzentrationsbestimmungen am Olfaktometer über einen Zeitraum von rund 10 Jahren, aus denen spezifische Geruchsemissionsfaktoren berechnet wurden. Es zeigt sich eine große Variabilität der spezifischen Geruchsemissionsfaktoren.

Die VDI-Richtlinie 3894, Blatt 1, führt einen Faktor von 60 GE/s*GVE für die Hähnchenmast in Bodenhaltung an – im Lichte der vorgestellten Untersuchungen und älterer Publikation aus Deutschland stellt sich die Frage, welcher Emissionsfaktor den überwiegenden Teil der Praxisbetriebe emissionstechnisch bestmöglich abbildet? Die Untersuchungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein weisen einen Wertebereich von 33 bis 517 GE/s*GVE, mit einem Mittelwert von 151 GE/s*GVE, für den Geruchsemissionsfaktor für Masthühner auf. Gärtner et. al (2009) schließen ihre Publikation mit der Feststellung, dass bei in Summe 136 Einzelmessungen über einen Zeitraum von vier Mastperioden an einer zwangsbelüfteten Hähnchenmastanlage mit 27.000 Tieren die Emissionsfaktoren nur 14-mal < 60 GE/s*GVE waren, wogegen 80-mal Werte zwischen 100 und 400 GE/s*GVE ermittelt wurden. Und auch Oldenburg (1989) listet einen Bereich von 8 bis 247 GE/s*GVE als Emissionsfaktoren für Masthähnchen, in Abhängigkeit von Masttag und Tiergewicht.

Wünschenswert wäre eine länderübergreifende Expertendiskussion, die sich intensiver mit der Thematik der Geruchsemissionen aus der Nutztierhaltung und deren Höhe auseinandersetzt. Derzeit erscheint die Datenlage nicht nur bei Masthähnchen undurchsichtig; in Geruchsausbreitungsrechnungen können unterschiedliche Emissionsfaktoren zur Anwendung gelangen, mit erheblichen Auswirkungen auf die resultierenden Immissionen. Ziel muss eine möglichst wirklichkeitsgetreue Abbildung sein, denn eine Unter- bzw. Überschätzung der Geruchsausbreitung von Nutztieren geht zu Lasten von Anrainern und Landwirten.

Literatur

- VDI-Richtlinie 3894 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen, Blatt 1: Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde
- Gärtner, A.; Gessner, A.; Müller F.; Both, R. (2009): Ermittlung der Geruchsemissionen einer Hähnchenmastanlage. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft: 69 (2009), Nr. 11/12 – Nov./Dez.: Düsseldorf
- Oldenburg, J. (1989): Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333, Darmstadt

Ammoniak-Minderungskosten in deutschen Tierhaltungssystemen

Ammonia abatement costs in German livestock systems

UWE HÄUSSERMANN, GABRIELE BORGHARDT, HELENA MÜLLER, HELMUT DÖHLER

Zusammenfassung

Mit dieser Forschungsarbeit stellen wir ein konsistentes Kostenberechnungsmodell für die Tierhaltung in Deutschland vor. Hierzu wurden vorhandene Investitionsdatensätze zu Tierhaltungsanlagen analysiert und anhand eigener Erhebungen aktualisiert und ergänzt. Das Modell ermöglicht die Ex-ante- und Ex-post-Berechnungen von Ammoniak(NH₃)-Minderungskosten und die Auswirkungen von Emissionsminderungsmaßnahmen auf ökonomische Erfolgsgrößen auf Produkt-, Verfahrens- und Betriebsebene. Durch Verschneidung von einzelbetrieblichen Daten, spezifischen NH₃-Minderungskosten und Strukturdaten auf Kreisebene, die mittels Regressionsanalyse aus der Officialstatistik zur Agrarstruktur abgeleitet wurden, haben wir zu unterschiedlichen Maßnahmen und Politikszenarios – sowohl national als auch regional nach Tierkategorie und Haltungsverfahren aufgelöst – die Erfüllungskosten für die NH₃-Minderung berechnet. Dies wird hier am Beispiel der Abdeckung bestehender offener Lager für flüssige Wirtschaftsdünger und Außenlagerung von 50 % der unterflur gelagerten Gülle in neugebauten Güllebehältern dargestellt, für die sich nationale Erfüllungskosten von 152 Mio. € p. a. bei einer Minderung der NH₃-Emissionen von 14 kt NH₃ ergeben.

Summary

With this research work, we present a consistent cost calculation model for livestock farming in Germany. This was achieved by analysing existing investment data sets on livestock facilities and updating these using our own surveys and amending them. The model allows the ex-ante and ex-post calculation of ammonia (NH₃) abatement costs and the impact of ammonia abatement measures on economic success variables at product, process and farm level. By blending individual farm data, specific NH₃ abatement costs, and structural data at the district level derived from official statistics on agricultural structure using regression analysis, we calculated the compliance costs for NH₃ abatement for different measures and policy scenarios, both nationally and regionally broken down by livestock category and housing system. This is illustrated here using the example of the covering of existing open storage facilities for slurry and external storage of 50 % slurry stored beneath slatted floors in newly built storage facilities, which results in total national compliance costs of € 152 million p.a. for a reduction in NH₃ emissions of 14 kt NH₃.

1 Einleitung und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund bestehender Minderungsverpflichtungen Deutschlands im Umweltrecht wurde der vorliegende Ansatz zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Minderungsmaßnahmen entwickelt.

