

14. Tagung

Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

24.-26. September 2019 in Bonn

14th Conference

Construction, Engineering and Environment

in Livestock Farming

September 24th-26th 2019 in Bonn, 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 landwirtschaflicher Ingenieure (EurAgEng), Cranfield, Großbritannien European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng), Cranfield, Great Britain



Ausrichter / Local Arrangements

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn University of Bonn, Bonn, Germany

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Förderer / Financial Support

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

Programmausschuss / Scientific Committee

Prof. Dr. Wolfgang Büscher | Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn

Prof. Dr. Thomas Amon | Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V., Potsdam

Prof. Dr. Heinz Bernhardt | Technische Universität München, München

Dipl.-Ing. Sebastian Bönsch | Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg

Prof. Dr. Eva Gallmann | Universität Hohenheim, Stuttgart

Prof. Dr. Andreas Gronauer | Universität für Bodenkultur Wien, Wien (Österreich)

Prof. Dr. Ir. Peter Groot Koerkamp | Wageningen University & Research, Wageningen (Niederlanden)

Prof. Dr. Eberhard Hartung | Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel

Prof. Dr. Engel Hessel | Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig

Prof. Dr. Nicole Kemper | Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover

Prof. Dr. Matthias Schick | AgroVet Strickhof, Lindau (Schweiz)

Prof. Dr. Ir. Bart Sonck | Research Institute for Agriculture, Fisheries and Food, Melle (Belgien)

Dr. Georg Wendl | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Prof. Dr. Martin Ziron | Fachhochschule Südwestfalen, Soest

Die Veröffentlichung enthält die Beiträge der Tagung. Für den Inhalt der Beiträge sind die Autorinnen und Autoren verantwortlich.

This publication contains the proceedings of the conference. The authors are responsible for contents of their contribution.

© KTBL 2019

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.

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Redaktion

Dr. Manuel S. Krommweh | Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn

Titelfoto

KTBL | Darmstadt

Vorwort

Es ist sehr erfreulich, dass die im zweijährigen Turnus stattfindende BTU-Tagung ihren festen Platz im Veranstaltungskalender gefunden hat. Diese Konferenz bietet eine gute Gelegenheit zum interdisziplinären Austausch zwischen einzelnen Projektgruppen verschiedener Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen. Darüber hinaus ist sie ein wichtiger Versammlungsort für unsere Zielgruppen (Wissenschaft, Beratung, Verwaltung und Behörden, Politik, Verbände sowie Industrie) geworden.

Über den Vortragsthemen der 14. BTU-Tagung in Bonn "schweben" vor allem zwei wesentliche Fragestellungen, die nicht nur in Fachkreisen, sondern auch in der gesellschaftlichen Diskussion seit Jahren immer intensiver thematisiert werden. Zum einen die Frage, ob die derzeit praktizierte Art der Tierhaltung angesichts der aktuellen Tierwohl-Diskussionen noch zeitgemäß ist, und zum anderen die Frage, wie eingestreute, naturnahe Offenstall-Systeme hinsichtlich ihrer Umweltwirkung (Genehmigungsfähigkeit und Klimarelevanz) zu bewerten sind? Ein weiterer großer Themenschwerpunkt der diesjährigen Konferenz ist der Bereich des Precision Livestock Farmings, der einen fundamentalen Bereich der allgemein angestrebten und vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten Digitalisierung in der Landwirtschaft darstellt.

Die allgemein bekannte Struktur der BTU-Tagungen wurde in diesem Jahr erstmalig um das Angebot von "methodischen Workshops" in den Fachgebieten *Precision Livestock Farming* und *Emissionsmessungen* erweitert. Die Absicht des Programmausschusses ist es, dadurch insbesondere Nachwuchswissenschaftler zur aktiven Tagungsteilnahme zu motivieren und das Knüpfen von Kontakten zwischen Arbeitsgruppen unterschiedlicher Forschungseinrichtungen zu fördern. Gleichzeitig wird dem Wunsch von Beratung und Industrie nach ergebnisorientierten Vorträgen bei der klassischen Tagung Rechnung getragen. Infolgedessen ist die Vortragsveranstaltung gegenüber den Vorjahren schlanker (zweizügig) geworden. Stellvertretend für den Programmausschuss hoffe ich, dass sich diese Entscheidung als richtig erweisen wird, und wünsche uns allen eine gelungene Tagung.

Ihr

Prof. Dr. Wolfgang Büscher

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Institut für Landtechnik

Bonn, September 2019

Introduction

Since many years, the biennial BTU-Conference has its firm place in the event calendar. This conference offers a good opportunity for interdisciplinary exchange between individual project groups from different universities and other research institutions. Furthermore, the conference has also become an important meeting place for our target audiences (science, consulting, administration and authorities, politics, associations as well as industry).

The lecture topics of the 14th BTU-Conference in Bonn (Germany) contain two essential questions which have been discussed more and more intensively not only in expert circles but also in the social debate for years. On the one hand, the question of whether the method of animal husbandry currently practiced is still contemporary in the light of current animal welfare discussions, and on the other hand, the question of how littered, near-natural open stable systems are to be assessed in terms of their environmental impact (approvability and climate relevance)? Another major focus of this year's conference will be Precision Livestock Farming, which represents a fundamental area of agricultural digitization, promoted by the German Federal Ministry of Food and Agriculture.

The commonly known structure of the BTU-Conferences was extended by the offer of "methodical workshops" in the fields of *Precision Livestock Farming* and *Emission Measurements* for the first time. The intention of the program committee is to motivate especially junior scientists to actively participate in the conference and to support the creation of new contacts between working groups of different research institutions. At the same time, the demand of consulting and industry for result-oriented presentations at the conference will be taken into account. As a result, the lecture will be smaller (two tracks) compared to previous years. On behalf of the program committee, I hope that this decision will prove to be right. I wish all of us a successful symposium!

Yours

PROF. DR. WOLFGANG BÜSCHER

University of Bonn

Institute of Agricultural Engineering

Bonn, September 2019

Inhalt / Contents

Emissionen / Emissions

Inhalt / Contents Eigenkontrolle und Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung Self-monitoring and control of exhaust air treatment systems in pig keeping JOCHEN HAHNE
Vergleich der Emissionssituationen bei konventioneller und ressourcen- effizienter Fütterung anhand täglicher Körperkonditionsbewertungen von Mastschweinen Comparison of emission situations with conventional and resource-efficient feeding based on daily body condition evaluation of fattening pigs ALEXANDRA GRAP, BERND RECKELS, CHRISTIAN VISSCHER, RICHARD HÖLSCHER, WOLFGANG BÜSCHER
Tageszeitliche Konzentrationsschwankungen und Größenverteilung luftgetragener Mikroorganismen in der Emission von Tierhaltungs-anlagen als Eingabeparameter zur Verbesserung von Ausbreitungsprognosen Diurnal variations in concentration and size distribution of airborne micro-organisms in the emission of animal houses as input parameters to improve dispersion predictions MARCUS CLAUSS, STEFAN LINKE, ANNETTE CHRISTIANE SPRINGORUM27
Einfluss eines perforierten Bodens im Bereich der Futter- und Wasserversorgung auf die Entstehung von Ammoniakemissionen in der Masthähnchenhaltung Influence of a perforated floor in the area of feed and water supply on the ammonia emissions from broiler houses CAROLIN ADLER, ALEXANDER J. SCHMITHAUSEN, MANUEL S. KROMMWEH, INGA TIEMANN, WOLFGANG BÜSCHER
Einfluss der Samplingstrategie auf die Bestimmung von Ammoniakemissionen aus freigelüfteten Milchviehställen Influence of the sampling strategy on the estimation of ammonia emissions from naturally ventilated dairy barns DAVID JANKE, DILYA WILLINK, CHRISTIAN AMMON, SABRINA HEMPEL, BARBARA AMON, THOMAS AMON

Fressstände für Milchkühe: Ammoniakemissionen, Sauberkeit und Verhalten
Feeding stalls for dairy cows: ammonia emissions, cleanliness and animal behaviour
MICHAEL ZÄHNER, KERSTIN ZEYER, JOACHIM MOHN, FREDERIK HILDEBRANDT, JOAN-BRYCE BURLA, SABINE SCHRADE45
Vergleich von perforierten und planbefestigten Laufflächen in der Milchviehhaltung: NH ₃ - und CH ₄ -Emissionen Comparison of perforated and solid floors in dairy husbandry: NH ₃ and CH ₄ emissions SABINE SCHRADE, KERSTIN ZEYER, JOACHIM MOHN, THERESA LEINWEBER, MICHAEL ZÄHNER
Vorkommen antibiotikaresistenter Keime in Hähnchenmastbetrieben unterschiedlicher Haltungsform Occurrence of antibiotic resistant bacteria on chicken fattening farms, operating with different farming methods Celine Heinemann, Caroline Leubner, Mykhailo Savin, Esther Sib, Ricarda M. Schmithausen, Gabriele Bierbaum, Brigitte Petersen, Julia Steinhoff-Wagner
Stallinterne Ansäuerung von Flüssigmist in der Schweinehaltung – Stand der Technik In-house slurry acidification in pig farming – State of the art VERONIKA OVERMEYER, MANFRED TRIMBORN, JOACHIM CLEMENS, WOLFGANG BÜSCHER
Ansäuerung von Gülle zur Minderung von Ammoniakemissionen: Einfluss der Inhaltsstoffe der Wirtschaftsdünger auf die Säuremenge Slurry acidification to reduce ammonia emissions: influence of slurry ingredients on the acid amount SUSANNE HÖCHERL, FABIAN LICHTI
Die partielle Unterflurabsaugung zur Senkung der Emissionen und Verbesserung des Tierschutzes bei natürlich belüfteten Rinderställen The partial underfloor suction to reduce the emissions and improve the animal welfare in naturally ventilated cattle stables JULIAN HARTJE, STEFAN LINKE
Methodenentwicklung zur Erhebung der Ammoniakfreisetzung aus Außenklimaställen und Laufhöfen Method development for the determination of the ammonia emission load from outdoor climate stables and running yards KATJA BONKOSS, WOLFRAM BONKOSS, STEFAN NESER

Precision Livestock Farming

Automatisiert erfassbare Daten in der Nutztierhaltung – Ein Überblick und zukünftige Forschungsansätze Automated Data Recording in Livestock Farming – An Overview and Future Research Approaches PHILIPP HÖLSCHER, ENGEL FRIEDERIKE HESSEL
Verhaltensmonitoring bei Rindern und Schafen auf der Weide mithilfe von Sensordaten Monitoring of behaviour of cattle and sheep on pasture using sensor data JAN MAXA, STEFAN THURNER, GEORG WENDL94
Sensorbasierte Erfassung der Verhaltensmuster von Milchkühen in einem Liegeboxenlaufstall Monitoring of sensor-based patterns in behaviour of dairy cows in an open free stall barn MAREN WIERIG, CHRISTIANE ENGELS, UTE MÜLLER, WOLFGANG BÜSCHER
Vergleich verschiedener Brunsterkennungssysteme als digitale Bausteine im Herdenmanagementsystem des Milchviehbetriebs Comparison of different heat detection systems as digital components in the dairy herd management system LARS WELTE, HANSJÖRG NUSSBAUM
Eignung zweier Abkalbealarmsysteme zum Schutz von Kuh und Kalb bei der Geburt Suitability of two calving alert systems to protect cow and calf at birth CARINA BÖHM, KATHARINA GRIMM, BERNHARD HAIDN, HEINZ BERNHARDT112
Identifikation behandlungsbedürftiger Milchkühe mittels Sensordaten: Vergleich statistischer und Machine-Learning-Methoden zur Vorhersage von Klauenbehandlungen bei Milchkühen Using sensor data to identify cows requiring treatment: A comparison of statistical and machine learning methods to predict hoof treatments in dairy cows CHRISTIAN POST, UTE MÜLLER, WOLFGANG BÜSCHER
Nutzung multivariater Control Charts zur Identifikation krankheitsbedingter Verhaltensabweichungen bei Milchkühen Use of multivariate control chart to identify behavioural changes in sick dairy cows IMME DITTRICH, MARVIN GERTZ, BEATE MAASSEN-FRANCKE,
KARL-HEINZ KRUDEWIG, WOLFGANG JUNGE, JOACHIM KRIETER

Application of deep learning techniques for monitoring of livestock behaviour Anwendung von Deep-Learning-Methoden zur Überwachung des Nutztierverhaltens ABOZAR NASIRAHMADI, JENNIFER GONZALEZ, UTE KNIERIM, OLIVER HENSEL, SIMONE MÜLLER, BARBARA STURM
Auslaufnutzung von Zweinutzungshühnern Outdoor use of dual purpose chicken breeds BERNHARD HÖRNING, ANNEMARIE KAISER, GERRIET TREI
Praxistest optimierter UHF-RFID-Ohrmarken zur Verhaltens- überwachung von Schweinen Practical test of optimised UHF-RFID ear tags for the behaviour monitoring of pigs ADRIAN FÖRSCHNER, ANITA KAPUN, EVA GALLMANN
Netzwerkanalyse zur Bestimmung der Gruppenstruktur von Pferden in Großgruppen auf der Weide mithilfe von GPS-Daten Network analysis of the group structure of horses in large groups on pasture using GPS data FREDERIK HILDEBRANDT, KATHRIN BÜTTNER, JENNIFER SALAU, JOACHIM KRIETER, IRENA CZYCHOLL
Validierung eines SAW-Ortungssystems zur Indoor-Lokalisation von Milchkühen Validation of a SAW positioning system for indoor localisation of dairy cows CHRISTIANE ENGELS, JOHANNES SCHULER, SEBASTIAN SCHÄFER, FRIEDER BIRKHOLZ, THOMAS OSTERTAG, TORSTEN HUHNE, STEFFEN PACHE, WOLFGANG BÜSCHER
Verhaltensbeobachtung bei Milchkühen zur Entwicklung eines sensorbasierten Systems zur Gesundheitsüberwachung Recording the behavior of dairy cows to develop a sensor-based health monitoring system LARA SCHMELING, STEFAN THURNER, JAN MAXA, ELKE RAUCH
Erhebung und Analyse von Aktivitäts- und Leistungsdaten zur Früherkennung von Klauenerkrankungen bei Milchkühen in Praxisbetrieben Collection and analysis of activity and performance data for early claw lesion detection in cows on commercial dairy farms ISABELLA LORENZINI, KATHARINA GRIMM, BERNHARD HAIDN, EYAL MISHA

	Untersuchungen zur Abhängigkeit der Vormagentemperatur von der Stalltemperatur bei laktierenden Kühen in einem frei gelüfteten Stall Studies on the dependence of reticular temperature on barn temperature in lactating cows in a naturally ventilated barn OLAF TOBER, CHRISTIANE HANSEN
_	e Haltungsverfahren, Systembewertung und Tierwohl / endly husbandry systems, system evaluation and animal welfare
	Baulich-innovative Lösungen für die Ferkelerzeugung im Außenklimastall mit Auslauf Innovative housing solutions for piglet production in stables with outdoor climate and exercise yard Andrea Zoller, Annett Reinhardt-Hanisch, Kathrin Häge, Lilly Wokel, Eva Gallmann
	Detektion von Lahmheit bei Mastschweinen mithilfe eines UHF-RFID-Systems Detection of lameness in finishing pigs using a UHF-RFID system ANITA KAPUN, FELIX ADRION, MONIKA TOMALLA, EVA GALLMANN 184
	Einfluss einer gekühlten oder beheizten Liegefläche auf das Liegeverhalten von Mastschweinen Influence of a cooled or heated lying area on the lying behaviour of fattening pigs SVENJA OPDERBECK, BARBARA KESSLER, WILLIAM GORDILLO, CHRISTA HOFFMANN, EVA GALLMANN
	Vergleich von fünf Strategien zur Erhebung von Stichproben an Mastschweinen eines Bestandes für die Erfassung von KTBL-Tierschutzindikatoren Comparison of five strategies for the sampling of fattening pigs from a herd for the assessment of KTBL animal welfare indicators Mareike Pfeifer, Armin Otto Schmitt, Engel Friederike Hessel196
	Kurzzeit-Screening der Tieraktivität und des Stallklimas als Teilaspekt der Tierwohlbeurteilung im Projekt PigsAndMore Short-term screening of animal activity and controlled house environment as a sub-aspect of animal welfare assessment in the project PigsAndMore Naemi von Jasmund, Katharina Dahlhoff, Astrid van Asten, Tobias Scholz, Horst Cielejewski, Felix Austermann, Wolfgang Büscher. 202

Automatische Messung des Liegeverhaltens von Milchkühen zur Nutzung als Tierwohlindikator Automatic measurement of lying behavior of dairy cows for use as an animal welfare indicator Tanja Debus, Andrea Rahn-Farr, Steffen Hoy
Klimatisch bedingte Veränderungen des tierindividuellen Liegeverhaltens laktierender Milchkühe im freigelüfteten Stall Climate-induced changes in the individual lying behavior of lactating dairy cows in a naturally ventilated barn JULIA HEINICKE, STEPHANIE IBSCHER, CHRISTIAN AMMON, VITALY BELIK, THOMAS AMON
Erprobung und Bewertung alternativer Haltungsverfahren mit Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum Testing and Evaluation of alternative group housing systems for sows in an insemination center RAHEL AMBIEL, NADINE LANG, ANDREA SCHOLZ, BERNHARD ZACHARIAS, HANSJÖRG SCHRADE, EVA GALLMANN
Futteraufnahmeverhalten von Mastschweinen bei Flüssigfütterung in Abhängigkeit von Tier-Fressplatz-Verhältnis und Gruppengröße Feed intake behaviour of fattening pigs during liquid feeding as a function of animal/feeding place ratio and group size MARTIN ZIRON, JULIA ASCHENBRENNER
Vergleich der Nutzung von Nippeltränken und Beckentränken für Ferkel im Abferkel- und Aufzuchtbereich Comparison of use of nipple drinkers and bowl drinkers for piglets in the nursery and in the piglet rearing NICOLE MÜLLER, GEDEON MORITZ, ANITA KAPUN, EVA GALLMANN, CHRISTA HOFFMANN
Haltung und Nachsorge von zur Kastration narkotisierten Ferkeln während der Nachschlafphase Keeping and care of piglets anesthetized for castration during the sleeping phase SIMONE M. SCHMID, CARINA BRUNE, MIRIAM GUSE, CHRISTIAN TERKATZ, ANNA FARWICK, JASON J. HAYER, BENEDIKT G. SCHULZE DIECKHOFF, CÉLINE HEINEMANN, WOLFGANG BÜSCHER, JULIA STEINHOFF-WAGNER

Status-quo-Analyse des Lautstärkepegels in Schweinemastbetrieben in Deutschland Status quo analysis of the noise level in pig farms in Germany Birte Wegner, Ines Spiekermeier, Hendrik Nienhoff, Julia Grosse-Kleimann, Karl Rohn, Henning Meyer, Heiko Plate, Hubert Gerhardy, Lothar Kreienbrock, Elisabeth Grosse Beilage, Nicole Kemper, Michaela Fels
Tierwohlbeurteilung bei Pferden Welfare assessment in horses IRENA CZYCHOLL, PHILIPP KLINGBEIL, KATHRIN BÜTTNER, JOACHIM KRIETER
Liegeverhalten von Jungvieh in verschiedenen Hochboxen Lying behavior of young cattle in different cubicles with soft lying mats Monika Krause, Philipp Eicher, Annabelle Schugt, Uwe Eilers, Eva Gallmann
nd Entmistungsverfahren / ruction and manure handling systems Landwirtschaftliche Gebäude in Holzbauweise ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz gemäß DIN 68800
Agricultural timber buildings without preventive chemical wood preservation according to DIN 68800 FERDINAND OBERHARDT, JOCHEN SIMON
Funktionssicherheit integrierter Laufhöfe Functional safety of integrated exercise yards Jochen Simon, Ferdinand Oberhardt, Bernhard Bauhofer269
Entwicklung der technischen Architektur des "Stall 4.0"-Konzepts Development of the Technical Architecture of the "Barn 4.0" Concept JÖRN STUMPENHAUSEN, HEINZ BERNHARDT
Einfluss von silagebasierten Ad-libitum-Fütterungsstrategien auf Flüssigmistanfall und -zusammensetzung bei tragenden Sauen Influence of silage-based ad libitum feeding strategies on slurry production and its composition in pregnant sows Peter Ebertz, Alexander J. Schmithausen, Wolfgang Büscher 281
Erprobung alternativer Entmistungsmethoden für Schweineställe in einem neu entwickelten Versuchsstand für Flüssigmistsysteme Testing of alternative manure removal methods for pigsties in a newly developed test stand for liquid manure systems BASTIAN KOLB MONIKA TOMALIA EVA GALLMANN 287

Stallklima und Energie / Barn climate and energy

	Die Wirkung einer Sprühkühlung in Schweineausläufen ermittelt durch Oberflächentemperaturmessungen mit einer Wärmebildkamera The effect of spray cooling in pig spouts determined by surface temperature measurements with a thermal imaging camera Antonia Nette, Thomas Paulke
	Datenmanagement und Visualisierung der Energieflüsse am Beispiel des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums für Milchviehhaltung Almesbach Data management and visualization of energy flows using the example of the teaching, experimental and specialist Centre for dairy farming in Almesbach JOSEF NEIBER, STEFAN NESER
	Entwicklungsstufen zur Nachhaltigkeit – Lely Astronaut Melkrobotersystem Developmental stages of sustainability – Lely Astronaut Milking Robot Theresa Leinweber, Rik Aukes, Carolin Hohmann
	Verfahrensvergleich moderner Heutrocknungssysteme Comparison of state of the art barn hay drying systems MARKUS HOFMANN, STEFAN THURNER309
	Labour input for production of barn dried hay and grass silage and for feeding of cows on Bavarian dairy farms Arbeitszeitaufwand für die Produktion von Belüftungsheu und Silage und für die Fütterung von Kühen auf bayerischen Milchviehbetrieben JULIANA MAČUHOVÁ, BERNHARD HAIDN, STEFAN THURNER315
Melktechni	k / Milking systems
	Automatisiertes Trockenstellen – Einfluss auf Milchproduktion, Eutergesundheit und innere Zitzenmorphologie Automated drying off – Influence on milk production, udder health and inner teat morphology LISETT MARIE MARTIN, UTE MÜLLER, WOLFGANG BÜSCHER, HELGA SAUERWEIN
	The mechanical effect of different components in the automatic milking systems on the content of free fatty acids in milk Die mechanische Wirkung verschiedener Komponenten in den automatischen Melksystemen auf die freien Fettsäuren in der Milch FADI ALHOMOCH, CHRISTIAN AMMON, SUSANNE DEMBA, SANDRA ROSE, REINER BRUNSCH

Anhang / Annex

Autorenindex	
Index of authors	
Chronik	
Chronicle	333

Eigenkontrolle und Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung

Self-monitoring and control of exhaust air treatment systems in pig keeping

JOCHEN HAHNE

Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig; jochen.hahne@thuenen.de

Zusammenfassung

Die Auswertung von 154 Prüfberichten und elektronischen Betriebstagebüchern (EBTB) von biologisch arbeitenden Rieselbettfiltern in der Schweinemast hat gezeigt, dass 97,4 % der Anlagen produktionstypische Gerüche sicher beseitigen und die Anlagen eine mittlere Ammoniakabscheidung von 93 % gewährleisten. Bei 79 % der Anlagen wurde der pH-Wert des Waschwassers innerhalb der zulässigen Toleranz von 6,0–7,5 gehalten, während bei 21 % noch Verbesserungsbedarf besteht. Lediglich bei 2 % der Anlagen wurde eine Überschreitung der zulässigen Leitfähigkeit von maximal 25 mS/cm festgestellt. Gegenüber einer früheren Erhebung wurden sowohl die Datenerfassung als auch die Betriebsergebnisse deutlich verbessert. Optimierungsbedarf gibt es bei der Eigenüberwachung und Nutzung der verfügbaren Daten des EBTBs, insbesondere in Hinblick auf die Verringerung von Druckverlusten, der Reduzierung des Strom- und Frischwasserverbrauches sowie die Sicherstellung einer ausreichenden Abschlämmung.

Summary

The evaluation of 154 test reports and electronic logbooks (EBTB) of biological working trickling filters has shown that 97.4 % of the installations produce a safe elimination of typical production odors and ensure a mean ammonia reduction of 93 %. The pH of the washing liquid was kept within the tolerance between 6.0 and 7.5 by 79 % of the installations, while 21 % of them need a further improvement. Only 2 % of the installations showed with more than 25 mS/cm an exceeding of the maximum allowable electric conductivity. Compared with a former survey the data collection and the operating results were improved considerably. There is a need to improve the self-control and use of available EBTB data especially in view of reducing pressure drops, electricity and fresh water consumption and the securing of an adequate elutriation rate.

1 Einleitung und Zielstellung

Eignungsgeprüfte und ordnungsgemäß betriebene Abluftreinigungsanlagen gewährleisten eine sichere Staub- und Stickstoffabscheidung von mindestens 70 % und reduzieren produktionstypische Gerüche soweit, dass diese im Reingas nicht mehr wahrnehmbar sind. Diese Technik erfordert jedoch neben relevanten Investitionskosten auch laufende Betriebskosten, deren Umfang in erheblicher Weise von der Eigenkontrolle abhängig ist. Die Eigenkontrolle sowie die mindestens jährliche Wartung der Anlagen ist ferner eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass die ordnungsgemäße Anlagenfunktion im Rahmen der zunehmenden behördlichen Überwachung nachgewiesen werden kann.

Bisherige Überwachungsverfahren, bei denen der Anlagenzustand lediglich an einzelnen Tagen überprüft wurde, erwiesen sich jedoch als unzureichend, um die dauerhafte Funktion und Wirksamkeit der Anlagen nachzuweisen. Vor diesem Hintergrund hat das Thünen-Institut für den Landkreis Cloppenburg entsprechende Prüfprotokolle für die verschiedenen Verfahren entwickelt (Landkreis Cloppenburg 2015), die zunehmend Verwendung in der behördlichen Überwachung finden. Die Anlagenüberwachung soll mit möglichst wenigen Prüfparametern und damit kostengünstig die ordnungsgemäße Anlagenfunktion bei der Vorortprüfung durch eine anerkannte Messstelle belegen und anhand der Auswertung des EBTBs auch die Bewertung der dauerhaften Anlagenfunktion gewährleisten. Durch diese Vorgehensweise können auch wichtige Hinweise auf eventuellen Optimierungsbedarf im Anlagenbetrieb gewonnen werden. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand einerseits darin, anhand von 154 vorliegenden Prüfberichten und den dazugehörigen elektronischen Betriebstagebüchern den aktuellen Anlagenbetrieb von einstufigen Rieselbettfiltern in der Praxis zu beurteilen und eventuelle Optimierungsmaßnahmen aufzuzeigen. Andererseits sollen überbetriebliche Kenndaten gewonnen werden, die die zukünftige Anlagenüberwachung weiter erleichtern und vereinfachen sollen.

2 Material und Methoden

Grundlage der vorliegenden Untersuchung zur Funktionsfähigkeit von einstufigen Rieselbettfiltern sind 154 Prüfberichte, die zur Reinigung von Abluft aus der Mastschweinehaltung im Einsatz sind. Die Prüfberichte wurden von drei verschiedenen anerkannten Prüfstellen nach den Vorgaben des Landkreises Cloppenburg erstellt und beziehen sich auf drei Hersteller DLG-anerkannter Technik. Da Volllastbedingungen nur an wenigen Wochen im Jahr vorliegen (maximales Tiergewicht, Außentemperatur über 26 °C) und in diesem kurzen Zeitraum nicht mehrere hundert Anlagen überprüft werden können, wurde den Prüfstellen vorgegeben, dass im jährlichen Wechsel Funktionsprüfungen bzw. Check-up-Messungen durchzuführen sind. Bei den Funktionsprüfungen kann der Luftvolumenstrom während der Vorortmessung kleiner als 60 % sein, aber bei der Check-up-Messung muss er mindestens 60 % der Auslegungsluftrate betragen. Bei der Vorortprüfung werden einerseits die allgemeinen Betriebsdaten der Tierhaltungsanlage

aufgenommen (Art der Lüftung, aktueller Luftvolumenstrom und Tierbesatz, Art der Fütterung u.a.) und andererseits die relevanten Betriebsparameter der Abluftreinigungsanlage (Temperatur, Luftfeuchte, Druckverlust, pH-Wert, Leitfähigkeitswert u.a.) von den Prüfstellen gemessen und die Funktion der Anlagen-Messgeräte überprüft. Die Ammoniakmessung in Roh- und Reingas sowie die NO_x-Bestimmung im Reingas wird aus Kostengründen mit Prüfröhrchen durchgeführt. Ferner erfolgt eine qualitative Geruchsbewertung, ob rohgastypische Gerüche im Reingas wahrnehmbar sind. Weitere Kenndaten wie spezifischer Frischwasserverbrauch, Abschlämmrate und Stromverbrauch werden anhand der Aufzeichnungen aus dem EBTB ermittelt. Ferner werden aus den Aufzeichnungen des elektronischen Betriebstagebuchs die Langzeitverläufe für pH-Wert und Leitfähigkeit seit der letzten Überprüfung erstellt. Der pH-Wert im Waschwasser sollte im Toleranzbereich zwischen 6,0 und 7,5 gehalten werden und die Leitfähigkeit bei den Rieselbettfiltern bei maximal 20 mS/cm liegen. Weiterhin werden die Verläufe von Volumenstrom und Druckverlust zur Plausibilisierung des ordnungsgemäßen Anlagenbetriebes aus dem EBTB herangezogen.

3 Ergebnisse

Im Zeitraum vom 2. März 2017 bis zum 17. Dezember 2018 wurden insgesamt 154 Prüfungen an zwangsbelüfteten Schweinemastanlagen durchgeführt (77 Funktionsprüfungen und 77 Check-up-Messungen). Die Rieselbettfilter sind an Tierhaltungen mit 297 bis zu 4.800 Tierplätzen in Betrieb. Durchschnittlich waren 91 % der genehmigten Tierplätze zum Zeitpunkt der Prüfungen belegt. Die Auslegungsluftraten für die Rieselbettfilter bewegten sich zwischen 26.136 und 360.000 m³/h.

Zu den wichtigsten Ergebnissen gehört, dass nur bei 4 von 154 Überprüfungen rohgastypischer Geruch im Reingas festgestellt wurde. Damit bestätigen die Rieselbettfilter in 97,4 % der Prüfungen den Abbau produktionstypischer Gerüche. Die Ammoniakabscheidung bei den Anlagen bewegte sich zwischen 70,6 und 100 % und betrug mehr als 93 % im Mittel (Tab. 1). Im Mittel war die Ammoniakabscheidung bei den Funktionsprüfungen mit 94 % etwas höher als mit 92 % bei den Check-up-Messungen. Bei geringen pH-Werten im Waschwasser steigt das Risiko der Freisetzung sekundärer Spurengase, insbesondere von NO_x, das sich beim Zerfall von Nitriten bildet. Bei den Vorortprüfungen wurden im Mittel nur geringe NO_x-Konzentrationen in Höhe von 0,3 ppm im Reingas gemessen. Die maximale Konzentration betrug 4 ppm, während bei sehr vielen Anlagen überhaupt kein NO, im Reingas nachgewiesen wurde. Die Leitfähigkeit sollte unter 20 mS/cm gehalten werden und darf 25 mS/cm nicht überschreiten. Eine Überschreitung wurde nur bei 2 % der Anlagen festgestellt. Durch die Abluftreinigung im Rieselbettfilter wurde die Ablufttemperatur im Mittel um 2,4 °C reduziert und die relative Feuchte von durchschnittlich 66,6 % auf 95,8 % erhöht. Von erheblicher Bedeutung für die Betriebskosten sind die Druckverluste der Abluftreinigungsanlagen. Diese steigen vor allem mit zunehmender Verschmutzung bei hohen Luftgeschwindigkeiten stark an. Bei den Vorortmessungen wurden Druckverluste von 1 bis 191 Pascal (Pa) gemessen (Tab. 1).

Tab. 1: Ergebnisse der Überwachung von Rieselbettfiltern in der Schweinemast

Tab. 1: Results of trickling filter control in pig fattening

Davamatar	Einheit	Wert bzw. Angabe				
Parameter		Min	Max	Mittelwert	Median	
Rohgastemperatur	°C	12,4	30,0	22,7	23,0	
Reingastemperatur	°C	12,7	26,0	20,3	20,5	
Temperatur, Waschwasser	°C	10,6	25,2	18,6	18,9	
Relative Rohgasfeuchte	0/0	23,5	84,0	66,6	68,0	
Relative Reingasfeuchte	0/0	85,0	100	95,8	96,4	
Druckverlust	Pa	1,0	191,0	39,9	27,5	
pH-Wert	-	5,8	7,6	6,9	6,9	
Leitfähigkeit	mS/cm	13,2	29,0	19,7	19,8	
NH ₃ -Konzentration, Rohgas	ppm	6,0	31,0	14,0	14,0	
NH ₃ -Konzentration, Reingas	ppm	0,0	5,0	0,9	0,5	
NH ₃ -Abscheidegrad	0/0	70,6	100	93,2	95,2	
NO _x -Konzentration, Reingas	ppm	0,0	4,0	0,3	0,0	
Spezifischer Stromverbrauch	kWh/(TP · a)	1,0	51,0	17,6	15,4	
Spezifischer Frischwasserverbrauch	kWh/(TP · a)	0,12	10,41	1,5	1,1	
Spezifische Abschlämmrate m³/(TP · a		0,07	2,19	0,45	0,39	
Rohgasgeruch im Reingas		ja		nei	nein	
Häufigkeit		4		150	150	

Im Mittel lag der Druckverlust bei knapp 40 Pa, wobei bei 107 Anlagen weniger als 50 Pa gemessen wurden, bei 25 Anlagen zwischen 50 und 100 Pa und bei 13 Anlagen mehr als 100 Pa. Für 9 Anlagen liegen keine Werte vor. Erstaunlicherweise konnte kein Zusammenhang zwischen steigender Auslastung und dem Druckverlust bei dem überbetrieblichen Vergleich festgestellt werden. Wichtige überbetrieblich vergleichbare und spezifische Kennwerte sind Frischwasser- und Stromverbrauch sowie die Abschlämmrate. Die Ergebnisse zeigen hier eine enorme Schwankungsbreite. So schwankte der Frischwasserverbrauch zwischen 0,12 und 10,41 $\text{m}^3/\text{(TP \cdot a)}$. Im Mittel betrug er $1,5 \text{ m}^3/\text{(TP} \cdot \text{a)}$. Bei 147 auswertbaren Datensätzen lag der Frischwasserverbrauch bei 6 Anlagen unter 0,5 m³/(TP · a), bei 52 Anlagen zwischen 0,5 und 1,0 m³/(TP · a), bei 53 Anlagen zwischen 1,01 und 1,5 m 3 /(TP · a) und bei 36 Anlagen bei mehr als 1,5 m 3 / (TP · a). Auch der Stromverbrauch zeigte eine vergleichbare Schwankungsbreite und bewegte sich zwischen 1,0 und 51 kWh/(TP · a). Im Mittel betrug er 17,6 kWh/(TP · a). Bei 86 auswertbaren Datensätzen zeigten 12 Anlagen einen Verbrauch von weniger als 10 kWh/(TP · a), 30 Anlagen einen Verbrauch von 10-15 kWh/(TP · a), 17 Anlagen lagen zwischen 15,1 und 20 kWh/(TP · a) und 27 Anlagen wiesen einen Verbrauch von mehr als 20 kWh/(TP · a) auf. Die enorme Schwankungsbreite zeigte sich auch bei der Abschlämmung, die sich zwischen 0,07 und 2,19 m³/(TP · a) bewegte und im Mittel bei $0.45 \text{ m}^3/(\text{TP} \cdot \text{a})$ lag. Bei 76 Anlagen lag die Abschlämmung unter $0.4 \text{ m}^3/(\text{TP} \cdot \text{a})$, bei 66 Anlagen zwischen 0,4 und 0,8 m 3 /(TP · a) und bei 7 Anlagen über 0,8 m 3 /(TP · a) und bei weiteren 5 Anlagen liegen keine Daten vor.

Von entscheidender Bedeutung für die dauerhafte Ammoniakabscheidung ist die Einhaltung des pH-Toleranzbereiches bei der Abluftreinigung. Wie Abbildung 1 zeigt, wurde bei 119 Anlagen der pH-Toleranzbereich von 6,0 bis 7,5 in mehr als 90 % der jeweiligen Prüfungszeiträume eingehalten, während bei 32 Anlagen diese Mindestanforderung nicht erfüllt wurde (Abb. 1).

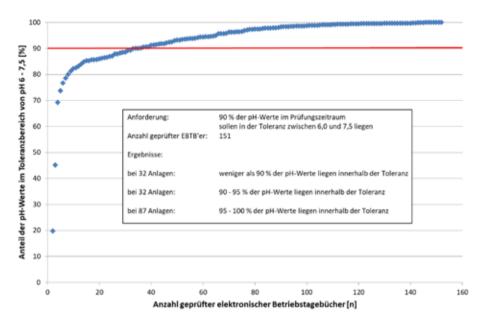


Abb. 1: Anteil von Rieselbettfiltern, die über den gesamten Bewertungszeitraum den geforderten pH-Toleranzbereich einhalten (© Hahne)

Fig. 1: Percentage of trickling filters keeping the range of pH tolerance within the rating period (© Hahne)

4 Diskussion

Nach den DLG-Eignungsprüfungen arbeiten Rieselbettfilter ordnungsgemäß, wenn der pH-Wert zwischen 6,0 und 7,5 und die Leitfähigkeit unter 20 mS/cm gehalten wird. Der Frischwasserverbrauch sollte zwischen 1,0 und 1,5, die Abschlämmung zwischen 0,4 und 0,8 und der Stromverbrauch zwischen 10 und 20 kWh/(TP·a) liegen. Mit steigender Abweichung von diesen Kennwerten besteht das Risiko sinkender Abscheideleistungen. Der pH-Wert wurde bei 79 % der Anlagen dauerhaft innerhalb der Toleranz gehalten, während bei 21 % der Anlagen noch Verbesserungsbedarf besteht. Mehrheitlich waren fehlende Säuren oder Laugen die Ursache, sodass diese Mängel durch entsprechende Füllstandmelder und frühzeitige Nachbestellung der Chemikalien einfach abzustellen wären. Die bei 9 % der Anlagen festgestellten Druckverluste von 100 Pa und mehr deuten auf partielle Verstopfung der Füllkörperpackung hin und führen zu erhöhtem

19

Stromverbrauch. Eine Betreiberschulung, wie eine zunehmende Verstopfung anhand der EBTB-Daten frühzeitig erkannt und beseitigt werden kann, würde hier Abhilfe schaffen können. In die gleiche Richtung weisen auch die bei 31 % der Anlagen festgestellten Stromverbräuche von mehr als 20 kWh/(TP · a). Für diese Befunde sind neben partiellen Verstopfungen wahrscheinlich aber auch weitere Ursachen anzunehmen (Defizite beim Einsatz energieeffizienter Pumpen und energieoptimierter Wasserverteilsysteme). Der bei 24 % der Anlagen festgestellte erhöhte Frischwasserverbrauch kann mehrere Ursachen haben. Neben einer fehlerhaften Erfassung (Anschluss weiterer Verbraucher) kommen auch vermehrte Spülungen der Rieselbettfilter infolge von Verstopfung sowie Aerosolausträge aus dem Rieselbettfilter in Betracht. Bei der erforderlichen Abschlämmung wurden nach wie vor Defizite festgestellt. Diese sind teilweise auf die im Jahresdurchschnitt geringere Belegung (Tierbestand im Jahresmittel kleiner als genehmigt) oder auf nicht dokumentierte Stillstandzeiten zurückzuführen. Die aktuellen Ergebnisse zeigen im Vergleich zu einer früheren Erhebung (Hahne und Günster 2015) deutliche Verbesserungen bei der generellen Anlagenüberwachung, der Datenerfassung im EBTB, der Einhaltung des pH-Toleranzbereiches sowie der NH3-Abscheidung und auch bei dem Abbau produktionstypischer Gerüche. Allerdings gibt es nach wie vor Verbesserungsbedarf bei dem Anlagenbetrieb. Diesbezügliche Daten sind im EBTB verfügbar, werden aber nach wie vor vom Tierhalter nicht zur Optimierung seines Anlagenbetriebes genutzt.

Literatur

Landkreis Cloppenburg (2015): Abluftreinigungsanlagen (z.B. Biofilter und Abluftwäscher) in der Tierhaltung. https://www.lkclp.de/bauen-umwelt/bauen-planen/abluftreinigungs-anlagen-z.-b.-biofilter-und-abluftwaescher-in-der-tierhaltung.php#anchor_0, Zugriff am 15.02.2019

Hahne, J.; Günster, H. (2015): Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung. In: 12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2015 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 9.-10. März 1999, Freising-Weihenstephan, Hrsg.: Institut für Landtechnik der TU München-Weihenstephan, S. 438–443

Vergleich der Emissionssituationen bei konventioneller und ressourceneffizienter Fütterung anhand täglicher Körperkonditionsbewertungen von Mastschweinen

Comparison of emission situations with conventional and resourceefficient feeding based on daily body condition evaluation of fattening pigs

ALEXANDRA GRAP¹, BERND RECKELS², CHRISTIAN VISSCHER², RICHARD HÖLSCHER³, WOLFGANG BÜSCHER¹

Zusammenfassung

Die Mastschweinehaltung war in den letzten Jahren durch eine zunehmende regionale Konzentrierung geprägt. Um den Eintrag von Ammoniak und Treibhausgasen in die Umwelt auf ein Minimum zu beschränken, ist eine Anpassung der Tierhaltung und Fütterung an den heutigen Stand der Technik dringend notwendig.

Durch die Entwicklung eines neuartigen ressourceneffizienten Fütterungskonzeptes, bei dem die Futterration anhand täglicher Konditionsbewertungen an den genauen Bedarf der Tiere angepasst werden kann, sollen die Emissionen aus Schweinemastställen reduziert werden. In einem ersten Versuch wurden hierfür unterschiedliche Rohfasergehalte in den Rationen getestet.

Wie erwartet konnten die Emissionen durch den erhöhten Rohfaseranteil im Vergleich zu einer konventionellen Futterration um bis zu 25 % gesenkt werden. Weitere Versuchsdurchgänge werden durchgeführt, um diese ersten Ergebnisse zu validieren.

Summary

Over the last years, fattening pig husbandry has been characterized by an increasing regional concentration. In order to minimize the emissions of ammonia and greenhouse gases into the environment, adaption of animal husbandry and feeding to the current state of the art is therefore urgently needed.

The aim of the study is to reduce emissions by developing a novel "resource-efficient feeding" concept in which the diets can be adapted to the exact needs of the animals based on a daily body condition status. Therefore, in a first experiment different crude fibre contents in the diets were tested.

As expected, emissions could be reduced by up to 25% compared to a conventional diet due to the increased crude fibre content. Further experiments are carried out to validate these first results.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Nußallee 5, 53115 Bonn; agra@uni-bonn.de

² Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung, Bünteweg 2, 30559 Hannover

³ Hölscher & Leuschner GmbH & Co. KG, Siemensstraße 15, 48488 Emsbüren

1 Einführung und Zielsetzung

Die Mastschweinehaltung in Deutschland wurde in den letzten Jahren geprägt durch einen Anstieg der Tierbestände, eine räumliche Konzentrierung und damit zusammenhängend einer regionalen Akkumulation von Nährstoffen (Statistisches Bundesamt 2019). Die Anpassung der Tierhaltung und Fütterung an den heutigen Stand der Technik ist daher dringend notwendig, um die Emissionen von Ammoniak und Treibhausgasen auf ein Minimum zu reduzieren.