Der von uns gewählte integrierte Ansatz ermöglicht eine zeitlich und räumlich aufgelöste Bewertung von Minderungsmaßnahmen und aus Maßnahmenbündeln bestehenden Politikenszenarien hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die ökonomischen Erfolgsgrößen auf Produkt- und Einzelbetriebsebene nach Tierkategorien. Der Ansatz ermöglicht des Weiteren eine differenzierte Quantifizierung der Emissionsminderung sowie die Bestimmung der Erfüllungskosten von Maßnahmen und Szenarien.

2 Methoden

2.1 Einzelbetriebsmodelle

Im Rahmen unserer Arbeiten haben wir aktuelle und konsistente Kostenmodelle für Stallgebäude für verschiedene Tierkategorien mit jeweils verschiedener Tierplatzzahl entwickelt. Die Grundlage dieser Modelle ist das BMEL/KTBL-Datensystem „BauKost“, welches in Teilen nicht mehr aktuell ist. Die insgesamt 250 Datensätze sind sowohl in der Struktur als auch im Zeitstand nicht konsistent. Deshalb wurden umfangreiche und weiterführende Recherchen zur Verifizierung, Erweiterung und Präzisierung dieser Daten durchgeführt, die neben anderen Quellen auch Datensätze der ALB Hessen, der LfL Bayern und eigene Erhebungen beinhalten.

Die von uns erstellten Kostenmodelle umfassen Referenzverfahren für die verschiedenen Tierkategorien von Rindern, Schweinen und Geflügel mit mittleren bis hohen Tierplatzzahlen. Aus den Referenzmodellen wurden Kostenmodelle mit NH_3 -Minderungstechniken erstellt, woraus Zusatzkosten der NH_3 -Minderungstechniken bestimmt werden können. Durch Verschneidung mit Ergebnissen aus Emissionsmodellen (Häußermann et al. 2020) haben wir die spezifischen NH_3 -Emissionsminderungskosten berechnet. Aus den diskreten Ergebnissen der Stallgebäudemodelle wurden stetige Funktionen für Investitions- und NH_3 -Minderungskosten abgeleitet, auf deren Grundlage und unter Einbeziehung der Agrarstruktur Erfüllungskosten für NH_3 -Minderungsstrategien berechnet wurden.

2.2 Strukturdaten

Für die Berechnung von Erfüllungskosten für NH_3 -Minderungsstrategien in der Tierhaltung und Biogaserzeugung ist eine detaillierte Kenntnis über die Verteilung über Größenklassen und räumliche Verteilung von Haltungsverfahren, Tierbeständen und Anzahl Haltungen erforderlich:

Vom Statistischen Bundesamt werden Strukturdaten zur Tierhaltung aus der LZ 2010 und ASE 2016 nach Tierbeständen der Betriebe klassiert veröffentlicht (Statistisches Bundesamt 2011, Statistisches Bundesamt 2017). Hieraus können Regressionsfunktionen

abgeleitet werden, die die Abhängigkeit zwischen Herdengröße und den benötigten Strukturdaten beschreiben. Diesen Strukturdaten wurden NH₃-Emissionen zugeordnet.

3 Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt am Beispiel eines Mastschweinestalls mit 1.500 Tierplätzen (TP) den Einfluss verschiedener NH₃-Minderungstechniken auf ökonomische Erfolgsgrößen.

Tab. 1: Leistung, Kosten, Erfolgsgrößen bei NH₃-Minderungstechniken in Mastschweineställen (Stall mit 1.500 TP, Preisjahr 2018)¹⁾

Tab. 1: Performance, costs, success variables for NH₃ abatement techniques in fattening pig houses (barn with 1.500 animal places, price year 2018)

Erfolgsgröße	Einheit	Referenz	Folie	Zelt	Beton	ALR	N-/P-reduzierte Fütterung	Ansäuuerung von Gülle im Stall	Gülle-kühlung	Kanäle
Deckungsbeitrag	€/ (TP·a)	66	66	66	66	54	76	64	49	66
DAKL	€/ (TP·a)	51	51	51	51	40	61	47	34	51
Einzelkostenfreie Leistung	€/ (TP·a)	2,24	1,31	0,46	0,63	-20,54	3,13	-14,70	-24,30	-5,58
Einzelkosten	€/100 kg SG	152,14	152,50	152,83	152,76	160,85	151,80	158,62	162,28	155,13
Δ Einzelkosten mit Minderungstechnik	€/100 kg SG	-	0,35	0,68	0,61	8,70	-0,34	6,47	10,14	2,94

TP = Tierplatz, DA KL = Direkt- und arbeits erledigungskostenfreie Leistung, ALR = Abluftreinigung, SG = Schlachtkörpergewicht

¹⁾ Güllelagerabdeckung mit Schwimmfolie, Zeltdach und Beton, Abluftreinigung, sehr stark N-/P-reduzierte Fütterung, Gülleansäuuerung im Stall, Gülle kühlung und angeschr ägte Güllekanäle.

Die Kostenkurven für spezifische NH₃-Minderungskosten und den Strukturdaten zugeordneten NH₃-Emissionen ermöglichen eine Berechnung der Maßnahmenerefüllungskosten auf regionaler (Landkreis, Agrarraum) und nationaler Ebene.

Tab. 2: NH₃-Emissionsminderung und deren Kosten bei Abdeckung offener Lager flüssiger Wirtschaftsdünger und externe Lagerung von 50 % Güllekellerlagerung

Tab. 2: NH₃ emission reduction and associated costs (in 2030) for covering open slurry storage facilities and external storage of 50 % of slurry stored beneath slatted floors

	Einheit	Größenklasse ¹⁾				
		1	2	3	4	5
Milchvieh (einschließlich Vergärung von Wirtschaftsdüngern)						
Referenzemissionen	kt NH ₃ -N	1,4	15,0	30,1	41,3	33,2
Minderungswirkung	kt NH ₃ -N	0,020	0,245	0,502	0,745	0,419
Erfüllungskosten	Mio. €	0,603	7,213	13,083	15,982	8,441
Spezifische Minderungskosten	€/kg-1 NH ₃	24,25	24,33	21,45	17,66	16,60

Fortsetzung Tabelle auf nächster Seite

	Einheit	Größenklasse ¹⁾				
		1	2	3	4	5
Mastschweine (einschließlich Vergärung von Wirtschaftsdüngern)						
Referenzemissionen	kt NH ₃ -N	3,8	7,2	14,5	23,8	
Minderungswirkung	kt NH ₃ -N	0,189	0,414	0,939	1,470	
Erfüllungskosten	Mio. €	0,930	1,807	3,593	5,261	
Spezifische Minderungskosten	€/kg-1 NH ₃	4,06	3,60	3,15	2,95	
Andere Kategorien (übrige Rinder und Schweine, Zuchtsauen, Legehennen, Biogas (Energiepflanzenvergärung))						
Referenzemissionen	kt NH ₃ -N			251,80		
Minderungswirkung	kt NH ₃ -N			6,611		
Erfüllungskosten	Mio. €			95,478		
Spezifische Minderungskosten	€/kg-1 NH ₃			11,89		
Σ Minderungswirkung	kt NH₃-N			11.554		
Σ Erfüllungskosten	Mio. €			152,393		

¹⁾ Milchvieh: Kl. 1 = 1–9 TP je Haltung; 2 = 10–49 TP; 3 = 50–99 TP; 4 = 100–199 TP; 5 = > 199 TP

Mastschweine: Kl. 1 = 1–499 TP; 2 = 499–999 TP; 3 = 999–1.999 TP; 4 = > 1.999 TP.

4 Ausblick

Das hier vorgestellte Datensystem kann perspektivisch für die ökonomisch-ökologische Bewertung von Maßnahmen für weitere Umweltziele und Umweltmedien wie bspw. Treibhausgase genutzt werden und es können Grenzkostenkurven für die Emissionsminderungsmaßnahmen erstellt werden.

Literatur

Häußermann et al. (2019): /2020 – Potenziale zur Minderung der Ammoniakemissionen in der deutschen Landwirtschaft. Dessau-Roßlau, UBA-Texte 221 (FKZ 3718 51 242 0)

Statistisches Bundesamt (2017): Fachserie 3 Heft 6 „Wirtschaftsdünger, Stallhaltung, Weidehaltung“ – Agrarstrukturerhebung/Landwirtschaftszählung 2010, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2011): Fachserie 3 Reihe 2.1.3 „Viehhaltung der Betriebe“ – Agrarstrukturerhebung 2016, Wiesbaden

Danksagung und Förderhinweis

Dieses Forschungsvorhaben wurde finanziert durch das Umweltbundesamt im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (FKZ 3717 53 258 0).

Wirkung von Bildern aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung auf Blickverhalten und Akzeptanz – ein Darstellungsexperiment anhand einer emotionalisierenden Bild-Text-Kombination aus der Schweinehaltung

Effect of pictures of agricultural animal husbandry on gaze behavior and acceptance – a visualization experiment based on an emotionalizing picture-text combination from pig husbandry

IRIS SCHRÖTER, NIELS PÜTTSCHEIDER, MARCUS MERGENTHALER

Zusammenfassung

Die Vielschichtigkeit von Interessenlagen in der Tierhaltung bildet sich in der medialen Berichterstattung ab. Textbeiträge werden dabei durch emotionalisierende Bilder ergänzt. Die Rezeption von Medieninhalten und deren Einfluss auf die Akzeptanz der landwirtschaftlichen Tierhaltung ist bisher nur ansatzweise verstanden. Die vorliegende Arbeit untersucht mit einem Eyetracking-Experiment die visuelle Wahrnehmung einer Bild-Text-Kombination und deren kurzfristige Auswirkung auf die Akzeptanz der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Dabei wird ein Bild eines am Schwanz verletzten Schweines einem Bild gegenübergestellt, welches das gleiche Schwein mit unverletztem Ringelschwanz zeigt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass emotionalisierende Elemente zu einer intensiveren Betrachtung führen können. Möglicherweise wird durch eine intensive Betrachtung versucht, das Gesehene im Gesamtbild zu kontextualisieren. Dies lässt vermuten, dass punktuelle Verbesserungen der landwirtschaftlichen Tierhaltung nicht zu einer erhöhten Akzeptanz führen.