Ziel bei der Produktion von Mastschweinen ist ein maximaler Muskel- und minimaler Fettansatz. Problematisch ist hierbei ein limitiertes Proteinansatzvermögen sowie unterschiedliche Futteraufnahmekapazitäten, bei gleichzeitig überproportional steigender Fettenwicklung zum Ende der Mast. Da bisherige Konzepte der Phasenfütterung bei der Rationsgestaltung an jedem Tag nur auf das "Durchschnittstier" ausgelegt sind, wird der individuelle Bedarf einzelner Tiere nur unzureichend berücksichtigt. Tiere mit unter- oder überdurchschnittlicher Futteraufnahme werden nicht optimal im Sinne der Ressourceneffizienz versorgt (Jeroch et al. 1999).

Eine vollautomatische Einteilung der Tiere entsprechend ihres Leistungspotenzials mithilfe eines Körperkonditionsbewertungssystems (OptiSORT-Sortierschleusen-System, Hölscher & Leuschner GmbH & Co. KG) in Kombination mit einem automatischen Regelkreis in der Fütterungssteuerung (Closed LOOP FEEDING, Hölscher & Leuschner GmbH & Co. KG), soll eine zu jeder Zeit mögliche Rationsanpassung entsprechend der Messdaten während der Mast ermöglichen. Im vorgestellten Projekt soll durch Einsatz dieser Fütterungstechnik eine optimierte Protein- sowie um regional erzeugte Grundfuttermittel ergänzte Versorgung erfolgen, um eine tiergerechtere Versorgung zu erreichen und den Ausstoß von Ammoniak auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Im Rahmen des Vortrags sollen erste vergleichende Ergebnisse zu den Emissionssituationen unter konventioneller und rohfaserergänzter Fütterung dargestellt werden.

2 Material und Methoden

Die Versuche werden auf einem Schweinemastbetrieb in Niedersachsen durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgt in zwei identisch aufgebauten, lüftungstechnisch getrennten Stallabteilen (Abb. 1). Beide Stallabteile sind mit Spaltenböden ausgestattet und werden mit Großgruppen von 800 Tieren belegt.

Das Prinzip der ressourceneffizienten Fütterung sieht vor, dass die Tiere auf dem Weg zum Fressplatz die OptiSORT-Sortierschleuse passieren müssen. Dort werden die Tiere mithilfe von 3-D-Kameras erfasst, optisch vermessen und einem bestimmten Leistungstyp innerhalb ihrer Gruppe zugeordnet. Entsprechend dieser Zuordnung erfolgt der Zugang zu einem der Futterbereiche mit energiereicherem oder -ärmerem Futter. Wenn gewünscht kann die Ration täglich entsprechend der Messdaten an den genauen Bedarf der Tiere angepasst werden.

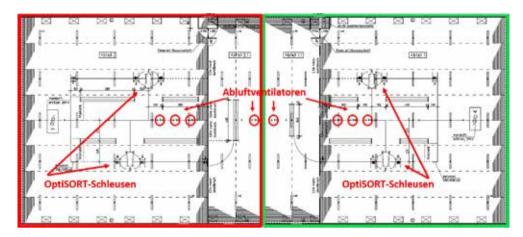


Abb. 1: Versuchsabteil links, Kontrollabteil rechts (modifiziert nach Hölscher & Leuschner) Fig. 1: Experimental compartment left, control compartment right (modified after Hölscher & Leuschner)

Jedes Stallabteil verfügt über zwei dieser Sortierschleusen, über die die Tiere je nach Kondition in bis zu vier voneinander getrennte Fütterungsbereiche gelangen können.

Die Erfassung der Gaskonzentrationen erfolgt mithilfe photoakustischer Infrarot-Spektroskopie (PAS). Hierfür wird ein Multigasmonitor des Herstellers LumaSense Technologies verwendet, der kontinuierlich über den gesamten Mastdurchgang die Konzentrationen von Ammoniak (NH₃), Methan (CH₄) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Frischluft und Abluft des jeweiligen Abteiles erfasst. Die Frischluft wird hierfür außerhalb des Stalles an den Traufen angesaugt, während die Abluft am Hauptabluftkamin des Abteiles gemessen wird. Jedes Stallabteil verfügt über vier Abluftkamine, wovon jeder mit einem kalibrierten Messventilator des Herstellers Reventa GmbH ausgestattet wurde. Hierrüber werden ebenfalls kontinuierlich die Luftvolumenströme erfasst, sodass die genauen Emissionsmassenströme berechnet werden können.

Ein erster Versuchsdurchgang fand von Dezember 2018 bis März 2019 statt. Im Versuchsabteil wurden die Tiere mit vier Futterrationen unterschiedlichen Rohfasergehaltes gefüttert. Die Rationen wurden hierbei im rotierenden Wechsel in den vier Fressbereichen angeboten. Neben Daten zur Entwicklung der Tiere wurden hierdurch erste Erkenntnisse darüber gewonnen, wie sich der gesteigerte Einsatz von Rohfaser auf den Ausstoß der Emissionen auswirkt. Zum Vergleich der Emissionsdaten wurden im zweiten Stallabteil Daten von konventionell gefütterten Mastschweinen erhoben.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden beispielhaft ausgewählte Daten der Emissionsmessungen präsentiert. Abbildung 2 zeigt den Emissionsmassenstrom für ${\rm CO_2}$, ${\rm NH_3}$ und ${\rm CH_4}$ vergleichend an acht Masttagen für die Versuchsgruppe und die Kontrollgruppe.

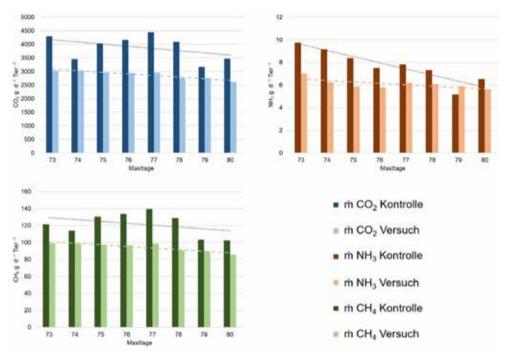


Abb. 2: Vergleich der Tagesmittelwerte der CO₂-, NH₃- und CH₄-Emissionsströme pro Tier und Tag bei Versuchs- und Kontrollfütterung beispielhaft an acht Masttagen (© Grap)

Fig. 2: Comparison of the daily mean values of CO₂, NH₂ and CH₃, emissions per animal and day for

Fig. 2: Comparison of the daily mean values of ${\rm CO_2}$, ${\rm NH_3}$ and ${\rm CH_4}$ emissions per animal and day for experimental and control feeding, exemplary at eight days of fattening period ($^{\circ}$ Grap)

Für alle drei Gase konnten im Versuchsabteil geringere Emissionswerte gemessen werden als unter Kontrollbedingungen. So betrugen die Emissionswerte im Kontrollabteil und Versuchsabteil im Mittel 3.889,9 bzw. 2.881,3 g $\rm CO_2$, 7,7 bzw. 6,0 g $\rm NH_3$ sowie 121,7 bzw. 94,5 g $\rm CH_4$ pro Tier und Tag. Im Mittel lagen die Werte unter der eingesetzten rohfaserreichen Fütterung für $\rm CO_2$ 25,1 %, für $\rm NH_3$ 18,8 % und für $\rm CH_4$ 21,7 % niedriger als beim Einsatz der konventionellen Futterration.

Im Versuch konnten die NH₃-Emissionen durch den Einsatz verschiedener Rohfasergehalte wie erwartet reduziert werden. Die ermittelten Emissionen sind vergleichbar mit bereits in anderen Studien beschriebenen Werten, die zwischen 4 und 14 g pro Tag und Tier berichtet werden (Philippe et al. 2007). Eine mittlere Reduktion der NH₃-Emissionen von 18,8 % ist niedriger als in vergleichbaren Studien (Jarret et al. 2012, O'Shea et al.

2009, Philippe et al. 2015). Beachtet werden muss hier, dass die unterschiedlichen Rationen zeitgleich in den verschiedenen Fütterungsbereichen angeboten wurden und somit keine genauen Rückschlüsse gezogen werden können, welcher Rohfaseranteil wie viel Anteil an der Emissionsreduktion hat. Darüber hinaus unterscheiden sich die Anzahl der Tiere sowie das Haltungskonzept (Großgruppen) im Vergleich zu den genannten Studien. Diese Faktoren können zu der geringeren Reduktion geführt haben.

CO₂ entsteht im Stall durch die Atmung der Tiere und durch Stoffwechselprozesse im Flüssigmist (Philippe et al. 2015). Die größere Tieranzahl im durchgeführten Versuch ist eine mögliche Erklärung für die im Vergleich zu anderen Untersuchungen (Gallmann 2003, Philippe et al. 2007, Philippe et al. 2015) höheren CO₂-Emissionswerte. Eine Reduktion der CO₂-Emissionen um im Mittel 25 % entspricht nicht den Ergebnissen der Studie von Philippe et al. (2015), bei welcher durch gesteigerten Fasereinsatz keine Reduktion der CO₂-Emissionen erzielt werden konnte. Im Gegensatz dazu berichtet Schrama et al. (1998) von ebenfalls um 25 % reduzierten CO₂-Emissionen im Zusammenhang mit geringerer Aktivität der Tiere. Wie bereits von anderen Autoren berichtet (Bergeron et al. 2000, Leeuw et al. 2008), führen höhere Faseranteile in der Futterration zu ruhigeren Tieren. Ein Zusammenhang zwischen reduzierter Tieraktivität und einer Reduktion der CO₂-Emissionen kann im vorliegenden Versuch jedoch nur vermutet werden.

Die im Versuch ermittelten $\mathrm{CH_4}$ -Werte liegen über den in der Literatur beschriebenen, welche mit 0,9–21,1 kg pro Tier und Jahr (Haeussermann et al. 2006) bzw. 2–30 g pro Tier und Tag (Philippe et al. 2007) angegeben werden. $\mathrm{CH_4}$ geht im Stall zum größten Teil aus dem Flüssigmist durch anaerobe Fermentationsprozesse hervor. Hierbei hat im Stall gelagerter Flüssigmist einen signifikanten Einfluss auf die entstehenden $\mathrm{CH_4}$ -Emissionen (Haeussermann et al. 2006). Im durchgeführten Versuch können die Größe des Stalles und damit einhergehend die Größe des Flüssigmistkellers aufgrund der angewendeten Großgruppenhaltung im Zusammenhang mit den hohen $\mathrm{CH_4}$ -Konzentrationen stehen.

Abschließend lässt sich sagen: In diesem ersten Versuchsdurchgang konnten die Emissionen durch die rohfaserergänzte Fütterung, wie erwartet, reduziert werden. Weitere Versuchsdurchgänge werden durchgeführt, um diese Ergebnisse zu verifizieren und die ressourceneffiziente Fütterung weiter zu optimieren.

Literatur

Bergeron, R.; Bolduc, J.; Ramonet, Y.; Meunier-Salaün, M. C; Robert, S. (2000): Feeding motivation and stereotypies in pregnant sows fed increasing levels of fibre and/or food. Applied Animal Behaviour Science 70(1), pp. 27–40

Gallmann, E. (2003): Vergleich von zwei Haltungssystemen für Mastschweine mit unterschiedlichen Lüftungsprinzipien – Stallklima und Emissionen. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim

Haeussermann, A.; Hartung, E.; Gallmann, E.; Jungbluth, T. (2006): Influence of season, ventilation strategy, and slurry removal on methane emissions from pig houses. Agriculture, Ecosystems & Environment 112(2–3), pp. 115–121, DOI: 10.1016/j.agee.2005.08.011

- Jarret, G.; Cerisuelo, A.; Peu, P.; Martinez, J.; Dourmad, J.-Y. (2012): Impact of pig diets with different fibre contents on the composition of excreta and their gaseous emissions and anaerobic digestion. Agriculture, Ecosystems & Environment 160, pp. 51–58, DOI: 10.1016/j.agee.2011.05.029
- Jeroch, H.; Drochner, W.; Ortwin, S. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung. Stuttgart, UTB (UTB, 8180)
- Leeuw, J. A. de; Bolhuis, J. E.; Bosch, G.; Gerrits, W. J. J. (2008): Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs. The Proceedings of the Nutrition Society 67(4), pp. 334–342, DOI: 10.1017/S002966510800863X
- O'Shea, C. J.; Lynch, B.; Lynch, M. B.; Callan, J. J.; O'Doherty, J. V. (2009): Ammonia emissions and dry matter of separated pig manure fractions as affected by crude protein concentration and sugar beet pulp inclusion of finishing pig diets. Agriculture, Ecosystems & Environment 131(3–4), pp. 154–160
- Philippe, F-X..; Laitat, M.; Wavreille, J.; Nicks, B.; Cabaraux, Jean-François (2015): Effects of a high-fibre diet on ammonia and greenhouse gas emissions from gestating sows and fattening pigs. In: Atmospheric Environment 109, S. 197–204, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.03.025
- Philippe, F-X.; Laitat, M.; Canart, B.; Vandenheede, M.; Nicks, B. (2007): Gaseous emissions during the fattening of pigs kept either on fully slatted floors or on straw flow. In: Animal: an international journal of animal bioscience 1(10), pp. 1515–1523, DOI: 10.1017/S1751731107000845
- Schrama, J. W.; Bosch, M. W.; Verstegen, M. W.; Vorselaars, A. H.; Haaksma, J.; Heetkamp, M. J. (1998): The energetic value of nonstarch polysaccharides in relation to physical activity in group-housed, growing pigs. Journal of Animal Science 76(12), pp. 3016
- Statistisches Bundesamt (2019): Wirtschaftsbereiche Tiere und tierische Erzeugung. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/AktuellSchweine.html, Zugriff am 11.03.2019

Förderung

Das Projekt "RESAFE" wird gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Projektpartner sind der Hersteller für Stalleinrichtungen Hölscher & Leuschner und die Tierärztliche Hochschule Hannover.

Tageszeitliche Konzentrationsschwankungen und Größenverteilung luftgetragener Mikroorganismen in der Emission von Tierhaltungsanlagen als Eingabeparameter zur Verbesserung von Ausbreitungsprognosen

Diurnal variations in concentration and size distribution of airborne micro-organisms in the emission of animal houses as input parameters to improve dispersion predictions

MARCUS CLAUß¹, STEFAN LINKE¹, ANNETTE CHRISTIANE SPRINGORUM²

Zusammenfassung

Um die Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen zu verbessern, wurden mithilfe neuartiger Probenahmesysteme die Partikelgrößenverteilung bestimmter luftgetragener Mikroorganismen und deren tageszeitlichen Konzentrationsschwankungen in den Emissionen von verschiedenen Tierhaltungsanlagen bestimmt. In Legehennenhaltungen wurde eine prozentuale Anzahlverteilung von Gesamtbakterien und Staphylokokken in den Partikelfraktionen PM10 und PM2,5 von ca. 35 % und 15 % gefunden, bei Mastputen 35 % und 10 % und bei Mastschweinen 60 % und 30 %. Die Emissionen waren in der Geflügelhaltung nachts deutlich niedriger als tagsüber, geltende Emissionsfaktoren könnten somit in der Anwendung für Ausbreitungsmodellierungen halbiert werden.

Summary

In order to improve the dispersion modeling of bio-aerosols, the particle size distribution of defined airborne microorganisms, and their daily concentration variations in the emissions of different animal husbandry systems were determined using novel sampling systems. In laying hens, a percentage distribution of total bacteria and staphylococci was found in the particle fractions PM10 and PM2.5 of about 35% and 15%, in fattening turkeys 35% and 10% and in fattening pigs 60% and 30%. In poultry production emissions were significantly lower at night than during the day, so existing emission factors could be halved for modeling application.

¹ Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig; marcus.clauss@thuenen.de
² Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover

1 Hintergrund und Zielsetzung

Die Industrialisierung der Tierproduktion mit regionaler Konzentrierung von Betrieben sowie steigenden Tierzahlen und Besatzdichten führt in den betroffenen Gebieten zu einem Anstieg der Bioaerosol-Emissionen. Unter Bioaerosolen versteht man luftgetragene organische Partikel biologischer Herkunft z.B. Endotoxine, Mykotoxine, Viren, Bakterien, Sporen, Pollen sowie deren Bruchstücke oder auch Teile von Pflanzen, Pilzen oder Tieren, dispergiert in der Luft. Um potenzielle Risiken für die Anwohner im Umfeld von Bioaerosol emittierenden Anlagen abschätzen zu können, wird, meist im Rahmen von Genehmigungsverfahren, die Ausbreitung von bestimmten mikrobiellen Leitparametern über die Luft mittels Ausbreitungsmodellierung nach Richtlinie VDI 4251 Blatt 3 berechnet. In der Anwendung der Richtlinie VDI 4251 Blatt 3 werden aufgrund fehlender Informationen in der Regel weder die tatsächliche Größenverteilung der Bioaerosole noch die zeitliche Varianz der Emissionen berücksichtigt, sondern stattdessen konservative Annahmen getroffen. So wird angenommen, dass die Partikelgröße aller luftgetragenen Mikroorganismen < 2,5 µm ist und sie dadurch nur langsam sedimentieren. Des Weiteren werden Emissionsfaktoren für Schweine- (VDI 4255 Blatt 4) und Geflügelhaltungsanlagen (VDI 4255 Blatt 3) verwendet, die nur auf tagsüber durchgeführten Messungen beruhen. Vermutlich aus diesem Grund liefern Modellierungen nach Richtlinie VDI 4251 Blatt 3 häufig höhere Immissionen von Bioaerosolen als gemessen werden. Um die Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen zu verbessern, wurden mithilfe neuartiger Probenahmesysteme die Partikelgrößenverteilung bestimmter luftgetragener Mikroorganismen und die tageszeitlichen Konzentrationsschwankungen in den Emissionen von verschiedenen Tierhaltungsanlagen bestimmt.

2 Material und Methode

Zur Untersuchung der Größenverteilung von luftgetragenen Mikroorganismen wurde ein größenselektives Sammelsystem für Bioaerosole entwickelt (Clauß et al. 2018). Mikroorganismen werden dabei in Emissionsimpingern (VDI 4257 Blatt 2) gesammelt; die PM10- und PM2,5-Stufen eines Johnas-II-Kaskadenimpaktors (VDI 2066 Blatt 10) dienen dabei als Vorabscheider. Mit einem Emissionsimpinger ohne Vorabscheider lassen sich alle Mikroorganismen in der Gesamtstaubfraktion sammeln, mit einem Emissionsimpinger mit Vorabscheider PM10 alle Mikroorganismen in der PM10-Fraktion (Partikel < 10 μ m), und mit einem Emissionsimpinger mit Vorabscheider PM2,5 alle Mikroorganismen in der PM2,5-Fraktion (Partikel < 2,5 μ m). Zur größenselektiven Sammlung werden die drei Kombinationen parallel eingesetzt. Mit diesem System wurde in den letzten drei Jahren Messungen in der Emission von zwei Schweinemastanlagen, zwei Legehennenanlagen und einer Putenmastanlage durchgeführt und dort erstmals die Größenverteilungen von Gesamtbakterien und stallspezifischen Staphylokokken in den Partikelfraktionen PM2,5, PM10 und im Gesamtstaub bestimmt.

Zur Messung der tageszeitlichen Konzentrationsschwankungen luftgetragener Mikroorganismen wurde ein automatischer Bioaerosolsammler (ABiS) entwickelt (Clauß 2015). Er besteht aus einem Sammelkopf und einer gekühlten Lagereinheit. Als Basis für den Sammelkopf dient ein AGI-30 Impinger. Die Probenahme verläuft vollautomatisch. Im ersten Schritt wird der Sammelkopf befüllt, danach erfolgt 30 Minuten lang die Probenahme. Dann wird die Probe abgesaugt und bei 5 °C im System gelagert. Der Sammelkopf wir erneut befüllt und die nächste Probenahme beginnt. Mit dem ABiS wurde in den letzten drei Jahren in verschiedenen Tierställen (u. a. Mastschweine, Legehennen) sowie in der Emission von zwei Legehennenanlagen und einer Putenmastanlage die Konzentrationen von Gesamtbakterien und stallspezifischen Staphylokokken kontinuierlich über Zeiträume von jeweils 48 h bestimmt (Clauß und Springorum 2018, Clauß et al. 2018). Daraus wurden anschließend Emissionsfaktoren berechnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

In der Emission der untersuchten Anlagen zur Haltung von Legehennen wurde eine prozentuale Anzahlverteilung von Gesamtbakterien und Staphylokokken in den Partikelfraktionen PM10 und PM2,5 von ca. 35 % und ca. 15 % gefunden. Die Verteilung der Bakterien bei den Mastputen war fast identisch. Hier entfielen von den Gesamtbakterien durchschnittlich ca. 35 % auf PM10 und ca. 10 % auf PM2,5. In der Emission von Anlagen zur Schweinemast war die Größenverteilung etwas anders. Hier wurden durchschnittlich ca. 30 % der Gesamtbakterien und Staphylokokken in der Fraktion PM2,5 gefunden und ca. 60 % in der Fraktion PM10. Tabelle 1 nennt die basierend auf den Ergebnissen empfohlene Korngrößenverteilung für den nach VDI 4250 Blatt 3 für Ausbreitungsrechnungen an Tierhaltungsanlagen empfohlenen Leitparameter Staphylokokken.

Tab 1: Empfohlene Korngrößenverteilung für Ausbreitungsrechnungen

Recommended			

	Verteilung von Staphylokokken auf die PM-Fraktionen in %				
	PM2,5	PM10	> PM10		
Legehennen	15	35	65		
Mastputen	10	35	65		
Mastschweine	30	60	40		

Mit dem ABiS wurden deutliche tageszeitliche Schwankungen der Konzentrationen von Gesamtbakterien und Staphylokokken in der Emission von Geflügelställen festgestellt. Diese Konzentrationen multipliziert mit den Abluftvolumenströmen ergeben die Emissionsfrachten und auf die Tiergewichte bezogen die Emissionsfaktoren. Abbildung 1 zeigt exemplarisch über einen Zeitraum von 48 h die berechneten Emissionsfaktoren für Staphylokokken an einem Legehennenstall. Es ergeben sich zwischen Tag und Nacht bzw. zwischen Hell- und Dunkelphasen Unterschiede von bis zu 3 Zehnerpotenzen.

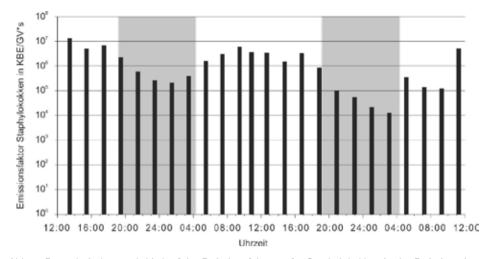


Abb. 1: Exemplarischer 48-h-Verlauf der Emissionsfaktoren für Staphylokokken in der Emission eines Legehennenstalls (Clauß et al. 2018)

Fig. 1: Exemplary 48-hour course of emission factors for staphylococci in the emission of a laying hen house (Clauß et al. 2018)

Die bisher für Ausbreitungsrechnungen genommenen Emissionsfaktoren wurden aus tagsüber durchgeführten Messungen abgeleitet. Daher stellt sich die Frage, in welchem Verhältnis diese Werte zu Emissionsfaktoren stehen, die nur auf Nachtmessungen beruhen. Dazu wurden für die Geflügelhaltungen die mittleren Emissionsfaktoren in KBE/($TP \cdot s$) (jeweils n = 35) für Gesamtbakterien und Staphylokokken am Tag (06:00 Uhr bis 18:00 Uhr) und in der Nacht (18:00 Uhr bis 06:00 Uhr) sowie die jeweiligen Verhältnisse zwischen Tag und Nacht ermittelt (Tab. 2).

Tab. 2: Emissionsfaktoren in KBE/($TP \cdot s$) für Gesamtbakterien und Staphylokokken am Tag (06:00 Uhr bis 18:00 Uhr) und in der Nacht (18:00 Uhr bis 06:00 Uhr) sowie die jeweiligen Verhältnisse zwischen Tag und Nacht, ermittelt an 3 Geflügelställen (jeweils n = 35)

Tab. 2: Emission factors in CFU/($TP \cdot s$) for total bacteria and staphylococci during the day (06:00 am to 06:00 pm) and at night (06:00 pm to 06:00 am), as well as the respective ratios between day and night at 3 poultry houses (each n = 35)

	Gesamtbakterien		Staphylokokken			
	Tag	Nacht	Tag/Nacht	Tag	Nacht	Tag/Nacht
Legehennen 1	$6,5 \times 10^3$	$2,6 \times 10^{3}$	2,6	6.4×10^3	2.0×10^{3}	3,3
Legehennen 2	$1,6 \times 10^4$	$6,1 \times 10^3$	2,6	1.9×10^4	$5,2 \times 10^3$	3,6
Mastputen	1.8×10^{5}	1.3×10^{5}	1,4	7.0×10^4	2.8×10^4	2,5

In den untersuchten Geflügelhaltungen schwankt das Verhältnis Tag/Nacht der Emissionsfaktoren zwischen 1,4 und 3,6. Daher könnte pragmatisch empfohlen werden, die Emissionsfaktoren aus der 4255 Blatt 3 für die Ausbreitungsrechnungen zu halbieren.

Für Mastschweineställe liegen lediglich Messungen vor, die im Stall durchgeführt wurden und nicht in der Emission. Im Stall waren die Schwankungen zwischen Tag und Nacht deutlich geringer ausgeprägt als in der Geflügelhaltung, mit nur etwa 1,3-fach geringeren Konzentrationen in der Nacht (zum Vergleich: im Legehennenstall betrug der Unterschied eine Zehnerpotenz). Daher sind wahrscheinlich auch die Emissionsfaktoren in der Schweinehaltung keinen so großen Schwankungen unterworfen wie in der Geflügelhaltung. Demnach könnten die Emissionsfaktoren aus der VDI 4255 Blatt 4 unverändert angewendet werden.

Fazit

In Zukunft sollten sowohl die tatsächliche Partikelgrößenverteilung als auch die tageszeitlichen Emissionsschwankungen bei der Ausbreitungsrechnung von Bioaerosolen berücksichtigt werden, um die tatsächlichen Verhältnisse im Umfeld von Tierhaltungsanlagen besser darzustellen.

Literatur

- Clauß, M. (2015): Ein automatischer Bioaerosolsammler für die kontinuierliche Probenahme von luftgetragenen Mikroorganismen. Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 75(4), S. 133–136
- Clauß, M.; Linke, S.; Springorum, A.C. (2018): Größenfraktionierte und kontinuierliche Messung von Bioaerosolen in der Emission von Geflügelhaltungen. Schriftenreihe des LfULG, Heft 5, https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/31295, Zugriff am 12.12.2018
- Clauß, M.: Springorum, A.C. (2018): Diurnale Schwankungen der Bioaerosolkonzentrationen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung Wie repräsentativ sind ausschließlich tagsüber durchgeführte Messungen? Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 78(9), S. 353–360
- VDI 2066 Blatt 10 (2004): Messen von Partikeln Staubmessung in strömenden Gasen Messung der Emissionen von PM₁₀ und PM2,5 an geführten Quellen nach dem Impaktionsverfahren. Berlin, Beuth Verlag
- VDI 4250 Blatt 3 (2014): Bioaerosole und biologische Agenzien; Anlagenbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter und Beurteilungswerte. Berlin, Beuth Verlag
- VDI 4251 Blatt 3 (2015): Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft – Anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen. Berlin, Beuth Verlag
- VDI 4255 Blatt 3 (2016): Bioaerosole und biologische Agenzien Emissionsfaktoren für Geflügelhaltung. Berlin, Beuth Verlag
- VDI 4255 Blatt 4 (2016): Bioaerosole und biologische Agenzien Emissionsfaktoren für Schweinehaltung. Berlin, Beuth Verlag
- VDI 4257 Blatt 2 (2011): Bioaerosole und biologische Agenzien Messen von Emissionen Probenahme von Bioaerosolen und Abscheidung in Flüssigkeiten. Berlin, Beuth Verlag

Einfluss eines perforierten Bodens im Bereich der Futter- und Wasserversorgung auf die Entstehung von Ammoniakemissionen in der Masthähnchenhaltung

Influence of a perforated floor in the area of feed and water supply on the ammonia emissions from broiler houses

CAROLIN ADLER¹, ALEXANDER J. SCHMITHAUSEN², MANUEL S. KROMMWEH¹, INGA TIEMANN³. WOLFGANG BÜSCHER¹

Zusammenfassung

Der Fokus der Studie liegt auf der Betrachtung der $\mathrm{NH_3}$ -Emissionsmassenströme für zwei unterschiedliche Bodengestaltungen in der konventionellen Hähnchenmast. Verglichen wurde ein Stallgebäude mit praxisüblicher Einstreu und eines mit einem perforierten Kunststoffboden im Bereich der Futter- und Wasserversorgung. Am Ende der Mast wurde die Trockenmasse der Exkrement-Einstreu-Gemische bestimmt.

Es zeigte sich, dass die NH₃-Emissionsmassenströme in einem positiv signifikanten Zusammenhang stehen (r = \pm 0,948; n = 32; p < 0,01; 2-seitig). Insgesamt lagen die Ergebnisse für die konventionelle Bodengestaltung unterhalb denen des perforierten Bodens (0,10 \pm 0,08 g Tier⁻¹ d⁻¹; 0,13 \pm 0,12 g Tier⁻¹ d⁻¹). Dies kann mitunter auf die geringe Trockenmasse der Exkremente unterhalb des perforierten Bodens zurückgeführt werden (26,33 % \pm 2,92).

Summary

The focus of this study is based on the comparison of the NH_3 emission rates for two different flooring types in the conventional broiler production. One barn was operated with conventional bedding material and the other barn was equipped with a perforated plastic floor in the area of feed and water supply. At the end of the period the dry mass of the excrement litter mixture was determined.

A correlation for the data revealed that NH_3 emission rates for the different floor types were significantly related (r = +0.948; n = 32; p < 0.01; two tails). The mean NH_3 emission rates for the litter house were below those of the barn with the perforated floor (0.10 ± 0.08 g bird⁻¹ d⁻¹; 0.13 ± 0.12 g bird⁻¹ d⁻¹). The difference could be caused by the low dry mass of the excrements below the perforated floor (26.33% ± 2.92).

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Nußallee 5, 53115 Bonn; c.adler@uni-bonn.de

² Corteva AgriscienceTM Agrarbereich von DowDuPontTM, Truderinger Straße 15, 81677 München Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften,

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Reduzierung von Ammoniakemissionen (NH₃-Emissionen) steht bereits seit einiger Zeit im Fokus von Politik und Gesellschaft. Nach aktuellen Berechnungen des Umweltbundesamtes ist die Entstehung in Deutschland zu 95 % auf die landwirtschaftliche Produktion zurückzuführen. Folglich besteht Handlungsbedarf, um Möglichkeiten zur Minderung von NH₃-Emissionen in die täglichen Arbeitsabläufe landwirtschaftlicher Betriebe zu integrieren.

Grundlage für die Entstehung von NH_3 -Emissionen in der Masthähnchenhaltung ist die enzymatische Umwandlung von Harnsäure ($C_5H_4N_4O_3$) aus den Exkrementen (Groot Koerkamp 1994). Im Bereich der Futter- und Wasseraufnahme fällt aufgrund der verhältnismäßig langen Aufenthaltsdauer der Tiere der größte Exkrementanteil an.

Ziele der Studie waren deshalb:

- Untersuchung des Einflusses der Bodengestaltung auf die Entstehung von NH₃-Emissionen in der konventionellen Masthähnchenhaltung
- Vergleich eines praxisüblichen planbefestigten Betonbodens inklusive Einstreu mit einem perforierten Kunststoffboden im Bereich der Futter- und Wasseraufnahme
- Separierung der Exkremente unterhalb des perforierten Bodens zur Beeinflussung der enzymatischen Umwandlung von Harnsäure zu NH₃
- Bestimmung der Trockenmasse der anfallenden Exkrement-Einstreu-Gemische

2 Methodische Vorgehensweise

2.1 Haltungssystem

Die Studie wurde auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn durchgeführt. Zur Verfügung standen zwei baugleiche Masthähnchenställe mit einem Versuchsabteil von jeweils etwa 23 m². Eines der Stallgebäude wurde praxisüblich auf dem planbefestigten Betonboden eingestreut. Das zweite Stallgebäude wurde im Bereich der Futter- und Wasserversorgung mit einem perforierten Kunststoffboden (Golden Broiler Floor, FIT Farm Innovation Team GmbH, Steinfurt) ausgestattet. Zwischen dem planbefestigten und dem perforierten Boden bestand ein Abstand von 15 cm, der für die Lagerung der anfallenden Exkremente diente. Über Rampen konnten die Tiere im Versuchsabteil zwischen dem perforierten und dem eingestreuten Bereich wechseln. Als Einstreumaterial kamen konventionelle Hobelspäne zum Einsatz (800 g m-² planbefestigte Fläche).

Im August 2018 wurden über eine Mastperiode von 32 Tagen 500 Tiere der Mastlinie Ross 308 je Stallgebäude eingestallt (22 Tiere m⁻²). Bei der Fütterung handelte es sich um eine klassische 3-phasige Ad-libitum-Fütterung (Starter, Mast, Endmast).

Beide Ställe verfügten über eine Unterdrucklüftung, wobei die Ventilationsrate und die Stalltemperatur nach einer hinterlegten Wachstumskurve gesteuert wurden.

2.2 Datenerhebung

Die vorliegende Studie wurde unter Case-control-Bedingungen durchgeführt. Durch die Referenzmessung ist dabei eine unmittelbare Einordnung der Ergebnisse möglich.

Für die Verlaufsmessungen der NH₃-Konzentrationen wurde die Messmethode der Photoakustischen Infrarotspektroskopie verwendet. Die Langzeitmessungen wurden mit einem Multigasmonitor INNOVA 1412 und einem Multiplexer 1309 (LumaSense Technologies SA, Ballerup, Dänemark) durchgeführt. Diese Messmethode weist für die Erfassung von NH₃-Emissionen laut Hinz und Linke (1998) eine hohe Messgenauigkeit auf (± 2,5 %) und hat sich bereits für Langzeitmessungen im Case-control-Verfahren bewährt (Schmithausen et al. 2018). Um eine ganzheitliche Erfassung der NH₃-Konzentrationen für das jeweilige Haltungskonzept zu ermöglichen, wurden die Messpunkte nach Calvet et al. (2013) in den Abluftkaminen positioniert. Die Tagesmittelwerte errechnen sich jeweils aus 480 Einzelmessungen.

Für die Erfassung des Luftvolumenstroms kamen aufgrund der hohen Messgenauigkeit (± 3 %) Messventilatoren ProVent (Reventa GmbH, Horstmar) zum Einsatz. Um laminare Strömungsverhältnisse zu gewährleisten, lag zwischen der letzten Störquelle und dem Messventilator eine Beruhigungsstrecke von 2,0 m.

Die Messung und Speicherung der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit erfolgte im Abluftkamin mittels digitaler Fühler FHAD 46-C2 und eines Datenloggers ALMEMO® 2590 A (Ahlborn Mess- und Regeltechnik GmbH, Holzkirchen).

Zudem wurde am Ende der Mast an 15 Messpunkten je Stallgebäude die Trockenmasse (TM) der Exkrement-Einstreu-Gemische bestimmt.

3 Ergebnisse

3.1 NH₃-Emissionsmassenströme

Abbildung 1 zeigt den $\mathrm{NH_3}$ -Emissionsmassenstrom in g Tier $^{-1}$ d $^{-1}$ für die konventionelle Bodengestaltung (KB) und den perforierten Kunststoffboden (PB) in Abhängigkeit der Masttage. Deutlich erkennbar ist der synchrone Verlauf bis zum Tag 25, der auf eine hohe Vergleichbarkeit hindeutet (case control study).

Es zeigt sich, dass die Ergebnisse für die KB und den PB in einem positiv signifikanten Zusammenhang stehen (r = + 0.948; n = 32; p < 0.01; 2-seitig). Dabei liegen die durchschnittlichen NH₃-Emissionsmassenströme für den KB unter denen des PB (0.10 ± 0.08 g Tier⁻¹ d⁻¹; 0.13 ± 0.12 g Tier⁻¹ d⁻¹).

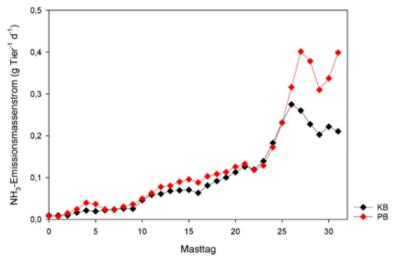


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der NH₃-Emissionsmassenströme für die konventionelle Bodengestaltung (KB) und den perforierten Kunststoffboden (PB) (© Adler)

Fig. 1: Temporal course of the NH_3 emission rates for the litter barn (KB) and the barn with the perforatet floor (PB) ($^{\circ}$ Adler)

3.2 Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit

Um die Vergleichbarkeit der Versuchsbedingungen zu gewährleisten, wurden auch der zeitliche Verlauf der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit über die Masttage erfasst. Die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit stehen für die KB und den PB in einem positiv signifikanten Zusammenhang (r = +0.951; n = 32; p < 0.01; 2-seitig; r = +0.974; n = 32; p < 0.01; 2-seitig), sodass vergleichbare Bedingungen vorlagen. Im Durchschnitt lag die Lufttemperatur für die KB bei 24,04 °C (\pm 2,43) und den PB bei 24,34 °C (\pm 2,25). Die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit betrug bei der KB 53,50 % (\pm 6,89) und bei dem PB 55,38 % (\pm 6,91).

3.3 TM-Gehalte des Exkrement-Einstreu-Gemisches

Tabelle 1 zeigt den durchschnittlichen TM-Gehalt des Exkrement-Einstreu-Gemisches für die beiden Bodensysteme. Dabei wurden jeweils Mittelwerte für den Einstreubereich auf der linken Seite, in der Mitte und den Einstreubereich auf der rechten Seite gebildet.

Für den PB liegen die durchschnittlichen TM-Gehalte im Seitenbereich über denen des KB (ca. 24 %). Anders verhält es sich in der Mitte des Stalles, in der die TM-Gehalte des Exkrement-Einstreu-Gemisches der KB über denen der PB lagen (ca. 72 %).

Tab. 1: TM-Gehalte des Exkrement-Einstreu-Gemisches
Tab. 1: DM-contents of the excrement litter mixture

Boden	Zone	TM-Gehalt in %		
		Mittelwert	Standardabweichung	
KB	Einstreu links	53,09	15,57	
PB	Einstreu links	59,28	12,78	
KB	Mitte	45,34	4,33	
PB	Mitte	26,33	2,92	
KB	Einstreu rechts	48,61	13,71	
PB	Einstreu rechts	66,38	5,81	

KB = Konventionelle Bodengestaltung; PB = Perforierter Kunststoffboden

4 Diskussion und Ausblick

Die durchschnittlichen $\mathrm{NH_3}$ -Emissionsmassenströme der vorliegenden Untersuchung lagen für den KB bei 0,10 (± 0,08) g Tier⁻¹ d⁻¹ und für den PB bei 0,13 (± 0,12) g Tier⁻¹ d⁻¹ und fallen damit vergleichsweise gering aus. Beispielsweise ermittelten Li et al. (2017) durchschnittliche $\mathrm{NH_3}$ -Emissionsmassenströme von 0,71 g Tier⁻¹ d⁻¹ (± 0,32) für den KB und 0,81 g Tier⁻¹ d⁻¹ (± 0,41) für den PB. Anzumerken sei, dass in den Ergebnissen von Li et al. (2017) vier Durchgänge mit jeweils 42 Masttagen inkludiert sind, die teilweise unter Winterbedingungen und entsprechend geringeren Lüftungsraten stattgefunden haben. Darüber hinaus wurde bei Li et al. (2017) die gesamte Fläche mit dem perforierten Boden ausgestattet und nur einmal über die Versuchsdauer entmistet.

Im Kontext der Untersuchung der $\mathrm{NH_3}$ -Emissionsmassenströme lag ein besonderes Augenmerk auf dem TM-Gehalt des Exkrement-Einstreu-Gemisches. Dieser variiert vor allem mit dem Management (Elwinger und Svensson 1996). Liu et al. (2007) untersuchten den Einfluss des Feuchtigkeitsgehaltes der Einstreu auf die Entstehung von $\mathrm{NH_3}$ -Emissionen. Demnach hat die Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes in den ersten Tagen eine reduzierende Wirkung. Danach ist ein Anstieg der $\mathrm{NH_3}$ -Konzentrationen zu verzeichnen.

In der vorliegenden Studie ist besonders der TM-Gehalt unterhalb des perforierten Bodens am Mastende als gering einzustufen (26,33 %). Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass sich die Exkremente unterhalb des PB verdichten und es zu einer Unterbindung des Abtrocknungsprozesses kommt. Dies kann folglich zu einer Erhöhung der NH₃-Konzentrationen und damit dem NH₃-Emissionsmassenstrom führen.

In weiteren Studien sollen detaillierte Analysen des TM-Gehaltes während des gesamten Mastdurchganges Aufschluss über den Abtrocknungsprozess der Exkremente unterhalb des perforierten Bodens geben. Eine Abtrocknung der Exkremente könnte analog zu den Ergebnissen von Najati und van den Weghe (2001) zu einer Reduzierung der NH₃-Emissionen führen.

Literatur

- Calvet, S.; Gates, R. S.; Zhang, G.; Estellés, F.; Ogink, N. W. M.; Pedersen, S.; Berckmans,
 D. (2013): Measuring gas emissions from livestock buildings: A review on uncertainty
 analysis and error sources. Biosystems Engineering 116, pp. 221–231
- Elwinger, K.; Svensson, L. (1996): Effect of Dietary Protein Content, Litter and Drinker Type on Ammonia Emission from Broiler Houses. J. Agric. Eng. Res. 64, pp. 197–208
- Groot Koerkamp, P. W. G. (1994): Review on Emissions of Ammonia from Housing Systems for Laying Hens in Relation to Sources, Processes, Building Design and Manure Handling. J. Agric. Eng. Res. 59, pp. 73–87
- Hinz, T.; Linke, S. (1998): A Comprehensive Experimental Study of Aerial Pollutants in and Emissions from Livestock Buildings. Part 1: Methods. J. Agric. Eng. Res. 70, pp. 111–118
- Li, H.; Wen, X.; Alphin, R.; Zhu, Z.; Zhou, Z. (2017): Effects of two different broiler flooring systems on production performances, welfare, and environment under commercial production conditions. Poultry Science, pp. 1–12
- Liu, Z.; Wang, L.; Beasley, D.; Oviedo, E. (2007): Effect of moisture content on ammonia emissions from broiler litter: A laboratory study. J. Atmos. Chem. 58, pp. 41–53
- Najati, S.; Van den Weghe, H. (2001): Die Kot/Einstreubelüftung in der Hähnchenmast eine Gesamtbewertung. Landtechnik 5, pp. 366–367
- Schmithausen, A. J.; Schiefler, I.; Trimborn, M.; Gerlach, K.; Südekum, K.-H.; Pries, M.; Büscher, W. (2018): Quantification of Methane and Ammonia Emissions in a Naturally Ventilated Barn by Using Defined Criteria to Calculate Emission Rates. Animals 75, pp. 1–14

Förderung

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird in Kooperation mit dem Industriepartner Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG, Emsbüren und dem Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover durchgeführt. Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund des Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschafft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programmes zur Innovationsförderung (FKZ 2817700214).

Einfluss der Samplingstrategie auf die Bestimmung von Ammoniakemissionen aus freigelüfteten Milchviehställen

Influence of the sampling strategy on the estimation of ammonia emissions from naturally ventilated dairy barns

DAVID JANKE¹, DILYA WILLINK¹, CHRISTIAN AMMON¹, SABRINA HEMPEL¹, BARBARA AMON¹, THOMAS AMON¹, ²

Zusammenfassung

Die Erfassung von Emissionen aus freigelüfteten Ställen (FGS) geschieht in der Regel mittels indirekter CO_2 -Bilanzmethoden. Hierbei ist das Messsystem zur Erfassung der Gaskonzentrationen von CO_2 und Ammoniak meist für eine Hauptwindrichtung ausgelegt, wobei Messwerte mit abweichenden Windrichtungen nicht verwendet werden.