Summary

The complexity of interests in animal husbandry is reflected in media reporting. Text based news are supplemented by emotionalizing images. So far, we have only a basic understanding of the reception of media content and its influence on the acceptance of animal husbandry. By means of an eye tracking experiment, the present study investigates the visual perception of a picture-text combination and its short-term effect on the acceptance of animal husbandry. Here, a picture of a pig with an injured tail is contrasted with a picture showing the same pig with an uninjured curly tail. The results suggest that emotionalizing elements can lead to more intense gaze behaviour. This might be an attempt to contextualize what is seen in the overall picture content. This suggests that selective improvements in agricultural animal husbandry do not lead to increased acceptance.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Vielschichtigkeit von Interessenlagen bei der Tierhaltung bildet sich in der medialen Berichterstattung ab. Textbeiträge werden dabei durch emotionalisierende Bilder ergänzt. Für kritische Berichte wird dazu häufig auf Bildmaterial zurückgegriffen, welches Probleme der Tierhaltung besonders drastisch darstellt (Rovers et al. 2018), wie verletzte oder kranke Tiere.

Die Rezeption solcher Medieninhalte und deren Einfluss auf die Akzeptanz der landwirtschaftlichen Tierhaltung ist bisher nur ansatzweise verstanden (Busch und Spiller 2018). Die vorliegende Arbeit greift diese Forschungslücke auf und untersucht mittels eines Eyetracking-Experiments die visuelle Wahrnehmung einer Bild-Text-Kombination und deren kurzfristige Auswirkung auf die Akzeptanz der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Dabei wird ein Bild eines am Schwanz verletzten Schweines einem Bild gegenübergestellt, welches das gleiche Schwein mit unverletztem Ringelschwanz zeigt.

2 Material und Methoden

Das Experiment wurde mittels der Befragungs- und Eyetracking-Cloudsoftware Eyevido Lab und einem Remote-Eyetracker (Tobii Pro Nano; 60 Hz) realisiert. Für das Eyetracking-Experiment wurde auf ein Szenenbild eines kritischen Videos zurückgegriffen (Brekenkamp 2020). Die Szene zeigte eine Situation mit insgesamt vier Schweinen, wobei im Vordergrund der verletzte Schwanz eines Tieres und das Gesicht eines zweiten Tieres zu sehen waren. Mit diesem Bild wurde die Hälfte der Versuchspersonen (VP) konfrontiert. Die andere Hälfte der VP sah das gleiche Bild, wobei der verletzte Schwanz mittels der Software „Photoshop“ retuschiert und ein Ringelschwanz ergänzt wurde (siehe Abb. 1). Zusätzlich zu beiden Bildern wurde der jeweils gleiche Text mit neutralen Informationen präsentiert. Die VP hatten jeweils 50 Sekunden Zeit, die Bild-Text-Kombination zu rezipieren. Für die quantitative Auswertung der Eyetracking-Daten wurden Areas of Interest (AOI) definiert, innerhalb derer die Fixationsdauer der VP erfasst wurde.

Das Experiment wurde durch eine Befragung ergänzt, deren Kernelement der Social Acceptance Score (SAS) war. Der SAS erfasst vier Stufen der sozialen Akzeptanz der landwirtschaftlichen Tierhaltung, wobei jede Stufe durch jeweils zwei Items (10-stufige Skala) operationalisiert wird (Mukhamedzyanova und Gier 2021). Die vier Stufen sind mit ansteigender Akzeptanzstärke: Inakzeptanz, Indifferenz, Adaptionssakzeptanz/labile Akzeptanz und Adoptionsakzeptanz/gefestigte Akzeptanz. Die Items wurden vor und nach dem Eyetracking-Experiment abgefragt, um die kurzfristige Wirkung der Bild-Text-Informationen auf die Akzeptanz zu untersuchen.

An der Studie nahmen 12 Frauen und 10 Männer im Alter von 42,6 (SD 19.8) Jahren teil. Die Zuordnung der VP zu den beiden Experimentalgruppen (verletzter Schwanz: Gruppe vS; intakter Schwanz: Gruppe iS) erfolgte quasi-randomisiert, um eine vergleichbare Verteilung hinsichtlich Altersgruppe und Geschlecht zu gewährleisten. Beide Gruppen umfassten jeweils 11 Personen.

3 Ergebnisse

Die Heatmaps (Abb. 1) weisen darauf hin, dass die Augenpartie des vorderen Tieres von den VP beider Gruppen intensiv fixiert wurde sowie in Gruppe vS der Bereich des verletzten Schwanzes im Vordergrund.



Abb. 1: Links: Heatmap Gruppe vS, rechts: Heatmap Gruppe iS (© Püttschneider; Bildgrundlage Brekenkamp (2020))

Fig. 1: Left: Heatmap group injured tail, right: Heatmap group intact tail (© Püttschneider; Bildgrundlage Brekenkamp (2020))

Die quantitative Auswertung der AOIs untermauert die qualitativen Ergebnisse. Die VP der Gruppe vS fixierten alle Bildbereiche länger und den Text kürzer im Vergleich zur Gruppe iS (Abb. 2). Nur für das AOI „Schwanz Vordergrund“ konnten die Unterschiede mittels Welch-Test statistisch knapp abgesichert werden; $t(13,2) = 2,17$; $p = 0,049$.

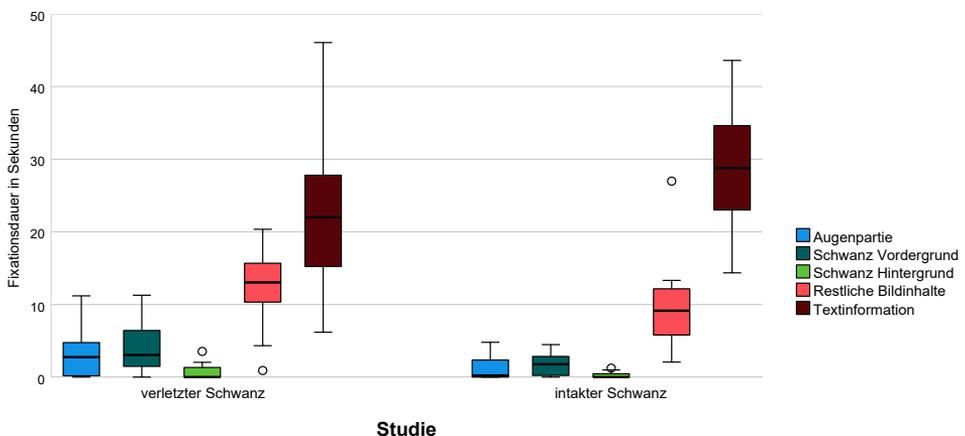


Abb. 2: Fixationsdauer innerhalb aller Areas of Interest (AOI) der Bild-Text-Information (© I. Schröter)
Fig. 2: Fixation period within all Areas of Interest (AOI) of the image-text information (© I. Schröter)

Die Erhebung des SAS führte in beiden Gruppen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Vor Rezeption der Bild-Text-Information wurden die niedrigsten Mittelwerte in den beiden Extrem-Dimensionen Inakzeptanz und Adoptionsakzeptanz gemessen, gefolgt

von der Dimension der Indifferenz. Die höchsten Mittelwerte wurden jeweils in der Dimension der Adaptionsakzeptanz gemessen (Tab. 1). Die Konfrontation mit dem Bild-Text-Material führte in Gruppe vS im Mittel zu einer signifikanten Zunahme der Inakzeptanz ($t(10) = -2,76$; $p = 0,02$). In Gruppe iS war die gleiche Tendenz zu erkennen ($t(10) = -2,19$; $p = 0,05$). In Gruppe iS sank zudem die Adaptionsakzeptanz tendenziell ($t(10) = 1,92$, $p = 0,08$). Für alle weiteren gepaarten Werte lag die Irrtumswahrscheinlichkeit über 10 %.

Tab. 1: Scores der SAS-Dimensionen vor und nach der Konfrontation mit der Bild-Text-Information
 Tab. 1: Scores of the SAS dimensions before and after the confrontation with the image-text information

	Verletzter Schwanz		Intakter Schwanz	
	vor M (SD)	nach M (SD)	vor M (SD)	nach M (SD)
Inakzeptanz	2,41 (2,22)	3,45 (3,10)	2,00 (1,91)	2,68 (2,51)
Indifferenz	4,86 (1,21)	5,36 (1,90)	3,68 (1,90)	3,77 (1,38)
Adaptionsakzeptanz	5,32 (2,16)	5,41 (3,33)	5,82 (1,87)	4,68 (1,68)
Adoptionsakzeptanz	2,73 (1,17)	2,73 (1,15)	3,36 (2,46)	2,77 (2,11)

M = Mittelwert, SD = Standardabweichung

4 Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung deutet darauf hin, dass emotionalisierende Bildelemente, wie ein verletzter Schwanz, zu einer intensiveren Betrachtung von Bildern und weniger von Text führen können. Möglicherweise wird durch eine intensive Bildbetrachtung versucht, das Gesehene im Gesamtbildinhalt zu kontextualisieren, d.h. im konkreten Fall anhand der anderen Schweine und der Stallumgebung einzuschätzen, wie es den gezeigten Tieren geht.

Diese Einordnung in die Umgebung könnte auch dazu geführt haben, dass sowohl bei VP der Gruppe vS als auch der Gruppe iS die Inakzeptanz der landwirtschaftlichen Tierhaltung nach der Rezeption des Bild-Text-Materials zunahm und in der Gruppe iS die Adaptionsakzeptanz abnahm. Das deutet darauf hin, dass der Bildkontext einen großen Einfluss auf die Beurteilung hat und dadurch die gezeigte Situation im Gesamten negativ bewertet wird. Dies lässt vermuten, dass punktuelle Verbesserungen der landwirtschaftlichen Tierhaltung nicht zu einer erhöhten Akzeptanz führen.

Literatur

- Brekenkamp, M. (2020): Quält Tonnies-Zulieferer Schweine? In: Bild, 22.07.2020.
<https://www.bild.de/regional/ruhrgebiet/ruhrgebiet-aktuell/undercover-videos-von-tier-schuetzern-quaelt-toennies-zulieferer-schweine-72016650.bild.html>
- Busch, G.; Spiller, A. (2018): Pictures in public communications about livestock farming. *Animal frontiers: the review magazine of animal agriculture* 8(1), S. 27–33
- Mukhamedzyanova, R.; Gier, N.R. (2021): Social Acceptance Scoring: First steps towards a novel quantification of acceptance in transitive sectors. *Advances in Consumer Research* 49 (forthcoming)
- Rovers, A.; Wildraut, C.; Mergenthaler, M. et al. (2018): SocialLab – Nutztierhaltung im Spiegel der Gesellschaft. Analyse der Wahrnehmung der Nutztierhaltung durch unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen. *J. Consum. Prot. Food Saf.* 13(2), S. 165–170