Wir haben Langzeitmessungen in einem FGS mit einem Messkonzept durchgeführt, das unabhängig von der Windrichtung die Emissionen ermittelt. Das erste Ziel der Studie war die Quantifizierung der Erhöhung der Anzahl verfügbarer Messwerte mit einem solchen Messsystem. Das zweite Ziel war die Untersuchung des Einflusses zweier verschiedener Methoden zur Messung der Gaskonzentrationen (Samplingstrategien) auf die Ermittlung der Ammoniakemissionen. Durch das windrichtungsunabhängige Messsystem konnte die Anzahl verfügbarer Messwerte um 56 % gesteigert werden. Die zwei untersuchten Samplingstrategien wiesen systematische Unterschiede bei der Ermittlung der Ammoniakemissionen auf, mit einer maximalen relativen Abweichung von -27 % für den Sommer bei Hauptanströmrichtung.

Summary

The estimation of emissions from naturally ventilated barns is usually done by using indirect CO_2 balance methods. In this case, the measuring system is generally designed for a main wind direction, wherein measured values with deviating wind directions are not used.

We tested a measurement design, which is independent of the wind direction with the goal (1) to quantify the increase the amount of usable data and (2) to quantify the influence of the sampling strategy on the estimation of ammonia emissions by two exemplarily applied strategies.

With the wind independent system, we could increase the number of usable measurement values by 56 %. The two investigated sampling strategies showed deviations of -27 % for the summer period under main wind direction.

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; djanke@atb-potsdam.de

² Freie Universität Berlin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Fachbereich Veterinärmedizin

1 Zielsetzung

Ammoniak (NH₃) und Treibhausgase haben einen schädlichen Einfluss auf die Umwelt. Rinderhaltungssysteme emittieren einen Großteil der im Agrarbereich entstehenden gasförmigen Emissionen, wobei Haltungssysteme für Milchvieh überwiegend frei gelüftet sind. Die Bestimmung von Emissionen aus freigelüfteten Haltungssystemen ist aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren herausfordernd. Insbesondere die durch große Öffnungen bedingte direkte Kopplung des Stallinnenklimas mit den äußeren turbulenten Wetterbedingungen erschwert die akkurate Messung des Luftwechsels und somit auch der Emissionen. Aus diesem Grund werden anstatt direkter Geschwindigkeitsmessungen zur Ermittlung des Luftwechsels meist indirekte Methoden genutzt. Dabei wird die Verdünnung eines Tracergases bekannter Quellstärke gemessen, im Falle der CO₂-Bilanzmethode wird das von den Kühen ausgestoßene CO₂ als Tracergas genutzt. Hierzu müssen die Gaskonzentrationen außerhalb wie innerhalb des Stalles gemessen werden.

In den meisten Fällen sind die Probenehmer für diese Konzentrationsmessungen für eine vorherrschende Hauptwindrichtung positioniert. Weicht der Wind von dieser Richtung ab, werden die in diesem Zeitraum gemessenen Werte nicht verwendet, was die nötige Messzeit für ausreichend große Datensätze verlängert.

Das erste Ziel dieser Studie ist der Aufbau eines Messsystems für einen freigelüfteten Stall, mit dem der Luftwechsel und die $\mathrm{NH_3}$ -Emissionen bei jeder Windrichtung gemessen werden können. Auf diese Weise soll bei gleicher Messdauer die Anzahl der Messdaten erhöht werden oder bei gleicher Anzahl von Messdaten die nötige Messdauer verkürzt werden.

Eine Auslegung des Messsystems unabhängig von der Windrichtung erfordert eine Vielzahl von Gasmesspositionen inner- und außerhalb des Stalles. Entsprechend viele Kombinationen zur Bildung der Differenz aus Innen- und Außenkonzentration sind möglich. Das zweite Ziel dieser Studie ist daher die Untersuchung des Einflusses der Samplingstrategie (bzw. die Kombination von Außen- und Innenkonzentrationen) auf die Berechnung der NH₃-Emissionen. Dazu werden exemplarisch zwei Samplingstrategien angewandt und die jeweils berechneten NH₃-Emissionen miteinander verglichen.

2 Material und Methoden

Wir haben einen freigelüfteten Milchviehstall in Mecklenburg-Vorpommern mit mehr als 900 m Sammelleitungen ausgestattet. Der Stall ist für 375 Milchkühe ausgelegt, die sich frei im Stall bewegen. Er hat eine Länge von 96 m, eine Breite von 34 m und eine Dachhöhe an der Giebelspitze von 10,7 m, die zu beiden Seiten hin auf eine Traufhöhe von 4,2 m abnimmt. Der Boden ist planbefestigt; die vier Laufgänge werden etwa alle 90 Minuten durch automatische Schieber gereinigt, die den Flüssigmist außerhalb des Stalls in vier Abwürfe schieben. Eine detaillierte Beschreibung des Stalls ist in König (2018) zu finden. Die installierten Sammelleitungen ziehen inner- und außerhalb des Stalls Luftproben zur Gasanalyse (Abb. 1) und sind alle 8–10 m mit kritischen Kapillaren

versehen, die einen gleichmäßigen Volumenstrom über die Länge der jeweiligen Leitung gewährleisten. Gase wie Ammoniak (NH₃), Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂) wurden parallel mit zwei Fourier-Transformations-Infrarotspektrometern (Gasmet CX4000 FTIR Gas Analyzer) gemessen. Luftwechselraten und NH₃-Emissionen wurden stündlich gemäß Pedersen (2002) berechnet. Die Emissionen werden wie folgt berechnet:

$$E_{NH3} = Q \cdot (NH_{3in} - NH_{3out}) \tag{1}$$

mit NH₃in und NH₃out als den innen bzw. außen gemessenen Konzentrationen von Ammoniak in mg/m³ und Q als Luftvolumenstrom in m³/h:

$$Q = \frac{c_{prod}}{(co_{2in} - co_{2out})} \cdot N \tag{2}$$

mit $\rm CO_{2in}$ und $\rm CO_{2out}$ als den innen bzw. außen gemessenen Konzentrationen von $\rm CO_2$ in mg/m³, N der Anzahl von Tieren im Stall und $\rm C_{prod}$ als dem Produktionsterm von $\rm CO_2$ pro Tier (als Funktion verschiedener Tier- und Umweltparameter).

Zwei verschiedene Kombinationen aus Sammelleitungen zur Bildung der Innen- und Außenkonzentrationsdifferenz von CO₂ und NH₃ wurden zur Berechnung von Luftwechselrate und NH₃-Emission angewendet und verglichen. Die Windrichtung und Windgeschwindigkeit wurde mit einem 3-D-Ultraschallanemometer (USA, Windmaster Pro ultrasonic anemometer, Gill Instruments Limited, Lymington, Hampshire, UK) gemessen, das oberhalb des Daches installiert wurde (Abb. 1).

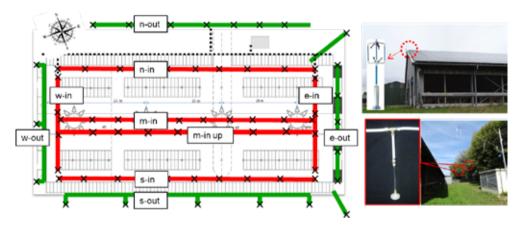


Abb. 1: Links: Aufbau der Sammelleitungen ("x" kennzeichnet kritische Kapillaren); rechts oben: Ultraschallanemometer zur Ermittlung des Windvektors, rechts unten: kritische Kapillare im Detail (© Stollberg/ATB)

Fig. 1: Left: Scheme of the sampling lines ("x" indicates critical capillaries); top right: ultrasonic anemometer to determine the wind vector, bottom right: critical capillary in detail (© Stollberg/ATB)

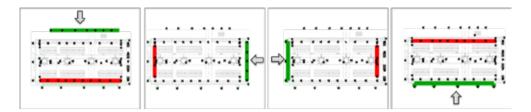


Abb. 2: Schematische Darstellung von Methode 1; der Pfeil markiert die Windrichtung, grüne Leitungen erfassen die Außen-, rote die Innenkonzentrationen (© Janke)

Fig. 2: Schematic representation of method 1; the arrow marks the wind direction, green lines measure outside concentrations, red inside concentrations (© Janke)

Methode 1 ist schematisch in Abbildung 2 aufgezeigt. Die für die Gaskonzentrationen gewählten Sammelleitungen richten sich nach der stündlich gemessenen Windrichtung. Für die Außenkonzentration wird die luvseitige Sammelleitung außerhalb und für die Innenkonzentration die leeseitige Sammelleitung innerhalb des Stalls gewählt.

Methode 2 nutzt zur Bestimmung der Gasinnenkonzentrationen den Mittelwert aller innen positionierten Sammelleitungen (in Abb. 1 rot gekennzeichnet) und als Außenkonzentration den Wert der außen positionierten Sammelleitung, welche die geringste Konzentration misst.

3 Ergebnisse

3.1 Erhöhung der Anzahl von Messwerten

Die Messungen wurden von November 2016 bis August 2017 durchgeführt. Ein Datensatz von insgesamt 5.606 stündlichen Messwerten wurde erhoben. Hierbei waren 638 Werte mit Windrichtung aus Norden, 1.761 mit Windrichtung Süden, 1.829 mit Windrichtung Westen und 1.378 mit Windrichtung Osten. Demnach ist die Hauptwindrichtung Südwest (3.590 Werte). Wäre das Messsystem nur für diese Hauptwindrichtung ausgelegt, wären die Werte aus Nordost (in Summe 2.016) nicht verwendbar. Durch das windrichtungsunabhängige Design des Messsystems konnte die Menge verwertbarer Daten um 56 % gesteigert werden.

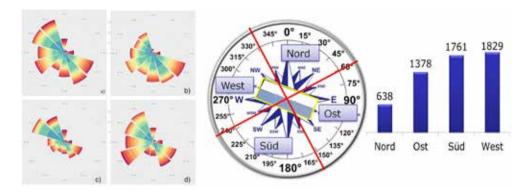


Abb. 3: Links: Anströmung dargestellt als Windrosen; a) Gesamtzeitraum; b) Winter; c) Frühling; d) Sommer. Mitte: Aufteilung der Anströmung in vier Quadranten. Rechts: Anzahl und Verteilung der stündlich gemittelten Anströmungsrichtungen. (© Janke)

Fig. 3: Left: Incoming flow depicted as wind roses; a) whole duration; b) winter c) spring; c) summer. Middle: Incoming flow sorted into four quadrants. Right: Number and distribution of the hourly mean wind vector. (© Janke)

3.2 Ammoniakemissionen

Die im Messzeitraum erhobenen Daten wurden in Sommer, Winter und Übergang (hier sind Frühlings- und Herbstmessungen zusammengelegt) und die jeweilig herrschenden Windrichtungen eingeteilt. Abbildung 4 zeigt die mit Methode 1 und Methode 2 ermittelten Ammoniakemissionen in Gramm pro Stunde pro Großvieheinheit. Die Ergebnisse sind als Mittelwerte innerhalb ihrer 95-Prozent-Konfidenzintervalle angezeigt. Bei allen signifikanten Abweichungen (keine Überschneidung der jeweiligen Konfidenzintervalle) weist Methode 2 geringere Emissionswerte als Methode 1 auf. Die größte Differenz beträgt für den Sommer bei südlicher Anströmung 0,72 g/(GV \cdot h) oder 6,3 kg/(GV \cdot a).

Die systematische Abweichung der Methodenergebnisse kann durch Gleichung (1) erklärt werden. Je größer der Differenzterm (NH_{3in} - NH_{3out}) ist, desto größer ist auch die berechnete Ammoniakemission. Bei Methode 2 führt die Berechnung von NH_{3in} durch die Bildung des Mittelwertes aller im Stall positionierten Sammelleitungen zu einem niedrigeren Wert von NH_{3in} , da auch Leitungen nahe am Strömungseinlass mitberücksichtigt werden, die geringere Ammoniakkonzentrationen aufweisen.

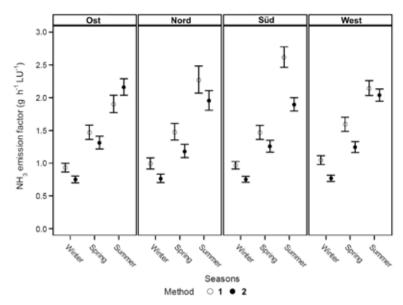


Abb. 4: Vergleich der mit Methode 1 und Methode 2 ermittelten Ammoniakemissionen in Gramm pro Großvieheinheit und Stunde, eingeteilt in Jahreszeiten ("Spring": Frühling und Herbst zusammengefasst) und Windrichtungen. Die Punkte markieren den Mittelwert, Fehlerbalken nach oben und unten die obere und untere Grenze des 95-Prozent-Konfidenzintervalls. (© Janke)

Fig. 4: Comparison of the ammonia emissions estimated with Method 1 and Method 2 in grams per live-stock unit per hour, divided into seasons ("Spring" summarizes spring and autumn) and wind directions. The dots mark the average, error bars up and down the upper and lower bounds of the 95 % confidence interval. (© Janke)

Tab. 1: Mit Methode 1 (M1) und Methode 2 (M2) ermittelte Ammoniakemissionen. Unterschiede werden als relative Abweichungen dargestellt, mit dem Messwert von M1 als Referenzwert.

Tab. 1: Ammonia emissions determined using method 1 (M1) and method 2 (M2) as averages, divided into wind directions and seasons. Significant differences are shown as relative deviations, with the measured value of M1 as the reference value.

	Ost		Nord		Süd			West				
	M1 ¹⁾	M2 ¹⁾	Δ %									
Winter	0,93	0,75	-19*	0,99	0,77	-23*	0,97	0,75	-22*	1,04	0,77	-27*
Übergang	1,47	1,31	n.s.	1,47	1,18	-19*	1,47	1,25	-14*	1,59	1,24	-22*
Sommer	1,90	2,16	n.s.	2,27	1,95	n.s.	2,61	1,89	-27*	2,14	2,04	n.s.

¹⁾ q NH3/(GV · h).

^{*} Signifikanzniveau; $\alpha = 0.05$.

4 Fazit und Ausblick

Ein Messsystem, das unabhängig von der Anströmrichtung die Emissionen aus einem freigelüfteten Milchviehstall erfasst, wurde in einem Langzeitversuch getestet. Im Vergleich zu Messsystemen, die für eine Hauptanströmrichtung konzipiert sind, konnte die Menge der verfügbaren Messwerte um 56 % gesteigert werden. Dies kann den nötigen Zeitaufwand für Messreihen mit vorgeschriebener Datenmenge erheblich verkürzen oder die Qualität der Daten bei gleichem Zeitaufwand durch Erhöhung der Stichprobenzahl erheblich verbessern.

Es wurde exemplarisch der Einfluss zweier Methoden zur Messung der Innen- und Außenkonzentrationen von NH_3 und CO_2 auf die Ermittlung der Ammoniakemissionen untersucht. Die Ergebnisse der beiden Methoden zeigten systematische Abweichungen, die auf die methodenspezifischen Gassammelstrategien zurückzuführen sind. Bei der Bewertung von gemessenen Emissionsfaktoren sollte daher die jeweils angewandte Methode mitberücksichtigt werden, um mögliche Über- oder Unterschätzungen zu vermeiden.

Der hier verwendeten CO₂-Bilanzmethode liegt die Annahme der perfekten Durchmischung von CO₂ und NH₃ zugrunde. Weitere Untersuchungen sind daher nötig, um die lokale Durchmischung von NH₃ und CO₂ zu bestimmen. Das Verhältnis NH₃/CO₂ in den jeweiligen, methodenabhängig gewählten Sammelleitungen kann dann als Qualitätsmerkmal zur Beurteilung der Methodengüte genutzt werden.

Literatur

König, M.; Hempel, S.; Janke, D.; Amon, B.; Amon, T. (2018): Variabilities in determining air exchange rates in naturally ventilated dairy buildings using the CO₂ production model. Biosystems Engineering 174, pp. 249–259

Pedersen, S.; Sällvik, K. (2002): 4th Report of Working group on climatization of animal houses. International Commission of Agricultural Engineering, Section II

Fressstände für Milchkühe: Ammoniakemissionen, Sauberkeit und Verhalten

Feeding stalls for dairy cows: ammonia emissions, cleanliness and animal behaviour

MICHAEL ZÄHNER¹, KERSTIN ZEYER², JOACHIM MOHN², FREDERIK HILDEBRANDT¹, JOAN-BRYCE BURLA³, SABINE SCHRADE¹

Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

Fressstände für Milchkühe reduzieren die stark verschmutzte Lauffläche in Laufställen. In der vorliegenden Untersuchung im Emissionsversuchsstall von Agroscope wurde im Praxismaßstab untersucht, ob Fressstände die Ammoniakemissionen reduzieren, die Sauberkeit der Kühe, insbesondere der Klauen, und das Fressverhalten der Kühe verbessern. Erste Ergebnisse der Ammoniakemissionen zeigten für Fressstände eine Minderung von rund 8 % im Sommer, 19 % im Herbst und 16 % im Winter im Vergleich zum Referenzabteil ohne Fressstände. Die Fressstände hatten keinen Einfluss auf die Sauberkeit der Klauen, auf die Fressdauer pro Tag sowie auf die Anzahl der Verdrängungen am Fressgitter. Sie führten jedoch zu einer geringeren Anzahl und damit längeren ungestörten Fressperioden pro Kuh und Tag. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Fressstände dazu beitragen können, die Ammoniakemissionen zu reduzieren und die Haltungsbedingungen für Milchkühe im Laufstall zu optimieren.

Summary

Feeding stalls for dairy cows reduce the heavily soiled area in dairy loose housings. The present study at the experimental dairy housing for emission measurements of Agroscope investigated on a practical scale whether feeding stalls reduce ammonia emissions, improve the cleanliness of the cows, in particular their claws, as well as the eating behaviour of the cows. First results of the ammonia emissions showed a reduction for feeding stalls of around 8% in summer, 19% in autumn, and 16% in winter compared to the reference compartment without feeding stalls. The feeding stalls had no influence on the cleanliness of the claws, the feeding duration per day and the number of displacements at the feed fence. However, they resulted in a lower number and therefore longer undisturbed feeding periods per cow and day. In summary, feeding stalls contribute to reduce ammonia emissions and to improve the conditions for dairy cows in loose housing systems.

¹ Agroscope, Forschungsgruppe Wiederkäuer, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz; michael.zaehner@agroscope.admin.ch

² Empa, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, Überlandstraße 129, 8600 Dübendorf, Schweiz

³ Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV.

1 Einleitung

Bei sogenannten Fressständen – bestehend aus einem erhöhten Fressbereich und Fressplatzabtrennungen – werden die Kühe am Fressgitter so gesteuert, dass möglichst wenig Exkremente auf den Podesten anfallen. Dadurch reduzieren sich die stark verschmutzten Stallflächen, was eine Minderung der Ammoniakemissionen erwarten lässt. Außerdem tragen saubere und trockene Standflächen zu einer besseren Klauensauberkeit und –gesundheit bei (DeVries et al. 2013) und die Abtrennungen führen zu weniger Verdrängungen sowie höherer Fressdauer (Benz et al. 2014, DeVries und von Keyserlingk 2006). Zudem werden die Tiere beim Fressen nicht durch den Entmistungsschieber gestört. Dies ermöglicht ein höheres Reinigungsintervall und damit eine weitere Reduktion der Laufflächenverschmutzung.

Ziele dieser Untersuchungen waren einerseits das Ammoniak-Minderungspotenzial von Fressständen zu bestimmen und andererseits die Fressstände hinsichtlich Sauberkeit und Tierverhalten zu bewerten.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Emissionsversuchsstall von Agroscope in Tänikon (Schweiz) durchgeführt (Poteko et al. 2018). Zwei räumlich getrennte Versuchsabteile mit je 20 Milchkühen ermöglichten zeitgleiche Messungen der Minderungsvariante (mit Fressständen) und einer Referenzvariante unter vergleichbaren Messbedingungen (z. B. Klima) im Praxismaßstab. Im Versuchsabteil der Minderungsvariante war der Fressbereich unterteilt in eine erhöhte Standfläche (Höhe: 10 cm, Tiefe: 160 cm) und einen 260 cm breiten, planbefestigten Laufgang mit Entmistungsschieber (Abb. 1). Die Fressplatzabtrennungen waren an jedem zweiten Fressplatz angebracht.

Im Versuchsabteil der Referenzvariante war der Fressbereich mit einem 330 cm breiten, planbefestigten Laufgang mit Entmistungsschieber ausgeführt. Als organisatorische Untervarianten wurden eine zwölfmalige und eine dreimalige Entmistungshäufigkeit pro Tag verglichen. Messungen in drei Jahreszeiten deckten die klimatischen Schwankungen im Jahresverlauf ab. Die Messungen erfolgten jeweils nach einer Eingewöhnungsphase von sieben Tagen und dauerten pro Untervariante vier Tage. Zur Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung wurde eine Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen eingesetzt (Mohn et al. 2018). Für die Erhebung der Bein- und Klauensauberkeit wurden diese Körperpartien am letzten Tag der Eingewöhnung gewaschen. An den darauffolgenden vier Tagen wurden die Beine (Bereich zwischen Tarsalgelenk und Fesselbeuge) und Klauen (Bereich unter der Fesselbeuge und Klaue) täglich zur selben Zeit nach dem Index von Schreiner und Ruegg (2003) bonitiert. Differenziert wurden die Stufen 1 (keine/kaum Verschmutzung: sauber oder leichte Spritzer an Bein bzw. Klaue) bis 4 (starke Verschmutzung: erhebliche Verschmutzung oder Verkrustungen, kaum/keine Haut oder Fell erkennbar). Das Fressverhalten wurde bei je zehn Kühen pro Versuchsabteil während acht Tagen mit dem System Rumiwatch (RumiWatch, ITIN + HOCH GmbH, Schweiz) erfasst.



Abb. 1: Versuchsabteil mit erhöhtem Fressbereich und Fressplatzabtrennungen (Fressstände) (© Agroscope) Fig. 1: Experimental compartment with elevated feeding places and partitions (feeding stalls) (© Agroscope)

Mit dem "Rumiwatch Converter V.O.7.3.36 (FW 00.56)" (Zehner et al. 2017) erfolgte die Ermittlung der Fressdauer pro Tag sowie die Anzahl Fressperioden pro Tag. Das Verdrängungsverhalten wurde während vier Tagen von 8:00 bis 12:00 und 17:00 bis 21:00 Uhr erhoben, wofür der Futtertisch kontinuierlich von oben gefilmt wurde. Die Anzahl der Verdrängungen war in folgende Kategorien differenziert: Verdrängung mit Kontakt von der Seite (Kopf bis Hüftknochen), Verdrängung mit Kontakt von hinten (Hüftknochen bis Schwanzansatz) und Verdrängung ohne Kontakt (DeVries und von Keyserlingk 2006). Die Anzahl der Verdrängungen wurde bei der Datenauswertung für die beiden Untervarianten mit unterschiedlicher Entmistungshäufigkeit zusammengefasst.

Die statistische Auswertung der Sauberkeits- und Verhaltensparameter erfolgte mit R (Version 3.2.2; R Core Team 2016). Durchgeführt wurden Varianzanalysen mit den fixen Effekten Variante (mit und ohne Fressstand) und teilweise auch Entmistungshäufigkeit (dreimal/zwölfmal).

3 Ergebnisse und Diskussion

Erste Emissionsberechnungen für die Untervariante mit zwölfmaligem Entmisten pro Tag zeigten eine Minderung der Ammoniakemissionen im Stallabteil mit den Fressständen im Sommer von 8 %, im Herbst von 19 % und im Winter von 16 %. Für die Minderungs- und Referenzvariante waren deutliche saisonale Unterschiede erkennbar. Im Sommer war die Ammoniakfreisetzung in beiden Stallabteilen höher als im Herbst und Winter (Abb. 2).

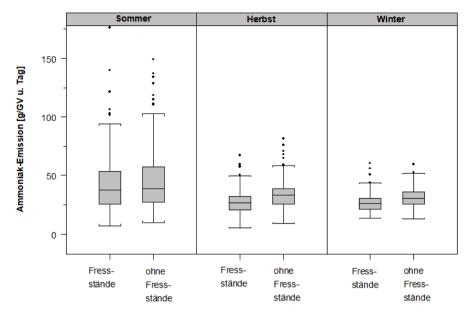


Abb. 2: Ammoniak-Emissionen (in g/GV und Tag) der Varianten mit und ohne Fressstände mit zwölfmaligem Entmisten pro Tag in drei Jahreszeiten (GV = Großvieheinheit 500 kg) ($^{\circ}$ Agroscope) Fig. 2: Ammonia emissions (in g/LU and day) of the variants with and without feeding stalls with twelve times dung removal per day in three seasons (LU = Livestock Unit 500 kg) ($^{\circ}$ Agroscope)

Die Beine und Klauen waren meist sauber oder nur leicht verschmutzt. Eine mittlere oder starke Verschmutzung war sehr selten. Die Bein- und die Klauensauberkeit wurden durch die häufigere Entmistungsfrequenz verbessert (Beine: p < 0,001; Klauen: p < 0,001), jedoch unterschieden sich die Varianten mit und ohne Fressstand bei gleicher Entmistungshäufigkeit nicht (Beine: p = 0,40; Klauen: p = 0,21). Absolut betrachtet waren die Bonitierungen bei der Variante "mit Fressstand und häufig Entmisten" am besten und "ohne Fressstand und selten Entmisten" am schlechtesten (Abb. 3). Eine Erklärung für die geringen Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne Fressstand könnte sein, dass die Fortbewegung der Kühe auf den Laufflächen einen größeren Einfluss auf die Bein- und Klauensauberkeit hat als der Aufenthalt auf den Standflächen im Fressbereich.

Die mittlere Fressdauer pro Tag lag zwischen 436 und 463 Minuten und wies zwischen den Varianten und Untervarianten keine Unterschiede auf. Jedoch führten sowohl das Vorhandensein von Fressplatzabtrennungen (p = 0,015) als auch die dreimalige Entmistungshäufigkeit (p = 0,03) zu einer Verringerung der Anzahl Fressperioden pro Tag – von maximal 11,5 bei der Variante "ohne Fressstand, zwölfmaliges Entmisten" auf 9,5 bei "mit Fressstand, dreimaliges Entmisten". Dies lässt auf weniger Unterbrechungen beim Fressen und damit längeren ungestörten Fressperioden in der Variante mit Fressständen schließen.

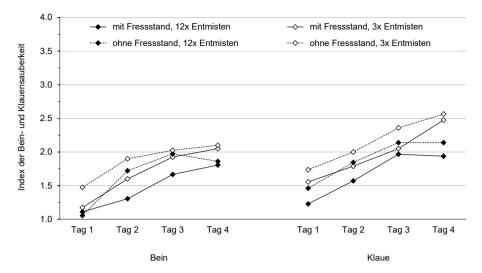


Abb. 3: Bein- und Klauensauberkeit für die Varianten mit und ohne Fressstand sowie drei- und zwölfmalige Entmistungshäufigkeit pro Tag über die vier Versuchstage (© Agroscope)

Fig. 3: Leg and claw cleanliness for the treatments with and without feeding stalls as well as a manure removal frequency of three and twelve times per day for the four experimental days (© Agroscope)

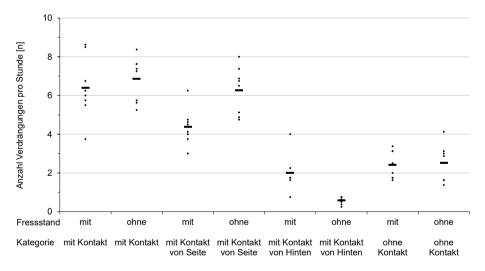


Abb. 4: Anzahl Verdrängungen in den Varianten mit und ohne Fressstand und in Abhängigkeit der Art der Verdrängung (mit/ohne Kontakt, von Seite/von Hinten). Dargestellt sind die einzelnen Beobachtungstage (Punkte) sowie der Mittelwert (Linie). (© Agroscope)

Fig. 4: Number of displacements in the treatments with and without feeding stalls and according to the type of displacement (with/without contact, from side/from back). Data of different observation days (points) as well as mean values (line) are shown. (© Agroscope)

Eine Reduktion der Anzahl an Verdrängungen war in der Variante mit Fressstand nicht zu beobachten (Summe mit und ohne Kontakt, p=0,45). In der Variante mit Fressstand traten gegenüber der Variante ohne Fressstand jedoch vermehrt Verdrängungen von hinten auf (p<0,001, Abb. 4), während sich Verdrängungen von der Seite reduzierten (p=0,005, Abb. 4). Zu Verdrängungen kommt es in der Regel im Zusammenhang mit einem Fressplatzwechsel. Die Teil-Misch-Ration ad libitum und somit das Vorhandensein von Futter an allen Fressplätzen in vergleichbarer Menge und Qualität könnte zu weniger Auseinandersetzungen um bestimmte Fressplätze geführt haben.

Literatur

- Benz, B.; Ehrmann, S.; Richter, T. (2014): The influence of elevated feed stalls on feeding behaviour of lactating dairy cows. Livestock and Machinery 69, pp. 232–237
- DeVries, T. J.; von Keyserlingk, M. A. G. (2006): Feed stalls affect the social and feeding behavior of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 89, pp. 3522–3531
- DeVries, T. J.; Aarnoudse, M. G.; Barkema, H. W.; Leslie, K. E.; von Keyserlingk, M.A.G. (2013): Associations of dairy cow behavior, barn hygiene, cow hygiene, and risk of elevated somatic cell count. Journal of Dairy Science 95, pp. 5730–5739
- Mohn, J.; Zeyer, K.; Keck, M.; Keller, M.; Zähner, 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
- Poteko, J.; Zähner, M.; Steiner, B.; Schrade, S. (2018): Residual soiling mass after dung removal in dairy loose housings: Effect of scraping tool, floor type, dung removal frequency and season. Biosystems Engineering 170, pp 117–129
- R Core Team (2016): R A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/
- Schreiner, D. A.; Ruegg, P. L. (2003): Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. Journal of Dairy Science 86, pp. 3460–3465
- Zehner, N.; Umstätter, C., Niederhauser, J. J.; Schick, M. (2017): System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. Computers and Electronics in Agriculture 136, pp. 31–41

Danksagung

Die Autorinnen und Autoren bedanken sich beim Bundesamt für Umwelt (BAFU) sowie beim Schweizerischen Nationalfonds (SNF) für die finanzielle Unterstützung des Projekts.

Vergleich von perforierten und planbefestigten Laufflächen in der Milchviehhaltung: NH₃- und CH₄-Emissionen

Comparison of perforated and solid floors in dairy husbandry: NH_3 and CH_4 emissions

Sabine Schrade¹, Kerstin Zeyer², Joachim Mohn², Theresa Leinweber^{1, 3}, Michael Zähner¹

Zusammenfassung

Agroscope und Empa untersuchten Emissionen von Ammoniak (NH₃) und Methan (CH₄) von perforierten und planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle in drei Jahreszeiten. Die Messungen wurden zeitgleich in zwei Stallabteilen mit je 20 Milchkühen im Emissionsversuchsstall in Tänikon durchgeführt. Im Stallabteil mit den perforierten Laufgängen erfolgte die Entmistung mit einem Roboter. Im planbefestigten Stallabteil wurden die Laufgänge mit stationären Schiebern entmistet. Zur Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung diente die Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen. Ersten Emissionsberechnungen zufolge lagen NH₃-Emissionen bei perforierten Laufflächen im Sommer und im Winter höher als bei planbefestigten Laufflächen. Im Herbst entsprachen die NH₃-Emissionen bei perforierten Laufflächen nahezu denen von planbefestigten Laufflächen. Die CH₄-Emissionen waren insbesondere im Sommer und Herbst bei perforierten Laufflächen gegenüber planbefestigten Laufflächen deutlich erhöht.

Summary

Agroscope and Empa investigated emissions of ammonia (NH_3) and methane (CH_4) from perforated and solid floors without slope in three seasons. The measurements were carried out simultaneously in two compartments for 20 dairy cows each in the experimental housing for emission measurements in Tänikon. In the compartment with the perforated floors, manure was removed with a robot. Dung removal of the aisles in the compartment with solid floors was conducted by stationary scrapers. The tracer ratio method with two tracer gases was used to determine the emissions under natural ventilation. According to initial emission calculations, NH_3 emissions were higher for perforated floors in summer and winter than for solid floors. In autumn, NH_3 emissions from perforated floors were almost the same level as those from solid floors. CH_4 emissions were markedly higher for perforated floors than for solid floors, particularly in summer and autumn.

¹ Agroscope, Forschungsgruppe Wiederkäuer, Tänikon 1, CH-8356 Ettenhausen, Schweiz; sabine.schrade@agroscope.admin.ch

² Empa, Abteilung Luftfremdstoffe / Umwelttechnik, Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf, Schweiz

³ Lely Deutschland GmbH, Industriestraße 8-10, 89367 Waldstetten, Deutschland

1 Hintergrund und Ziel

Ein Großteil der Laufflächen in Schweizer Laufställen für Milchvieh sind planbefestigt ausgeführt (Schrade et al. 2011). Perforierte Laufflächen sind in der Schweiz im Gegensatz zu anderen Ländern, wie beispielsweise den Niederlanden, deutlich weniger verbreitet, werden jedoch in der aktuellen Diskussion als Ammoniak-Minderungsmaßnahme immer wieder erwähnt. Bisher fehlt allerdings ein direkter Vergleich der Emissionen von perforierten und planbefestigten Laufflächen unter Schweizer Haltungsbedingungen.

Ziel dieser Untersuchung war die Quantifizierung der Emissionen von NH_3 und CH_4 aus der Laufstallhaltung von Milchvieh mit perforierten im Vergleich zu planbefestigten Laufflächen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden gemeinsam von Agroscope und Empa im Emissionsversuchsstall von Agroscope in Tänikon (Schweiz) durchgeführt. Der Stall verfügt über zwei räumlich getrennte Versuchsabteile für je 20 Milchkühe. In einem Stallabteil waren die Laufgänge perforiert mit Betonspaltenboden-Elementen (Grüter-Handels AG, Buttisholz, Schweiz) mit Gummibelag KURA S (Kraiburg, Tittmoning, Deutschland) ausgeführt und deren Unterbau mit Güllekanälen. Während der Messungen wurde die Gülle weder gerührt noch umgespült. Die Entmistung des perforierten Stallabteils erfolgte mit einem Roboter (Lely Discovery 90 SW, Lely Industries, Maaslouis, Niederlande; Abb. 1). Dieser fuhr täglich 24 Mal eine Route entlang der Liegeboxen inklusive Laufgang zwischen den Liegeboxen ab, reinigte den Fressgang drei Mal und die Quergänge fünf Mal pro Tag. Bei allen Fahrten wurde Wasser versprüht. Das andere Stallabteil hatte planbefestigte Laufflächen ohne Gefälle mit einem Gummibelag der Marke KURA P (Kraiburg, Tittmoning, Deutschland), die zwölf Mal täglich mit stationären Schiebern entmistet wurden (Abb. 1). Die Entmistung der Quergänge erfolgte fünf Mal täglich manuell. In beiden





Abb. 1: Stallabteil mit perforierter Lauffläche und Entmistungsroboter (links) und Stallabteil mit planbefestigter Lauffläche und stationärem Schieber (rechts) (© Agroscope)

Fig. 1: Compartment with perforated floors and dung-removal robot (left) and compartment with solid floors and stationary scraper (right) (© Agroscope)

Stallabteilen war der Fressgang 330 cm breit und der Laufgang zwischen den Liegeboxen 260 cm. Die Quergänge zwischen Fress- und Laufgang waren bei beiden Stallabteilen planbefestigt mit einem Gummibelag KURA P ausgeführt. Bei den dreireihig ausgeführten Liegeboxen handelte es sich um Tiefboxen mit einer Stroh-Mist-Matratze mit Langstroh. Die Versuchsherden setzten sich aus laktierenden Kühen der Rassen Braunvieh und Swiss Fleckvieh zusammen. Dabei wurde berücksichtigt, dass die beiden Herden im Mittel bezüglich Lebendmasse, Laktationsstadium, Milchleistung, Milchlarnstoffgehalt usw. vergleichbar sind. Gefüttert wurde eine Teilmischration bestehend aus Grassilage, Maissilage, Heu und Zuckerrübenschnitzel. Die Kraftfutterzuteilung erfolgte individuell über eine Kraftfutterstation.

Zur Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung kam eine Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen (Mohn et al. 2018) zum Einsatz. Die verdünnten Tracergase (ppm-Bereich) wurden direkt an den Laufflächen über ein Rohrsystem mit kritischen Kapillaren kontinuierlich zudosiert. Die getrennte Zudosierung von SF₆ (Schwefelhexafluorid) in einem Stallabteil und SF₅CF₃ (Trifluormethyl-Schwefelpentafluorid) im anderen Stallabteil ermöglichte die separate Bestimmung der Emissionen in beiden Stallabteilen. Repräsentative Luftproben wurden in 2,5 m Höhe über ein PTFE-Schlauchsystem mit kritischen Kapillaren erfasst. Die Analyse der Tracergase erfolgte mit einem Gaschromatographen (GC-ECD, Agilent 7890A, Agilent Technologies, Santa Clara, USA). Die Konzentrationen von NH₃ und CH₄ wurden jeweils mit einem Cavity-Ring-Down-Spektrometer (NH₃: Picarro G2103; CH₄: Picarro G2301, Picarro Inc., Santa Clara, USA) bestimmt.

Um die klimatischen Bedingungen über das Jahr abzudecken, erfolgten Messungen im Sommer, Herbst und Winter. Eine Variante wurde jeweils vier Tage gemessen. Neben den Zielparametern – Emissionen von NH₃ und CH₄ – wurden weitere Parameter zur Beschreibung der Messsituation und als Einflussgrößen auf die Emissionen erfasst: Stallund Außenklima, Tier- und Futterdaten. Weiter wurden zur Bewertung des Entmistungsroboters das Tierverhalten (z. B. Ausweichen, Erkundungsverhalten, Fressverhalten) sowie die Laufflächenverschmutzung mit Direktbeobachtungen bzw. Videoanalysen erhoben (Leinweber et al. 2019).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die beiden Herden waren bezüglich der erhobenen Tierparameter wie Grundfutteraufnahme, Lebendmasse, Milchleistung, Milchlarnstoffgehalt usw. in allen Messphasen jeweils vergleichbar. Ebenso wiesen die Temperaturen in den beiden Versuchsbereichen innerhalb der einzelnen Messperioden keine Unterschiede auf.

Erste Berechnungen der NH₃-Emissionen zeigten unabhängig von der Laufflächenausführung saisonale Effekte mit einer klaren Abstufung von Sommer mit höherem Emissionsniveau über Herbst zu Winter mit niedrigeren Emissionen (Abb. 2). Für die einzelnen Jahreszeiten zeigte sich ein uneinheitliches Bild: perforierte Laufflächen wiesen im Sommer deutlich höhere und im Winter nur etwas höhere NH₃-Emissionen

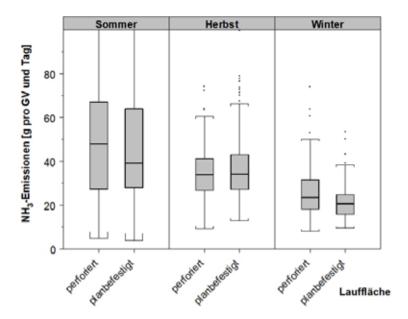


Abb. 2: NH₃-Emissionen von perforierten verglichen mit planbefestigten Laufflächen in drei Jahreszeiten (© Agroscope)

Fig. 2: NH₃ emissions from perforated floors compared to solid floors in three seasons (© Agroscope)

auf als planbefestigte Laufflächen. Die erhöhten Emissionen für perforierte Laufflächen waren auf einige Tagesmittelwerte mit deutlich höheren (bis 34 %) Emissionen zurückzuführen, während an anderen Tagen vergleichbare Emissionen für beide Stallabteile bestimmt wurden. Im Herbst lagen die mittleren NH₃-Emissionen über alle vier Messtage bei perforierten Laufflächen im Bereich von denen bei planbefestigten Laufflächen (Abb. 2).

Damit unterstreichen die vorliegenden Messungen unter Schweizer Haltungsbedingungen Ergebnisse aus den Niederlanden (Braam et al. 1997) und Deutschland (Schiefler 2013), die keine signifikanten Unterschiede in den NH₃-Emissionen zwischen perforierten und planbefestigten Laufflächen festgestellt haben. Eine mögliche Ursache hierfür ist, dass der Harn zwar schnell von der Lauffläche über die Spaltenöffnungen in die Güllekanäle abfließen kann, was eine NH₃-Minderung erwarten ließe, der Luftaustausch durch die Spalten jedoch zur zusätzlichen Freisetzung von NH₃ aus den Güllekanälen führen kann.

Bei den CH₄-Emissionen zeigten sich keine deutlichen jahreszeitlichen Abstufungen (Abb. 3). Jedoch waren die CH₄-Emissionen insbesondere in den warmen Jahreszeiten bei perforierten Laufflächen gegenüber planbefestigten Laufflächen markant erhöht. Einzelne Tagesmittelwerte der CH₄-Emissionen lagen im perforierten Stallabteil bis zu 45 % über denen des planbefestigten Vergleichsabteils. Bei weiteren Entmistungsvarianten der Sommer- und Herbstmessungen lagen die CH₄-Emissionen von perforierten

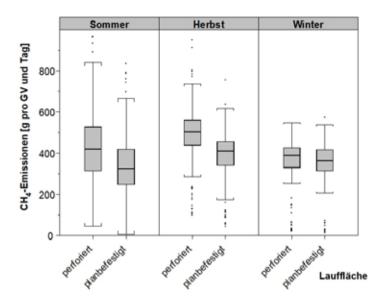


Abb. 3: CH₄-Emissionen von perforierten verglichen mit planbefestigten Laufflächen in drei Jahreszeiten (© Agroscope)

Fig. 3: CH₄ emissions from perforated floors compared to solid floors in three seasons (© Agroscope)

Laufflächen ebenfalls deutlich über denen von planbefestigten Laufflächen (nicht dargestellt). Die höheren $\mathrm{CH_4}$ -Emissionen von perforierten Laufflächen deuten darauf hin, dass die Gülle aus den Kanälen unter den Spalten einen wesentlichen Beitrag zu den $\mathrm{CH_4}$ -Emissionen leistet.

4 Fazit und Ausblick

Erste Auswertungen von systematischen Messungen im Emissionsversuchsstall Tänikon zum Vergleich von perforierten und planbefestigten Laufflächen zeigen für die NH₃-Emissionen über alle drei untersuchten Jahreszeiten hinweg keine klaren Unterschiede. Nach diesen Resultaten können perforierte Laufflächen nicht als NH₃-Minderungsmassnahme betrachtet werden. Weiter sind perforierte Laufflächen auch mit Blick auf deutlich erhöhte CH₄-Emissionen nicht empfehlenswert.

Mit der detaillierteren Auswertung unter Einbezug weiterer organisatorischer Varianten (z.B. unterschiedliche Entmistungsintervalle) und Begleitparametern (z.B. Klimadaten, Laufflächenverschmutzung, Tierparameter) sowie der statistischen Analyse können die Ergebnisse breiter abgestützt werden.