Autorenindex / Index of authors**A****Dr. Maher Alsaod**

Vetsuisse-Fakultät Universität Bern
Wiederkäuferklinik
Bern, Schweiz

Dr. Stefanie Ammer

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Göttingen

Dr. Christian Ammon

Leibniz-Institut für Agrartechnik und
Bioökonomie e. V.
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Potsdam

Prof. Dr. Thomas Amon

Leibniz-Institut für Agrartechnik und
Bioökonomie e. V.
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Potsdam
Freie Universität Berlin,
Institut für Tier- und Umwelthygiene
Berlin

Prof. Dr. Robby Andersson

Hochschule Osnabrück
Fakultät für Agrarwissenschaften und
Landschaftsarchitektur
Studienschwerpunkt angewandte
Geflügelwissenschaften
Osnabrück

Katrin Asseburg

Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum
Landwirtschaft Haus Düsse
Bad Sassendorf

B**Katharina Bär**

Technische Hochschule Ingolstadt
Institut für neue Energiesysteme –
Industrielle Energiesysteme
Ingolstadt

Alfons Baumeister

Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum Land-
wirtschaft Haus Düsse
Bad Sassendorf

Prof. Dr. Heinz Bernhardt

Technische Universität München
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Freising

Fouad Bitti

Fraunhofer-Institut für Angewandte
Informationstechnik
Digital Health/BioMOS
Sankt Augustin

Prof. Dr. Marc Boelhaue

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

Katja Bonkoß

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Freising

Wolfram Bonkoß

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Freising

Gabriele Borghardt

Umweltbundesamt
Fachgebiet Luftreinhaltung und
terrestrische Ökosysteme
Dessau-Roßlau

Timo Brune

Fraunhofer-Institut für Angewandte
Informationstechnik
Fraunhofer-Anwendungszentrum SYMILA
Hamm

Prof. Dr. Wolfgang Büscher

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Bonn

Franziska Burkhardt

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Tierwissenschaften
Bonn

C**Dr. Joachim Clemens**

SF-SoepenberG GmbH
Hünxe

D**Dr. Katharina Dahlhoff**

Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum Land-
wirtschaft Haus Düsse
Bad Sassendorf

Hauke F. Deeken

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Bonn

Gianna Dehler

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V.
Darmstadt

Neele Dirksen

Forschungsinstitut für Nutztierbiologie
Institut für Verhaltensphysiologie,
Service Gruppe Smart Livestock Farming
Dummerstorf

Helmut Döhler

DöhlerAgrar
Untermerzbach

Kirsten Drolshagen

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

E**Christiane Engels**

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Bonn

Dr. Brigitte Eurich-Menden

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V.
Darmstadt

F**Adriana Förschner**

Landwirtschaftliches Zentrum für
Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft,
Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
Baden-Württemberg
Aulendorf

Prof. Dr. Mechthild Freitag

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

G

Apl. Prof. Dr. Eva Gallmann

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Stuttgart

Dr. Elisabeth Gester

Landwirtschaftliches Zentrum für
Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft,
Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
Baden-Württemberg
Aulendorf

Prof. Dr.-Ing. Markus Goldbrunner

Technische Hochschule Ingolstadt
Institut für neue Energiesysteme –
Industrielle Energiesysteme
Ingolstadt

Sarah Gorr

Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Nutztierwissenschaften
Wien, Österreich

Ewald Grimm

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V.
Darmstadt

Natascha A. Grinnell

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissen-
schaften, Graslandwissenschaft
Göttingen

Carina Goretzky

Fraunhofer-Institut für Angewandte
Informationstechnik
Fraunhofer-Anwendungszentrum SYMILA
Hamm

H

Uwe Häußermann

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Landschaftsökologie und
Ressourcenmanagement
Gießen

Dr. Bernhard Haidn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Dina Hamidi

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissen-
schaften, Graslandwissenschaft
Göttingen

Josef Hanglberger

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten Abensberg-Landshut
Abensberg

Dr. Jan Harms

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Tina Hartwig

LMS Agrarberatung GmbH
Rostock

Ruth Haupt

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Tierwissenschaften
Bonn

Jason Jeremia Hayer

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Tierwissenschaften
Bonn

Lion Haverkamp

Universität Mannheim
Institut für Mathematik
Mannheim

Gerd Heckenberger

Landesanstalt für Landwirtschaft und
Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG)
Zentrum für Tierhaltung und Technik
Iden/Altmark

Dr. Céline Heinemann

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Tierwissenschaften
Bonn

Dr. Julia Heinicke

Leibniz-Institut für Agrartechnik und
Bioökonomie e. V. Abteilung Technik in der
Tierhaltung
Potsdam

Dr. Sabrina Hempel

Leibniz-Institut für Agrartechnik und
Bioökonomie
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Potsdam

Dr. Florian Heuser

Sozialversicherung für Landwirtschaft,
Forsten und Gartenbau
Kassel

Matthias Hill

Empa
Gruppe Klimagase
Dübendorf, Schweiz

Dr. Richard Hölscher

Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG
Emsbüren

Maximilian Hofinger

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten Regensburg-Schwandorf
Nabburg

Franka Hofmann

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

Dr. Gundula Hoffmann

Leibniz-Institut für Agrartechnik und
Bioökonomie e. V. Abteilung Technik in der
Tierhaltung
Potsdam