Literatur

- Braam, C. R.; Ketelaars, J. J. M. H.; Smits, M. C. J. (1997): Effects of floor design and floor cleaning on ammonia emission from cubicle houses for dairy cows. Journal of Agricultural Science 45, pp. 49–64
- Mohn, J.; Zeyer, K.; Keck, M.; Keller, M.; Zähner, 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
- Leinweber, T.; Zähner, M.; Schrade S. (2019): Bewertung eines Entmistungsroboters bei Milchvieh aus ethologischer und verfahrenstechnischer Sicht. Landtechnik, im Druck
- Schiefler, I. (2013): Greenhouse gas and ammonia emissions from dairy barns. Dissertation, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Bonn
- Schrade, S.; Keck, M.; Zeyer, K.; Emmenegger, L. (2011): Haltungssysteme und Messkonzept für Ammoniakemissionen bei freier Lüftung. Agrarforschung Schweiz 2, S. 170–175

Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Bundesamt für Umwelt (BAFU) der Schweiz für die finanzielle Unterstützung des Projekts. Weiter gilt der Dank den Versuchstechnikern von Agroscope Tänikon sowie den Mitarbeitern des Versuchsbetriebs Tänikon (BBZ Arenenberg) für die praktische Versuchsunterstützung und Tierbetreuung.

Vorkommen antibiotikaresistenter Keime in Hähnchenmastbetrieben unterschiedlicher Haltungsform

Occurrence of antibiotic resistant bacteria on chicken fattening farms, operating with different farming methods

CELINE HEINEMANN¹, CAROLINE LEUBNER¹, MYKHAILO SAVIN¹, ESTHER SIB², RICARDA M. SCHMITHAUSEN³, GABRIELE BIERBAUM², BRIGITTE PETERSEN¹, JULIA STEINHOFF-WAGNER¹

Zusammenfassung

Die Verbreitung von antibiotikaresistenten Keimen und den Beitrag, den die Tierhaltung dazu leistet, wird von Seiten der Forschung und der Öffentlichkeit intensiv diskutiert. In dieser Studie wurden von 20 Hähnchenmastbetrieben mit unterschiedlicher Haltungsform insgesamt 500 Proben gezogen und auf das Vorkommen resistenter fakultativ pathogener Mikroorganismen mit klinischer Relevanz für den Menschen untersucht. Es konnte ein Unterschied in Abhängigkeit von der Haltungsform und dem Einsatz von Antibiotika festgestellt werden. So wurden in 4 % der untersuchten Proben von den ökologischen Betrieben resistente Erreger nachgewiesen, gegenüber 16,7 % in Proben der konventionellen Betriebe. Dies deckt sich mit den Angaben zur antibiotischen Behandlung der Betriebe. Kritisch zu bewerten ist der Einsatz von Colistin und Enrofloxacin, die zur Gruppe der Polymixine bzw. Fluorchinolone gehören und von der WHO als "critically important" mit der höchsten Priorität eingestuft werden (WHO 2017).

Summary

The spread of antibiotic resistant microorganisms and the role of livestock production, is intensively discussed in science and public. In this study, a total of 500 samples were taken from 20 broiler fattening farms with different husbandry systems and analyzed for the occurrence of facultative pathogenic microorganisms with clinical relevance on humans. A difference related to the husbandry system was verifiable. Antibiotic resistant bacteria were detectable in 4% of organic farm samples, while 16.7% of conventional farm samples contained resistant bacteria. This result is consistent with the enquired information about antibiotic treatments on the farms. The use of colistin and enrofloxacin, which are belonging to the group of polymixins or fluoroquinolones and are classified as critically important with the highest priority by the WHO, is to be evaluated critically.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Katzenburgweg 7–9, 53115 Bonn; c.heinemann@uni-bonn.de; jste@itw.uni-bonn.de

² Universitätsklinikum Bonn, Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Parasitologie, Sigmund-Freud-Straße 25. 53127 Bonn

³ Üniversitätsklinikum Bonn, Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit, Sigmund-Freud-Straße 25. 53105 Bonn

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Abgabemengen von Antibiotika in der Tierhaltung sind seit einigen Jahren deutlich rückläufig, jedoch liegen die betrieblichen Therapiehäufigkeiten bei Masthähnchen immer noch auf einem hohen Niveau (AG Antibiotikaresistenz 2018). Inwieweit die Notwendigkeit der antibiotischen Behandlung von der Haltungsform abhängt und dadurch auch die Resistenzlage beeinflusst, ist bislang noch nicht hinreichend geklärt. In der durchgeführten Studie sollten in Umwelt- und Tierproben von Geflügelmastbetrieben das Auftreten antibiotikaresistenter Keime in Abhängigkeit von unterschiedlichen Haltungsformen analysiert werden, mit dem Ziel, das Risiko von aus der Geflügelmast stammenden Keimen für den Menschen zu beschreiben.

2 Methode

2.1 Charakterisierung der Betriebe

An der Studie nahmen Betriebe teil, die nach konventionellen Methoden (n = 15) (Kon-Betriebe) oder nach ökologischen Prinzipien gemäß VO (EG) 834/2007 (n = 5) (Öko-Betriebe) wirtschaften. Alle beprobten Betriebe befanden sich in Nordrhein-Westfalen oder Niedersachsen. Es wurde gezielt nach Betrieben mit möglichst unterschiedlichen Größen gesucht, um einen breiten Querschnitt und eine qualifizierte Stichprobe zu erhalten. Betriebsspezifische Parameter, welche die Haltung, den Stallbau und das Gesundheitsmanagement betreffen, wurden durch Befragung des Betriebsleiters erfasst. Eine Übersicht über einzelne Betriebscharakteristika ist in Tabelle 1 aufgeführt. Zudem wurden aufgenommen, ob auf dem Betrieb in den letzten drei Monaten vor der Beprobung Antibiotika eingesetzt wurden und welche Wirkstoffe dabei zum Einsatz kamen.

Tab. 1: Betriebscharakteristika der beprobten Betriebe (© Heinemann)

	Tab. 1: Ci	haracteristics of	sampled farms	(© Heinemann)
--	------------	-------------------	---------------	---------------

Haltungsform	Anzahl Betriebe	Anzahl Tiere	Gehaltene Rassen	Durchschnittliche Mastdauer d	
Ökologisch	5	100-4.800	Hubbard 757, Cobb 500	76,0 ± 11,5	
Konventionell, ohne Einsatz von Antibiotika	7	30-59.000	Ross 308, Hubbard 757, Ross Ranger	58,3 ± 17,2	
Konventionell, mit Einsatz von Antibiotika	8	1.900-160.000	Ross 308	40,6 ± 1,3	

2.2 Laboruntersuchungen

Auf 20 Hähnchenmastbetrieben wurden insgesamt 500 Proben gezogen. Auf jedem Betrieb wurden von je 20 Tieren Anal- und Nasalabstriche entnommen. Zusätzlich wurden Futter-, Staub-, Kot-, Tränkewasser- und Luftproben gezogen. Die Proben wurden

gekühlt in das Labor nach Bonn transportiert und innerhalb von 24 Stunden mikrobiologisch analysiert. Nach probenspezifischer Aufarbeitung wurden die Proben kulturell mit CHROMAgar Selektivplatten auf das Vorkommen von methicillinresistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA), extended-spectrum beta-Lactamase bildenden Keimen (ESBL) und vancomycinresistenten Enterokokken (VRE) untersucht. Um Aussagen darüber treffen zu können, ob ein möglicher negativer Befund von resistenten Erregern, a) an der Abwesenheit der Resistenz oder b) der generellen Abwesenheit der Bakterienspezies in der untersuchten Probe lag, wurden die Proben der Stallumgebung und Poolproben der Tierabstriche zudem auf *S. aureus, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli*, coliforme Keime, *Enterococcus* spp. und *Acinetobacter* spp. untersucht. Bei einem positiven Befund von antibiotikaresistenten Bakterien wurden die Spezies der entsprechenden Isolate mittels MALDI-ToF MS bestätigt. Die Empfindlichkeit dieser Isolate gegenüber Antibiotika wurde mittels Mikrodilutionsmethode getestet und nach EUCAST-Standards mit klinischen Cut-off-Werten ausgewertet. Zur näheren molekularbiologischen Charakterisierung wurde mit MRSA-Isolaten eine spa-Typisierung durchgeführt.

3 Ergebnisse

Auf keinem der fünf Öko-Betriebe wurde in den letzten drei Monaten vor der Beprobung Antibiotika zur Behandlung der Tiere eingesetzt. Von den 15 Kon-Betrieben wurden auf 8 Betrieben die Tiere antibiotisch behandelt. Der Einsatz der verwendeten Wirkstoffe ist in Tabelle 2 dargestellt. Dabei wurde in vier Fällen eine Kombination aus Lincomycin und Spectinomycin verabreicht, teilweise in Verbindung mit weiteren Wirkstoffen wie Colistin und/oder Amoxicillin.

Tab. 2: Eingesetzte antibiotische Wirkstoffe auf 8 konventionellen Hähnchenmastbetrieben in den letzten drei Monaten vor der Beprobung (© Heinemann)

Tab. 2: Used antibiotic agents on 8 conventional operating chicken fattening farms, prior three months for sampling (© Heinemann)

Betrieb	Lincomycin + Spectinomycin	Enrofloxacin	Colistin	Amoxicillin	Trimethoprim	Sulfameth- oxazol	Doxycyclin
A	х						
В	х						
С		Х					
D	х		Х				
E				Х			
F	х		Х	Х			
G			X				
Н					Х	Х	Х

Von den 5 Öko-Betrieben wurden 125 Proben untersucht. In fünf Proben wurden resistente Mikroorganismen nachgewiesen, dies entspricht einem Anteil von 4,0 %. Von den 15 konventionellen Betrieben konnten 372 Proben in die Auswertung mit einbezogen werden. Die Betriebe wurden hinsichtlich ihres Antibiotikaeinsatzes (AB) für die Auswertung differenziert. So wurden 171 Proben von konventionellen Betrieben ohne Antibiotikaeinsatz und 201 Proben von konventionellen Betrieben mit Antibiotikaeinsatz untersucht. In 20 (11,7 %) der Proben von Betrieben ohne Antibiotikaeinsatz und 46 (22,9 %) der Proben von Betrieben mit Antibiotikaeinsatz waren resistente Bakterien enthalten (Abb. 1). Der Anteil an resistenten Mikroorganismen in den Öko-Betrieben beschränkte sich auf Vertreter der Spezies E. coli (n = 2), MRSA (n = 1), P. aeruginosa (n = 1) und A. calcoaceticus baumannii complex (ACB) (n = 1). In den Proben der Kon-Betriebe ohne Antibiotikaeinsatz dominierten bei den resistenten Bakterien E. coli (n = 17), gefolgt von ACB (n = 4). Daneben wurden auch Enterobacter spp. (n = 1) und Citrobacter spp. (n = 1) nachgewiesen. MRSA wurde in keiner dieser Proben detektiert. In den Proben der konventionellen Betriebe mit Antibiotikaeinsatz wurden in 26 Proben E. coli und in 17 Proben MRSA nachgewiesen. Daneben wurden ACB (n = 3), Enterobacter spp. (n = 2), P. aeruginosa (n = 2) und K. pneumoniae (n = 2) gefunden (Abb. 1).

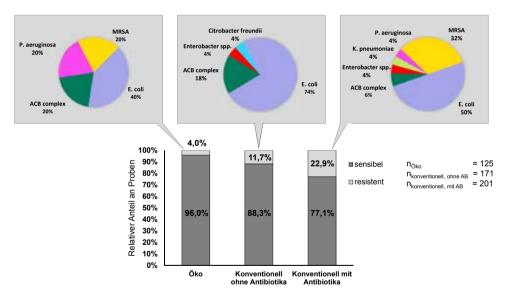


Abb. 1: Prozentualer Anteil an resistenten und sensiblen Proben und Speziesdiversität der resistenten Mikroorganismen in Abhängigkeit von Haltungsform und Antibiotikaeinsatz (© Heinemann) Fig. 1: Relative proportion of resistant and sensible samples and diversity of resistant microorganisms dependent on farming method and antibiotic usage (© Heinemann)

In keiner der untersuchten Proben, unabhängig von der Betriebsform oder dem Antibiotikaeinsatz, wurden VRE nachgewiesen. Von den bestätigten MRSA-Funden wurden 31 Isolate näher untersucht. Alle 31 Isolate gehören zum spa-Typ t034, der als typischer Vertreter des livestock-associated MRSA gilt.

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, dass die Nachweishäufigkeit von *E. coli* (Öko = 45,8 %, Kon ohne AB = 48,2 %, Kon mit AB = 64,6), Gesamtcoliformen (Öko = 54,2 %, Kon ohne AB = 59,3 %, Kon mit AB = 67,6 %), *Enterococcus* spp. (Öko = 80 %, Kon ohne AB = 82,67 %, Kon mit AB = 97,2 %) und *P. aeruginosa* (Öko = 3,9 %, Kon ohne AB = 2,6 %, Kon mit AB = 11,8 %) auf den Kon-Betrieben mit Antibiotikaeinsatz verglichen mit den Betrieben ohne Antibiotikaeinsatz und den Öko-Betrieben prozentual erhöht war. In den Proben der Öko-Betriebe konnten *S. aureus* häufiger detektiert werden als in den Proben der konventionell wirtschaftenden Betriebe mit Antibiotikaeinsatz (Öko = 65,9 %, Kon mit AB = 20,0 %). In keiner der Proben der konventionellen Betriebe ohne Antibiotikaeinsatz waren *S. aureus* nachweisbar.

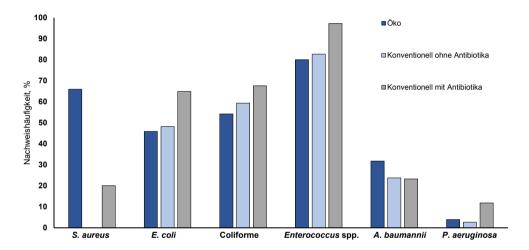


Abb. 2: Nachweishäufigkeit der untersuchten Begleitflora in Stallumwelt- und Poolproben der rektalen und nasalen Tierabstriche in Abhängigkeit von der Haltungsform (© Heinemann) Fig. 2: Relative proportion of the accompanying bacteria in stable and animal pool samples taken anal

and nasal dependent on farming method and antibiotic usage (© Heinemann)

4 Diskussion

Nach ökologischen Prinzipien wirtschaftende Betriebe unterscheiden sich durch eine geringere Auftretenshäufigkeit an resistenten Mikroorganismen von konventionellen Betrieben. Dieses scheint unter anderen an dem restriktiveren Antibiotikaeinsatz zu liegen. Der Einsatz von Enrofloxacin und Colistin auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben ist kritisch zu bewerten, da Colistin und Ciprofloxacin, welches der Hauptmetabolit von Enrofloxacin ist, von der WHO als Reserveantibiotika eingestuft werden und in der humanen Therapie als letzte Option betrachtet werden.

Insgesamt fielen besonders die Ergebnisse zu MRSA ins Auge: Keine MRSA und auch keine sensiblen *S. aureus* wurden in den Proben von konventionell wirtschaftenden Betrieben mit einem restriktiven Umgang mit Antibiotika gefunden. In den Proben der Öko-Betriebe wurden generell deutlich häufiger *S. aureus* nachgewiesen, jedoch war nur ein geringer Anteil davon resistent. Ob der erhöhte Nachweis von *S. aureus* in den Öko-Betrieben auch mit einer erhöhten Erkrankungsrate der Tiere einhergeht, kann im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden. Wohl aber stellt der ausschließlich gefundene spa-Typ t034 ein geringeres Risiko für den Menschen dar als die krankenhausassoziierten Varianten. Erfreulich ist außerdem, dass keine VRE in den beprobten Betrieben nachgewiesen werden konnten und somit in Hähnchenmastbetrieben scheinbar noch nicht verbreitet sind.

Literatur

AG Antibiotikaresistenz (2018): Lagebild zur Antibiotikaresistenz im Bereich Tierhaltung und Lebensmittelkette. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hg.). https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Tier/Tiergesundheit/Tierarzneimittel/Lagebild%20Antibiotikaeinsatz%20bei%20Tieren%20Juli%202018. pdf;jsessionid=52FF3347AE9042 3D2064ED6E3955459F.1_cid358?__blob=publicationFile, Zugriff am 31. März 2019

World Health Organization (WHO) (2017): WHO list of Critically Important Antimicrobials for Humane Medicine, 5th Revision. http://who.int/foodsafety/publications/antimicrobials-fifth/en/, access 31. March 2019

Förderung

Die hier vorgestellte Studie wurde als Teil des Verbundprojektes "HyReKA" (FKZ 02WRS1377C) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Stallinterne Ansäuerung von Flüssigmist in der Schweinehaltung – Stand der Technik

In-house slurry acidification in pig farming – State of the art

VERONIKA OVERMEYER¹, MANFRED TRIMBORN¹, JOACHIM CLEMENS², WOLFGANG BÜSCHER¹

Zusammenfassung

Die Ansäuerung von Flüssigmist in Stallanlagen gilt EU-weit als eine "beste verfügbare Technik". Um Ammoniakemissionen zu mindern, kann der Flüssigmist, der unter den Schweinen im Stall lagert, angesäuert werden. In Dänemark wird dies bereits praktiziert. Durch Absenkung des pH-Wertes auf 5,5 verschiebt sich das Ammonium/Ammoniak (NH_4^+/NH_3) Gleichgewicht derart, dass kaum noch freies NH_3 im Flüssigmist vorliegt. Somit können die NH_3 -Emissionen aus dem Stall um 50 bis 70 % reduziert werden.

Neben einigen Bedenken bezüglich des Betonschutzes aufgrund möglicher Korrosion, erlaubt die Rechtslage in Deutschland zurzeit keine Ansäuerung in den praxisüblichen Flüssigmistkanälen im Stall, da der angesäuerte Flüssigmist seinen JGS-Status verliert und somit zusätzliche bauliche Anpassungen (Doppelwandigkeit, Leckageerkennung) erforderlich werden.

Ebenfalls müssen bei der Flüssigmistansäuerung der Arbeits- und Tierschutz sachgerecht berücksichtigt werden.

Summary

The acidification of liquid manure in livestock buildings is regarded as a best available technology in the EU. In Denmark this is a well-known and used technology. When the pH is reduced to about 5.5, nitrogen is bound in form of ammonium in the liquid manure. Due to continuous acidification, ammonia emission can be reduced by 50 to 70%.

In Germany, besides concerns about the corrosion potential of acidified manure, the legal situation hinders the acidification of manure. Manure storage facilities profit from lower safety standards as compared to non-agricultural liquids with similar composition. But in this case, only liquid manure, dilute urine and excess water from silage can be stored. Any other chemicals or waste water are not allowed to be stored.

For manure acidification, safety and animal welfare have to be considered as well.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Nußallee 5, 53115 Bonn; overmeyer@uni-bonn.de ² SF-Soepenberg GmbH, Emil-Fischer-Straße 14, 46569 Hünxe

1 Einleitung

In Deutschland stammen über 90 % der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft (Umweltbundesamt 2018). Um diese Emissionen insbesondere aus der Tierhaltung zu minimieren, gibt es die Möglichkeit, den Flüssigmist der Tiere anzusäuern. Die Ansäuerung kann stallintern, während der Lagerung oder direkt vor der Ausbringung erfolgen. In Dänemark ist dieses System schon seit 2010 verbreitet (Fangueiro et al. 2015). Die Ansäuerung von Flüssigmist ist laut EU als "beste verfügbare Technik" bei allen Schweinekategorien zulässig (2017/302/EU). VERA zertifizierte Untersuchungen in Dänemark zeigten eine Minderung der Ammoniakemissionen aus Mastschweineställen um 64 % (VERA 2016).

2 Verfahrensbeschreibung

Durch die Zugabe einer starken Säure, wie beispielsweise Schwefelsäure (H₂SO₄), kann der pH-Wert des Flüssigmistes auf bis zu 5,5 gesenkt, das Gleichgewicht zwischen Ammonium (NH₄+) und gelöstem Ammoniak (NH₃) verändert (Abb. 1) und somit eine Ammoniakverflüchtigung reduziert werden (Giner Santonja et al. 2017).

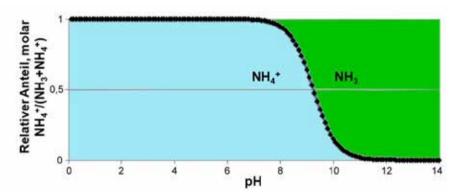


Abb. 1: Beeinflussung des pH-Wertes im Flüssigmist auf den relativen Gehalt am gesamten Ammoniak-Stickstoff (verändert nach Fangueiro et al. 2015)

Fig. 1: Influence of slurry pH on its relative content of total ammonia nitrogen (according to Fangueiro et al. 2015)

Bei gängigen Flüssigmistansäuerungssystemen wird ein Teil des Flüssigmistes aus dem Flüssigmistkanal des Stalles in einen Prozessbehälter gesaugt (Abb. 2). Dort wird die nötige Menge Schwefelsäure hinzugesetzt, um den Ziel-pH einzustellen. Der Vorgang wird über eine pH-Sonde im Prozessbehälter überwacht. Im Anschluss wird ein Teil des Flüssigmistes zurück in den Flüssigmistkanal des Stalles gepumpt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass frisch anfallender Flüssigmist direkt angesäuert wird und eine Ammoniakfreisetzung gemindert werden kann. Der restliche Flüssigmist kann außerhalb des Stalles bis zur Ausbringung gelagert werden (Giner Santonja et al. 2017). Die Zugabe der Säure "im Stall" erfolgt täglich oder wöchentlich (Fangueiro et al. 2015).

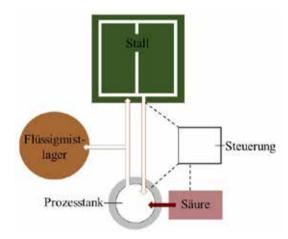


Abb. 2: Schematischer Aufbau eines Flüssigmistansäuerungssystemes (verändert nach Giner Santonja et al. 2017)

Fig. 2: Schematic representation of a slurry acidification system (according to Giner Santonja et al. 2017)

3 Auswirkungen und Möglichkeiten

Durch die Ansäuerung des Flüssigmistes können die Ammoniakemissionen nicht nur im Stall, sondern auch während der Lagerung und bei der Ausbringung gemindert werden. Die Flüssigmistinjektion oder die Einarbeitung nach der Ausbringung werden überflüssig (Christensen und Sommer 2013) und die Stickstoffnutzungseffizienz steigt durch die Flüssigmistansäuerung an (Birkmose und Vestergaard 2013). Mithilfe einer stallinternen Ansäuerung des Flüssigmistes durch Schwefelsäure können die Ammoniakemissionen aus dem Stallgebäude um 50 bis 70 % gesenkt werden (Kai et al. 2008).

Die Ansäuerung hat u.a. auch Auswirkungen auf die chemischen und biologischen Prozesse sowie auf die Zusammensetzung des Flüssigmistes. Des Weiteren soll Schwefelsäure andere mikrobiologische Umsetzungen, Acidogenese, Acetogenese und Methanogenese verzögern (Fangueiro et al. 2015). Daher konnten auch verminderte Methanemissionen beobachtet werden (Sommer et al. 2017).

Die durch die Ansäuerung verursachten Veränderungen führen zu einem höheren Gehalt an großen, gelösten organischen Verbindungen und geringeren Mengen von ungelösten und kleinen, gelösten organischen Komponenten innerhalb des Flüssigmistes (Fangueiro et al. 2015). Zudem könnten nach der Ausbringung des Flüssigmistes die Stickstoff-, Phosphor- und Kohlenstoffumsetzungsprozesse im Boden durch die Ansäuerung beeinflusst werden (Wenzel und Petersen 2009). Beispielsweise weist der angesäuerte im Vergleich zum unbehandelten Flüssigmist höhere Konzentrationen an gelösten anorganischen Verbindungen auf, was sich positiv auf den Phosphor-Düngewert auswirkt (Roboredo et al. 2012).

Diese Veränderungen sind effektiver, je eher vor der Ausbringung angesäuert wird (Fangueiro et al. 2015).

4 Rechtliche Situation in Deutschland

4.1 Umweltschutz

Um mögliche Gefahren auf die Schutzgüter Wasser und Boden ausschließen zu können, werden besondere Anforderungen an das Säurelager, die Zu- und Ableitungen sowie die Flüssigmistkanäle gestellt. Die Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe (zu denen auch Schwefelsäure zählt) sind nach § 62 Abs. 1 WHG (Wasserhaushaltsgesetz) so zu errichten, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu erwarten ist. Die Regelungen werden in der AwSV (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) weiter konkretisiert. Demnach müssen die Behälter zur Lagerung der Säure sowie die Zu- und Ableitungen, die mit einem Stoff der Wassergefährdungsklasse 1 in Berührung kommen, technisch so gestaltet werden, dass

- wassergefährdende Stoffe nicht austreten können,
- Undichtigkeiten schnell und zuverlässig erkannt werden können,
- austretende Stoffe schnell und zuverlässig erkannt, zurückgehalten sowie ordnungsgemäß entsorgt werden können und
- Vorkehrungen für den Störungsfall getroffen werden (§ 17 AwSV).

Während Schwefelsäure der Wassergefährdungsklasse 1 zugeordnet wird, zählt der angesäuerte Flüssigmist zu den allgemein wassergefährdenden Stoffen. Hierbei handelt es sich um ein Gemisch, welches nur zu 0,5 bis 0,7 % aus einem Stoff der Wassergefährdungsklasse 1 besteht. Der überwiegende Anteil ist Flüssigmist, der als "allgemein wassergefährdend" eingestuft wird (§ 3 Abs. 2 AwSV). Somit ändert sich der Status des Hauptbestandteiles nicht (Anlage 1 AwSV).

Das JGS-Privileg nach § 2 Abs. 13 AwSV erlaubt keinerlei Beimengungen zum Flüssigmist. Demnach bestehen besondere Anforderungen an die Lagerung von angesäuertem Flüssigmist. Diese können jedoch derart erfüllt werden, dass auch Aspekte des Betonschutzes durch Auskleidung der Flüssigmistkanäle mit gleichzeitiger Leckageerkennung umgesetzt werden.

4.2 Tier- und Arbeitsschutz

Während des Ansäuerungsprozesses kann es zu erhöhter Schwefelwasserstoffbildung kommen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der pH-Wert des Flüssigmistes plötzlich und stark reduziert wird (Dai und Blanes-Vidal 2013). Um diesen Effekt zu mindern, sollte die erstmalige Ansäuerung des Flüssigmistes in kleineren Schritten über einen längeren Zeitraum (circa 2 bis 3 Wochen) erfolgen. Hierdurch wird die Schwefelwasserstoffbildung reduziert. Nach der Anfangsphase muss der pH-Wert nur noch durch geringe Säuremengen auf dem entsprechenden Niveau gehalten werden, da der pH-Wert sonst durch laufende mikrobielle Umsetzungsprozesse (Sommer et al. 2017) und den täglich ausgeschiedenen Kot und Harn der Tiere erneut ansteigen würde.

Des Weiteren findet der Ansäuerungsprozess nicht im Aufenthaltsbereich der Tiere, sondern in einem externen Prozessbehälter statt. In dem Prozessbehälter kann der Flüssigmist homogenisiert und belüftet werden. Dies erfolgt durch das Injizieren komprimierter Luft. Auf diese Weise wird verhindert, dass sich Sulfat-Ionen in schädlichen Schwefelwasserstoff umwandeln (Giner Santonja et al. 2017). Eine Schaumbildung soll durch diese Maßnahme ebenfalls vermieden werden (Fangueiro et al. 2015).

4.3 Düngerecht

Schwefelsäure mit dem Zweck der Flüssigmistansäuerung wird als "Aufbereitungshilfsmittel" angewendet und somit der DüMV (Düngemittelverordnung) Anlage 2, Tabelle 8, Nr. 8.1.9 zugeordnet. Nach § 1 DüMV sind Aufbereitungsmittel wie folgt definiert: "Nebenbestandteile, die zur Unterstützung der Aufbereitung zugegeben werden, insbesondere Mittel zur Fällung, Konditionierung, Hygienisierung". Sofern Schwefelsäure als Aufbereitungshilfsmittel hinzugegeben wird, bleibt der angesäuerte Flüssigmist als tierischer Wirtschaftsdünger erhalten. Die Regelungen der Düngeverordnung sind somit problemlos auf das Gemisch anwendbar.

Zur genauen Ermittlung der Nährstoffgehalte (u.a. Stickstoff) in dem angesäuerten Flüssigmist, die sich möglicherweise durch die Ansäuerung verändert haben könnten, wird empfohlen, Proben zu entnehmen und diesbezüglich zu untersuchen. Hiermit wäre eine Berücksichtigung des sich eventuell ändernden Düngewertes des angesäuerten Flüssigmistes im Vergleich zum nicht angesäuerten Flüssigmist möglich, beispielsweise in der Nährstoffbilanzierung.

5 Schlussfolgerung

Damit die stallinterne Ansäuerung von Flüssigmist in Schweineställen auf landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland zulässig und auch praktikabel wird, müssen die oben genannten Probleme hinsichtlich der rechtlichen Zulassung geklärt sein. Dennoch ermöglicht dieses System eine Reduzierung der Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung und trägt somit einen erheblichen Anteil zum Umweltschutz bei.

Literatur

- Birkmose, T.; Vestergaard, A. V. (2013): Acidification of slurry in barns, stores and during application: review of Danish research, trials and experience. 15th RAMIRAN International Conference, Versailles, France
- Christensen, M. L.; Sommer, S. G. (2013): Manure Characterisation and Inorganic Chemistry. In: ed. L. S. Jensen, M. L. Christensen, S. G. Sommer und T. Schmidt: Animal manure. Recycling, treatment, and management, vol. 41. Chichester, West Sussex, John Wiley & Sons Inc, pp. 41–65
- Dai, X. R.; Blanes-Vidal, V. (2013): Emissions of ammonia, carbon dioxide, and hydrogen sulfide from swine wastewater during and after acidification treatment: effect of pH, mixing and aeration. Journal of environmental management 115, pp. 147–154
- 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
- Roboredo, M.; Fangueiro, D.; Lage, S.; Coutinho, J. (2012): Phosphorus dynamics in soils amended with acidified pig slurry and derived solid fraction. Geoderma 189–190, pp. 328–333
- Sommer, S. G.; Clough, T. J.; Belaine, N.; Hafner, S. D.; Cameron, K. C. (2017): Transformation of Organic Matter and the Emissions of Methane and Ammonia during Storage of Liquid Manure as Affected by Acidification. Journal of Environmental Quality 46(3), pp. 514521
- Umweltbundesamt (2018): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmopshärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung von 1990 bis 2016 (Endstand 02/2018)
- VERA (2016): Technology JH Forsuring NH₄⁺ manufactured by JH Agro A/S, VERA Verification Statement, Verification of environmental technologies for agricultural production
- Wenzel, H.; Petersen, B. M. (2009): Life Cycle Assessment of Slurry Management Technologies. Environmental Project No. 1298. Copenhagen, Denmark

Förderung

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).

Ansäuerung von Gülle zur Minderung von Ammoniakemissionen: Einfluss der Inhaltsstoffe der Wirtschaftsdünger auf die Säuremenge

Slurry acidification to reduce ammonia emissions: influence of slurry ingredients on the acid amount

Susanne Höcherl, Fabian Lichti

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising; susanne.hoecherl@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Eine Möglichkeit zur Reduktion von Ammoniakemissionen von Wirtschaftsdüngern ist die Senkung des pH-Wertes durch die Zugabe von Säuren.

Bei 38 Wirtschaftsdüngern unterschiedlicher Herkunft wurde die nötige Menge an Schwefelsäure (96 %) zur Senkung des pH-Wertes auf pH 6, pH 5,5 und pH 5 ermittelt. Rindergülle benötigte eine geringere Säuremenge von im Mittel 2,41 (± 0,97) l/m³ bei pH 6 bis 4,32 (± 1,15) l/m³ bei pH 5. Bei Gärresten konnte hingegen eine deutlich höhere Säuremenge ermittelt werden von im Mittel 5,38 (± 1,80) l/m³ bei pH 6 bis 7,44 (± 2,34) l/m³ bei pH 5. Zudem fanden sich deutliche Zusammenhänge zwischen der Säuremenge und dem pH-Wert, NH₄-N und N_{ges} sowie ein moderater Zusammenhang zum P_2O_5 -Gehalt des Wirtschaftsdüngers.

Summary

A way to reduce ammonia emissions from slurry is to decrease slurry pH by addition of acids.

The required amount of sulfuric acid to reduce the pH of different types of manure to pH 6, 5.5 and 5 was analyzed (n = 38). Cattle slurry needed smaller amounts of sulphuric acid with 2.41 (\pm 0.97) l/m³ for pH 6 to 4.32 (\pm 1.15) l/m³ for pH 5. Anaerobically digested manure needed higher amounts of sulphuric acid with 5.38 (\pm 1.80) l/m³ for a reduction to pH 6 and 7.44 (\pm 2.34) l/m³ for pH 5. Furthermore, correlations have been found between the sulphuric acid amount and the pH, NH₄-N and N_{ges}, as well as a moderate correlation with P₂O₅.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Landwirtschaft gilt mit einem Anteil von 95 % als Hauptemittent von Ammoniak in Deutschland. Ammoniak entsteht überwiegend im Bereich der Tierhaltung. Dort fallen vor allem bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern Stickstoffverluste in Form von Ammoniak an. In der Milchviehhaltung entsteht Ammoniak mit einem Anteil von 57 % überwiegend während der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, während in der Mastschweinehaltung ein Großteil an Ammoniak (66 %) bereits im Stallbereich emittiert (Haenel et al. 2016). Die NERC-Richtlinie (Richtlinie EU 2016/2284) sieht nun eine deutliche Senkung der Ammoniakemissionen um 29 % bis 2030 gegenüber dem Referenzjahr 2005 vor. Es gibt bereits unzählige landtechnische Entwicklungen zur Minderung von Ammoniak bei der Ausbringung und Lagerung von Wirtschaftsdüngern sowie für den Stallbereich. Um die Stickstoffverluste während der Ausbringung gering zu halten, werden bodennahe Ausbringtechniken wie beispielsweise Schleppschuh oder Schlitztechnik eingesetzt bzw. vorgeschrieben. Zur Emissionsminderung im Stallbereich werden in den BVT-Schlussfolgerungen unter anderem die Verfahren Abluftreinigung, Güllekühlung und Gülleansäuerung genannt. Das Verfahren der Ansäuerung von Gülle ist eine anerkannte Methode zur Minderung von Ammoniakemissionen in Dänemark. Nach VERA kann mit dem System zur Ansäuerung während der Ausbringung (SyreN) ein Ammoniakminderungspotenzial von 49 % bei Rindergülle und 64 % bei einer Ansäuerung im Mastschweinestall erreicht werden. Hintergrund des Verfahrens ist ein temperaturund pH-Wert-abhängiges, chemisches Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak in der flüssigen Phase von Wirtschaftsdüngern. Mit zunehmendem pH-Wert verschiebt sich das Gleichgewicht in Richtung Ammoniak. Mit einer Zugabe von Säure kann der pH-Wert gesenkt und das Gleichgewicht in Richtung Ammonium verschoben werden. Die Säurezugabe kann im Stall, im Lager oder während der Ausbringung erfolgen. Verwendet wird überwiegend 96 %ige Schwefelsäure. Bei der Ansäuerung im Stall wird ein pH-Wert von 5,5 angestrebt, bei der Ausbringung pH 6,4. Die Pufferkapazität der Gülle bestimmt dabei die Säuremenge zur Erreichung eines bestimmten pH-Wertes (Fanguiero et al. 2015). Wie sehr sich Wirtschaftsdünger in ihrem Säurebedarf unterscheiden und welche Faktoren die Säuremenge bestimmen, wird im Rahmen eines Forschungsprojektes an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ermittelt.

2 Material und Methoden

Zur Ermittlung des Säurebedarfs von Wirtschaftsdüngern für eine Senkung des pH-Wertes auf pH 6, pH 5,5 und pH 5 wurden Rindergülle (n = 26), Schweinegülle (n = 3) und Gärreste (n = 9) ausgewählt. Zu Beginn wurden je 20 g eingewogen und mithilfe eines Autotitrators (Fa. SI-Analytik) und 0,1 m $\rm H_2SO_4$ bis zu einem pH-Wert von 4,5 titriert. Dadurch kann die notwendige Säuremenge zur Absenkung des pH-Wertes abgelesen werden. Anschließend wurde die Menge an Schwefelsäure (96 %) in $\rm l/m^3$ Wirtschaftsdünger berechnet. Begleitend dazu erfolgte eine nasschemische Analyse der

Wirtschaftsdünger unterschiedlicher Herkunft auf Trockensubstanzgehalt (TS), organische Substanz (oS), Gesamtstickstoff (N_{ges}), Ammoniumstickstoff (N_{H_4} -N), Phosphat (P_2O_5) und Kalium (K_2O) (Tab. 1). Zur Darstellung der benötigten Säuremenge je Wirtschaftsdünger und pH-Wert wurden Boxplots erstellt. Zusammenhänge zwischen den Inhaltsstoffen der Wirtschaftsdünger und der Menge an Schwefelsäure für pH 6, pH 5,5 und pH 5 wurden mittels einer Korrelationsanalyse ermittelt. Das Signifikanzniveau wurde auf p < 0,05 (signifikant) und p < 0,01 (hoch signifikant) festgelegt.

Tab. 1: Zusammensetzung der untersuchten Rinder- und Schweinegülle und Gärreste ($\bar{x} \pm sd$)
Tab. 1: Manure composition ($\bar{x} \pm sd$)

Art	pH-Wert	TS %	Organische Substanz kg/m³ FM	N _{ges} kg/m³ FM	NH ₄ -N kg/m³ FM	K ₂ O kg/m³ FM	P ₂ O ₅ kg/m ³ FM
Rinder- gülle	7,05 ± 0,32	7,04 ± 2,01	48,35 ± 22,75	3,18 ± 0,62	1,66 ± 0,34	4,21 ± 1,13	1,40 ± 0,45
Schweine- gülle	7,50 ± 0,22	4,69 ± 2,50	42,40 ± 25,75	3,47 ± 0,66	2,23 ± 0,82	2,73 ± 0,45	1,93 ± 0,25
Gärrest	7,76 ± 0,90	5,85 ± 0,80	42,84 ± 6,24	4,81 ± 1,88	2,93 ± 1,39	5,03 ± 0,70	2,18 ± 1,09

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Säuremenge

Es konnte ein signifikant geringerer Bedarf an Schwefelsäure bei Rindergülle im Vergleich zu Gärresten beobachtet werden (Abb. 1). Rindergülle benötigt im Mittel 2,41 (\pm 0,97) l/m³ für pH 6, 3,43 (\pm 1,14) l/m³ für pH 5,5, und 4,32 (\pm 1,15) l/m³ für pH 5. Gärreste zeigten unabhängig vom pH-Wert eine größere Streuweite mit einem höherem Säurebedarf von im Mittel 5,38 (\pm 1,80) l/m³ für pH 6, 6,78 (\pm 2,15) l/m³ für pH 5,5 und 7,44 (\pm 2,34) l/m³ für pH 5. Der Säurebedarf der untersuchten Schweinegülle lag zwischen Rindergülle und Gärrest. Bei der Ansäuerung während der Ausbringung wird nach Neumann (2019) eine Menge von 1–3 l H₂SO₄/m³ bei Rinder- und Schweinegülle und 4–6 l/m³ bei Gärresten benötigt. Die Angaben stimmen mit der hier ermittelten Säuremenge für pH 6 bei Rindergülle und Gärresten überein. Schweinegülle benötigt nach den bisherigen Ergebnissen eine höhere Menge von 4,39 l/m³. Nach Reguiero et al. (2016) ist die benötigte Menge an Säure zur Senkung des pH-Wertes bei Milchviehgülle höher im Vergleich zu Schweinegülle aufgrund der höheren Pufferkapazität von Milchviehgülle.

Die ermittelte Säuremenge von 4,86 l/m³ bei Schweinegülle für pH 5,5 stimmt bei einer Dichte von 1,84 kg/l und einer daraus resultierenden Menge von 8,94 kg/m³ nicht mit den Angaben des Herstellers überein. Demnach beträgt bei einer Ansäuerung im Stall die Säuremenge 3 bis 7 kg/m³ für Rinder- und Schweinegülle. Bei Kupper (2017) wurde eine deutlich höhere Menge genannt – bis zu 15 kg $\rm H_2SO_4/m³$ bei Schweinegülle. Die Säuremenge für Rindergülle stimmt mit im Mittel 6,31 kg/m³ bei pH 5,5 mit den Herstellerangaben überein.

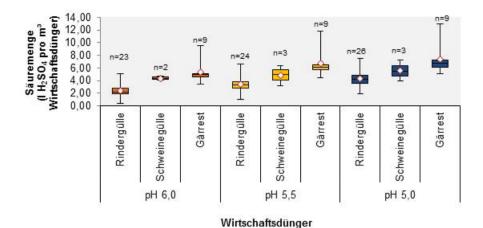


Abb. 1: Boxplot der benötigten Säuremengen zur Reduktion des pH-Wertes (© Höcherl) Fig. 1: Boxplot of the needed acid amount to reduce the pH (© Höcherl)

3.2 Beziehung zwischen Inhaltsstoffen und der Säuremenge

Die Korrelationsanalyse zeigte einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem pH-Wert des Wirtschaftsdüngers und der benötigten Säuremenge für pH 6 (r=0.82, p<0.0001), pH 5,5 (r=0.81, p<0.0001) und pH 5 (r=0.77, p<0.0001). Demnach nimmt mit zunehmend höherem pH-Wert des Wirtschaftsdüngers die benötigte Säuremenge an Schwefelsäure zur Senkung des pH-Wertes bis zum Zielwert zu.

Zudem konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen der benötigten Säuremenge und $N_{\rm ges}$ sowie für den NH_4 -N-Gehalt festgestellt werden (Abb. 2). Nach Reguiero et al.

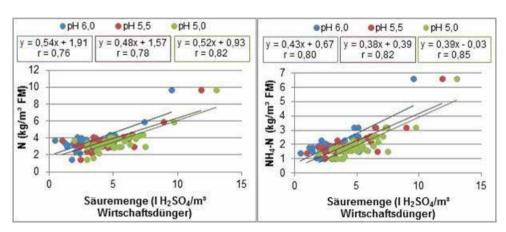


Abb. 2: Korrelation zwischen NH_4 -N und der Säuremenge sowie zwischen N_{ges} und der Säuremenge ($^{\circ}$ Höcherl)

Fig. 2: Correlation between ammonia nitrogen and the acid amount as well as total nitrogen and the acid amount (® Höcherl)

(2016) hängt die Säuremenge von den Anionen des Puffersystems des Wirtschaftsdüngers ab. Das Puffersystem von Wirtschaftsdüngern setzt sich überwiegend aus NH₃-N, Carbonaten, Phosphaten und flüchtigen Fettsäuren zusammen (Sommer und Husted 1995). In der flüssigen Phase von Wirtschaftsdüngern liegt ein chemisches Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammoniumstickstoff und Ammoniak vor. Dieses ist vom pH-Wert des Wirtschaftsdüngers und der Temperatur abhängig. Mit absinkendem pH-Wert verschiebt sich dieses Gleichgewicht in Richtung Ammoniumstickstoff. Das Ammonium/Ammoniak-Puffersystem könnte demnach eine Ursache für die Korrelation zwischen Ammoniumstickstoff und der Säuremenge sein. Die Korrelation der Säuremenge mit dem Gesamtstickstoffgehalt von Wirtschaftsdüngern lässt sich anhand der Abhängigkeit der beiden Merkmale Ammoniumstickstoff und Gesamtstickstoffgehalt erklären.

Zudem konnte ein moderater Zusammenhang zwischen der Säuremenge und dem Phosphatgehalt der Gülle beobachtet werden. Der Korrelationskoeffizient für eine Säuremenge für pH 6 und P_2O_5 lag bei r=0.60 (p < 0.001), für pH 5,5 bei r=0.61 (p < 0.001) und für pH 5 bei r=0.67 (p < 0.0001). Phosphate gelten als ein Bestandteil des Puffersystems nach Sommer und Husted (1995).