Felix Holtkamp

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und
Ressourcenschutz
Bonn

Christoph Homa

Maschinenringe, Landenergie
Neuburg

Dr. Dieter Horlacher

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V.
Darmstadt

Dr. Juliane Horn

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissen-
schaften, Graslandwissenschaft
Göttingen

I**Prof. Dr. Johannes Isselstein**

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissen-
schaften, Graslandwissenschaft
Göttingen

J**Dr. Christina Jais**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Dr. David Janke

Leibniz-Institut für Agrartechnik und
Bioökonomie
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Potsdam

Naemi von Jasmund
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
 Bonn
 Institut für Landtechnik
 Bonn

K

Sina Käslau
 Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
 Hannover

Anita Kapun
 Universität Hohenheim
 Institut für Agrartechnik
 Stuttgart

Christina Karnath
 Fachhochschule Südwestfalen
 Fachbereich Agrarwirtschaft
 Soest

Dr. Falko Kaufmann
 Hochschule Osnabrück
 Fakultät für Agrarwissenschaften und
 Landschaftsarchitektur
 Studienschwerpunkt angewandte
 Geflügelwissenschaften
 Osnabrück

Prof. Dr. Nicole Kemper
 Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
 Institut für Tierhygiene, Tierschutz und
 Nutztierethologie
 Hannover

Gisela Kesting
 Fachhochschule Südwestfalen
 Fachbereich Agrarwirtschaft
 Soest

Iris Kobusch
 Fachhochschule Südwestfalen
 Fachbereich Agrarwirtschaft
 Soest

Sophie König
 Technische Universität München
 Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
 Freising

Yvonne Kohnen
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Grub-Poing

Dr. Martin Komainda
 Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutzpflanzenwissen-
 schaften, Graslandwissenschaft
 Göttingen

Laura Kröger
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
 Bonn
 Institut für Tierwissenschaften
 Bonn

Dr. Manuel S. Krommweh
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
 Bonn
 Institut für Landtechnik
 Bonn

Michael Kropsch
 HBLFA Raumberg-Gumpenstein
 Abteilung Tierhaltungssysteme, Technik
 und Emissionen Irnding-Donnersbachtal,
 Österreich

Priska Krug
 Landwirtschaftliches Zentrum für
 Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft,
 Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
 Baden-Württemberg
 Aulendorf

Steffen Küster
 Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutztierhaltung
 Göttingen

Petra Kühne
 SCHAUMANN GmbH
 Pinneberg

L

Dr. Christoph Lechner

Österreichischer Arbeitsring für
Lärmbekämpfung
Wien, Österreich

Assoc. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. vet.**Christine Leeb**

Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Nutztierwissenschaften
Wien, Österreich

Alexandra Lehmborg

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Bonn

Theresa Leinweber

Herrenberg

Dr. Alexandra Lengling

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Bonn

Sabrina Linnemann

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

Dr. med. vet. Isabella Lorenzini

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Pia Lübke

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Laura Lücke

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

M

Juliana Mačuhová

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Freising

Dr. Christian Manteuffel

Forschungsinstitut für Nutztierbiologie
Institut für Verhaltensphysiologie, Service
Gruppe Smart Livestock Farming
Dummerstorf

Prof. Dr. Harald Mathis

Fraunhofer-Institut für Angewandte
Informationstechnik
BioMOS - Biomolekulare Optische Systeme
Sankt Augustin

Rainer Mense

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten Bayreuth-Münchberg
Müncheberg

Carina Merdian

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten Coburg-Kulmbach
Coburg

Prof. Dr. Marcus Mergenthaler

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

Irene Mösenbacher-Molterer

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Abteilung Tierhaltungssysteme, Technik
und Emissionen Irnding-Donnersbachtal,
Österreich

Dr. Joachim Mohn

Empa
Gruppe Emissionen und Isotope
Dübendorf, Schweiz

Helena Müller

DöhlerAgrar
Untermerzbach

N

Dr. Stefan Neser

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Freising

Diana Nett

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Tierwissenschaften
Bonn

Dr. Hans-Jörg Nußbaum

Landwirtschaftliches Zentrum für
Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft,
Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
Baden-Württemberg
Aulendorf

O

Thomas Ostertag

RSSI GmbH
Geretsried

Dr. Veronika Overmeyer

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Bonn

P

Dr. Steffen Pache

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Land-
wirtschaft und Geologie
Köllitsch

Thomas D. Parsons

University of Pennsylvania
New Bolton Center, School of Veterinary
Medicine
Kennet Square, PA, Vereinigte Staaten von
Amerika

Andreas Pelzer

Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum
Landwirtschaft Haus Düsse
Bad Sassendorf

Dr. Severino Pinto

Universität Leipzig
Fachrichtung Veterinärmedizin
Leipzig

Franziska Plank

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Dr. Jeanette Plüss

Vetsuisse-Fakultät Universität Bern
Wiederkäuerklinik
Bern, Schweiz

Dr. Jernej Poteko

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Niels Püttschneider

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

R

Luisa Raederscheidt

Hochschule Osnabrück
Fakultät für Agrarwissenschaften und
Landschaftsarchitektur
Studienschwerpunkt angewandte
Geflügelwirtschaft
Osnabrück

Jens Reimer

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und
Forsten Abensberg-Landshut
Abensberg