Bei einer Betrachtung der Wirtschaftsdünger je Herkunft fand sich ein hoher Zusammenhang zwischen Phosphat und der Säuremenge bei Gärresten mit einem Korrelationskoeffizient von r=0.94 (p < 0,01) für pH 6, r=0.95 (p < 0,01) für pH 5.5 und r=0.95 (p < 0,01) für pH 5. Bei Schweine- und Rindergülle konnte kein Zusammenhang zwischen der Säuremenge und dem Phosphatgehalt ermittelt werden. Da die Probenzahl für Gärreste sehr gering ist (n = 7) muss die Grundgesamtheit an Gülle noch erhöht werden, um eine repräsentative Aussage treffen zu können.

Zwischen der Säuremenge und dem Trockensubstanzgehalt, der organischen Substanz sowie dem Kaliumgehalt konnten keine Zusammenhänge ermittelt werden.

4 Fazit

Wirtschaftsdünger unterscheiden sich in ihrer benötigten Säuremenge zur Senkung des pH-Wertes. Gärreste benötigen eine signifikant höhere Säuremenge im Vergleich zu Rindergülle. Die benötigte Säuremenge bestimmt letztendlich auch die laufenden Kosten bei der Ansäuerung. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer Ansäuerung von Gärresten mit hohen Ammoniumgehalten und einer pH-Wert-Senkung auf pH 6 die Säurekosten deutlich ansteigen können. In den noch laufenden Versuchen soll die teilweise noch geringe Grundgesamtheit an untersuchter Gülle erweitert werden.

Literatur

- Fangueiro, D.; Hjorth, M.; Gioelli, F. (2015): Acidification of animal slurry a review. Journal of environmental management 2015(149), pp. 46–56
- Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Freibauer, A.; Döring, U.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Osterburg, B. (2016): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2014: Report on methods and data (RMD) Submission 2016. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 39
- Kupper, T. (2017): Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als Massnahme zur Reduktion von Ammoniakemissionen in der Schweiz Aktueller Stand. Berner Fachhochschule
- Neumann, S. (2019): Stickstoff maximal ausnutzen. Bauernzeitung, 3. Woche 2019, S. 30–31
- Regueiro, I.; Coutinho, J.; Fangueiro, D. (2016): Alternatives to sulfuric acid for slurry acidification: impact on slurry composition and ammonia emissions during storage. Journal of Cleaner Production 131, pp. 296–307
- Sommer, S. G.; Husted, S. (1995): The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. Journal of Agricultural Science 124(01), pp. 45

Förderung

Das Projekt "Gülleansäuerung" wird vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.

Die partielle Unterflurabsaugung zur Senkung der Emissionen und Verbesserung des Tierschutzes bei natürlich belüfteten Rinderställen

The partial underfloor suction to reduce the emissions and improve the animal welfare in naturally ventilated cattle stables

JULIAN HARTJE, STEFAN LINKE

Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig; julian.hartje@thuenen.de

Zusammenfassung

Aufgrund von EU-Vorgaben ist Deutschland in den kommenden Jahren gezwungen, seine Ammoniakemissionen deutlich zu senken. Seit Jahren sind die Landwirtschaft und insbesondere die Rinderhaltung Hauptverursacher dieser Emissionen.

Das dargestellte Projekt simuliert das Emissionsminderungspotenzial in einem frei belüfteten Rinderstall durch eine partielle Unterflurabsaugung. Hierbei wird mechanisch ein Luftvolumenstrom unterhalb der Spaltenböden abgesaugt und einem Luftwäscher zugeführt. Neben der Senkung des Ammoniakmassenstroms in die Umwelt wird ebenfalls die Durchströmungscharakteristik des Stalles betrachtet.

Die Ergebnisse der Simulation zeigen, dass der Emissionsmassenstrom von Ammoniak deutlich gesenkt werden kann. Ferner wird eine Verbesserung der Durchlüftung des Stalles besonders im windabgewandten Bereich erzielt.

Die Untersuchungen und Auslegung der Unterflurabsaugung erfolgen mithilfe der numerischen Strömungssimulation.

Summary

Due to EU regulations, Germany will be forced to significantly reduce its ammonia emissions in the coming years. For years, agricultural and especially cattle farming have been the main causes of these emissions.

This project simulates the emission reduction potential in a naturally ventilated cattle stable due to a partial underfloor suction. Here, an air volume flow below the slatted floors is extracted mechanically and fed to an exhaust air treatment system. Besides the reduction of the ammonia mass flow into the environment, the indoor airflow is considered as well.

The results of the simulations have shown that the emission mass flow of ammonia can be significantly reduced. Moreover, an improvement of the indoor airflow is achieved, especially in the area facing away from the wind.

The investigations and dimensioning of the underfloor suction are done with computational fluid dynamics.

1 Einleitung

Versauerung und Stickstoffanreicherungen im Erdreich und in Gewässern sind Belastungen der Ökosysteme, die auf Ammoniak zurückgeführt werden können (UBA 2014). Die von der EU herausgegebene NERC-Richtlinie 2016/2284 (2016) legt die Emissionsminderungsmengen für konkrete Luftschadstoffe in den kommenden Jahren fest. Für den Luftschadstoff Ammoniak bedeutet das in Deutschland eine Reduktion um 5 % in jedem Jahr zwischen 2020 bis 2029 und ab 2030 in jedem Jahr um 29 %, gemessen am Stand von 2005.

Die Ammoniakemissionen in Deutschland betrugen im Jahr 2005 laut Umweltbundesamt 625.000 t und sind bis zum Jahr 2016 auf 663.000 t angestiegen (UBA 2018). Die Landwirtschaft ist mit knapp 95 % dabei die größte Quelle der Emission von Ammoniak (UBA 2018). Besonders die Rinderhaltung tritt im landwirtschaftlichen Bereich in den Fokus. Ihr wird ein Anteil von 52 % an der Freisetzung von Ammoniak zugeschrieben (UBA 2014). Laut Haenel et al. (2018) entfallen davon 32,4 % auf den Stall und 9,0 % auf die Güllelagerung.

Eine Möglichkeit zur Reduzierung der (Ammoniak-)Emissionen bietet die Unterflurabsaugung (Jungbluth et al. 2005, UBA 2015). Im Unterflurbereich wird ein Volumenstrom abgesaugt und in der Regel einer Abluftreinigungsanlage zugeführt. Dieses System wurde am Thünen-Institut für Agrartechnologie für einen zwangsbelüfteten Schweinestall entwickelt (Krause et al. 2010, Krause 2012). Ziel ist es nun, dieses Konzept in einen frei belüfteten Rinderstall zu übertragen.

Neben der Reduzierung der Emissionen wird außerdem erwartet, dass es zu einer Verbesserung der Durchströmungscharakteristik im Stall kommt. Dies wäre vor allem an heißen und windstillen Tagen von Bedeutung, da es durch die Absaugung zu einem verbesserten Luftstrom durch das Stallinnere im Vergleich zu einem System ohne Absaugung kommen kann. Durch den so entstehenden Wind-chill-Effekt (DWD 2019) wird möglicherweise die Gefahr von Hitzestress für die Tiere gesenkt.

2 Material und Methoden

2.1 Stall und Stallmodell

Der in diesem Projekt simulierte Kuhstall ist ein Entwurf vom beteiligten Projektpartner Norddeutsche Bauernsiedlung GmbH. Er basiert auf deren neustem Entwicklungsstand und wurde um eine partielle Unterflurabsaugung erweitert. Die Maße des Stalles betragen 12 x 43 x 78 m (H x B x T). Er ist für 255 Milchkühe ausgelegt und hat auf beiden Traufseiten jeweils einen Futtergang. Die Tiere laufen auf Vollspaltenböden und die Liegeboxen sind eingestreut. Unterhalb der Spaltenböden befinden sich zwei voneinander unabhängige Güllekeller. Die Lüftung kann über Jalousien an den Traufseiten geregelt werden.

Das in den bisherigen Berechnungen verwendete Stallmodell ist ein Teilsegment des Gesamtstalles mit einer Tiefe von 19 m. Die Reduzierung fand aufgrund begrenzter Rechenkapazitäten statt. Sowohl die Spaltenböden als auch die Kühe (hier 14 Tiere) wurden ausmodelliert. Nicht berücksichtigt wurden bislang die Jalousien, da alle Berechnungen bei voll geöffneten Seitenwänden durchgeführt wurden.

2.2 Numerische Strömungssimulation

Mithilfe der numerischen Strömungssimulation lässt sich für ein geometrisches Modell eine Vielzahl von verschiedenen Randbedingungen untersuchen. So können beispielsweise die Temperatur oder die Geschwindigkeit einer Strömung variiert werden, ohne dass ein neues Modell zu generieren ist.

In dem hier beschriebenen Projekt wurde die Software Star-CCM+ der Firma Siemens in der Version 12.06.011 verwendet. Es wurden RANS-Simulationen (Reynolds averaged Navier Stokes) durchgeführt. Zur Schließung des Gleichungssystems der turbulenten Strömung diente das Realizable k-ε-Two-Layer Modell. Die Turbulenzintensität betrug 1 %. Die Größe der Rechenumgebung lag bei 61 x 340 x 19 m (H x B x T) bei einer durchschnittlichen Elementkantenlänge von 2,262 m. Dies führte zu einer Elementanzahl von 3.026.268. Zur Simulation der Ausbreitung von Ammoniak wurde auf die Oberfläche der Gülle sowie die Ober- und Seitenflächen des Spaltenbodens eine Ammoniakkonzentration von 20 ppm gesetzt und über einen passiven Skalar simuliert. Die Gülleoberfläche wurde dabei als Wand dargestellt.

Es wurden verschiedene Windgeschwindigkeiten und Absaugvolumenströme untersucht. Erstere wurden über ein parabelförmiges Geschwindigkeitsprofil (Gl. 1) am Einlass aufgeprägt.

$$v_x(h) = v_{10} \left(\frac{h}{10}\right)^{0.262}$$
 (Gl. 1)

Hier sind v_{10} die Referenzgeschwindigkeit in einer Höhe von 10 m in m/s und h die Höhe in m. In den Darstellungen der Ergebnisse in Kapitel 3 wird als Anströmgeschwindigkeit stets v_{10} angegeben.

Die dort dargestellten Absaugvolumenströme ergaben sich durch die Betriebsdrehzahl der Ventilatoren, die zwischen dem Güllekeller und dem Absaugkanal eingebaut sind. Die Modellierung dieser Ventilatoren erfolgte über ein Fan-Interface, bei dem die Kennlinie des Ventilators bei einer bestimmten Drehzahl eingelesen wird und davon ausgehend die Performance bei einer beliebigen anderen Drehzahl über die Fan-Gesetze ermittelt wird. Die Aufprägung auf das Strömungsfeld erfolgt dann über einen Drucksprung in der Ventilatorebene.

Der Einlass wurde als velocity-inlet und der Auslass als pressure-outlet mit der Randbedingung von 0 Pa modelliert. Die giebelseitigen Begrenzungen der Rechenumgebung wurden als symmetry-plane dargestellt. Die obere Begrenzung der Rechenumgebung wurde ebenfalls als symmetry-plane dargestellt, da so eine stabile Simulation gewährleistet werden konnte.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Simulationen haben gezeigt, dass es ein hohes Potenzial zur Minderung des Ammoniakmassenstroms eines frei belüfteten Rinderstalles durch die partielle Unterflurabsaugung gibt. In Abbildung 1 ist das Stallsegment ohne und mit Unterflurabsaugung dargestellt. Beide Simulationen wurden mit einer Anströmgeschwindigkeit (v_{10}) von 3 m/s durchgeführt. Die Luft strömt in beiden Fällen von links nach rechts.

Es ist zu erkennen, dass in der Konfiguration ohne Unterflurabsaugung (links) die Luft in die Güllekeller eintaucht und mit Ammoniak angereichert wieder in den Oberflurbereich eintritt. Dadurch steigt die Ammoniakkonzentration in Strömungsrichtung im Stall an und entweicht ungehindert in die Umwelt.

Die Unterflurabsaugung im rechten Bild sorgt dafür, dass die Strömung, die in die Güllekeller eintaucht, durch den negativen Druckgradienten zwischen Ober- und Unterflurbereich dort gehalten und in den Absaugkanal gesogen wird. Die Ammoniakkonzentration im Oberflurbereich steigt nur noch gering in Strömungsrichtung an, sodass deutlich weniger Ammoniak in die Umwelt entweicht.

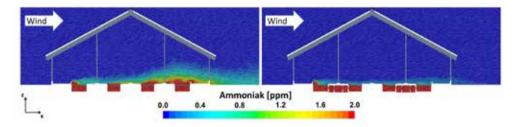


Abb. 1: Resultierende Ammoniakkonzentration bei einer Anströmgeschwindigkeit (v_{10}) von 3 m/s ohne (links) und mit (rechts) Unterflurabsaugung ($^{\circ}$ Hartje)

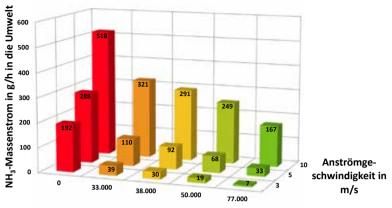
Fig. 1: Resulting ammonia concentration at a wind speed (v_{10}) of 3 m/s without (left) and with (right) underfloor suction ($^{\circ}$ Hartje)

Eine Übersicht zu den resultierenden NH₃-Massenströmen aus dem Stall in die Umwelt bei weiteren variierten Randbedingungen (Anströmgeschwindigkeit und Absaugvolumenstrom) bietet Abbildung 2.

Es zeigt sich, dass mit steigender Anströmgeschwindigkeit aufgrund des daraus resultierenden höheren Volumenstromes durch den Stall auch der Massenstrom von Ammoniak in die Umwelt zunimmt (Gl. 2).

$$\dot{m}_{NH_3} = \dot{V}_{Luft} * C_{NH_3} \tag{Gl. 2}$$

Hierin sind \dot{m}_{NH_3} der Ammoniakmassenstrom in kg/h, \dot{V}_{Luft} der Volumenstrom der Luft durch den Stall in m^3 /h und C_{NH_2} die Konzentration von Ammoniak in der Luft in kg/ m^3 .



Absaugvolumenstrom in m³/h pro Kanal

Abb. 2: Resultierende $\rm NH_3$ –Massenströme in die Umwelt aus dem Stall für verschiedene Anströmgeschwindigkeiten und Absaugvolumenströme ($^{\odot}$ Hartje)

Fig. 2: Resulting $\rm NH_3$ mass flows from the stable into the environment for different wind speeds and suction volume flows ($^{\odot}$ Hartje)

Darüber hinaus wird deutlich, dass bereits bei kleinen Absaugvolumenströmen der Ammoniakmassenstrom in die Umwelt deutlich abnimmt. Hier können theoretische Minderungen von bis zu 96 % (77.000 m³/h bei 3 m/s) gegenüber einem Stall ohne Unterflurabsaugung (0 m³/h) bei gleicher Anströmgeschwindigkeit erreicht werden.

Werden ferner die Strömungsgeschwindigkeiten im windabgewandten Stallbereich betrachtet, zeigt sich ebenfalls ein positiver Einfluss der Unterflurabsaugung. Eine in diesem Stallteil positionierte Messstelle in Höhe von 1,5 m verzeichnet größere Strömungsgeschwindigkeiten in x-Richtung bei angeschalteter Unterflurabsaugung als ohne (Abb. 3, links). Der Einfluss einer Erhöhung des Absaugvolumenstroms ist hier allerdings gering. Die Geschwindigkeit in x-Richtung steigt dadurch kaum weiter an.

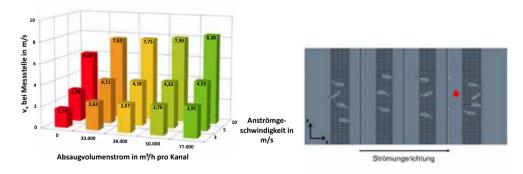


Abb. 3: Strömungsgeschwindigkeit in x-Richtung an eingezeichneter Messstelle (rechtes Bild, roter Punkt) in 1,5 m Höhe für verschiedene Anströmgeschwindigkeiten und Absaugvolumenströme (© Hartje) Fig. 3: Flow velocity in x-direction at the marked position (right picture, red dot) in a hight of 1.5 m for different wind speeds and suction volume flows (© Hartje)

4 Zusammenfassung und Ausblick

Für ein Stallsegment wurden numerische Simulationen durchgeführt, um den Einfluss einer partiellen Unterflurabsaugung auf den Ammoniakmassenstrom in die Umwelt und die Strömungscharakteristik im Stallinneren zu untersuchen.

Es hat sich gezeigt, dass für beide Betrachtungen eine Verbesserung bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und Absaugvolumenströmen erzielt werden kann. Durch die Absaugung wird der Massenstrom von Ammoniak in die Umwelt deutlich gesenkt. Außerdem wird besonders der hintere, windabgewandte Teil des Stalles besser durchlüftet, wodurch hier die Luftqualität im Vergleich zu einem Stall ohne Absaugung steigt.

Im weiteren Projektverlauf werden Untersuchungen bei Windstille und außerdem bei geschlossenen Jalousien durchgeführt. Ferner wird ein numerisches Modell des Gesamtstalles aufgebaut. Dies soll zum einen zur Validierung der Rechnungen am Segment und zum anderen zur Untersuchung des Strömungsverhaltens im Stallinneren bei Schräganströmung und bei geöffneten Toren dienen.

Literatur

- DWD (2019): Wind Chill-Effekt. https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar. html?lv2=102936&tlv3=103172, Zugriff am 06.03.2019
- Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Döring, U.; Wulf, S., Eurich-Menden, B.; Freibauer, A.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Osterburg, B. (2018): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 2016. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2018. Schriftenreihe: Thünen Report 57, Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut
- Jungbluth, T.; Büscher, W.; Krause, M. (2005): Technik Tierhaltung: Grundwissen Bachelor. Stuttgart, UTB GmbH, 1. Aufl.
- Krause, K.-H.; Müller, H.-J.; Mußlick, M.; Linke, S (2010): Mit intelligenter Lüftung gehen Tiergesundheit, Umweltschutz und Energieeinsparung zusammen. Landtechnik 1, S. 15–19
- Krause, K.-H. (2012): Verfahren und Vorrichtung zum Be- und Entlüften. Erfinder: K.-H. Krause und M. Mußlick. 04.07.2012. Anmeldung: 27.10.2009. EP, Patentschrift EP2181583B1
- UBA (2014): Ammoniak, Geruch und Staub. https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/ammoniak-geruchstaub#textpart-1, Zugriff am 06.03.2019
- UBA (2015): Neues Lüftungskonzept gegen Ammoniak aus Mastställen. https://www.umweltbundesamt.de/themen/neues-lueftungskonzept-gegen-ammoniak-aus, Zugriff am 06.03.2019
- UBA (2018): Ammoniak-Emissionen. https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luft-schadstoff-emissionen-in-deutschland/ammoniak-emissionen#textpart-1, Zugriff am 06.03.2019

Methodenentwicklung zur Erhebung der Ammoniakfreisetzung aus Außenklimaställen und Laufhöfen

Method development for the determination of the ammonia emission load from outdoor climate stables and running yards

KATJA BONKOSS, WOLFRAM BONKOSS, STEFAN NESER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising; katja.bonkoss@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Die Höhe der Ammoniakemissionen und Stickstoffeinträge in die Umgebung stellt eines der wichtigsten und dementsprechend genehmigungsrelevanten Beurteilungskriterien für die Umweltwirkung eines Tierhaltungsverfahrens dar. Bei Außenklimaställen und Laufhöfen stellt die Erhebung sogenannter $\rm NH_3$ -Emissionsfaktoren (kg $\rm NH_3$ -N pro Tierplatz und Jahr) eine besondere Herausforderung dar, da sie nur mit speziellen und aufwendigen Messtechniken zu bewerkstelligen ist.

Vor diesem Hintergrund wird an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ein entsprechendes Verfahren für die Offenpfadmessung mit Diodenlaser-Absorptionsspektrometern entwickelt und getestet. Nach verschiedenen Verfahrensanpassungen konnten bereits mehrere erfolgreiche Konzentrationsmessungen in frei belüfteten Ställen realisiert werden. Der eigens konzipierte Messtunnel für Laufhöfe befindet sich noch in der Erprobungsphase.

Summary

The level of ammonia emissions and nitrogen discharges into the environment is one of the most important criteria for assessing the environmental impact of a livestock farming system. The collection of so-called NH_3 emission factors (kg NH_3 -N per animal place and year) poses a particular challenge for outdoor climate sheds and running yards, as it can only be achieved with special and complex collection techniques.

Against this background, a corresponding method for open path measurement with diode laser absorption spectrometers is being developed and tested at the Bavarian State Research Center for Agriculture. After various process adaptations, several successful concentration measurements have already carried out in freely ventilated stables. The specially designed measuring tunnel for running yards is still in the testing phase.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Gasförmiges Ammoniak und seine ammoniumhaltigen Umwandlungsprodukte gehören zu den wichtigen umweltrelevanten Emissionen aus der Tierhaltung. Um die gesetzliche Verpflichtung zur Luftreinhaltung zu erfüllen, werden die Ammoniakemissionen der Ställe in Form sogenannter Emissionsfaktoren (kg $\mathrm{NH_3}\text{-N}$ pro Tierplatz und Jahr) erhoben und bewertet.

Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Emissionsratenbestimmung an den inzwischen weit verbreiteten frei belüfteten Tierhaltungssystemen dar, da hier mehrere diffuse Flächenquellen auftreten. Diese offene Bauweise weist zwar einige Vorteile u. a. hinsichtlich Tiergesundheit und überschaubarer Bau- und Betriebskosten auf, erhöht jedoch andererseits die Belastung des direkten Nahbereichs durch Luftschadstoffe wie Ammoniak. Werden diese Ställe um Auslaufflächen bzw. Laufhöfe im Freien ergänzt, kann sich dies ebenfalls auf die Höhe sowie zeitliche und räumliche Verteilung der Ammoniakemissionen auswirken.

Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen eines Forschungsvorhabens (gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) eine angepasste Erhebungsmethodik für die Ammoniakemissionsfracht aus Außenklimaställen und Laufhöfen erarbeitet. Außerdem soll die zeitliche und räumliche Dynamik und Höhe der Emissionen auf verschiedenen Praxisbetrieben in Bayern untersucht und die Wirksamkeit von emissionsmindernden Maßnahmen v.a. im Bereich Entmistungsmanagement geprüft werden.

2 Material und Methode

Die im Forschungsvorhaben formulierten methodischen Schwerpunkte ergeben sich aus den Schwierigkeiten bei der Erhebung von $\mathrm{NH_3}$ -Emissionsraten an Außenklimaställen und Laufhöfen. Dies sind im Einzelnen:

- Die Bestimmung der Ammoniakkonzentration bzw. -fracht aus diffusen Flächenquellen erfordert unterschiedliche methodische Ansätze für Ställe und Laufhöfe.
- Bei der Luftwechselbestimmung mittels CO₂-Massenbilanzmethode stellt die möglichst genaue Kalkulation der CO₂-Produktion von Tieren und Wirtschaftsdünger im Stall eine besondere Herausforderung und bedeutende potenzielle Fehlerquelle dar (Nadége et al. 2016, König et al. 2018).
- Bei der vorrangig eingesetzten Bestimmungsmethodik wird ein Fourier-Transform-Infrarotspektrometer (FTIR) zur Konzentrationsmessung von NH₃ und einem künstlichen oder natürlichen Tracergas (bspw. Schwefelhexafluorid (SF₆), CO₂) eingesetzt, was hohen zeitlichen, finanziellen und personellen Aufwand erfordert und unter freier Lüftung aufgrund zahlreicher Zudosage- (bei SF₆) und Probenahmestellen nur schwer umsetzbar ist.

Um bei unter 0,5 ppm Ammoniak, schwankender Anströmung und ohne Entnahmestellen messen zu können, wird am Institut für Landtechnik und Tierhaltung ein sogenannter Diodenlaser-Absorptionsspektrometer (Typ LaserGasTM II OP Monitor; Fa. NEO Monitors) erprobt. Hierbei wird durch Aussenden von Nahinfrarotstrahlung entlang eines Offenpfades und Detektion der reflektierten Restlichtintensität die mittlere Ammoniakmenge bestimmt. Es wird ein schmalbandiger, stoffcharakteristischer Spektralbereich verwendet, um Querempfindlichkeiten zu Begleitstoffen wie Wasser zu vermeiden. Zur Luftwechselmessung innen kommen NH₃- und CO₂-Ausführung kombiniert zum Einsatz. Hierzu werden die Gerätekomponenten auf fein justierbaren Stativen befestigt (Transceiver, Abb. 1 links) bzw. an der Stallwand (Reflektor, Abb. 1 rechts) verschraubt. Die Verfahrensvorteile liegen u. a. darin, dass eine sehr genaue, nahezu kontinuierliche und längerfristige Messung bei geringem Installationsaufwand und überschaubaren Betriebskosten realisierbar sind.





Abb. 1: Transceiver (links) und Reflektor (rechts) des Absorptionsspektrometers (© LfL) Fig. 1: Transceiver (left) and receiver (right) of the absorption spectrometer (© LfL)

Für die Messungen an Auslaufflächen im Freien kommt ein segmentierter Messtunnel zum Einsatz (Abb. 2, links), der an die Länge der emissionsaktiven Fläche angepasst werden kann. In seinem Innern werden Sende- und Empfangseinheit des zweiten NH₃-Lasers bodennah auf Stativen befestigt (Abb. 2, rechts).

Mit dieser Messanordnung soll der kontinuierliche Anstieg der Ammoniakkonzentration bis zum Erreichen des "steady state" gemessen werden. Die Ammoniakfreisetzung aus der Fläche entlang der Zeit wird anhand von Dauer und Intensität dieser $\rm NH_3$ -Anreicherung ermittelt.





Abb. 2: Tunnelelement für die Laufhofmessungen (links) und Transceiver (rechts) auf einem Tunnelstativ (© LfL)

Fig. 2: Tunnel segment for the running yard measurements (left) and transceiver (right) on a special tripod (© LfL)

Zusätzlich werden meteorologische Begleitdaten (u.a. Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Luftdruck) per Ultraschallanemometer bzw. Absorptionsspektrometer aufgezeichnet und die für die Emissionsratenberechnung relevanten Betriebsrahmendaten (u.a. Tiergewichte, Laktationsdauer, Entmistungsmanagement und Bodenausgestaltung) erhoben.

3 Ergebnisse

In Abbildung 3 werden die per LaserGasTM gemessenen Ammoniakkonzentrationen in einem Liegeboxenlaufstall (80 Milchkühe) gezeigt: Im Februar lagen sie trotz Temperaturen um den Gefrierpunkt durchschnittlich rund 1,5 ppm über den Werten im Monat Juli, da der Einsatz von Windschutznetzen im Winter den Luftwechsel behinderte und den Temperatureinfluss größtenteils überformte.

Parallele FTIR-Messungen zeigten insgesamt vergleichbare Ergebnisse mit größeren Abweichungen unter niedrigsten Windgeschwindigkeiten und stärkeren Richtungsfluktuationen.

In Stallmessungen bewies das Verfahren bereits hohe Mobilität und Messwertstabilität, wobei sich auch der niedrige Konzentrationsbereich von unter 0,5 ppm noch zuverlässig messen ließ.

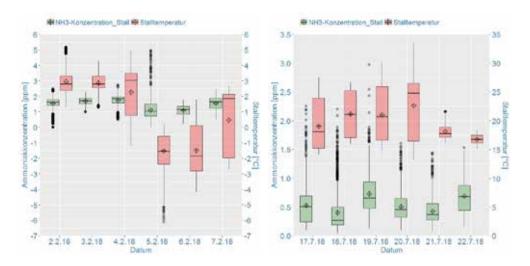


Abb. 3: Ammoniakkonzentrationen in einem Außenklimamilchviehstall mit rund 80 Tieren (links: Messung im Februar; rechts: Messung im Juli) (© LfL)

Fig. 3: Ammonia concentrations in an outdoor climate stable for around 80 milking cows (left: in February; right: in July) (© LfL)

Beim Vergleich der ersten Konzentrationsmessergebnisse (drei Außenklimaställe mit 80, 100 bzw. 200 Milchkühen, Teilspaltenboden, ohne Laufhöfe; ein bis drei einwöchige Kampagnen) mit Literaturdaten (Barrancos et al. 2013, Ngwabie et al. 2009, Ngwabie et al. 2011, Rong et al. 2014, Samer et al. 2011, Schrade et al. 2012) zeigt sich, dass die in Ställen mit 80 bzw. 100 Milchkühen vorgenommenen Messungen vorwiegend im vergleichsweise niedrigen Konzentrationsbereich von weniger als 0,2 ppm bis 3,6 ppm lagen, während in einem Stall mit rund 200 Tieren im Sommer in einer Einzelkampagne bis zu 7,3 ppm beobachtet wurden. Auch die mittleren Ammoniakkonzentrationen aus den bisherigen Kampagnen waren bei den beiden Ställen mit geringerem Tierbesatz vergleichsweise niedrig: In den Ställen mit 80 bzw. 100 Tieren wurden mittlere Ammoniakkonzentrationen von 0,4 bis 1,5 ppm beobachtet, während es in der Sommermessung bei 200 Milchkühen im Mittel 2,7 ppm waren. Bei den in diesem Textabschnitt genannten Autoren wurde eine Beobachtungsspanne von 1,3 bis 7,3 ppm (Median 3,1 ppm) für Außenklimaställe über verschiedene Jahreszeiten hinweg gefunden.

Nachdem die Messausstattung zu den bisherigen Terminen noch nicht vervollständigt bzw. einsatzbereit war, konnten noch keine ${\rm CO_2}$ -Konzentrationsmessungen für den Luftwechsel im Stall vorgenommen werden. Die Praxiserhebungen an Laufhöfen haben Anfang des zweiten Quartals 2019 begonnen.

4 Fazit

Die hohe Mobilität und Messwertstabilität (auch im niedrigen Konzentrationsbereich) der Diodenlaser-Absorptionsspektrometer zeigte die Eignung dieses Verfahrens für die Emissionsratenbestimmung an frei belüfteten Ställen. Die bisher gemessenen Ammoniakkonzentrationen sind mit Literaturdaten vergleichbar und liegen dabei vorwiegend im niedrigen Konzentrationsbereich.

Durch Befestigung der Gerätebauteile auf speziell angepassten bzw. fein justierbaren Stativen konnten diese sowohl für Erhebungen im Stall als auch draußen via Messtunnel variabel eingesetzt werden. Da seit dem zweiten Quartal 2019 mit dem Messtunnel Erhebungen an außen liegenden Laufhöfen vorgenommen werden, ist in den kommenden Monaten mit ersten Ergebnissen aus diesem Bereich zu rechnen.

Literatur

- Barrancos, J.; Briz, S.; Nolasco, D.; Melián, G.; Padilla, G.; Padrón, E.; Fernández, I.; Pérez, N.; Hernández, P.A. (2013): A new method for estimating greenhouse gases and ammonia emissions from livestock buildings. Atmospheric Environment 74, p. 10
- König, M.; Hempel, S.; Janke, D.; Hempel, S.; Amon, B.; Amon, T. (2018): Variabilities in determining air exchange rates in naturally ventilated dairy buildings using the CO₂ production model. Biosystems Engineering. 174, pp. 249–259
- Nadége, E.; Mosquera, J.; van Dooren, H. J. C.; Mendes. L. B.; Ogink N. W. M. (2016): Comparison of $\rm CO_2$ and $\rm SF_6$ -based tracer gas methods for the estimation of ventilation rates in a naturally ventilated dairy barn. Biosystems Engineering 149, pp. 11–23
- Ngwabie, N. M.; Jeppson; K.-H.; Nimmermark, S.; Swensson, C.; Gustaffson, G. (2009): Multilocation measurements of greenhouse gases and emission rates of methane and ammonia from a naturally-ventilated barn for dairy cows. Biosystems Engineering 103, p. 68
- Ngwabie, N. M.; Jeppson, K.-H.; Gustaffson, G.; Nimmermark S. (2011): Effects of animal activity and air temperature on methane and ammonia emissions from a naturally ventilated building for dairy cows. Atmospheric Environment 45, p. 6760
- Rong, L.; Liu, D.; Pedersen, E. F.; Zhang, G. (2014): Effect of climate parameters on air exchange rate and ammonia and methane emissions from a hybrid ventilated dairy cow building. Energy and Buildings 82, p. 632
- Samer, M.; Loebsin, C.; Fiedler, M.; Ammon, C.; Berg, W.; Sanftleben, P.; Brunsch, R. (2011): Heat balance and tracer gas technique for airflow rates measurement and gaseous emissions quantification in naturally ventilated livestock buildings. Energy and Buildings 43, p. 3718
- 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, p. 183

Automatisiert erfassbare Daten in der Nutztierhaltung – Ein Überblick und zukünftige Forschungsansätze

Automated Data Recording in Livestock Farming – An Overview and Future Research Approaches

PHILIPP HÖLSCHER, ENGEL FRIEDERIKE HESSEL

Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig; philipp.hoelscher@thuenen.de

Zusammenfassung

Die automatisierte Datenerfassung bei der Haltung der Nutztierarten Rind, Schwein und Geflügel ermöglicht eine kontinuierliche Online-Bewertung tierbezogener Daten, Klimaund Umweltdaten sowie Anlagendaten. Der Markt bietet eine Vielzahl unterschiedlicher
Sensorsysteme, die in Abhängigkeit von ihrer Funktionsweise charakterisiert werden
können. Mithilfe einer Datenbank werden der derzeitige Umfang und die Nutzungspotenziale der zur Verfügung stehenden Sensortechnik aufgeführt. Darüber hinaus werden
Defizite aufgezeigt und zukünftige Forschungsbereiche definiert.

Summary

Automated data recording in livestock farming enables continuous online assessment of animal-related data, climate and environment data as well as construction data. The market offers a variety of sensor systems, which can be characterized in their functionality. With the aid of a database the current extends and potentials of the available sensor technologies are listed. In addition, deficits are identified and future research approaches are defined.

1 Einleitung und Zielsetzung

Mit der Einführung von Computern und Sensoren in die Landwirtschaft um 1980 (Schön 1993) hat sich diese rasant zum derzeitigen "Precision Farming" und "Precision Livestock Farming" weiterentwickelt. Eine Vielzahl unterschiedlichster Sensoren erhebt kontinuierlich Daten, die auf verschiedenen Plattformen gespeichert und mit vielfältigen Softwaresystemen verarbeitet werden (Stiene et al. 2017). Der derzeitige Markt für Sensortechnik im Bereich der Nutztierhaltung von Rindern, Schweinen und Geflügel bietet Sensorsysteme, die eine kontinuierliche Online-Bewertung tierbezogener Daten, Klimaund Umweltdaten sowie Anlagendaten ermöglichen. Es besteht derzeit keine konsistent zusammenfassende Darstellung der aktuell verfügbaren Sensorsysteme, obwohl großes Interesse sowohl in der Praxis als auch in der Wissenschaft und Forschung besteht.

Sensorsysteme bieten vielfältige Möglichkeiten die Nutztierhaltung zu optimieren. Der Markt ist umfangreich, aber aufgrund einer Vielzahl an Herstellern sehr unübersichtlich. Eine Datenbank ermöglicht eine redundanzfreie Darstellung sowie eine objektive Vergleichbarkeit und soll zunächst Aufschluss darüber geben, welcher Messwert in den Bereichen der tierbezogenen Daten, Klima- und Umwelt- sowie Anlagendaten vom Sensor erfasst wird. Des Weiteren sollen Details zur Sensortechnik und deren Funktionsweise aufgeführt und die Sensorperipherie charakterisiert werden, mit der die automatisiert erfassten Daten aufgezeichnet und ausgewertet werden. Anhand der detaillierten Bewertungskriterien in der Datenbank sollen zunächst die Verfügbarkeit und Verwendungsmöglichkeiten von Sensoren dargestellt werden. Darauf aufbauend soll zukünftiger Forschungsbedarf abgeleitet werden, sodass die Digitalisierung in der Nutztierhaltung effizient und zielorientiert verbessert und weiterentwickelt werden kann, um unter anderem auch das Tierwohl auf Einzeltierbasis zu erfassen und zu optimieren.

2 Material und Methoden

Die Informationsgewinnung für die Datenbank über Sensorsysteme zur automatisierten Datenerhebung in der Nutztierhaltung erfolgte primär durch eine systematische Literaturrecherche und sekundär durch Interviews mit Technologieunternehmen eines umfangreichen Unternehmensverzeichnisses.

Zur objektiven Bewertung und Vergleichbarkeit der Sensorsysteme wurden in der Datenbank insgesamt 19 Kriterien aufgeführt. Die Charakterisierung der Sensoren erfolgte zunächst nach den Tierarten Rind, Schwein oder Geflügel, wobei Mehrfachauswahlen möglich waren. Anschließend wurde die Nutzungsrichtung ausgewählt, wobei diese tierartspezifisch variieren und ebenfalls mehrfach ausgewählt werden konnte. Zur detaillierten Beschreibung der Sensoren und deren Messumgebung mussten die Einzelmerkmale "Messart", "Benennung der Sensorart", "Name des Unternehmens", "Unternehmensbezeichnung des Sensors", "Benennung des elektronischen Bauelements", "Kurzbeschreibung des Funktionsprinzips", die "praktische Samplingrate" sowie die (eher subjektive) "Einschätzung der Datenqualität" analysiert und eingegeben werden. Anschließend

wurden Informationen zur Sensorperipherie mit den Kriterien "Anzeigegerät", "Herstellername", "Softwarebezeichnung" und eine "Kurzbeschreibung des Sensorsystems" erfasst. Die Beschreibung der aufgezeichneten Sensordaten innerhalb der beschriebenen Datenquellen erfolgte mit den Kriterien "Dateiformat", "Reproduzierbarkeit der Werte" sowie "Daten-Exportfunktion".

3 Ergebnisse und Diskussion

Von den insgesamt 824 berücksichtigten Unternehmen wurden aus dem Bereich Tierhaltungstechnik 149 identifiziert, die Sensortechnik anbieten. Davon ist Deutschland mit 32 % das häufigste Herkunftsland, gefolgt von den Niederlanden mit 15 % sowie mit jeweils 6 % Frankreich und Italien. Von den 149 Unternehmen konnten insgesamt 355 Sensoren mit deren Peripherie in der Datenbank erfasst werden. Dabei sind 34 % der Sensoren der Rinder-, 28 % der Geflügel-, 18 % der Schweinehaltung sowie 20 % universell allen Tierarten zuzuordnen. Bei der Auswertung der Sensoren nach "Tierart" und "Datenerhebungsart" konnte festgestellt werden, dass 58 % der "Tierbezogenen Daten" den Rindern zuzuschreiben sind, wobei zwischen Daten zu spezifischen und unspezifischen Einzeltieren beziehungsweise Tiergruppen unterschieden wird. Die Gründe für die hohe Anzahl an Sensoren in der Rinderhaltung sind in der Nutzungsrichtung "Milchproduktion", bei der Kühe mit einer langen Nutzungsdauer gehalten werden, und in der Anatomie der Tiere, die es ermöglicht, Sensoren an Hals, Fessel oder Ohr anzubringen, zu suchen. Bei den "Klima- und Umweltdaten" handelt es sich um Sensoren, die im Stall beispielsweise die Lufttemperatur, Schadgaskonzentration oder Helligkeit erfassen. 49 % beziehungsweise 35 % der Klima- und Umweltsensoren sind den Tierarten "Geflügel" und "Schwein" zugeordnet, da es sich bei der Haltung vornehmlich um "geschlossene" Ställe mit aktiver Belüftung handelt. Des Weiteren hat das Stallund Umweltklima wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der beiden Tierarten (Möbius 2009). Rinder werden in der Regel in Außenklimaställen gehalten (Hoy et al. 2016), sodass Sensorsysteme zur aktiven Be- und Entlüftung noch eine untergeordnete Rolle spielen, aber der Einsatz hinsichtlich Emissionsminderung zunehmen könnte (BMEL 2019). Zur Erfassung von Anlagendaten zählen beispielsweise Wiegezellen, Stromzähler, Wasseruhren und Medikamentendosiereinrichtungen. 54 % der Sensoren sind der Tierart Geflügel zuzurechnen, da anhand der Verbrauchswerte die Tiergesundheit und -leistung überwacht werden. Da in der Rinderhaltung bereits sehr viele tierbezogene Daten erfasst werden, liegt der Anteil an Sensorsystemen für die Anlagendaten bei 12 %. Sofern zukünftig weitere tierbezogene Daten in der Schweineund Geflügelhaltung erfasst werden, könnte sich die Anzahl der Sensoren simultan zur Rinderhaltung entwickeln und entsprechend zunehmen (Abb. 1).

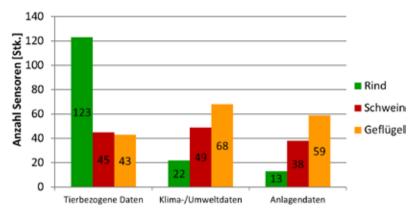


Abb. 1: Anzahl erfasster Sensoren in Abhängigkeit von Tierart und Datenerhebungsart (© Hölscher) Fig. 1: Number of registered sensors depending on animal species and type of data collecting (© Hölscher)

Innerhalb der Rinderhaltung wurden aufgrund von mehrfachen Verwendungsmöglichkeiten 264 Sensoren erfasst. 40 % der ermittelten Sensoren können im Bereich der Milchproduktion, 17 % bei der Mast, 15 % bei der Aufzucht, 13 % bei der Mutterkuhhaltung und 16 % in allen Bereichen eingesetzt werden. Da in der Milchproduktion die meisten Sensoren verwendet werden können, wurde hierbei der "Betreff der Datenerhebung" ausgewertet, mit dem charakterisiert wird, ob Daten spezifischer oder unspezifischer Einzeltiere oder Tiergruppen erfasst werden. Von 86 % der Sensoren werden spezifische Einzeltierdaten erfasst. Zu ebenjenen gehören beispielsweise Multisensorhalsbänder, Transponder und automatische Melksysteme. Daten spezifischer Tiergruppen werden von 12 % der Sensoren erfasst, bei diesen handelt es sich beispielsweise um Wiegezellen bei der Futterverwiegung (Abb. 2).

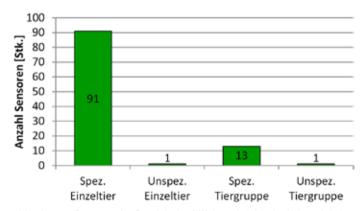


Abb. 2: Anzahl erfasster Sensoren im Bereich der Milchproduktion in Abhängigkeit vom Betreff der Datenerhebung (© Hölscher)

Fig. 2: Number of registered sensors in the field of dairy farming depending on the reference of the data collection (© Hölscher)

Der Schweinehaltung stehen 198 Sensoren zur Verfügung, wobei mehrfache Verwendungsmöglichkeiten zwischen den Nutzungsrichtungen doppelt gezählt wurden. Für die Aufzucht können 18 %, bei der Mast 22 %, bei der Ferkelerzeugung 24 % und beliebig für alle Nutzungsrichtungen 36 % der Sensoren eingesetzt werden. Zur Erfassung spezifischer Einzeltierdaten wurden insgesamt 22 Sensoren ermittelt, von denen 55 % in der Ferkelerzeugung eingesetzt werden können. Es handelt sich dabei unter anderem um Transponder-Ohrmarken, mit denen Sauen tierindividuell erkannt werden, um sie bedarfsangepasst an der Abruffutterstation zu versorgen. Da bei der Aufzucht keine und bei der Mast nur wenige Sensorsysteme zur Erfassung spezifischer Einzeltierdaten zur Verfügung stehen, stellt dieser Bereich ein potenzielles Forschungsdefizit dar, um beispielsweise das Tierwohl ab der Geburt zu erfassen, zu bewerten und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Für das Aufzeichnen unspezifischer Einzeltierdaten stehen insgesamt 6 Sensorsysteme zur Verfügung, bei denen es sich beispielsweise um Wiegezellen und 3-D-Digitalkameras handelt, die in Sortierschleusen direkt oder indirekt das Gewicht "unbekannter" Schweine erfassen. Zur Erfassung von Daten spezifischer und unspezifischer Tiergruppen stehen insgesamt 30 Sensoren zur Verfügung, wobei es sich beispielsweise um Klimaund Umweltsensoren sowie Wiegezellen und Näherungsschalter für die Fütterung handelt (Abb. 3).

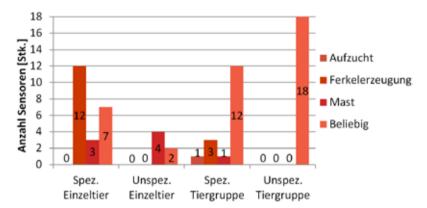


Abb. 3: Anzahl erfasster Sensoren bei Schweinen in Abhängigkeit von der Nutzungsrichtung und vom Betreff der Datenerhebung (© Hölscher)

Fig. 3: Number of registered sensors in the field of pig farming depending on direction of use and the reference of the data collection (© Hölscher)

Innerhalb der Geflügelhaltung stehen insgesamt 244 Sensoren zur Verfügung, wobei mehrfache Verwendungsmöglichkeiten zwischen den Nutzungsrichtungen doppelt gezählt wurden. 27 % der ermittelten Sensoren können in der Eierzeugung, 25 % in der Mast, 19 % in der Aufzucht und 36 % beliebig in allen Nutzungsrichtungen eingesetzt werden. 71 % der Sensoren im Geflügelbereich zeichnen Daten spezifischer Tiergruppen auf. Hierbei geht es beispielsweise um Sensorsysteme, die Klima- und Umweltdaten sowie Leistungsdaten einer bestimmten Tiergruppe aufzeichnen. Zur Erfassung unspezifischer Tiergruppendaten stehen 22 % der Sensoren zur Verfügung, wobei es sich unter anderem um Wiegezellen zur Futterverbrauchsmessung sowie Nahinfrarotspektroskopien zur Futtermittelanalyse handelt. Unspezifische Einzeltierdaten werden von 7 % der Sensoren erfasst, wobei es sich unter anderem um Wiegezellen zur Gewichtserfassung von Einzeltieren handelt. Für die Erfassung spezifischer Einzeltiere stehen keine serienreifen Sensorsysteme zur Verfügung. Lediglich für Forschungszwecke wurden bereits Einzeltiererkennungen mittels RFID-Chips realisiert, um das Fütterungs- und Trinkverhalten zu überwachen (Li et al. 2019). Neben der Serieneinführung der RFID-Chips sind Forschungsdefizite in der Geflügelhaltung zur einzeltierspezifischen und automatisierten Detektion von hackenden und gehackten Tieren sowie der objektiven Erfassung des Tierwohls zu nennen (Abb. 4).

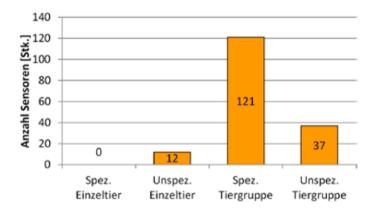


Abb. 4: Anzahl erfasster Sensoren bei Geflügel in Abhängigkeit vom Betreff der Datenerhebung (© Hölscher)

Fig. 4: Number of registered sensors in the field of poultry farming depending on the reference of the data collection (© Hölscher)

4 Schlussfolgerung und zukünftige Forschungsansätze

In der Rinderhaltung wird bereits eine Vielzahl an Daten, insbesondere spezifischer Einzeltiere in der Milchproduktion, erfasst. Zukünftig könnten einerseits die Systeme auf die anderen Nutzungsrichtungen übertragen und andererseits die erfassten Daten vollständig miteinander vernetzt und ausgewertet werden, sodass sichere Prognosen für Gesundheitszustände, Leistungsdefizite oder Haltungsprobleme dem Landwirt helfen, das Tierwohl und das Management frühzeitig zu optimieren. Sowohl bei der Schweineals auch bei der Geflügelhaltung besteht Bedarf an Sensoren, die Daten über spezifische Einzeltiere, beispielsweise mittels Kamerasysteme, erfassen. Zunächst wäre eine Online-Überwachung des Tierwohls von großer Bedeutung, sodass die Tierhalter unmittelbar Einfluss nehmen können. Darauf aufbauend wären zukünftig sichere Prognosen beispielsweise zu Krankheiten, möglichen Verlusten, beißenden/hackenden Tieren oder Beschäftigungsdefiziten äußerst hilfreich, sodass die Ursachen vor dem Auftreten der Probleme behoben werden können.

Literatur

- BMEL (2019): Nutztierhaltungsstrategie, Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. Berlin, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
- Hoy, S.; Gauly, M.; Krieter J. (2016): Nutztierhaltung und -hygiene. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
- Li, G.; Zhao, Y.; Hailey, R.; Zhang, N.; Liang, Y.; Purswell, J. (2019): An ultra-high frequency radio frequency identification system for studying individual feeding and drinking behaviors of group-housed broilers. In: Animal, https://doi.org/10.1017/ S1751731118003440
- Möbius, G. (2009): Stallklima und dessen Überprüfung in der Nutztierhaltung. Schriftenreihe: Leipziger Blaue Hefte, Leipzig, Leipziger Universitätsverlag GmbH, S. 111–115
- Schön, H. (Hg.) (1993): Elektronik und Computer in der Landwirtschaft, Rechnergestützte Verfahren für eine betriebsmittelsparende und umweltverträgliche Produktion. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
- Stiene, S.; Scheuren, S.; Günther, M.; Lingemann, K.; Lauer, A.; Bernardi, A.; Hertzberg, J. (2017): Architektur einer offenen Software-Plattform für landwirtschaftliche Dienstleistungen. In: Hg. Ruckelshausen, A., Meyer-Aurich, A., Lentz, W.; Theuvsen, B.: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Bonn, Gesellschaft für Informatik e.V.

Verhaltensmonitoring bei Rindern und Schafen auf der Weide mithilfe von Sensordaten

Monitoring of behaviour of cattle and sheep on pasture using sensor data

JAN MAXA, STEFAN THURNER, GEORG WENDL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising; jan.maxa@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Der Einsatz von Tiermonitoringsystemen konzentriert sich zurzeit überwiegend auf die Stallhaltung und im Speziellen auf die Milchviehhaltung im Laufstall. Dagegen sind solche Systeme bei Weidehaltung und insbesondere auf weitläufigen Weideflächen noch nicht implementiert, obwohl der Einsatz solcher Systeme zur Arbeitszeitersparnis oder zur Verbesserung des Weidemanagements und des Tierwohls beitragen kann. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Studie zusammen mit der Industrie ein GPS-GSM-Ortungssystem für die Weide entwickelt sowie die ersten Untersuchungen zur Erkennung des Weideverhaltens bei Rindern und Schafen anhand verschiedener Sensordaten (Akzelerometer und Magnetometer) durchgeführt. Die daraus entwickelten Algorithmen resultierten in einer hohen Erkennungsrate zwischen aktivem und inaktivem Weideverhalten bei beiden Tierarten.

Summary

Systems monitoring animal behaviour and health status are nowadays successfully used in indoor housing systems primarily for dairy cows in free-stall barns. On the contrary, monitoring systems are not yet commonly implemented for livestock on wide range pastures. Nevertheless such techniques can help to reduce daily workload and to improve pasture management and welfare of grazing animals. Therefore, the main aim of this study was to develop a tracking system for grazing cattle and sheep. Furthermore, the development of classification algorithms for detection of the specific cattle and sheep behaviour based on sensor data (accelerometer und magnetometer) with possible future implementation into a pasture monitoring system was investigated. The new classification algorithms resulted for both, cows and sheep, in high prediction accuracy and could distinguish among behaviours with high and low activity levels.

1 Einleitung und Zielsetzung

Tiermonitoringsysteme, z.B. Systeme zur Brunsterkennung, Gesundheitsüberwachung oder Ortung von Tieren, werden seit vielen Jahren bei Rindern im Stall eingesetzt. Die Ortung der Tiere im Gelände wird zwar bereits seit mehreren Jahrzehnten mit verschiedenen Techniken – bisher in der Regel für Forschungszwecke – praktiziert. Aber erst seit der Möglichkeit der Nutzung des globalen Navigationssystems GPS für zivile Zwecke wird verstärkt an Ortungssystemen für Nutztiere und deren Einsatz im landwirtschaftlichen Betrieb gearbeitet. Die Ortung von Nutztieren im Gelände wird daher bisher nur von wenigen Technikherstellern am Markt angeboten. Ursache dafür sind auch der hohe Stromverbrauch, die relativ hohen Kosten für die Technik und die Datenübertragung bei den Systemen. Deshalb wurde im Rahmen dieser Studie zusammen mit der Industrie ein GPS-GSM-Ortungssystem entwickelt, das über den aktuellen Standort der Weidetiere mittels mobiler Endgeräte informiert. Einsatzgebiete dieses Ortungssystems sind u. a. alle weitläufigen, beweideten Flächen - z.B. in den Bergregionen oder Flächen mit spezieller Funktion wie Naturparks und Naturschutzgebiete – bei denen die Tierkontrolle erschwert durchgeführt werden kann (Braunreiter et al. 2007, Thurner et al. 2011, Maxa et al. 2015). Neben der Positionsbestimmung der Tiere auf der Weide sind auch Informationen zum Verhalten und Gesundheitsstatus der Tiere wichtig. Aus diesem Grund wurden die entwickelten Ortungssysteme mit weiteren Sensoren (Akzelerometer und Magnetometer) ausgestattet, um ferner ein Monitoring der Tiere auf weitläufigen Weideflächen zu ermöglichen.

Ziel dieser Studie war daher, das Verhalten von Rindern und Schafen mithilfe der Sensordaten zu analysieren und weiterhin Klassifizierungsalgorithmen zur Erkennung spezieller Verhaltensmerkmale zu entwickeln.

2 Material und Methoden

Zur Analyse des spezifischen Tierverhaltens mittels Sensordaten wurden in mehreren Untersuchungen insgesamt 11 Jungrinder (Rasse Fleckvieh und Limousine) und fünf Mutterschafe (Rasse Schwarzkopf) mit Prototypen des Ortungssystems der Firma Blaupunkt Telematics ausgestattet (Abb. 1) und gleichzeitig verschiedene Verhaltensmerkmale mittels Direkt- und Videobeobachtungen erfasst bzw. untersucht (insgesamt drei Versuchseinheiten á vier Tage mit maximal 8 Stunden/Tag). Dabei wurden insgesamt acht Verhaltensmerkmale erfasst: "Laufen", "Gehen", "Grasen", "Futtersuche", "Wiederkauen", "Stehen", "Liegen" und "Sozialverhalten". Im Gehäuse des Ortungssystems wurden neben der GPS-Einheit weitere Sensoren, ein Akzelerometer und ein Magnetometer der Firma Bosch implementiert. Diese erfassten 3-Achsen Beschleunigungsdaten sowie Daten zur Stärke des magnetischen Feldes (ebenfalls mit 3-Achsen) mit 3 Hz (Versuch 1) und 10 Hz (Versuch 2).





Abb. 1: Eingesetztes GPS-GSM-Ortungssystem (Versuch 2) der Firma Blaupunkt Telematics zur Analyse des Tierverhaltens (© Maxa)

Fig. 1: Deployed GPS-GSM tracking system (trial 2) of the company Blaupunkt Telematics for analysis of animal behaviour (© Maxa)

Basierend auf vorherigen Untersuchungen wurden die Sensordaten mit den Direktbeobachtungsdaten zu Intervallen von 10 Sekunden zusammengefasst. Für jedes Intervall und jede Achse wurde anschließend der Mittelwert mit Standardabweichung berechnet.

Diese Werte entsprechen der Position des Halses der Tiere bzw. der Intensität seiner Positionsänderung bei unterschiedlichen Verhaltensmerkmalen. Mithilfe von Regressionsmodellen mit gemischten Effekten wurden die ausschlaggebenden Sensor-Achsen in Bezug auf die Verhaltensmerkmale untersucht. Die Sensor-Achsen mit den höheren signifikanten Effekten wurden für die Entwicklung der Klassifizierungsalgorithmen für die wichtigsten Verhaltensmerkmale in Bezug auf das Weidemanagement bei Rindern (Grasen, Wiederkauen und Liegen) ausgewählt. Für Schafe wurde das Verhaltensmerkmal "Wiederkauen" aufgrund der nicht sicheren Erkennung auf dem Videomaterial nicht analysiert, sondern die Verhaltensmerkmale "Gehen", "Grasen", "Stehen" und "Liegen". Die Erstellung der Klassifizierungsalgorithmen erfolgte mithilfe einer Anpassung von Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen an die Daten der relevanten Sensor-Achsen.

3 Ergebnisse und Diskussion

In einer vorangegangenen Studie an Rindern wurden signifikante Unterschiede (P < 0,05) zwischen den Verhaltensmerkmalen Grasen, Wiederkauen und Liegen für die Werte der Standardabweichung der X-Achse des Akzelerometers (Bewegung des Kopfes/ Halses von unten nach oben oder von oben nach unten) festgestellt (Maxa et al. 2017). In der vorliegenden Arbeit im Versuch 1 wurden zusätzlich signifikante Unterschiede (P < 0,05) zwischen den Verhaltensmerkmalen "Grasen" und "Wiederkauen" und "Grasen" und "Liegen" anhand der Standardabweichung der Y-Achse des Magnetometers identifiziert. Der Durchschnitt der Mittelwerte der Y-Achse war vom Verhaltensmerkmal "Grasen" (\bar{x} = 8,64) zu "Liegen" (\bar{x} = 7,07) und "Wiederkauen" (\bar{x} = 7,01) absteigend. Diese Mittelwerte entsprechen der Intensität der Halsbewegungen des Tieres bzw. der Bewegung/Ausrichtung des Kopfes/Halses nach vorne und zurück.

Anhand der Ergebnisse der Regressionsanalyse für Schafe im Versuch 2 wurden bis auf die Kombination der Verhaltensmerkmale "Stehen" – "Liegen" signifikante Unterschiede (P < 0,05) zwischen den Verhaltensmerkmalen "Gehen", "Grasen", "Stehen" und "Liegen" ebenfalls anhand der Y-Achse des Magnetometers festgestellt. Die höchste Intensität der Positionsänderung des Halses des Tieres wurde für das Verhaltensmerkmal "Grasen" (\bar{x} = 7,52) gemessen, gefolgt von "Gehen" (\bar{x} = 6,57), "Stehen" (\bar{x} = 4,90) und "Liegen" (\bar{x} = 4,52).

Für die Entwicklung der Algorithmen zur Verhaltenserkennung, im Speziellen zur Berechnung der Grenzwerte zwischen den untersuchten Verhaltensmerkmalen, wurden daher bei Rindern neben den Werten der X-Achse des Akzelerometers auch die Werte der Y-Achse des Magnetometers verwendet. Für die Schafe lag bei diesen Analysen der Fokus zuerst auf den Werten der Y-Achse des Magnetometers.

Betrachtet man die Verteilung der Werte der Y-Achse des Magnetometers bei Rindern (Abb. 2A), sind drei Datenpopulationen anhand des unterschiedlichen Aktivitätsmodus des Halses zu erkennen. Die niedrige Aktivität entspricht sowohl dem Verhaltensmerkmal "Liegen" als auch "Wiederkauen". Die mittlere und hohe Aktivität konnte dem Verhaltensmerkmal "Grasen" zugeordnet werden. Es kommt daher bei den erstgenannten Verhaltensmerkmalen zu einer vollständigen Überlappung der Magnetometerdaten.

Bei der Verteilung der Werte des gleichen Sensors bei Schafen (Abb. 2B), wurden zwei Datenpopulationen anhand der unterschiedlichen Aktivitätsmodi des Halses festgestellt. Die niedrige Aktivität entspricht hier den Verhaltensmerkmalen "Liegen" und "Stehen". Die hohe Aktivität betrifft die Verhaltensmerkmale "Grasen" und "Gehen". Dabei ergibt sich wiederum eine vollständige Überlappung der Magnetometerdaten für diese beiden Verhaltenspaare.

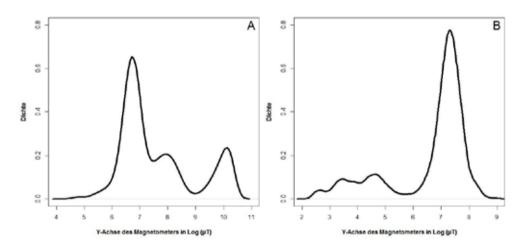


Abb. 2: Verteilung der Mittelwerte der Y-Achse der Magnetometerdaten in μT bei Rindern (A, Versuch 1) und Schafen (B, Versuch 2) (© Maxa)

Fig. 2: Distribution of mean Y-axis values of magnetometer data in μT for cows (A, trial 1) and sheep (B, trial 2) (© Maxa)

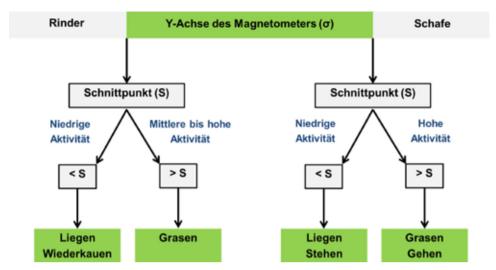


Abb. 3: Entscheidungsbaum des Klassifizierungsalgorithmus zur Erkennung des Verhaltens bei Rindern und Schafen (© Maxa)

Fig. 3: Decision tree of classification algorithm for recognition of cattle and sheep behaviour (

Maxa)

Frühere Untersuchungen bei Rindern zeigten, dass mithilfe der Daten der X-Achse des Akzelerometers das Verhaltensmerkmal Grasen mit 87 % Genauigkeit von den Verhaltensmerkmalen Wiederkauen und Liegen bei Rindern unterschieden werden kann (Maxa et al. 2017).

Der neu entwickelte Klassifizierungsalgorithmus (Abb. 3) bei Rindern wurde mit einem ähnlichen Verfahren, anhand der logarithmierten Daten der Y-Achse des Magnetometers, die vorher in 10-Sekunden-Intervalle zusammengefasst wurden, erstellt. Durch die Berechnung eines Schnittpunkts der angepassten Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen konnten die Daten in ähnlicher Form in zwei Teile getrennt und den Verhaltensmerkmalen Liegen/Wiederkauen und Grasen zugeordnet werden. Dieser Klassifizierungsalgorithmus resultierte in einer hohen Sensitivität und Spezifität für das Verhaltensmerkmal Grasen (84 %) und Wiederkauen/Liegen (86 %). Allerdings konnten die letzten beiden Verhaltensmerkmale nicht wie in der früheren Untersuchung voneinander unterschieden werden.

Für die Erkennung des Weideverhaltens bei Schafen wurde, ähnlich wie bei den Rindern, die Y-Achse des Magnetometers verwendet. Aufgrund der bereits beschrieben Überlappung der Aktivitätsniveaus bei den analysierten Verhaltensmerkmalen wurde ein Klassifizierungsalgorithmus entwickelt, mit dem es möglich ist, Verhaltensmerkmale mit niedrigem Aktivitätsniveau (Liegen und Stehen) von Verhaltensmerkmalen mit hohem Aktivitätsniveau (Grasen und Gehen) voneinander zu unterscheiden. Dieser Algorithmus resultierte in einer sehr hohen Sensitivität und Spezifität: 96 % und 94 %, mit einer Genauigkeit von 95,7 %.

4 Schlussfolgerung und Ausblick

Im Vergleich zur Stallhaltung sind derzeit nur wenige Monitoringsysteme für die Weidehaltung und speziell für weitläufige Weideflächen auf dem Markt. Der Fokus dieser Systeme liegt dabei an erster Stelle auf einer Positionsbestimmung der Tiere. Informationen zum Tierverhalten und zur Tiergesundheit liefern diese Systeme bislang nicht. Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass der Einsatz von Sensoren wie Akzelerometer und Magnetometer im Rahmen eines Ortungssystems für Weidetiere zusätzlich auch Informationen zu den grundlegenden Verhaltensweisen der Tiere liefern kann. Beim praktischen Einsatz eines solchen Systems im Weidebetrieb bestehen zurzeit noch offene Fragen, z.B. bezüglich der Sicherstellung einer zuverlässigen Datenübertragung sowie dem Datenmanagement und der notwendigen Batteriekapazität. Im nächsten Schritt sollen nun die Daten des Akzelerometers und Magnetometers gemeinsam für einen Klassifizierungsalgorithmus herangezogen werden, mit dem Ziel, alle genannten Verhaltensweisen voneinander zu unterscheiden.

Literatur

- Braunreiter, C.; Rothmund, M.; Steinberger, G.; Auernhammer, H (2007): Einsatzpotenziale von GPS-Halsbändern für das alpine Weidemanagement. Landtechnik 62(2), S. 98–99
- Maxa J.; Thurner, S.; Wendl, G. (2015): Evaluation of different global navigation satellite tracking systems and analyses of movement patterns of cattle on alpine pastures. Agric Eng Int: CIGR Journal, Special issue, pp. 326–335
- Maxa J.; Thurner, S.; Käss, M.; Wendl, G (2017): Einsatz von GPS- und Beschleunigungssensordaten zum Verhaltensmonitoring bei Rindern auf der Weide. In: 13. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Stuttgart-Hohenheim, KTBL (Hg.), S. 222–227
- Thurner, S.; Neumaier, G.; Noack, P.O.; Wendl, G. (2011): Reduction of labour input by a GPS-based livestock tracking system on alpine farms with young cattle. XXXIV CIOSTA & CIGR V Conference, Vienna, Austria, pp. 139–142

Förderung

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 des Programms zur Innovationsförderung (FKZ: 2813IP013).

Sensorbasierte Erfassung der Verhaltensmuster von Milchkühen in einem Liegeboxenlaufstall

Monitoring of sensor-based patterns in behaviour of dairy cows in an open free stall barn

MAREN WIERIG¹, CHRISTIANE ENGELS¹, UTE MÜLLER², WOLFGANG BÜSCHER¹

Zusammenfassung

Das Wohlbefinden von Milchkühen steht in einem direkten Zusammenhang mit der Haltungsumwelt. Die Beurteilung von Haltungssystemen, insbesondere die Interpretation der Verhaltensweisen von Kühen, steht vielfach im Fokus, um eine Verbesserung des Tierwohls zu erreichen. Dabei betrachten neuere Ansätze, mithilfe verschiedener Sensorsysteme, Verhaltensweisen/-muster vermehrt aus Sicht der Tiere. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden in Abhängigkeit von äußeren Umweltweinflüssen wie der Jahreszeit und Parität der Kühe mithilfe von Sensoren Normalbereiche für verschiedene Aktivitäts- und Verhaltensparameter ermittelt. Dies ermöglicht zukünftig eine Bewertung der Tierwohlsituation bei einer Änderung der Haltungsumwelt anhand der tierindividuellen Veränderung von Verhaltensweisen/-mustern.

Summary

The welfare of dairy cows is directly related to their housing environment. The assessment of housing systems, in particular the interpretation of the behavior of cows, is often the focus in order to improve animal welfare. More recent approaches are increasingly looking at behaviour patterns from the animals' point of view, with the help of various sensor systems. Within the scope of this investigation sensors were used to determine normal ranges for various activity and behaviour parameters depending on external environmental factors such as the season and the age of the cows. In the future, this will enable an assessment of the animal welfare situation in the case of a changing in the housing situation on the basis of individual changes in animal behaviour patterns.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn; maren.wieriq@uni-bonn.de

² Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Katzenburgweg 7–9, 53115 Bonn

1 Einleitung

Das Wohlbefinden von Milchkühen wird vielfach diskutiert und wissenschaftlich betrachtet. Die Beurteilung und Interpretation des Wohlfühlstatus ist insofern entscheidend, als es in direktem Zusammenhang mit dem Gesundheitsstatus und der Produktivität von Milchkühen steht. Laut Broom (1986) ist das Wohlbefinden eines Individuums sein Zustand, der die Versuche, mit der Umgebung zurechtzukommen, widerspiegelt. Dies bezieht sich zum einen darauf, wie viel das Individuum unternehmen muss, um sich an die vorherrschenden Bedingungen anzupassen, zum anderen aber auch darauf, wie gut oder schlecht die Adaptationsversuche gelingen (Broom 1991) und beinhaltet den Zustand aller Bewältigungssysteme, einschließlich derer, die auf Krankheiten reagieren, verschiedener verhaltens- und physiologischer Antworten sowie Prozessen im Gehirn (Broom 2008). Die Beurteilung von Haltungssystemen für hochleistende Milchkühe ist ein wesentlicher Bestandteil der Diskussion um die Verbesserung des Tierwohls in der Milchviehhaltung. Die Haltungsumwelt nimmt dabei im besonderen Maße Einfluss auf das Wohlbefinden von hochleistenden Milchkühen (Kovacs et al. 2014). Veränderungen der Umwelt von Milchkühen können zu Anpassungen von Verhaltensmuster der Tiere führen (Veissier et al. 1989). Zur Untersuchung, Gewöhnung bzw. Anpassung einer neuen Umgebungssituation benötigen Tiere eine gewisse Zeit, die, je nach Art und Intensität der Umfeldveränderung, wenige Tage bis mehrere Wochen dauern kann (Veissier et al. 1989). Diese Veränderungen im Kuhverhalten sind damit als wichtige Indikatoren für die Gesundheit und das Wohlbefinden zu betrachten (Livshin et al. 2005). Zwar ist die Überwachung des Tierverhaltens ein entscheidender Punkt zur Beurteilung des Wohlbefindens (Huhtala et al. 2007, Mattachini et al. 2013); zur Verbesserung sind jedoch neue Technologien und Instrumente nötig, die den Einfluss von verschiedenen Haltungsbedingungen auf das Wohlbefinden untersuchen (Stewart et al. 2008). Darüber hinaus können diese Technologien helfen, im Gegensatz zu früheren Ansätzen, eine Interpretation der Verhaltensweisen und -muster aus Sicht des Tieres vorzunehmen. Für die Erfassung von Verhaltensparametern stehen neben einer Reihe von Tierwohl-Bewertungssystemen (z.B. Welfare Quality® Assessment Protocol, Tiergerechtheitsindex, DLG-Checklisten usw.) verschiedene Sensorsysteme zur Messung von Kennwerten direkt am Tier oder im Stall zur Verfügung. Die von Sensoren gelieferten Datenwerte bzw. Rohdatensätze werden von den Herstellern unterschiedlich verarbeitet angeboten. Für Studien zur Beurteilung von Verhaltensmustern ist nach einer Aufbereitung und Zusammenführung der Rohdaten in entsprechender einheitlicher Objekt-Zeit-Zuordnung eine Interpretation aus Sicht des Tieres dann möglich, wenn Vergleichswerte, Grenzwerte, Normalbereiche oder Ahnliches (in vergleichbarer Objekt-Zeit-Zuordnung, z.B. pro Tier und Tag ein Wert) bekannt sind.

Im Rahmen einer bereits vorgestellten Studie (Krämer et al. 2017) wurden Daten von Sensoren am Tier zur Beurteilung von Aktivitäts-/Verhaltensveränderungen bei den Milchkühen bei veränderten Haltungsbedingungen herangezogen. Die Verhaltensdaten wurden mit vier Sensorsystemen gemessen:

- CowView (GEA Farm Technologies GmbH (GEA)) Ortungssystem zur Messung der täglichen Zeit in den Liegeboxen bzw. in den beiden Liegeboxenreihen, an dem Futtertisch, in beiden Laufgängen, der täglichen Zeit in Bewegung und im Stehen sowie der Laufstrecke.
- Futter- und Wasserwiegetröge (INSENTEC B.V.) zur Messung der Verweildauer an Futter- und Wassertrögen mit und ohne Futter-/Wasseraufnahme usw.,
- Accelerometer (Beschleunigungssensoren von Gulf Coast Data Concepts) zur Messung der täglichen Liegezeiten und der Laufstrecke (von 20 Fokustieren) sowie
- Pedometer (GEA) zur Erfassung der täglichen Aktivitätsimpulsanzahl.

Ein Teilziel der Studie war es, festzustellen, von welchen Normalwerten (Mittelwerten und Streuungsmaßen) für die verschiedenen Aktivitäts-/Verhaltensparameter für primipare und multipare Milchkühe im Sommer und Winter ausgegangen werden kann und mit welchen Sensorsystemen diese ermittelt werden können.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchstiere

Die Studie basiert auf den Daten von 60 Holstein-Friesian Kühen der Forschungsstation Frankenforst der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Bei dem Versuchsstall handelt es sich um einen offenen zweireihigen Liegeboxenlaufstall.

Die Herde weist eine durchschnittliche Milchleistung von 10.353 kg pro Tier und Jahr auf. Die Futtervorlage erfolgt zweimal täglich ad libitum über fest installierte Wiegetröge (INSENTEC) und Kraftfutter wird über zwei Abrufstationen leistungsgerecht zugeteilt.

Der Liegebereich mit einem Liegeplatzverhältnis von 1:1 und einer Liegefläche von 189 m² ist mit 34 Hochboxen und Komfortmatratzen (GEA Farm Technologies GmbH) ausgestattet. Die Laufgänge mit einer Lauffläche von 380 m² sind planbefestigt und im Fressbereich zusätzlich mit Gummimatten ausgestattet zur Verbesserung des Kuhkomforts.

2.2 Versuchsdurchführung und Methode zur Sensormessung

Für die Untersuchungen wurden in verschiedenen Versuchsphasen über in Summe 206 Versuchstagen in den Jahren 2016 bis 2018 täglich Sensordaten erhoben und gespeichert. Davon fanden zwei Untersuchungsperioden im Sommer und zwei im Winter statt. In jeder Versuchsphase wurden über circa 4 Wochen Daten ohne Veränderung der Haltungsumgebung (Basisdaten) erhoben. Die erhobenen Aktivitäts- und Verhaltensdaten wurden zur Identifizierung von Normalwerten herangezogen.

Alle Kühe tragen Pedometer zur Erfassung der täglichen Aktivitätsimpulsanzahl sowie einen am Halsband befestigten Sensor zur Bedienung der Wiegetröge, welcher zur Messung der Verweildauer an Futter- und Wassertrögen mit und ohne Futter/Wasseraufnahme dient und die jeweilige Aufnahmemenge abspeichert. Ebenfalls am Halsband tragen die Tiere einen Sensor zur Positionsortung im Laufstall und Laufhofbereich, zur Messung der täglichen Aufenthaltszeit in den einzelnen Funktionsbereichen, der täglichen Zeit in Bewegung und im Stehen sowie der zurückgelegten Laufstrecke. Darüber hinaus waren 20 Fokustiere zusätzlich mit Accelerometern zur Messung der täglichen Liegezeiten und der Laufstrecken ausgestattet.

Die Sensordaten, die in unterschiedlichen zeitlichen Auflösungen angefallen sind, wurden pro Tier und Tag aggregiert. Zur Kontrolle der Sensorrohdaten dienten Kameraaufnahmen, die in derselben Zeit vorgenommen wurden.

2.3 Statistische Analyse

Die Aufbereitung und Zusammenführung der Sensordaten erfolgte mithilfe von den Programmen Microsoft Office Excel 2013 und MATLAB R2015a Version 8.5.0.197613. Die statistische Auswertung der Daten wurde mit dem Programm IBM SPSS Statistics Version 24 durchgeführt.

Mithilfe von Mittelwertvergleichen (t-Test, $p \le 0,05$) der einzelnen Wochen konnte zum einen festgestellt werden, ob sich die Werte der verschiedenen Wochen ähneln und somit von einem tierindividuellen Normalwert gesprochen werden kann und zum anderen wie viele Tage oder Wochen benötigt wurden, um den tierindividuellen Normalwert ermitteln zu können. Nicht berücksichtigt wurden dabei die Tage, an denen Tiere selektiert und/oder behandelt wurden. Zusätzlich wurden mithilfe des t-Tests (p < 0,05), unter Berücksichtigung der Varianzhomogenität, die ermittelten Normalwerte in der Sommer/ Wintersituation und Parität (Erst-/Mehrkalbige) verglichen.

3 Ergebnisse

Wie aus der Literatur bekannt ist, sind die Aktivitäts- und Verhaltensdaten von der Jahreszeit und dem Alter (in erster Linie ob Erstkalbin oder Mehrkalbskuh) abhängig. In Tabelle 1 werden die durchschnittlichen Mittelwerte (± SD) einiger Sensordaten für die beiden Jahreszeiten sowie für die primiparen und die multiparen Kühe gezeigt.

Durch die Kontrollanalysen der Sensordaten mit den Kameraaufnahmen konnten unterschiedliche Genauigkeiten der Sensoren festgestellt werden (Zeit in Bewegung (CowView) 70 %, Liegezeit (Accelerometer) 99 %). Diese sind bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen.

Die Mittelwertvergleiche haben ergeben, dass die Normalwerte für die Liegedauer (mit Accelerometern) nach 7 Tagen ermittelt werden können. Die Aufenthaltszeiten an den Wiegetrögen hingegen variieren täglich/wöchentlich so deutlich (besonders bei den Färsen und in dem ersten Laktationsabschnitt aller Tiere), dass weder mit den CowView-Daten noch mit den Insentec-Werten stabile Normalwerte als Vergleich herangezogen werden können.

Tab. 1: Vergleich der Aktivitäts- und Verhaltensdaten der Tiere (Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD)) im Sommer (61 Tage)/Winter (53 Tage) und zwischen Erst-/Mehrkalbigen (n = 60) im Messzeitraum (ohne Haltungsveränderung)

Tab. 1: Comparison of the activity and behavior data of the animals (mean values (MW) and standard deviation (SD)) in summer (61 days)/winter (53 days) and between primiparous/multiparous cows (n = 60) during the measurement period (without change of housing)

Parameter	Sommer MW ± SD	Winter MW ± SD	Primipara MW ± SD	Multipara MW ± SD
Zeit in Bewegung (CowView) in h/Tag	2,5 ± 1,3 ^a	2,6 ± 1,6 ^b	2,8 ± 1,4 ^c	2,4 ± 1,5 ^d
Aufenthalt am Futtertisch (CowView) in h/Tag	3,6 ± 1,4 ^a	4,1 ± 1,4 ^b	4,2 ± 1,5 ^c	3,64 ± 1,6 ^d
Aktivitätsrate (Pedometer) in Impulsen/Tag	361,9 ± 119,8 ^a	292,8 ± 103,6 ^b	373,8 ± 128,1°	305,5 ± 104,9 ^d
Liegezeit ¹⁾ (Accelerometer) in h/Tag	6,3 ± 4,9 ^a	10,5 ± 3,9 ^b	8,4 ± 4,0°	9,24 ± 4,8 ^d

¹⁾ n = 20 Fokustiere.

4 Schlussfolgerung

Auf der Basis dieser tierindividuellen Normalwertberechnung (unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Sensoren und der Stabilität des tierindividuellen Wertes) ist der nächste Schritt im Rahmen des Projektes, d. h. die Analyse von Aktivitätsveränderungen bei Änderungen im Haltungssystem, möglich. Dabei ist die unterschiedliche Genauigkeit der Sensorsysteme mit zu berücksichtigen.

Die Auswertungen einzelner Parameter haben aber auch gezeigt, dass das tierindividuelle Verhalten von Tag zu Tag deutlich variieren kann, d.h. dass je nach Aktivität nicht von einem täglich konstanten "Normal"-Wert ausgegangen werden kann.

^{ab}Werte mit unterschiedlichen Buchstaben (a und b) unterscheiden sich signifikant ($p \le 0,05$)

^{cd}Werte mit unterschiedlichen Buchstaben (c und d) unterscheiden sich signifikant ($p \le 0.05$)

Literatur

- Broom, D.M. (1986): Indicators of poor welfare. British Veterinary Journal 142, pp. 524-526
- Broom, D.M. (1991): Animal welfare: concepts and measurement. Journal of Animal Science 69, pp. 4.167–4.175
- Broom, D.M. (2008): Welfare Assessment and Relevant Ethical Decisions: Key Concepts 10, T79–T90
- Huhtala, A.; Suhonen, K.; Mäkelä, P.; Hakojärvi, M.; Ahokas, J. (2007): Evaluation of Instrumentation for Cow Positioning and Tracking Indoors. Biosystems Engineering 96, pp. 399–405
- Kovacs, L.; Jurkovich, V.; Bakony, M.; Szenci, O.; Poti, P.; Tozser, J. (2014): Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and conclusions for future research. Animal 8, pp. 316–330
- Krämer, M.; Grosse-Brinkhaus, M.; Mandtler, L.; Plümer, L.; Büscher, W.; Müller, U. (2017): Auswirkungen von eingeschränkten Laufwegen auf Verhaltens-, Aktivitäts- und Herzfrequenzvariabilitätsparameter von Milchkühen. In: Tagungsband Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung: Band 13, S. 187–192
- Livshin, N.; Grinshpun, J.; Rpsenfeld, L.; Shvartzman, I.; Antler, A.; Zion, B.; Stojanovski, G.; Bunevski, G.; Maltz, E.; Cox, S. (2005): Lying behaviour of dairy cows under different housing systems and physiological conditions, ECPLF Proceedings. 2nd European Conference on Precision Livestock Farming, pp. 305–311
- Mattachini, G.; Antler, A.; Riva, E.; Arbel, A.; Provolo, G. (2013): Automated measurement of lying behavior for monitoring the comfort and welfare of lactating dairy cows. L ivestock Science 158, pp. 145–150
- Stewart, M.; Webster, J.R.; Schaefer, A.L.; Stafford, K.J. (2008): Infrared thermography and heart rate variability for non-invasive assessment of animal welfare. Anzcaart News 21, pp. 1–4
- Veissier, I.; Le Neindre, P.; Trillat, G. (1989): The use of circadian behaviour to measure adaptation of calves to changes in their environment. Applied Animal Behaviour Science 22, pp. 1–12

Förderung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Vergleich verschiedener Brunsterkennungssysteme als digitale Bausteine im Herdenmanagementsystem des Milchviehbetriebs

Comparison of different heat detection systems as digital components in the dairy herd management system

LARS WELTE, HANSJÖRG NUSSBAUM

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg, Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf; hansjoerg.nussbaum@lazbw.bwl.de

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei Systeme zur Brunsterkennung mittels Aktivitätssensoren bei Milchvieh (n = 75) und Jungvieh (n = 14) über einen Zeitraum von fünf Wochen mit visuellen Brunstbeobachtungen (viermal täglich) in einem landwirtschaftlichen Betrieb verglichen. Es wurden keine analytischen Referenzwerte (z.B. Blut-/Milchuntersuchungen, Ultraschall) herangezogen. In der Genauigkeit lag DeLaval mit 57,4 % besser als Smartbow mit 42,6 %, was vor allem durch die höhere Anzahl an "fp"-Meldungen bei Smartbow begründet ist. Bei Jungvieh waren die Effekte genau umgekehrt und sind auf die geringere Anzahl an "rp"-Meldungen bei DeLaval zurück zu führen. Die Unterschiede basieren vor allem auf Störeffekte (Umstallen, Klauenschneiden, Blutproben, Rangkämpfe), die bei der Milchviehgruppe größer waren als bei der Jungviehherde (konstante Gruppe). Die von den Herstellern in den Algorithmen hinterlegten Grenzwerte wurden in der jeweiligen Software nicht verändert. Die Ergebnisse in beiden Gruppen lassen auf eine sensiblere Einstellung der Schwellenwerte bei Smartbow schließen. Beide Systeme sind für die Erkennung der Brunst in Praxisbetrieben geeignet.

Summary

In the present study, two systems of heat detection were compared with visual observations of heat (four times a day) on a farm with dairy (n = 75) and young cattle (n = 14) using activity sensors over a period of five weeks. No analytical reference values (e.g. blood or milk tests, ultrasound) were used. In terms of accuracy, DeLaval (57.4%) outperformed Smartbow (42.6%), mainly due to the higher number of "fp" messages in Smartbow. For young cattle, the effects were exactly the opposite and are due to the lower number of "rp" messages in DeLaval. The differences are mainly based on disruptive effects (group changes, claw cutting, blood tests, rank fights), which were larger in the dairy cattle group than in the young cattle herd (constant group). The limits set by the manufacturers in the algorithms were not changed in the respective software. The results in both groups suggest a more sensitive setting of Smartbow sensor thresholds. Both systems are suitable for the detection of heat in practice.

1 Einleitung

In der Landwirtschaft hält Automatisierung und Digitalisierung sowohl im Stall als auch im Feld verstärkt Einzug (Fasching 2016). Gründe sind neben wachsenden Bestandsgrößen steigende Anforderungen an die Produktion (Know-how, rechtliche Auflagen, Dokumentation) und somit an eine effiziente Arbeitserledigung bei gleichzeitig schwankenden Preisen und schwieriger Verfügbarkeit qualifizierter Mitarbeiter. Daher greifen immer mehr landwirtschaftliche Betriebe auf autonome, digitale Sensorsysteme im Außenbetrieb und Stall zurück (Kempf 2016). In der Milchviehhaltung kommen seit Jahren autonome Melksysteme und zunehmend Sensoren zur Erfassung der Aktivität zum Einsatz, mit dem Ziel, Brunst, Lahmheiten, Stoffwechselstörungen und Faktoren des Tierwohls zu erkennen. Vor allem im Bereich der Milchviehhaltung sind sehr gute Reproduktionskennzahlen notwendig, um einen Betrieb wirtschaftlich zu führen (Mißfeldt und Thomsen 2017). Diese Kennzahlen, wie zum Beispiel die Zwischenkalbezeit oder die Remontierungsrate, sind zu sehr großen Teilen auf die Fruchtbarkeit und das Herdenmanagement zurückzuführen (Cutullic et al. 2009, Roelofs et al. 2005). Eine ausgereifte Brunsterkennung ist erforderlich, um über den optimalen Besamungszeitpunkt eine gezielte Trächtigkeit zu erreichen. So sollten nach De Kruif et al. (2007) für eine mit "gut" zu bewertende Brunstbeobachtung mehr als 80 % der auftretenden Brünste wahrgenommen und mindestens 65-70 % der Tiere in einem Brunstintervall von 18-24 Tagen gesehen werden. Kürzere oder längere Abstände von Brunstereignissen deuten auf mangelhafte Brunstbeobachtung hin, sofern nicht andere Ursachen, wie z.B. Ovarialzysten oder Hormonbehandlungen, in Frage kommen. Sensoren zur Brunsterkennung weisen aufgrund der Veränderung zum Normalverhalten eine potenzielle Brunst auf (Schweinzer et al. 2019).

2 Material und Methoden

Vergleich zweier digitaler Brunsterkennungssysteme (Sensoren) mit visuellen Brunstbeobachtungen (mehrmals täglich).