Anna Riedel

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
WING - Wissenschaft und Innovation für
Nachhaltige Geflügelwirtschaft
Hannover

Dr. Lorena Rieke

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Institut für Tierhygiene, Tierschutz und
Nutztierethologie
Hannover

Dr. Friederike Riesch

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissen-
schaften , Graslandwissenschaft
Göttingen

S

Abdessamad Saidi

Technische Hochschule Ingolstadt
Institut für neue Energiesysteme - Industri-
elle Energiesysteme
Ingolstadt

Sophia Sauter

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Grub-Poing

Prof. Dr. Martin Schlather

Universität Mannheim
Institut für Mathematik
Mannheim

Daniel Schmid

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Freising

Simone Magdalene Schmid

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Tierwissenschaften
Bonn

Lisa-Marie Schmidt

vormals: Rheinische Friedrich-Wil-
helms-Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Bonn

Hannah Schollenbruch

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

Heiko Scholz

Hochschule Anhalt
Landwirtschaft, Ökotrophologie und Land-
schaftsentwicklung
Bernburg

Dr. Sabine Schrade

Agroscope
Forschungsgruppe Wiederkäuer
Ettenhausen, Schweiz

Dr. Iris Schröter

Fachhochschule Südwestfalen
Fachbereich Agrarwirtschaft
Soest

Jochen Simon

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Poing-Grub

Alexej Smirnov

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V.
Darmstadt

Dr. Birgit Spindler

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Institut für Tierhygiene, Tierschutz und
Nutztierethologie
Hannover

Prof. Dr. Adrian Steiner

Vetsuisse-Fakultät Universität Bern
Wiederkäuerklinik
Bern, Schweiz

Priv.-Doz. Dr. Julia Steinhoff-Wagner
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
 Bonn
 Institut für Tierwissenschaften
 Bonn

Saskia Strutzke
 Gouna GmbH
 Potsdam

T

Stefan Thurner
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Freising

Prof. Dr. Imke Traulsen
 Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutztierhaltung
 Göttingen

Dr. Manfred Trimborn
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
 Bonn
 Institut für Landtechnik
 Bonn

V

Dr. Astrid L. van Asten
 Landwirtschaftskammer Nordrhein-
 Westfalen
 Versuchs- und Bildungszentrum
 Landwirtschaft Haus Düsse
 Bad Sassendorf

W

Stefanie Wageneder
 Technische Hochschule Ingolstadt
 Institut für neue Energiesysteme –
 Industrielle Energiesysteme
 Ingolstadt

Dr. Katrin Wagner
 Kuratorium für Technik und Bauwesen in
 der Landwirtschaft e. V.
 Darmstadt

Dr. Friederike Warns
 Landwirtschaftskammer Nordrhein-
 Westfalen
 Versuchs- und Bildungszentrum
 Landwirtschaft Haus Düsse
 Bad Sassendorf

Dr. Daniel Werner
 Landwirtschaftskammer Nordrhein-
 Westfalen
 Versuchs- und Bildungszentrum
 Landwirtschaft Haus Düsse
 Bad Sassendorf

Sebastian Wille
 Wille Engineering
 Hattersheim am Main

Dr. Peter Wißkirchen
 Fraunhofer-Institut für Angewandte
 Informationstechnik
 Fraunhofer-Anwendungszentrum SYMILA
 Hamm

Dr. Ulrike Wolf
 Kuratorium für Technik und Bauwesen in
 der Landwirtschaft e. V.
 Darmstadt

Simon Wyss
 Empa
 Gruppe Emissionen und Isotope
 Dübendorf, Schweiz

Dr. Jonas Weber
 Landwirtschaftliches Zentrum für
 Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft,
 Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
 Baden-Württemberg
 Aulendorf

Univ.-Prof. Dr. med. vet. Christoph Winckler
 Universität für Bodenkultur Wien
 Institut für Nutztierwissenschaften
 Wien, Österreich

Univ.-Prof. Dr. Werner Zollitsch
 Universität für Bodenkultur Wien
 Institut für Nutztierwissenschaften
 Wien, Österreich

Y

Akhilesh Yadav
 Technische Hochschule Ingolstadt
 Institut für neue Energiesysteme –
 Industrielle Energiesysteme
 Ingolstadt

Dr. Quinyang Yi
 Leibniz-Institut für Agrartechnik und
 Bioökonomie
 Abteilung Technik in der Tierhaltung
 Potsdam

Z

Dr. Michael Zähler
 Agroscope
 Forschungsgruppe Wiederkäuer
 Ettenhausen, Schweiz

Eduard Zentner
 HBLFA Raumberg-Gumpenstein
 Abteilung Tierhaltungssysteme, Technik
 und Emissionen
 Irdning-Donnersbachtal, Österreich

Kerstin Zeyer
 Empa
 Gruppe Emissionen und Isotope
 Dübendorf, Schweiz

Dr. Christina Ziron
 Fachhochschule Südwestfalen
 Fachbereich Agrarwirtschaft
 Soest

Prof. Dr. Martin Ziron
 Fachhochschule Südwestfalen
 Fachbereich Agrarwirtschaft
 Soest

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 Land- wirtschaft, 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

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Nr.	Veranstalter	Vorträge	Ort und Termin
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
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. Fach- exkursionen 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 Vortrags- veranstaltung

www.ktbl.de € 30 [D]
ISBN 978-3-945088-93-7