Zeitraum: 25.07. bis 31.08.2017 (32 Tage)

Betrieb: Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW)

Stallungen: Offenlaufstall mit 76 Liegeplätzen (Milchvieh)

Liegeboxenlaufstall mit 132 Liegeplätzen (weibliche Nachzucht)

Versuchstiere:

 90 Milchkühe der Rasse Fleckvieh (vereinzelt auch Braunvieh), jedoch nur Berücksichtigung der laktierenden Tiere (75 Tiere)

14 deckfähige Jungrinder der Rasse Fleckvieh

Brunsterkennungssysteme:

Smartbow:

Ohr-Sensor "Eartag", Software "Smartbow", Sendefrequenz 2,4 GHz, ständige Datenübertragung, 3 Empfangsantennen pro Stall, Datenübertragung in Echtzeit, maximal 2.000 bis 3.000 Datensätze pro Stunde und Tier, betrieben als "Stand-alone"-System, Wechselbatterien

• DeLaval:

Halsband-Sensor, Software "DelPro", Tiererkennung über RFID, Vernetzung mit Herdenmanagementsystem, Sendefrequenz 433 MHz; Datenbereitstellung alle 15 Minuten, maximal 255 Datensätze pro Stunde und Tier, fest verbaute Batterie (10 Jahre Lebensdauer)

Visuelle Brunstbeobachtungen:

Täglich um 05:00, 11:30, 15:30 und 22:15 Uhr eine gleichbleibende Person plus Stallpersonal

Auswertung: Wahrheitsmatrix (nach Lohninger 2012)

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse (Tab. 1) hängen von mehreren Faktoren ab. So brachten Tätigkeiten, bei denen ein Großteil oder die komplette Herde fixiert oder umgetrieben wurde, wie Umstallen (verbunden mit Rangkämpfen), Klauenpflege, Blut nehmen oder Trächtigkeitsuntersuchungen, eine erhöhte Aktivität mit sich. Diese Störfaktoren beeinflussten vor allem die Berechnung der Genauigkeit, da diese stark von den falsch positiven Meldungen abhängt. Deshalb liegen die Ergebnisse, bezogen auf diese Kennzahl, bei Jungvieh (Abb. 2) besser als bei Milchvieh (Abb. 1), weil diese Gruppe im Beobachtungszeitraum eine konstante Zusammensetzung aufwies. So wurden weder Tiere auf- noch ausgestallt und auch sonst keine Tätigkeiten durchgeführt, die zu einer erhöhten Aktivität führen konnten.

Tab. 1: Absolute Zahlen der Beobachtungen für Milch- und Jungvieh Tab. 1: Absolute numbers of observations for dairy and young cattle

Tiergruppe	Beobachtung Tier ist tatsächlich brünstig			Tier	Beobachtung Tier ist tatsächlich nicht brünstig			
Milchvieh		DeLaval	Smartbow		DeLaval	Smartbow		
Sensor: ist brünstig	rp	27	29	fp	20	39		
Sensor: ist nicht brünstig	fn	8	6	rn	2189	2170		
Jungvieh								
Sensor: ist brünstig	rp	7	20	fp	4	2		
Sensor: ist nicht brünstig	fn	21	8	rn	130	432		

rp = richtig positiv; fn = falsch negativ; fp = falsch positiv; rn = richtig negativ

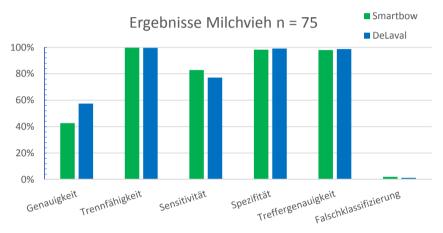


Abb. 1: Kennzahlen der Wahrheitsmatrix bei Milchvieh (© Welte und Nußbaum) Fig. 1: Key figures of the confusion matrix in dairy cattle (© Welte und Nußbaum)

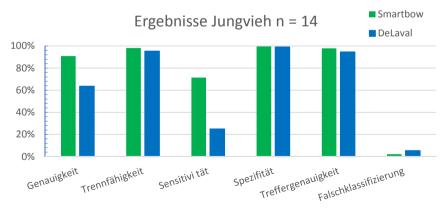


Abb. 2: Kennzahlen der Wahrheitsmatrix bei Jungvieh (© Welte und Nußbaum) Fig. 2: Key figures of the confusion matrix in young cattle (© Welte und Nußbaum)

Die Sensitivität kennzeichnet den Anteil der brünstig gemeldeten Tiere, die auch tatsächlich brünstig sind. Sie betrug bei Milchvieh bei beiden Sensorsystemen rund 80 % (Abb. 1). Beide Aktivitätssensoren bzw. die dahinterliegenden Algorithmen wiesen fast die gleiche Anzahl "rp"- und "fn"-Meldungen auf (Tab. 1). Demgegenüber war die Sensitivität bei Smartbow in der Jungviehgruppe mit 71,4 % besser als diejenige von DeLaval mit 25 %. Ursachen sind die größere Anzahl an "fn"-Meldungen der DeLaval-Sensoren sowie die hohe Anzahl an "rp"-Meldungen bei Smartbow.

Mit Genauigkeit wird das Verhältnis richtig positiver Meldungen, bezogen auf alle positiven Meldungen, bezeichnet. Sie lag bei DeLaval in der Milchviehherde mit 57,4 % besser als bei Smartbow mit 42,6 %, was vor allem durch die höhere Anzahl an "fp"-Meldungen bei Smartbow begründet ist, obwohl dieses System insgesamt mehr "rp"-Meldungen aufwies. Demnach reagieren diese Sensoren bzw. die Algorithmen früher auf eine erhöhte Aktivität als diejenigen von DeLaval.

Beim Anteil der zu recht nicht als brünstig erkannten Tiere an der Gesamtzahl der tatsächlich nicht brünstigen Tiere (Spezifität) liegen sowohl bei Milch- als auch bei Jungvieh beide Systeme bei rund 99 %, wobei Smartbow bei Milchvieh mit 98,2 % geringfügig niedriger abschnitt als DeLaval mit 99,1 %. Die hohe Spezifität ergibt sich aus der geringen Zahl an "fp"-Meldungen.

Die Trennfähigkeit lag bei beiden Sensorsystemen und beiden Tiergruppen mit über 95 % sehr gut, wobei hier der DeLaval-Sensor beim Jungvieh mit 95,3 % etwas schlechter abschnitt als Smartbow (98,2 %).

Mit Treffergenauigkeit wird die Anzahl der richtig klassifizierten Tiere bezogen auf alle Meldungen bezeichnet. Sie lag bei beiden Systemen und Tiergruppen bis auf die Jungviehgruppe im System DeLaval (94,6 %) bei rund 98 %. Aufgrund der hohen Treffergenauigkeit lagen die Falschklassifizierungen sehr niedrig. Sie erreichten bei DeLaval in der Jungviehgruppe mit 5,4 % den höchsten Wert und lag ansonsten bei rund 2 %.

4 Diskussion

Die beobachteten und errechneten Werte basieren auf einem Beobachtungszeitraum von circa fünf Wochen. Dies ist bei der Beurteilung der Ergebnisse zu berücksichtigen, da größere Datensätze aus einem längeren Zeitraum zu etwas anderen Ergebnissen führen könnten. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass keine analytische Referenzwerte (z. B. Blut-/Milchuntersuchungen, Ultraschall) herangezogen wurden. Die von den Herstellern hinterlegten Grenzwerte in der Software wurden nicht verändert. Bei Smartbow wurde die Meldung "Aktiv" und bei DeLaval die Meldung "A+" nicht als Brunstmeldung gewertet. Tätigkeiten, bei denen die Aktivität der Milchviehherde von außen beeinflusst wurde (Umstallen, Fixieren zur Blutentnahme oder Trächtigkeitsuntersuchungen, Klauenpflege usw.), führten durch Rangkämpfe, Unruhe bzw. Angst über eine erhöhte Aktivität zu vermehrt falsch positiven Meldungen und beeinflussten dadurch vor allem die Genauigkeit der Brunsterkennung. Die absoluten Werte lassen erkennen, dass bei Smartbow im Algorithmus niedrigere Schwellenwerte zur Detektion einer Brunst hin-

terlegt sind als bei DeLaval. Dies führte bei Smartbow zu anteilig mehr richtig positiven Werten, gleichzeitig aber zu mehr falsch positiven Werten. Die Trennfähigkeit ist bei beiden Systemen bei knapp 100 %. Dieser Wert ist auf die hohe Anzahl richtig negativer Meldungen und dagegen nur wenigen falsch negativen Meldungen zurückzuführen. Die Jungviehgruppe hatte über den gesamten Beobachtungszeitraum eine konstante Zusammensetzung. Rangkämpfe fanden daher nicht statt. Smartbow schnitt bei der Genauigkeit mit 20 von 28 möglichen richtig positiver Meldungen deutlich besser ab als DeLaval mit 7 richtig positiven Meldungen. Demnach konnte im vorliegenden Versuch Smartbow in der Jungviehgruppe im hier eingesetzten "Stand-alone"-Betrieb mit den alleinigen Informationen aus den Aktivitätssensoren bei fehlenden Störeffekten die Brunst besser erkennen als Delaval, das beim Milchvieh vermutlich von den zusätzlichen Informationen (z. B. Änderung der Milchmenge, Ergebnisse der Trächtigkeitsuntersuchung usw.) aus dem angeschlossenen Herdenmanagementsystem profitieren konnte.

Literatur

- Cutullic, E.; Delaby, L.; Causeur, D.; Michel, G.; Disenhaus, C. (2009): Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. Animal Reproduction Science 113, Issues 1–4, pp. 22–37
- De Kruif, A.; Mansfeld, R.; Hoedemaker, M.; Heuwieser, W. (2007): Ergebnisinterpretation und Strategien Betrachtung einzelner Kontrollbereiche. In: De Kruif, A.; Mansfeld, R.; Hoedemaker, M.: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind, Stuttgart, Enke, S. 30–65
- Fasching, C. (2016): Precision Livestock Farming. Überblick und Bedeutung für Tierwohl und Tiergesundheit. Nutztierschutztagung Raumberg-Gumpenstein am 19. Mai 2016. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, S. 15–22
- Kempf, A. (2016): Visual and computerized (Heatime®) heat detection. A clinical comparative study in a North German dairy farm. Dissertation, Hannover, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Lohninger, H. (2012): statistics4u.info. http://www.statistics4u.info/, Zugriff am 05.09.2017
- Mißfeldt, F.; Thomsen, J. (2017): Ökonomie der Milcherzeugung. Osterrönfeld, Verlag Grüner Kamp
- Roelofs, J. B.; van Eerdenburg, F. J. C. M.; Soede, N. M.; Kemp, B. (2005): Various behavioral signs of estrus and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. Theriogenology 63(5), pp. 1.366–1.377
- Schweinzer, V.; Gusterer, E.; Kanz, P.; Krieger, S.; Süss, D.; Lidauer, L.; Berger, A.; Kickinger, F.; Öhlschuster, M.; Auer, W.; Drillich, M.; Iwersen, M. (2019): Evaluation of an ear-attached accelerometer for detecting estrus events in indoor housed dairy cows. Theriogenology 130, pp.19–25

Eignung zweier Abkalbealarmsysteme zum Schutz von Kuh und Kalb bei der Geburt

Suitability of two calving alert systems to protect cow and calf at birth

Carina Böhm¹, Katharina Grimm², Bernhard Haidn², Heinz Bernhardt¹

Zusammenfassung

Der Einsatz der Abkalbealarmsysteme Moocall (Moocall Ltd., Dublin, Irland) und Track a Cow (ENGS Dairy, Rosh Pina, Israel) wurde an 28 Milchkühen der Rasse Fleckvieh getestet.

Die Anzahl an Tieren mit richtig positiven Alarmen (≤ 6 Stunden vor der erfolgten Kalbung) war beim Moocall fast viermal so hoch wie beim Track a Cow System (26 zu 7). Hinsichtlich der statistischen Genauigkeitsmaße zeigte das Moocall deutlich bessere Ergebnisse als das Track a Cow System (Sensitivität 0,93 vs. 0,25; Spezifität 0,75 vs. 0,04; positiver Vorhersagewert 0,79 vs. 0,21; negativer Vorhersagewert 0,91 vs. 0,05).

Im praktischen Einsatz erwies sich der Gebrauch des Moocalls als sehr zeitintensiv. Das größte Problem war aber, dass der Sensor häufig vom Kuhschwanz abfiel $(1,71 \pm 1,63$ -mal pro untersuchter Kuh).

Summary

The use of the calving alert systems Moocall (Moocall Ltd., Dublin, Ireland) and Track a Cow (ENGS Dairy, Rosh Pina, Israel) was tested on 28 Simmental milking cows.

The number of cows with true positive alarms (\leq 6 hours before the birth of the calf) sent by Moocall was almost four times as high as that of Track a Cow (26 to 7). In terms of statistical accuracy, the Moocall showed significantly better results than the Track a Cow system (sensitivity 0.93 vs. 0.25; specificity 0.75 vs. 0.04; positive predictive value 0.79 vs. 0.21; negative predictive value 0.91 vs. 0.05).

The handling of the Moocall turned out to be very time-consuming. The greatest problem was that the device frequently fell off the cow's tail (1.71 \pm 1.63 times per observed cow).

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; boehm.carina@gmx.net

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung – Standort Grub, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub

1 Einleitung

Die Kalbung stellt einen kritischen Zeitpunkt für Kalb, Muttertier sowie den Landwirt dar. Der Einsatz von elektronischen Datenloggern zur Vorhersage der Geburt bei Rindern könnte die Ausführung eines präzisen Abkalbemanagements erleichtern und so abkalbebedingte Verluste reduzieren (Titler et al. 2015). Es gibt bereits eine Vielzahl von Geburtsalarmsystemen, die jedoch meist noch nicht in ausreichendem Maße und unabhängig von den Herstellern getestet wurden (Saint-Dizier und Chastant-Maillard 2015).

Daher wurden der Abkalbesensor Moocall (Moocall Ltd., Dublin, Irland) und das Pedometer Track a Cow (ENGS Dairy, Rosh Pina, Israel) im Rahmen einer Masterarbeit am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der TU München an Fleckviehkühen getestet. Die Systeme sollten auf ihre Zuverlässigkeit und Praktikabilität geprüft werden. Vor- und Nachteile sowie mögliche Verbesserungen der Abkalbesensoren sollten erörtert werden.

2 Material und Methode

2.1 Tiere und Aufstallung

Die Untersuchungen fanden im Abkalbestall des Versuchsbetriebs der Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Grub von November 2017 bis Juni 2018 statt.

Die 28 Versuchskühe wurden durchschnittlich 5,07 ± 3,24 (MW ± SD = Mittelwert ± Standardabweichung) Tage vor deren errechneten Abkalbedatum (= Besamungsdatum + 285 Tage) in den separaten Abkalbestall eingestallt. Bei neun Tieren handelte es sich dabei um Färsen, die restlichen 19 Kühe hatten 1 bis 4 (MW = 2,4) Laktationen. Die mit Stroh eingestreuten Abkalbeboxen hatten eine Größe von circa 36 m² und wurden nach Bedarf mit bis zu 3 Kühen belegt. Jede Box hatte einen Zugang zum Futtertisch mit Selbstfangfressgittern und einer Wassertränke. Die Fütterung der PMR (Partial Mixed Ration) erfolgte einmal täglich zwischen 6 und 7 Uhr morgens. Das Nachschieben des Futters und das Einstreuen der Boxen erfolgten tagsüber zu keinen festen Zeiten.

2.2 Technik

Die Versuchstiere wurden jeweils mit dem Moocall und dem Track a Cow System ausgestattet. Aufgrund eines weiteren Projektes an der LfL trug bereits ein Großteil der Versuchstiere das Track a Cow Pedometer am rechten Vorderbein (Anbringung bei Kühen 359,56 ± 134,81 Tage und bei Färsen 42,67 ± 60,82 Tage vor der Kalbung). Der Abkalbesensor Moocall wurde dagegen erst 7,06 ± 3,81 Tage vor der Geburt am Kuhschwanz auf der Höhe der Scheide angebracht. Beide Systeme überwachten die Verhaltensparameter der Tiere. Das Pedometer analysierte die Aktivität und das Liegeverhalten der Tiere, während das Moocall die charakteristischen Schwanzbewegungen aufnahm, die durch die Wehentätigkeit ausgelöst wurden. Bei Auffälligkeiten im Verhalten wurde eine Abkalbemeldung abgeschickt. Bei Moocall geschah dies über eine hinterlegte Handynummer

per SMS sowie über eine vom System zur Verfügung gestellte App. Die Meldungen des Pedometers wurden dagegen per E-Mail über das dazugehörige Managementprogramm EcoHerd (ENGS Dairy, Rosh Pina, Israel) weitergeleitet. Das Moocall weist neben den Alarmen zur Geburt auch auf den Verlust des Gerätes vom Tier (Abgefallen-Alarm), auf einen zu niedrigen Akkustand oder auf die Abnahme des Moocalls für einige Stunden (Tragepause) hin. Die erhaltenen Nachrichten wurden manuell in einer Microsoft Excel Tabelle (Microsoft Corporation, Redmond, USA) eingetragen.

Zusätzlich zu den Abkalbesensoren wurden zwei Kameras und ein Infrarot-Nachtsichtstrahler der Firma Mobotix (Mobotix AG, Langmail, Deutschland) über den Abkalbebuchten installiert. Die Videoaufnahme erfolgte dabei kontinuierlich und die Daten wurden auf einem Network Attached Storage (NAS) mit zwei Festplatten gespeichert. Anhand der Videoaufnahmen konnte der genaue Abkalbezeitpunkt bestimmt werden, um so die Genauigkeit der beiden Systeme überprüfen zu können. Neben der Zuverlässigkeit wurde auch die Praktikabilität der Systeme untersucht.

2.3 Statistische Auswertungen

Die statistische Auswertung erfolgte mit Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) und R (Version 3.5.3, R Core Team 2018). Zur Erstellung von Abbildungen wurde das ggplot2 Paket (Wickham 2016) verwendet.

Um die von den Systemen ENGS und Moocall abgegebenen Alarme zu evaluieren, wurde zunächst eine Vier-Felder-Tafel erstellt. Dadurch konnte ein diagnostischer Test durchgeführt werden. Im vorliegenden Fall sollte damit bestimmt werden, inwieweit die vom Abkalbesensor abgegebenen oder nicht abgegebenen Abkalbemeldungen mit der Realität, also dem Vorliegen einer Kalbung bzw. der Abwesenheit einer Kalbung übereinstimmen. Als Schwellenwert wurden die von Rutten et al. (2017) diskutierten 6 Stunden ante partum (a.p.) gewählt. Alle Meldungen des Systems im Zeitabschnitt ≤ 6 Stunden a.p. wurden als richtig positiv (RP) definiert. Wurde ein Alarm > 6 Stunden a.p. abgegeben, wurde der Zeitraum dagegen als falsch positiv (FP) bewertet. Blieb eine Meldung > 6 Stunden a.p. aus, galt dies als richtig negativ (RN). Ein nicht erfolgter Alarm ≤ 6 Stunden a.p. wurde als falsch negativ (FN) eingestuft. Somit konnten die Parameter Sensitivität, Spezifität, positiver Vorhersagewert und negativer Vorhersagewert berechnet werden.

3 Ergebnisse

Während das Pedometer innerhalb des Versuchszeitraums nie verloren ging, wurden beim Moocall pro Kuh 1,71 \pm 1,63 Abgefallen-Alarme verschickt. Die falsch positiven Meldungen wurden beim Moocall im Mittel 4,34 \pm 3,63 Tage und bei Track a Cow 16,59 \pm 9,18 Tage vor dem eigentlichen Abkalbezeitpunkt versendet. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, haben beim Moocall mit 26 Kühen fast viermal so viele Kühe richtig positive Alarme aufgewiesen als beim Track a Cow mit 7 Kühen.

Tab. 1: Anzahl der Kühe (Gesamtheit aller Kühe n=28) mit/ohne Kalbealarm nach Zeitintervall und Klassifizierung bei Moocall und Track a Cow

Tab. 1: Number of cows (in total n = 28) with/without calving alert by time interval and classification by Moocall and Track a Cow

7-itintomoli	VIifi-i	System			
Zeitintervall	Klassifizierung	Moocall	Track a Cow		
≤ 6 Stunden	richtig positiv	26	7		
ante partum	falsch negativ	2	21		
> 6 Stunden	falsch positiv	7	27		
ante partum	richtig negativ	21	1		

Die Sensitivität, die Spezifität, der positive und der negative Vorhersagewert betrugen bei Moocall 0,93, 0,75, 0,79 und 0,91 und bei Track a Cow 0,25, 0,04, 0,21 und 0,05.

Der Abstand des ersten richtig positiv (RP) gesendeten Alarms bis zum Erscheinen der Klauen bzw. bis zur erfolgten Kalbung ist in Abbildung 1 dargestellt.

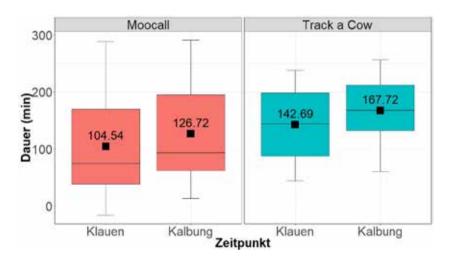


Abb. 1: Zeitlicher Abstand zwischen dem ersten richtig positiv (RP) abgegebenen Alarm bis zum ersten Erscheinen der Klauen oder bis zur erfolgten Kalbung für Moocall (n = 26) und für Track a Cow (n = 7) ($^{\circ}$ Böhm)

Fig. 1: Time interval between the first true positive alert and the first appearance of the calf's feet or the birth for Moocall and Track a Cow (© Böhm)

Hinsichtlich der Handhabung wurde festgestellt, dass das Pedometer einfacher anzubringen war als das Moocall System und der Sensor vom Tier nie abgefallen ist. Das Moocall wurde dagegen häufig abgeworfen. Die Suche nach den Geräten in den mit Stroh eingestreuten Boxen war zumeist sehr zeitaufwendig. Daher wurden während des Versuchs nach den ersten Abkalbungen Schlüsselfinder an den Sensoren befestigt. Dadurch konnte die Zeit für die Suche drastisch reduziert werden. Der Hersteller sollte hier nachbessern. Des Weiteren musste das Moocall alle drei bis vier Tage für einige Stunden vom Kuhschwanz abgenommen (Tragepause) und gereinigt werden. Beides nahm ebenfalls jedes Mal erheblich Zeit in Anspruch. Außerdem sind in den Meldungen von Moocall nur Hinweise auf die Gerätenummer zu finden. Bei einem Einsatz mehrerer Geräte könnte hier der Überblick, welcher Sensor sich an welcher Kuh befindet, verloren gehen. Während des Versuchs wurde daher eine zusätzliche Liste im Stall ausgelegt, in die diese Informationen einzutragen waren, um eine Rückverfolgbarkeit der Meldungen zu garantieren.

4 Diskussion

Aus dem Test der beiden Abkalbesensoren während dieser Arbeit ist hervorgegangen, dass der Vorteil der Track a Cow Pedometer in der einfachen und unkomplizierten Handhabung liegt. Die Benutzung der Moocall Sensoren erwies sich dagegen als sehr zeitintensiv hinsichtlich des Anbringens, der Tragepausen, der Suche nach einem Abwurf und der Reinigung. Allerdings wies das System von ENGS eine deutlich niedrigere Sensitivität, Spezifität sowie positiven und negativen Vorhersagewert auf als das System von Moocall. Dies liegt vor allem daran, dass nur eine geringe Anzahl an richtig positiven Alarmen verschickt wurde und zudem im Zeitraum > 6 Stunden vor der Geburt bei fast allen Tieren Fehlalarme auftraten.

Im Vergleich zu den Ergebnissen von Untersuchungen anderer Sensoren lag die Sensitivität von Moocall etwas unter denen von C6 Birth Control (1,00; Marchesi et al. 2013), iVet® (0,98; Dippon 2015) und Vel'Phone® (1,00; Chanvallon et al. 2012). Dagegen lag das Moocall deutlich über dem Testergebnis des iVet® von Henningsen et al. (2017), die eine Sensitivität von 0,78 ermittelten. Die Spezifität des Moocall war höher als beim Test des iVet® durch Dippon (2015) (0,06), jedoch niedriger als bei Henningsen et al. (2017) (0,93). Im Gegensatz zum Track a Cow Pedometer kann das Moocall auch mit anderen kommerziellen Geburtssystemen mithalten. Jedoch muss beachtet werden, dass die gewählten Schwellenwerte zwischen den Untersuchungen abweichen.

Bei Moocall kam der Alarm beim Großteil der Tiere ausreichend früh, um bei Bedarf Geburtshilfe leisten zu können. Bei einer Versuchskuh lag jedoch der Abstand nur bei 13 min zwischen dem ersten richtig positiven Alarm und der Geburt des Kalbes. Auch bei diesem Zeitintervall ist die Möglichkeit einer zeitigen Nachversorgung des Muttertieres und des Kalbes noch gegeben. Dies umfasst zum Beispiel die rechtzeitige Gabe von Kolostrum oder die Behandlung von festliegenden Kühen. Der Abstand bei Track a Cow war ebenfalls ausreichend, allerdings wurde auch nur bei sieben Kühen ein Alarm abgegeben.

5 Schlussfolgerungen

Aufgrund der Ergebnisse in diesem Versuch kann ein praktischer Einsatz des Track a Cow Pedometers zur Abkalbemeldung nicht empfohlen werden, da bei zu wenigen Tieren eine korrekte Meldung vor der Geburt abgegeben wurde und im Gegenzug auch zu viele Tiere Fehlermeldungen erhielten. Das Moocall war hier deutlich zuverlässiger, wenn auch beachtet werden muss, dass die Benutzung viel Zeit in Anspruch genommen hat. Sowohl bei Moocall als auch beim Track a Cow sind noch Verbesserungen nötig, um die Zuverlässigkeit und Praktikabilität weiter zu erhöhen. In jedem Fall ist außerdem eine Installation von Kameras im Abkalbebereich zur zusätzlichen Überwachung zu empfehlen, vor allem wenn der Weg vom Wohnhaus zum Stall länger ist.

Literatur

- Chanvallon, A.; Lebley, A.; Girardot, J.; Daviere, J.-B.; Ribaud, D.; Allain, C.; Lamy, J.-M. (2012): Surveillance automatisée des vêlages chez la vache laitière. L'Institut de l'Élevage. Collection Résultats Institute de l'Élevage. 4e trimestre 2012. Décembre 2012
- Dippon, M. (2015): Zuverlässigkeit und Praktikabilität der Geburtsüberwachung beim Rind mittels eines automatischen Geburtsmeldesystems. Dissertation. Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- Henningsen, G.; Marien, H.; Hasseler, W.; Feldmann, M.; Schoon, H.-A.; Hoedemaker, M.; Herzog, K. (2017): Evaluation of the iVET® birth monitoring system in primiparous dairy heifers. Theriogenology 102, pp. 44–47
- Marchesi, G.; Leonardi, S.; Tangorra, F. M.; Calcante, A.; Beretta, E.; Pofcher, E.; Lazzari, M. (2013): Evaluation of an electronic system for automatic calving detection on a dairy farm. Animal Production Science, 53, pp. 1.112–1.114
- R Core Team (2019): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/
- Rutten, C. J.; Kamphuis, C.; Hogeveen, H.; Huijps, K.; Nielen, M.; Steeneveld, W. (2017): Sensor data on cow activity, rumination, and ear temperature improve prediction of the start of calving in dairy cows. Computers and Electronics in Agriculture 132, pp. 108–118
- Saint-Dizier, M.; Chastant-Maillard, S. (2015): Methods and on-farm devices to predict calving time in cattle. The Veterinary Journal 205, pp. 349–356
- Titler, M.; Maquivar, M.; Bas, S.; Rajala-Schultz, P.; Gordon, E.; Mccullough, K.; Federico, P.; Schuenemann, G. M. (2015): Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. Journal of Dairy Science 98, pp. 5.304–5.312
- Wickham, H. (2016): Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York, Springer-Verlag

Identifikation behandlungsbedürftiger Milchkühe mittels Sensordaten: Vergleich statistischer und Machine-Learning-Methoden zur Vorhersage von Klauenbehandlungen bei Milchkühen

Using sensor data to identify cows requiring treatment: A comparison of statistical and machine learning methods to predict hoof treatments in dairy cows

CHRISTIAN POST¹, UTE MÜLLER¹, WOLFGANG BÜSCHER²

Zusammenfassung

In dieser Teilstudie wurden verschiedene Klassifikationsalgorithmen der Statistik und des Machine Learning verglichen mit dem Ziel, Klauenbehandlungen bei Milchkühen mithilfe von Sensordaten sowie weiterer Tierinformationen vorherzusagen. Dazu wurden Daten einer Herde von 65 Holstein-Friesian-Kühen über einen Zeitraum von etwa 3 Jahren verwendet und die Variablen für die Vorhersage extrahiert, die mit der Zielvariablen "Klauenbehandlung" in Beziehung standen. Bei Anwendung auf einen Testdatensatz wurde eine mittlere Area Under Curve (AUC) von 0,64 (95 %-KI: 0,60–0,68) und eine mittlere Spezifität von 0,43 (95 %-KI: 0,39–0,64) bei einer festgelegten Sensitivität von 0,80 ermittelt. Keines der Klassifikationsmodelle, weder die mit statistischen noch mit Machine-Learning-Methoden entwickelten Modelle, konnte hierbei deutlich hervorstechen.

Summary

In this substudy, various classification algorithms of statistics and machine learning were compared with the aim of predicting hoof treatments in dairy cows using sensor data and other animal information. Data from a herd of 65 Holstein-Friesian cows over a period of about 3 years were used and the variables related to the target "hoof treatment" were extracted for prediction. When applied to a test data set, a mean area under curve (AUC) of 0.64 (95%-KI: 0.60–0.68) and a mean specificity of 0.43 (95%-KI: 0.39–0.64) at a fixed sensitivity of 0.80 were determined. None of the classification models, neither those developed with statistical nor with machine learning methods, could stand out clearly.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Physiologie und Hygiene, Katzenburgweg 7–9, 53115 Bonn; cpost@uni-bonn.de

² Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Erkennung gesundheitlicher Probleme von Milchkühen ist eine wesentliche Voraussetzung für deren Wohlbefinden und eine lange Nutzungsdauer. Auf größer werdenden Betrieben ist die Überwachung individueller Tiere nicht mehr ohne den Einsatz von Sensoren und Managementsystemen denkbar.

In der Vergangenheit wurde bereits eine Vielzahl von Algorithmen zur Klassifikation von behandlungsbedürftigen (insbesondere lahmenden) Kühen mithilfe von Sensordaten durchgeführt (Miekley et al. 2013, Kamphuis et al. 2013, van Nuffel et al. 2015). Viele dieser Arbeiten beschränken sich jeweils auf die Bewertung eines oder weniger Vorhersagemodelle, was die Vergleichbarkeit dieser Studien untereinander erschwert, da die zugrunde liegenden Trainingsdaten einen hohen Einfluss auf die Validität eines Modells haben.

Die meisten wissenschaftlichen Arbeiten haben die Gültigkeit dieser Algorithmen vorrangig mithilfe der Sensitivität und Spezifität retrospektiv beurteilt. Diese Kennzahlen berücksichtigen jedoch nicht die Auftretenshäufigkeit des jeweils vorhergesagten Gesundheitsproblems in dem individuellen Betrieb. Die Häufigkeit einer Behandlung pro Herde und Tag ist in der Praxis sehr niedrig (< 1 %). Dadurch sinkt der positive Vorhersagewert, d.h. der Anteil richtig positiver von allen als positiv erkannten Tieren, und führt zu den oben beschriebenen Fehlinterpretationen.

In der Milchviehhaltung fallen täglich Daten zu den einzelnen Tieren wie Milchleistung, Aktivität oder Klauenbehandlungen an, die manuell oder mithilfe von Sensoren erfasst und in der Datenbank abgespeichert werden. Das Ziel der vorliegenden Teilstudie ist es, diese Daten zu nutzen, um verschiedene Klassifikationsmethoden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit zur Vorhersage der in der Datenbank gespeicherten Klauenbehandlungen (und andere Behandlungen) miteinander zu vergleichen. Mit den erworbenen Erkenntnissen und Algorithmen wird im Folgenden ein Management-Tool (App) zur Identifizierung behandlungsbedürftiger Kühe entwickelt.

2 Material und Methoden

2.1 Daten

Im Rahmen des gesamten Projektes werden Daten mehrerer deutscher Versuchsmilchviehherden über das Datenbanksystem "KuhDaM" bezogen. Ein erstes Datenpaket daraus bestand aus eirea 80.000 Datensätzen von der Milchviehherde (Holstein-Friesian, n = 65) der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn (Daten von 3,5 Jahren). Diese Datensätze enthielten jeweils verschiedene Sensordaten (z.B. Milchmenge, Aktivitätsrate, Lebendmasse) sowie zusätzliche Tierinformationen (z.B. Laktationsnummer, -tag) und die erfolgten Behandlungen mit den dazugehörigen Diagnosen. Für die Plausibilisierung und Bereinigung der Sensordaten wurden als Grenzwerte der Herdendurchschnitt ± 3 Standardabweichungen herangezogen. Fehlende Werte wurden für Lücken von bis zu 7 Tagen anhand der vorangehenden 7 Tage linear interpoliert. Aus

119

den Rohdaten konnten weitere Werte abgeleitet werden, sodass pro Datensatz insgesamt 46 Variablen zur Auswahl für die Modellbildung standen.

Für das Training und die Validierung der Modelle wurden die Datensätze nach Kuh und Laktationsnummer gruppiert. Ein Drittel der Laktationen wurde zufällig den Testdaten hinzugefügt, dementsprechend verblieben 2/3 der Laktationen im Trainingsdatensatz. Als Zielvariable (target label) wurden die Klauenbehandlungen ausgewählt. Dabei wurden die Trainingsdaten bei Laktationen, in denen wenigstens eine Behandlung stattfand, nach dem Tag der ersten Behandlung abgeschnitten. Bei Laktationen ohne Behandlung wurde ein zufälliger Tag > 10 ausgewählt und nach diesem Tag beschnitten, um einen Ausgleich herzustellen. Die Testdaten wurden hingegen nicht weiter beschnitten. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über die Anzahl der Datensätze in den Trainings- und Testdaten.

Tab. 1: Anzahl Datensätze in den Trainings- bzw. Testdaten Tab. 1: Number of rows in the training and test data

Daten	Tage mit Klauenbehandlung	Tage ohne Klauenbehandlung	Auftretenshäufigkeit der Behandlungen %
Trainingsdaten	250	41.926	0,6
Trainingsdaten (nach Schnitt)	103	1.567	6,8
Testdaten	93	18.789	0,5

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass in den 3,5 Jahren insgesamt 343 therapeutische Klauenbehandlungen vorgenommen werden mussten, d.h. 1,5 Behandlungen pro Kuh und Jahr. Aus Sicht des Herdenmanagements ist diese Anzahl Behandlungen nicht unerheblich, aber aus der Tabelle wird deutlich, dass die Gesamtanzahl der Behandlungen im Vergleich zu der Gesamtzahl der Daten ein seltenes Ereignis darstellt.

2.2 Vorhersagemodelle

Die Variablen des Trainingsdatensatzes wurden mithilfe eines Klassifikationsalgorithmus (mit logistischer Regressionsanalyse) anhand der Koeffizienten nach ihrer Wichtigkeit sortiert, mit fünf Splits kreuzvalidiert und somit als mit dem "target label" in Verbindung stehenden Variablen ausgewählt. Das Training der Klassifikationsalgorithmen erfolgte mit den 16 besten Variablen (z.B. Milchmenge, Laktationsnummer, Laktationswoche, Abweichung der Milchleistungsfutteraufnahme vom Sollwert, mittlere Aktivitätsrate).

Zunächst wurden logistische Regressionsmodelle (klassisches statistisches Verfahren) entwickelt, die mithilfe der unabhängigen Variablen (Sensordaten sowie zusätzliche Tierinformationen) die Wahrscheinlichkeit des Eintrittes des Ereignisses (Klauenbehandlung) schätzen. Die Anpassung erfolgte dabei durch Maximum Likelihood Estimation und die Modellselektion mittels McFadden's R². Mit denselben Daten wurden zum Vergleich verschiedene Machine-Learning-Modelle entwickelt, trainiert und getestet: Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Decision Tree (DT), Extra-Trees

Classifier (ET), Gradient Boosting, AdaBoost Classifier, kNearest Neighbors, Gaussian Naive Bayes und Soft Voting. Die Algorithmen sind Teil des Python-Moduls Scikit-learn (Pedregosa et al. 2011).

Beim Soft Voting wurden jeweils verschiedene Algorithmen zusammengefasst (Soft Voting 1: RF, DT, ET; Soft Voting 2: RF, ET, LR; SoftVoting 3: RF, LR, DT, SVM, ET) und deren vorhergesagte Wahrscheinlichkeiten gemittelt. Der Random Forest wurde dazu noch in einer "tuned"-Variante getestet, d.h. es wurden verschiedene Hyperparameter via "grid search" kombiniert und die beste Kombination für die Vorhersage benutzt (Pedregosa et al. 2011).

Zur Validierung wurde die Modellgüte jedes Vorhersagemodells anhand der Testdaten ermittelt und durch folgende Kennzahlen verglichen: AUC (Area Under Curve) der ROC-Kurven (Receiver Operator Characteristic) sowie Spezifität bei einer festgelegten Sensitivität von mindestens 0,80.

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei der logistischen Regression erfolgte eine Vorauswahl des besten Modells anhand McFadden's R². Bei der Support Vector Machine wurden ebenfalls vorher verschiedene Modelle getestet und je nach C- und Gamma-Werten ausgewählt. Bei den übrigen Methoden fand methodenbedingt keine Vorauswahl statt.

Bei der Anwendung der Modelle auf den Trainingsdatensatz wurde eine mittlere AUC von 0,88 (95 %-KI: 0,79–0,96) und eine mittlere Spezifität von 0,79 (95 %-KI: 0,56–0,93) bei einer Sensitivität von (mindestens) 0,80 erzielt.

Nach Anwendung der trainierten Modelle auf den Testdatensatz erfolgte der Vergleich der Modelle ebenfalls mit der ROC-Analyse. Die Abbildung 1 zeigt die ROC-Kurven einiger exemplarisch ausgewählten Klassifikationsmodelle mit statistischen und Machine-Learning-Methoden zur Vorhersage der klauenbehandlungsbedürftigen Kühe im Testdatensatz. Die Falsch-positiv-Rate auf der X-Achse ist hierbei definiert als (1-Spezifität).

Die Algorithmen erreichten im Testdatensatz eine mittlere AUC von 0,64 (95 %-KI: 0,60–0,68) und eine mittlere Spezifität von 0,43 (95 %-KI: 0,39–0,64) bei einer festgelegten Sensitivität von 0,80. Die Methoden Decision Tree und kNearest Neighbors wiesen die geringsten AUC-Werte auf: Decision Trees sind anfällig für ein ungleiches Verhältnis innerhalb der Kategorien der Zielvariablen (hier: der Behandlungen). Die kNearest-Neighbors-Methode wird ebenfalls stark von einer übermäßig repräsentierten Klasse beeinflusst.

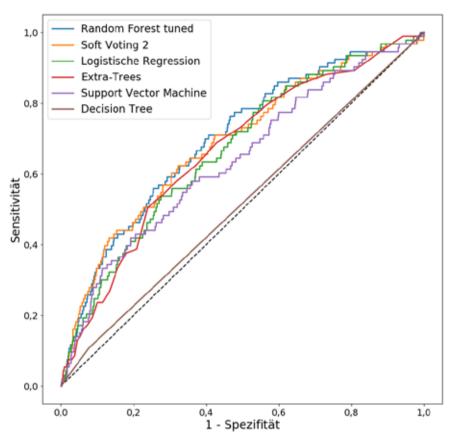


Abb. 1: ROC-Kurven einiger exemplarisch ausgewählten Modelle (© Post)

Fig. 1: ROC curves of selected models (© Post)

Für eine Eignung für den praktischen Einsatz zur Erkennung von behandlungsbedürftigen Tieren wird eine Sensitivität von mindestens 0,8 gefordert (Dominiak und Kristensen 2017). Die Autoren verweisen jedoch darauf, dass beim Vergleich einzelner Studien darauf geachtet werden muss, ob die Sensitivität anhand einzelner Tage oder Erkrankungsblöcke (Miekley et al. 2013) berechnet wird, da hier die Wahrscheinlichkeit für eine richtig positive Vorhersage erhöht ist. In diesem Versuch wurde nur der Tag vor einer Behandlung als positiv gewertet, während alle anderen Tage vorher (und hinterher im Testdatensatz) als nicht behandelt gelten. Dies birgt eine Unsicherheit, da ohne vorherige Kenntnis über den Status eines Tieres keine genaue Aussage darüber getroffen werden kann, wie viele Tage vor einer Behandlung eine Kuh tatsächlich behandlungsbedürftig war. Bei Miekley et al. (2013) wurden Zeitfenster von 3, 5 und 7 Tagen getestet und erhöhten die Spezifität, aber nicht die Block-Sensitivität.

4 Schlussfolgerungen

Bei der Anwendung der trainierten Modelle konnte keine der Klassifikationsmethoden in Bezug auf Vorhersagegenauigkeit, gemessen an der AUC, besonders hervorstechen. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz von Machine-Learning-Modellen für die vorliegende Anwendung keine Verbesserung der Vorhersage von Klauenbehandlungen gegenüber der klassischen logistischen Regression erbracht hat. Die Ergebnisse der Modellgüte sind mit der Literatur vergleichbar. Bei ihrer täglichen Anwendung werden sich aber weiterhin geringe Vorhersagewerte ergeben aufgrund der niedrigen Auftretenshäufigkeit von Klauenbehandlungen pro Tag.

Literatur

- Dominiak, K. N.; Kristensen, A. R. (2017): Prioritizing alarms from sensor-based detection models in livestock production A review on model performance and alarm reducing methods. Computers and electronics in agriculture 133, pp. 46–67
- Kamphuis, C.; Frank, E.; Burke, J. K.; Verkerk, G. A.; Jago, J. G. (2013): Applying additive logistic regression to data derived from sensors monitoring behavioral and physiological characteristics of dairy cows to detect lameness. Journal of Dairy Science 96, pp. 7043–7053
- Miekley, B.; Stamer, E.; Traulsen, I.; Krieter, J. (2013): Implementation of multivariate cumulative sum control charts in mastitis and lameness monitoring. Journal of Dairy Science 96, pp. 5723–5733
- Pedregosa, F.; Varoquaux, G.; Gramfort, A.; Michel, V.; Thirion, B.; Grisel, O. et al. (2011): Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of machine learning research 12, pp. 2825–2830
- van Nuffel, A.; Zwertvaegher, I.; van Weyenberg, S.; Pastell, M.; Thorup, V. M.; Bahr, C. et al. (2015): Lameness Detection in Dairy Cows: Part 2. Use of Sensors to Automatically Register Changes in Locomotion or Behavior. Animals: an open access journal from MDPI 5, pp. 861–885

Förderung

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 des Programms zur Innovationsförderung.

Nutzung multivariater Control Charts zur Identifikation krankheitsbedingter Verhaltensabweichungen bei Milchkühen

Use of multivariate control chart to identify behavioural changes in sick dairy cows

IMME DITTRICH¹, MARVIN GERTZ¹, BEATE MAASSEN-FRANCKE², KARL-HEINZ KRUDEWIG³. WOLFGANG JUNGE¹. JOACHIM KRIETER¹

Zusammenfassung

Die frühe Erkennung von Erkrankungen ist eines der möglichen Einsatzgebiete verschiedener Sensorsysteme und Auswertungsalgorithmen in der Tierhaltung. Ein Auswertungsansatz stellen Control Charts dar. In der vorliegenden Studie wurden Hauptkomponentenanalysen und Partial-Least-Squares-Verfahren genutzt, um geeignete Variablen für ein multivariates kumuliertes Summen-Chart aus Sensorinformationen zu selektieren. Mit Sensitivitäten von > 90 % konnten die extrahierten Hauptkomponenten im Control Chart mehr Krankheitsereignisse erkennen als die Faktoren des PLS-Verfahrens. Letztere zeigten jedoch bessere Spezifitäten (> 80 %).

Im Hinblick auf die Krankheitserkennung konnten beide Methoden gute Ergebnisse erzielen.

Summary

Early detection of disease is a major challenge in modern dairy herds. The implementation of sensor systems combined with evaluation algorithms is a potential tool to support farmers and veterinarians. A potential evaluation method is a multivariate control chart. This study used principal component analysis (PCA) and partial least square model (PLS) to identify useful variables from sensor data to implement in cumulative sum control charts for sickness detection. The extracted principal components showed a sensitivity > 90 % and detected sickness more frequently than the factors extracted by partial least squares model. Nevertheless, the factors from partial least squares model showed better specificities (> 80 %).

Both methods showed good results regarding sickness detection.

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel; idittrich@tierzucht.uni-kiel.de

² GEA Farm Technologies GmbH, Siemensstraße 25, 59199 Bönen

³ 365FarmNet Group GmbH & Co. KG, Hausvogteiplatz 10, 10117 Berlin

1 Einleitung

In der modernen landwirtschaftlichen Haltung von Milchkühen sind zunehmend größere Herden zu verzeichnen. Durch diese Entwicklung werden etablierte Routinearbeiten wie die Einzeltierbeobachtung zur Identifikation krankheitsbedingter Abweichungen im Verhalten zunehmend erschwert (Broom und Fraser 2015). Krankheitsbedingte Verhaltensabweichungen, das sogenannte sickness behaviour (Tizard 2008), welches sich für die Produktionskrankheiten der Milchkuh ähnlich verhält, weisen zumeist schon frühzeitig auf eine sich entwickelnde Erkrankung hin. Mittels automatischer Verhaltensmessung durch verschiedene Sensorsysteme und die Etablierung geeigneter Auswertungsalgorithmen kann das sickness behaviour als Frühwarnsystem für Erkrankungen genutzt werden (Kemp et al. 2008). Der Einsatz verschiedener Sensorsysteme stellt dabei eine Serie an Variablen zur Auswertung bereit. Eine mögliche Auswertungsmethode stellen dabei multivariate Control Charts dar, welche der statistischen Prozesskontrolle entstammen. Sie bieten durch ihre Eigenschaften, wie Online-Fähigkeit oder einer leicht verständlichen grafischen Oberfläche, eine verhältnismäßig einfache, aber effiziente Methode zur Prozesskontrolle auf Einzeltierebene (Miekley et al. 2013a, Montgomery 2013). Die Anzahl der integrierten Variablen ist dabei maßgeblich für die Qualität der Control Charts, da sich konträre Abweichungen nivellieren können, wodurch die Information verloren gehen kann. Daher ist die Selektion geeigneter Variablen notwendig. Mögliche Methoden zur Variablenselektion sind unter anderem die Hauptkomponentenanalyse (PCA) sowie das Partial-Least-Square(PLS)-Verfahren (Miekley et al. 2013b, Mehmood et al. 2012).

Das Ziel dieser Studie ist durch die PCA und das PLS-Verfahren die Anzahl der Variablen, welche in multivariaten Control Charts (kumulierte Summen-Charts (MCUSUM)) genutzt werden, zu reduzieren. Die Ergebnisse (Hauptkomponenten, Faktoren) der beiden Selektionsmethoden werden im MCUSUM-Chart genutzt und anhand von Sensitivität, Spezifität und Falsch-Positiv-Rate für verschiedene Kontrollgrenzen bezüglich der Krankheitserkennung miteinander verglichen.

2 Material und Methoden

2.1 Datenerfassung und Tierauswahl

Die Daten wurden auf einem Praxisbetrieb (Lichtenau/Sachsen) mit rund 480 melkenden Kühen, welche mit je zwei Sensorsystemen (Hals, Vorderbein; GEA Farm Technologies) ausgestattet sind, erfasst. Zusätzlich stehen Daten aus einem automatischen Melkkarussell (GEA Farm Technologies) zur Verfügung. Die gesammelten Sensorinformationen werden über das Management-Informations-System des Betriebs (GEA Farm Technologies; 365FarmNet) zur Auswertung bereitgestellt. Dabei wurden Sensorinformationen zu verschiedenen Leistungs- und Verhaltensparametern generiert, wovon in dieser Studie 23 Variablen genutzt wurden (Tab. 1). Die Daten wurden im Zeitraum September

2018 bis Februar 2019 erfasst, auf tägliche Werte summiert (Beobachtungen je Variable n_{Beob} = 38.647) und mittels z-Transformation standardisiert.

Für die Auswertung wurden 232 Tiere ausgewählt, welche keine Trockenstehperiode innerhalb des Beobachtungszeitraums und mehr als 100 Beobachtungstage aufwiesen.

Tab. 1: Mittlere Werte (± Standardabweichung) der einbezogenen Leistungs- und Verhaltensparameter Tab. 1: Mean (± standard deviation) of used performance and behaviour parameters

Leistungs- und Verhaltensparameter	Einheit	Mittelwert ± Standardabweichung
Milchleistung	kg/d	27,4 ± 8,2
Leitfähigkeit	mS	880,4 ± 112,9
Milchflussrate	g/s	53,0 ± 29,9
Viertelweise Milchleistung ¹⁾	kg/d	7,7 ± 3,1
Viertelweise Leitfähigkeit ¹⁾	mS	1.028,0 ± 286,5
Viertelweise Milchflussrate ¹⁾	g/s	21,4 ± 7,8
Beinaktivität	Schritte/d	3.575,3 ± 1213,6
Laufdauer	min/d	38,7 ± 16,9
Halsbewegungen	Anzahl/d	$107,1 \pm 60,7$
Stehdauer	min/d	667,2 ± 169,0
Liegedauer	min/d	731,6 ± 174,4
Übergänge Liegen → Stehen	Anzahl/d	11,1 ± 6,3
Futteraufnahmedauer	min/d	304,0 ± 77,5
Wiederkaudauer	min/d	493,2 ±87,9

¹⁾ Vier Variablen pro Tier und Tag.

Neben Tieren ohne Erkrankungen ($n_{\rm ges}=44$) wurden Tiere ($n_{\rm kr}=188$) mit bis zu 4 Krankheitsereignissen in den Datensatz aufgenommen. Ein Krankheitsereignis ergibt sich dabei aus dem Tag der Diagnose sowie fünf Laktationstagen vor der Diagnose (Krankheitsblock) und einem Übergang von sieben Tagen nach der Diagnose. Der Krankheitsblock dient der Klassifikation wahr positiver bzw. falsch negativer Hinweise. Dabei wurden die spezifischen Diagnosen nicht berücksichtigt, sodass Euter-, Klauenund Stoffwechselerkrankungen sowie einige sonstige Erkrankungen, wie unspezifisches Fieber, durch 401 Krankheitsereignisse abgebildet werden. Bei mehr als einer Diagnose, wurden diese als zwei oder mehr Diagnosen gezählt, sobald der Krankheitsblock der zweiten Diagnose nicht mit dem Übergang der ersten Diagnose überlappt.

2.2 Hauptkomponentenanalyse und Partial-Least-Squares-Verfahren

Die statistische Analyse wurde mit SAS® 9.4 (SAS Institute Inc.) durchgeführt. Dazu wurden die Prozeduren PROC PRINCOMP (Hauptkomponentenanalyse) und PROC PLS (Partial-Least-Squares-Verfahren) genutzt.

Die beiden genutzten Verfahren unterscheiden sich in der erklärten Varianz. Während die Hauptkomponentenanalyse die Gesamtvarianz der Variablen berücksichtigt, wird im PLS-Verfahren durch Modellierung die Varianz der abhängigen Variablen (Gesundheitsstatus) erklärt. In beide Verfahren flossen alle 23 Variablen (Tab. 1) ein.

2.3 MCUSUM-Charts

In dieser Studie wurden MCUSUM-Charts nach Miekley et al. (2013a) auf Einzeltierebene berechnet. Diese MCUSUMs entsprechen m univariaten Charts, wobei m die Anzahl der Variablen darstellt (Bersimis et al. 2007). Grundsätzlich misst ein MCUSUM-Chart Abweichungen von einem Zielwert, welcher in dieser Studie auf den Mittelwert der standardisierten Variablen ($\mu = 0$) festgelegt wurde.

Das MCUSUM-Chart lässt sich durch den Referenzwert k anpassen, welcher sich auf die Sensitivität des Charts auswirkt und in dieser Studie nach Variation (1,0 bis 2,0) für PCA und PLS-Verfahren auf 1,0 festgelegt wurde. Überschreitet eine Abweichung die festgelegten Kontrollgrenzen (obere und untere), so wird der Prozess durch einen Alarm als außer Kontrolle eingestuft. Die Kontrollgrenzen werden dabei durch den Schwellenwert h festgelegt, welcher in der vorliegenden Studie von 8 bis 15 variiert wurde. Zur Beurteilung der Qualität des Charts wurden die Sensitivität (SE), die Spezifität (SP) sowie die Falsch-Positiv-Rate (FPR = 1-Spezifität) berechnet. Zusätzlich wurde die Blocksensitivität (BSE) berechnet, da es für die Krankheitserkennung nicht entscheidend ist, jeden Tag innerhalb eines Krankheitsblocks zu erkennen, sondern den Krankheitsblock durch mindestens einen Alarm zu identifizieren. Dazu wurde der erste Alarm innerhalb eines Krankheitsblockes als wahr positiv und das Krankheitsereignis als erkannt klassifiziert. Nicht durch Alarm gekennzeichnete Krankheitsblöcke wurden als falsch negativ eingestuft. Alle Alarme außerhalb der definierten Krankheitsereignisse wurden als falsch positiv eingeordnet. Ein Gesundtag ohne Alarm entsprach folglich einem wahr negativen Alarm.

3 Ergebnisse

3.1 Hauptkomponentenanalyse und Partial-Least-Squares-Verfahren

Die PCA ergab sieben Hauptkomponenten, welche 82 % der Gesamtvarianz (σ_{ges} = 21,3) erklären. Diese Hauptkomponenten wurden als Variablen in den MCUSUM-Charts genutzt. Das PLS-Verfahren ergab vier Faktoren, welche 2 % der Varianz der abhängigen Variablen (Gesundheitszustand) erklären. Trotz dieses geringen Anteils erklärter Varianz wurden die Werte der ermittelten Faktoren als Variablen im MCUSUM-Chart berücksichtigt.

3.2 MCUSUM-Charts

Die Sensitivitäten lagen für beide Methoden der Variablenselektion und alle getesteten Schwellenwerte auf geringen Niveaus (SE $_{PCA}$ < 40 %, SE $_{PLS}$ < 25 %). Die weiteren Ergebnisse der MCUSUM-Charts sind für beide Methoden in Abbildung 1 dargestellt.

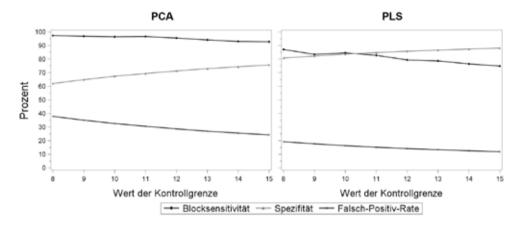


Abb.1: Vergleich von Blocksensitivität, Spezifität und Falsch-Positiv-Rate für die variierten Schwellenwerte h der getesteten Selektionsmethoden (© Dittrich)

Fig. 1: Comparison of block sensitivity, specificity and false-positive rate for the varied thresholds h of the selection methods tested (© Dittrich)

Die Hauptkomponenten zeigten im MCUSUM insgesamt höhere Blocksensitivitäten (BSE $_{PCA}$ > 90 %; BSE $_{PLS}$ > 80 %) für alle getesteten Kontrollgrenzen. Das PLS-Verfahren zeigte hingegen insgesamt höhere Spezifitäten (SP $_{PCA}$ < 75 %; SP $_{PLS}$ > 75 %) und entsprechend niedrigere Falsch-Positiv-Raten. Während die Referenzwerte für beide Methoden auf ein Niveau festgelegt werden konnten, wurde die Kontrollgrenze für die PCA auf 13 (BSE $_{PCA}$ = 94,1 %, SP $_{PCA}$ = 72,9 %) und die Kontrollgrenze für das PLS-Verfahren auf 10 (BSE $_{PLS}$ = 84,6 %, SP $_{PLS}$ = 83,7 %) festgelegt.

4 Diskussion

Die Nutzung einer PCA in Kombination mit einem MCUSUM-Chart zeichnet sich durch zum Teil sehr gute Blocksensitivitäten (BSE_{PCA} > 90 %) aus, wodurch eine gute Erkennung der Krankheitsereignisse gewährleistet ist. Durch die Definition der Krankheitsblöcke ist zudem ein früher Hinweis auf die Erkrankungen möglich, sodass ein frühzeitiges Eingreifen durch den Landwirt oder den Tierarzt ermöglicht wird (Miekley et al. 2013a). Die Spezifitäten bzw. Falsch-Positiv-Raten zeigen jedoch, dass die falsch positiven Klassifikationen sehr häufig vorkommen, wodurch nicht nur die Gesamtqualität, sondern auch die Praktikabilität des MCUSUM-Charts beeinträchtigt wird.

Die Faktoren des PLS-Verfahrens zeigten im Vergleich zur PCA bessere Spezifitäten bzw. Falsch-Positiv-Raten, wodurch eine geringere Häufigkeit falsch positiver Klassifikationen zu erwarten ist. Trotz der verbesserten Spezifität gegenüber der Hauptkomponentenanalyse treten mit 16,3 % noch viele falsch positive Alarme auf, welche in der Praxis zu einem vermehrten Arbeitsaufwand für den Landwirt führen würden.

Die verglichenen Methoden zeigen insgesamt gute Ergebnisse für die Blocksensitivitäten. Dennoch gilt es, die Häufigkeit der falsch positiven Klassifikation in weiteren Studien weiter zu reduzieren und unter anderem durch Variation der Krankheitsblöcke die gesamte Sensitivität zu verbessern. Weiterhin ist die Erkennungsrate der verschiedenen Diagnosen zu ermitteln.

Literatur

- Bersimis, S.; Psarakis, S.; Panaretos, J. (2007): Multivariate statistical process control charts. An overview. Qual. Reliab. Engng. Int. 23(5), pp. 517–543
- Broom, D. M.; Fraser, A. F. (2015): Domestic animal behaviour and welfare. Wallingford, Boston, CABI, 5. ed.
- Kemp, M. H.; Nolan, A. M.; Cripps, P. J.; Fitzpatrick, J. L. (2008): Animal-based measurements of the severity of mastitis in dairy cows. Veterinary Record 163(6), pp. 175–179
- Mehmood, T.; Liland, K. H.; Snipen, L.; Sæbø, S. (2012): A review of variable selection methods in Partial Least Squares Regression. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 118, pp. 62–69
- Miekley, B.; Stamer, E.; Traulsen, I.; Krieter, J. (2013a): Implementation of multivariate cumulative sum control charts in mastitis and lameness monitoring. Journal of dairy science 96(9), pp. 5723–5733
- Miekley, B.; Traulsen, I.; Krieter, J. (2013b): Principal component analysis for the early detection of mastitis and lameness in dairy cows. The Journal of dairy research 80(3), pp. 335–343
- Montgomery, D. C. (2013): Introduction to statistical quality control. Hoboken, Wiley, 7. ed.
- Tizard, I. (2008): Sickness behavior, its mechanisms and significance. Animal health research reviews 9(1), pp. 87–99

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Dieses Projekt wird dankenswerter Weise gefördert durch die H. Wilhelm Schaumann Stiftung.

Application of deep learning techniques for monitoring of livestock behaviour

Anwendung von Deep-Learning-Methoden zur Überwachung des Nutztierverhaltens

ABOZAR NASIRAHMADI¹, JENNIFER GONZALEZ², UTE KNIERIM², OLIVER HENSEL¹, SIMONE MÜLLER³. BARBARA STURM¹

Abstract

Audio-visual monitoring of livestock behaviours is challenging due to the usual size of the farms and number of animals. However, adoption of new technologies can support the observation of animal behaviour. Machine learning techniques allow to carry out behavioural monitoring of livestock in different farming conditions. The main objective of the reported studies was to determine whether by using deep learning techniques, monitoring by means of video surveillance or acoustic sensing of standing and lying behaviour of pigs kept in groups or of pecking activity of turkeys under diverse commercial farm conditions can be developed. Data of two commercial pig and a turkey farms were used for training, validation and testing of the proposed models. The experimental results illustrated that by the investigated methods, scoring of different lying and standing postures of pigs in video data and pecking activity of turkey birds based on acoustic monitoring was possible with high quality performances.

Zusammenfassung

Die audiovisuelle Überwachung des Verhaltens von Nutztieren ist aufgrund der üblichen Betriebsgrößen und der Anzahl der Tiere eine Herausforderung. Die Integration neuer Technologien kann jedoch die Beobachtung des Tierverhaltens unterstützen. Die Methoden des maschinellen Lernens ermöglichen es, die Verhaltensüberwachung von Nutztieren unter verschiedenen Betriebsbedingungen durchzuführen. Das Hauptziel der durchgeführten Studien war es zu ermitteln, ob unter Einsatz von Deep-Learning-Methoden, das Steh- und Liegeverhalten von Schweinen in Gruppenhaltung durch automatisierte Videoüberwachung beziehungsweise das Pickverhalten von Puten durch akustische Erfassung unter verschiedenen kommerziellen Betriebsbedingungen bestimmt

¹ University of Kassel, Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Nordbahnhofstraße 1 a, 37213 Witzenhausen, Germany; abozar.nasirahmadi@uni-kassel.de
² University of Kassel, Department of Farm Animal Behaviour and Husbandry,
Nordbahnhofstraße 1 a, 37213 Witzenhausen, Germany
³ Thuringian State Institute for Agriculture and Rural Development, Department of Animal Husbandry,
Naumburger Straße 98, 07743 Jena, Germany

werden können. Die Daten von zwei kommerziellen Schweinebetrieben und einem Putenmastbetrieb wurden für das Training, die Validierung und Verifizierung der entwickelten
Modelle verwendet. Die experimentellen Ergebnisse zeigten, dass durch die untersuchten
Methoden die Bewertung verschiedener Liege- und Stehhaltungen von Schweinen aus
Videodaten und die Pickaktivität von Puten basierend auf akustischer Überwachung mit
hoher Genauigkeit möglich ist.

1 Introduction

In recent years, machine learning techniques have rapidly developed in diverse fields of computer vision and signal processing such as object classification, detection, recognition and tracking. The use of these methods in livestock farming have led to options to monitor health, disease, normal and undesired behaviour of animals in large-scale farms with high performance (Nasirahmadi et al. 2017). One of the main goals of the reported studies was firstly to develop a model based on two-dimensional image data and a deep learning technique to detect standing and lying postures of pigs in diverse farming conditions. Duration of lying and standing behaviour of pigs provide useful information on their health, welfare and environmental conditions (Nasirahmadi et al. 2017) for both researchers and farmers. Direct or visual monitoring of pig behaviour in large scale-farms can no longer be conducted by farmers in traditional ways due to time constraints and labour intensity. Several recent studies applied machine vision and deep learning have been applied to monitor pig behaviours. A detection system based on depth imaging system and Faster Regions with Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) technique was developed to detect standing, sitting, sternal, ventral and lateral recumbency of sows by Zheng et al. (2018). In another study deep learning was applied to recognize individual feeding behaviours of pigs (Yang et al. 2018). Furthermore, a digital image processing and deep learning model was also developed by Zhuang and Zhang (2019) to detect and identify the health status of broilers within a flock.

Another application of deep learning-based detection in this study was to develop a model using sound data to score pecking activity levels in turkeys. Pecking behaviour is an essential activity of turkeys relating to exploration, foraging and social interactions (Hughes and Grigor 1996). Turkeys show also abnormal pecking behaviour like feather pecking or cannibalism which are associated with important animal welfare and economical problems in turkey farming (Hafez 1996, Dalton et al. 2013). Continuous monitoring of the pecking activity of turkeys could help to identify stressors in the flock and to improve their health and welfare. Combination of sound processing and machine learning methods have been used in different studies. An audio analysis-based detection system along with Support Vector Machine (SVM) was developed to detect avian influenza in chickens (Huang et al. 2019). In another study, in order to assess the relationship between pigs coughing sound and air quality a model based on principal component analysis and SVM was developed by Wang et al. (2019). Their model was able to recognize cough sound with an average rate of 95%. However, to date, no

investigation has attempted to develop automatic scoring of pecking activity of turkeys using machine vision, i.e. deep learning, and sound processing techniques. Therefore, in the two reported studies, livestock monitoring systems using deep learning models were developed to detect standing and lying postures in pigs by means of image data and Faster R-CNN and pecking activity levels in turkeys by Convolutional neural network (CNN) networks and sound data.

2 Material and methods

2.1 Pig housing and image data

In order to develop robust detection algorithm, images with pigs in different colours, various lighting and housing conditions were collected. Image data were recorded after placement of pigs in two different commercial farms (weaning and fattening) in Germany and lasted to the end of the housing period. A video surveillance recording systems with the ability to record two-dimensional videos were used in 8 pens for the duration of about one year. Cameras (VIVOTEK IB836BA-HF3, 1920 x 1080 pixels) were located on the ceiling with their lens pointing downwards to the pen to record top view images. A set of 1.000 images with around 13.000 standing and lying pigs were manually labelled and used for training, validation and testing of the Faster R-CNN model. Each pig in the images was labelled based on their postures as "standing" when standing or moving in the pens, "belly" when lying on their belly with limbs folded under the body or "side" when lying on side with their limbs extended. The image dataset was randomly divided into training (80%) and validation (20%). Furthermore, another 200 images were used to test the developed Faster R-CNN model. The test data were not used in the training and validation steps. After training the model, the test dataset (200 images) was used to evaluate the correctness of the posture detection model by calculation of precision $(\frac{TN}{TN+FP} \times 100)$ and recall $(\frac{TP}{TP+FN} \times 100)$. In this research, TP (true positive) is the number of positive postures correctly detected by the model and FP (false positive) is the number of negative postures incorrectly detected as the positive posture. Lastly, FN (false negative) is the number of positive postures incorrectly detected as negative postures.

2.2 Turkeys housing and sound data

The experiment was carried out in a research unit (farm for education and research in Ruthe of the University of Veterinary Medicine Hannover, Foundation) with a group size of 2170 female turkeys (B.U.T. Big 6) with intact beaks. The birds were housed from day one in a Louisiana type barn (29.2 x 15.9 m) with natural and forced ventilation system. Two metallic balls (pecking objects) were suspended from the ceiling and positioned around 20 cm above the ground. The birds had access to the pecking object after 7 days when the chick guards were opened. Each ball was equipped with a microphone and connected via cable to a camera (TosiNet Realtime 2K 4MP PoE-IP-camera) which was located on the ceiling with its lens pointing downward and directly above the ball. Videos and all sounds like pecking, ventilation system sounds and other vocalisation of

the animals were continuously recorded. Audio data extracted from video footages and sampled in slots of 1 second at 44.100 Hz were then used for analysing. Data from the fourth week of the birds' life were selected to train, validate and test a CNN model. The video data were used for validation of sound data with manual labelling. To eliminate the surrounding noises, high pass filtering was performed on each of the 1 second sound files with cut-off frequency of 1.6 kHz. Each filtered sound file was labeled manually as peck and non-peck and fed into the model. The original signals of sound (peck and non-peck) before and after filtering are shown in Figure 1. Here a set of 1700 sound data (700 pecks and 1000 non-pecks) were used for training and validation of the CNN model.

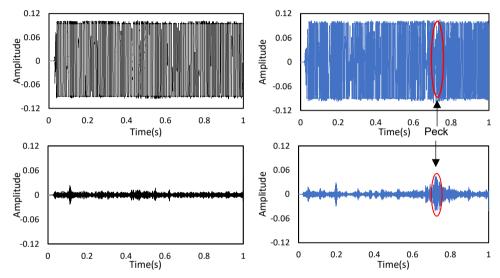


Fig. 1: Examples of the original and filtered peck and non-peck sounds (© Nasirahmadi)

Abb. 1: Beispiele für die originalen und gefilterten Pick-und Nicht-Pick-Geräusche (© Nasirahmadi)

3 Results and discussions

3.1 Posture detection in pigs

Due to the diverse conditions of the animals and commercial farms, the development of a robust monitoring technique with the ability to detect standing and lying postures of individual pigs was investigated in this study. Training of the Faster R-CNN network was conducted with a momentum, weight decay and learning rate of 0.9, 0.0002 and 0.001, respectively. Examples of the various detected postures are shown in Figure 2. Average values of precision and recall of the posture detection model were obtained 90 and 91%, respectively. Therefore, the proposed Faster R-CNN model used shows a high level of detection performance, which can be used for detection of standing and lying postures in pigs under commercial farming conditions by 2D cameras.



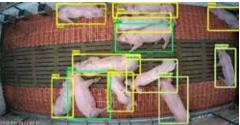


Fig. 2: Standing and lying postures detected by means of Faster R-CNN (© Nasirahmadi). *Abb. 2: Mithilfe von Faster R-CNN erfaste Steh- und Liegehaltungen (© Nasirahmadi)*

3.2 Pecking detection in turkeys

After the model was trained and validated, 900 new filtered sounds (not applied in training and validation) were used to test the model. The performance of the CNN model was defined in terms of sensitivity, specificity and accuracy (Nasirahmadi et al. 2016). The output of the test files was manually evaluated by using video data. Table 1 shows the performance of the developed CNN model.

Tab. 1: Performance of the CNN network Tab. 1: Leistungsfähigkeit des CNN-Netzwerks

Performance	Equation	Value in %
Sensitivity	$\left(\frac{\text{TP}}{\text{TP+FN}} \times 100\right)$	86.8
Specificity	$\left(\frac{\text{TN}}{\text{TN+FP}} \times 100\right)$	88.5
Accuracy	$\left(\frac{\text{TP+TN}}{\text{TP+FP+TN+FN}} \times 100\right)$	89.6

Where TP is the number of peck event considered as peck, FP is the number of non-peck event considered as peck, TN is the number of non-peck event considered as non-peck and FN is the number of peck event considered as non-peck event. According to Table 1, a good pecking activity detection in turkeys in the test dataset was reached with a sensitivity of around 87%, specificity of 89% and accuracy of 90%. This study is a first step to develop an automatic pecking activity detection in turkeys to identify stressors in the flock and to improve their health and welfare by possibly predicting cannibalism outbreaks. According to the performance of the model, some incorrect detection happened which could be due to changes in the background noise in the commercial farm during the experiment. However, this method needs further study for detection of pecking activities during different ages of the birds and various farming conditions. In order to have a robust detection model in future studies, more sound sample data are needed.

4 Conclusion

In conclusion, the proposed methods can be used as measuring tools to monitor livestock behaviour in various farming conditions. These models could contribute in the future as an important and economically feasible technique in commercial farms for identification of pig postures and pecking activity in turkeys. Developing these models might be a very important step towards the improvement of animal welfare. However, it needs to be tested in various farming and animal conditions in future studies to monitor livestock behaviours in a fully automated way.

References

- Dalton, H. A.; Wood, B. J.; Torrey, S. (2013): Injurious pecking in domestic turkeys. Development, Causes and potential solutions. Worlds Poultry Science Journal 69, pp. 865–876
- Hafez, H. M. (1996): Übersicht über Probleme der haltungs- und zuchtbedingten Erkrankungen bei Mastputen. Archiv für Geflügelkunde 60, S. 249–256
- Huang, J.; Wang, W.; Zhang, T. (2019): Method for detecting avian influenza disease of chickens based on sound analysis. Biosystems Engineering 180, pp. 16–24
- Hughes, B. O.; Grigor, P. N. (1996): Behavioural time-budges and beak related behaviour in floor.housed turkeys. Animal Welfare 5, pp. 189–198
- Nasirahmadi, A.; Edwards, S. A; Sturm, B. (2017): Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs. Livestock Science 202, pp. 25–38
- Nasirahmadi, A.; Hensel, O.; Edwards, S. A.; Sturm, B. (2016): Automatic detection of mounting behaviours among pigs using image analysis. Computers and Electronics in Agriculture 124, pp. 295–302
- Wang, X.; Zhao, X.; He, Y.; Wang, K. (2019): Cough sound analysis to assess air quality in commercial weaner barns. Computers and Electronics in Agriculture 160, pp. 8–13
- Yang, Q.; Xiao, D.; Lin, S. (2018): Feeding behavior recognition for group-housed pigs with the Faster R-CNN. Computers and Electronics in Agriculture 155, pp. 453–460
- Zheng, C.; Zhu, X.; Yang, X.; Wang, L.; Tu, S.; Xue, Y. (2018): Automatic recognition of lactating sow postures from depth images by deep learning detector. Computers and Electronics in Agriculture 147, pp. 51–63
- Zhuang, X.; Zhang, T. (2019): Detection of sick broilers by digital image processing and deep learning. Biosystems Engineering 179, pp. 106–116

Acknowledgment

We thank the funding organizations of the SusAn ERA-Net project PigSys and the innovation project AutoWohl. The PigSys project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 696231. Both studies were financially supported by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) through the Federal Office for Agriculture and Food (BLE), grant number 2817ERA08D and 2817903615. We are also grateful to the team of the farm for education and research in Ruthe of the University of Veterinary Medicine Hannover, Foundation for access and the good cooperation.

Auslaufnutzung von Zweinutzungshühnern

Outdoor use of dual purpose chicken breeds

BERNHARD HÖRNING, ANNEMARIE KAISER, GERRIET TREI

Hochschule Eberswalde, Fachgebiet Ökologische Tierhaltung, Schickler Straße 5, 16225 Eberswalde; bhoerning@hnee.de

Zusammenfassung

In den letzten Jahren werden vermehrt Alternativen zum Töten der männlichen Küken der Legehybridherkünfte diskutiert (Geschlechtsbestimmung im Ei, Bruderhahnmast, Zweinutzungshühner). Zweinutzungshühner sind Herkünfte, welche sich zur Eier- und Fleischerzeugung eignen. Beim Einsatz von Zweinutzungshühnern in alternativen Haltungsformen stellt sich die Frage nach deren Auslaufnutzung. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war ein Vergleich verschiedener Zweinutzungsherkünfte mit Blick auf die Nutzung des Grünauslaufs.

Im Rahmen eines vom BMEL geförderten Projekts (ÖkoHuhn) wurden sechs Herkünfte verglichen (New Hampshire, White Rock und Domäne Gold der Ökologische Tierzucht gGmbH sowie die Rassehühner Vorwerk, Marans und Bresse). Je Herkunft wurden vier Gruppen (je 2 Legehennen bzw. Masthühner) à 50 Hühnern mit RFID-Transpondern ausgestattet. Ferner erfolgten Direktbeobachtungen des Verhaltens im Grünauslauf. Bei den Legehennen wurde ein etwas höherer Anteil der Tiere im jeweiligen Zeitraum erkannt als bei den Masthühnern. Sie waren auch deutlich öfter am Tag im Auslauf und wiesen trotz kürzerer Einzelaufenthalte eine höhere Gesamtnutzung je Tag auf. Bresse-Hühner zeigten weniger, aber dafür längere Aufenthalte. Ferner konnten große Unterschiede zwischen Individuen innerhalb einer Gruppe festgestellt werden. Die Verhaltensbeobachtungen ergaben, dass sich die Hühner vor allem in Stallnähe aufhielten. Im Auslauf dominierte die Verhaltensweise Nahrungssuche.

Summary

Dual purpose breeds could be one alternative to the killing of day-old chickens of layer strains. Use of outdoor run is an important aspect in organic agriculture. Aim of the study was to compare outdoor use of six dual purpose breeds (New Hampshire, White Rock, Domäne Gold, Vorwerk, Marans, Bresse). Four groups of 50 chickens per breed were equipped with RFID-transponder (2 groups laying hens, 2 groups male broiler chickens). Behaviour in the run was also recorded with direct observations. Laying hens used the run more than broiler chickens. Bresse chickens showed a less frequency per day compared to other breeds, but longer duration bouts. However, huge differences were found between individuals within a group. Chickens stayed mostly near to the house and foraging was the dominating behaviour in the run.

1 Zielsetzung

In den letzten Jahren wird das Töten der männlichen Eintagsküken der Legehybridlinien zunehmend kritisiert. Als mögliche Alternativen werden eine verlängerte Nutzung der Legehennen, die Geschlechtsbestimmung im Ei, die Mast männlicher Legehybriden sowie die Nutzung von Zweinutzungshühnern diskutiert (Hörning und Kaiser 2019). Das Bundeslandwirtschaftsministerium fördert neben Projekten zur Geschlechtsbestimmung auch solche zu Zweinutzungshühnern (Integhof, ÖkoHuhn).

Falls Zweinutzungshühner innerhalb von Tierschutzlabeln vermarktet werden sollen, wäre eine gute Auslaufnutzung von Vorteil, um die Verbrauchererwartungen zu erfüllen. Auch haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass eine stärkere Auslaufnutzung Vorteile für die Tiergerechtheit bieten kann. So fanden Taylor et al. (2018) bei schnell wachsenden Broilern, welche den Auslauf mehr nutzten, eine bessere Lauffähigkeit, eine bessere Befiederung und weniger Aszites. Mahboub et al. (2004) stellten bei Legehennen mit besserer Auslaufnutzung einen besseren Gefiederzustand fest.

Ziel der hier dargestellten Untersuchungen war daher ein Vergleich der Auslaufnutzung verschiedener Zweinutzungsherkünfte (männliche und weibliche Tiere).

2 Methodik

In dem Forschungsvorhaben ÖkoHuhn wurden verschiedene Herkünfte im Hinblick auf mögliche Zweinutzungseignung im Ökolandbau geprüft, darunter Herkünfte der Ökologische Tierzucht gGmbH (ÖTZ) sowie verschiedene Rassehühner. Im ersten Durchgang 2017/18 wurden die drei Hühnerrassen Vorwerkhühner, Bresse-Hühner, Marans sowie drei Herkünfte der ÖTZ eingesetzt (New Hampshire, White Rock, Domäne Gold als Kreuzung aus den vorgenannten). Die männlichen Tiere wurden auf der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung gemästet (Standort Ruhlsdorf bei Berlin), die Legehennen in den mobilen Versuchsställen der Hochschule gehalten (Standort Ökodorf Brodowin). Den Schwerpunkt des Projekts bildete eine Leistungsprüfung; parallel wurden Tierwohlindikatoren erhoben (z. B. Gefiederzustand) sowie das Tierverhalten untersucht.

Zur Erfassung der Auslaufnutzung wurden je Herkunft vier Gruppen (je 2-mal Legehennen, 2-mal Masthühner) à 50 Hühnern mit RFID-Transpondern ausgestattet. Die Erkennung erfolgte über Flachantennen vor und hinter den Auslaufluken (Gantner Pigeon System, Firma Gantner, Österreich). Parallel erfolgten Direktbeobachtungen verschiedener Verhaltensweisen in den Grünausläufen (Scan-sampling i.d.R. stündlich).

Die Datenauswertung erfolgte via SAS und SPSS. Nach Prüfung der Normalverteilung wurden für die Direktbeobachtungen einfaktorielle ANOVA durchgeführt (post-hoc Scheffé), Signifikanzniveau $p \le 0.05$.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Elektronische Auslauferfassung

Dargestellt werden beispielhaft ausgewählte Zeiträume für die Auslaufnutzung (Masthühner August 2017, Legehennen Mai/Juni 2018). Ausgewertet wurden alle Aufenthalte von mindestens 30 Sekunden Dauer.

Tabelle 1 zeigt zunächst den Vergleich von Masthühnern und Legehennen als Durchschnitt aller Herkünfte. Bei den Legehennen wurde ein etwas höherer Anteil der Tiere im jeweiligen Zeitraum erkannt. Die Legehennen waren deutlich öfter am Tag im Auslauf als die Masthühner. Trotz etwas kürzerer Einzelaufenthalte ergaben sich höhere Gesamtzeiten je Tag. Ferner zeichnete sich bei den Legehennen eine zweigipflige Aktivität ab (Höchstwerte um 8 und 15 Uhr); die Masthühner waren hingegen morgens am häufigsten im Auslauf.

Tab. 1: Elektronische Auslauferfassung nach Geschlecht

Nutzungsparameter	Einheit	Masthühner (männlich)	Legehennen (weiblich)
Zeitraum		1225.08.2017	25.0503.06.2018
Alter der Tiere		14/15 Wochen	14 Monate
Auswertungszeitraum	d	11	9
Summe Erkennungen		19.782	34.934
Erkannte Individuen		380	313
Erkannte Individuen	0/0	80,5	91,8
Erkennungen je Tier und Tag		4,7	12,4
Dauer je Aufenthalt	min	30,1	24,1
Aufenthalt je Tier und Tag	min	142	298

Tabelle 2 zeigt die Auslaufnutzung getrennt nach Herkünften für Masthühner bzw. Legehennen. Bei den Masthühnern wurden je nach Herkunft 58 bis 97 % der Tiere im Auslauf erkannt. White Rock und Domäne Gold nutzten den Auslauf am längsten und häufigsten je Tag und Vorwerk und Marans am wenigsten (Spanne der Herkünfte etwa 1,5–3 Stunden Nutzung je Tag). Bresse-Tiere waren je Aufenthalt am längsten draußen, gefolgt von New Hampshire. Bresse-Tiere hatten die wenigsten Nutzungen je Tag, White Rock die meisten.

Bei den Legehennen wurden je nach Herkunft 89 bis 100 % der Tiere im Auslauf erkannt (mehr als bei den Masthühnern). Die Gesamtdauer der Auslaufnutzung am Tag lag im Mittel etwa zwischen 3,5 und 5,5 Stunden. Bei den Frequenzen gab es größere Unterschiede zwischen den Herkünften (Vorwerk etwa doppelt so hoch wie Marans und Bresse). Je Aufenthalt waren Bresse-Tiere – wie bei den Masthühnern – am längsten im Auslauf.

Tab. 2: Outdoor use of different breed	Tab.	2:	Outdoor	use of	f different	breeds
--	------	----	---------	--------	-------------	--------

Herkunft	Erkannte Tiere (% der Gruppe)		Anzahl Nutzungen am Tag		Dauer je Aufenthalt in Minuten		Summe je Tag in Minuten	
	Mast	Lege	Mast	Lege	Mast	Lege	Mast	Lege
New Hampshire	82,8	-	2,88	-	37,2	-	107,1	-
White Rock	96,9	-	7,67	-	25,3	-	193,7	-
Domäne Gold	94,6	100	5,46	13,86	28,6	22,4	156,2	309,8
Vorwerk	57,8	91,1	4,07	17,02	22,7	16,2	92,5	276,1
Marans	59,6	100	3,32	7,78	28,6	27,5	94,8	213,6
Bresse	73,9	88,8	2,72	8,22	49,7	40,9	135,3	336,2

Wenn die Gesamtdauern am Tag nicht nur auf die erkannten, sondern auf alle vorhandenen Tiere je Herkunft bezogen werden, ändert sich das Bild etwas (z.B. bei den Masthühnern Vorwerk 53,5 vs. White Rock 151,3 min/d, z.B. bei den Legehennen Bresse 298,4 min).

Es konnten große Unterschiede zwischen Individuen festgestellt werden. So reichten die Gesamterkennungen je Tier bei den 380 erkannten Masthühnern von 1 bis 169 und bei den 313 Legehennen von 1 bis 430. Die Erkennungen je Tier und Tag lagen bei den Masthühnern zwischen 0 und 39 und bei den Legehennen zwischen 0 und 48. Viele Einzeltiere waren jedoch recht konstant bei den Häufigkeiten am Tag.

3.2 Verhalten im Auslauf

Dargestellt werden in den Tabellen 3 und 4 beispielhaft ausgewählte Zeiträume für das durch Direktbeobachtungen erfasste Verhalten im Auslauf (Masthühner August 2017, Legehennen März/April 2018), zunächst jeweils die Verteilung in den drei Zonen sowie unter den Unterständen (in Zone 2), nachfolgend die wichtigsten Verhaltensweisen. Die erste Zeile zeigt jeweils den Anteil an den vorhandenen Tieren je Gruppe, alle übrigen die Anteile an den jeweils im Auslauf gezählten Tiere.

Tab. 3: Verteilung und Verhalten der Masthühner im Auslauf

Tab. 3: Behaviour of male chickens in the outdoor run

Verhaltensweisen (% Tiere im Auslauf)	Vorwerk	Marans	Bresse	White Rock	New Hampshire	Domäne Gold
Anteil im Auslauf (% Gruppe)	8,3 ^a	17,8 ^{ab}	15,5 ^{ab}	24,1 ^b	24,0 ^b	21,1 ^{ab}
Zone A (stallnah)	94,8 ^a	81,2 ^{ab}	75,6 ^{ab}	68,1 ^b	85,3 ^{ab}	69,7 ^{ab}
Zone B (mittel)	5,2	11,0	10,2	23,2	11,5	19,5
Zone C (stallfern)	0	7,8	6,5	8,7	3,3	10,8
Unterstände	19,6	7,6	4,8	5,0	3,5	8,0
Nahrungssuche	61,1	51,5	54,0	70,8	68,0	68,4
Gehen/Stehen	8,8	13,1	6,6	15,0	13,2	13,8
Liegen/Sitzen	12,5 ^{ab}	11,7 ^{ab}	27,9 ^b	1,6 ^a	9,1 ^{ab}	5,3 ^a
Gefiederpflege	0	3,2	5,8	3,7	5,0	3,2

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb der Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede.

Die Hühner hielten sich vor allem in Stallnähe auf (Masthühner 79 %, Legehennen 73 % der Tiere im Auslauf). Im Auslauf dominierte jeweils die Verhaltensweise Nahrungssuche (Masthühner 62 %, Legehennen 68 % der Tiere im Auslauf). Bei diesen Parametern gab es z.T. Unterschiede zwischen den Herkünften. So wurde bei den Rassehühnern Vorwerk, Marans und Bresse der geringste Anteil der Tiere bei der Nahrungssuche im Auslauf beobachtet (Masthühner und Legehennen).

Tab. 4: Verteilung und Verhalten der Legehennen im Auslauf Tab. 4: Behaviour of laying hens in the outdoor run

Verhaltensweisen (% Tiere im Auslauf)	Vorwerk	Marans	Bresse	Domäne Gold
Anteil im Auslauf (% Gruppe)	24,4 ^a	33,1 ^b	20,9 ^a	45,7 ^c
Zone A (stallnah)	76,5 ^{ab}	64,8 ^c	80,5 ^b	69,5 ^{ac}
Zone B (mittel)	13,2 ^{ab}	20,3 ^c	9,0 ^a	18,1 ^{bc}
Zone C (stallfern)	8,1 ^{ab}	11,0 ^b	5,4 ^a	10,3 ^b
Unterstände	2,2 ^a	3,9 ^{ab}	5,1 ^b	2,1 ^a
Nahrungssuche	66,4 ^{ab}	69,0 ^{ab}	65,0 ^a	72,2 ^b
Gehen	16,4 ^a	14,4 ^{ab}	11,4 ^b	13,1 ^{ab}
Stehen	10,7 ^{ab}	8,1 ^a	12,1 ^b	8,0 ^a
Liegen/Sitzen	3,1 ^a	3,7 ^a	7,1 ^b	3,1 ^a

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb der Zeile kennzeichnen signifikante Unterschiede.

In anderen Untersuchungen der Hochschule Eberswalde in den gleichen Stallungen für Masthühner (LVAT) bzw. Legehennen (Mobilställe) und mit dem gleichen Erkennungssystem wurden insgesamt ähnliche Werte ermittelt (Hörning et al. 2010, 2013, 2014, Trei et al. 2012), zum Beispiel bezüglich Anteil erkannter Individuen, mittlere Aufenthaltsdauern, individuelle Unterschiede, Aufenthalt in Stallnähe, dominierende Nahrungssuche.

In weiteren Untersuchungen mit automatischer Erfassung der Auslaufnutzung von Einzeltieren wurde eine bessere Auslaufnutzung langsamer wachsender Broiler festgestellt, verglichen mit schnell wachsenden (z.B. Dal Bosco et al. 2010, Lindholm et al. 2016). Taylor et al. (2017) fanden bei Ross 308 ebenfalls große individuelle Unterschiede in der Auslaufnutzung; sie teilten die Tiere in drei Klassen ein (Nicht-, Wenig- und Vielnutzer). In Untersuchungen mit Legehennen in kleinen Gruppen wurden ähnliche Gesamtdauern am Tag wie in der vorliegenden Untersuchung festgestellt (Hartcher et al. 2016, Campbell et al. 2017). Mahboub et al. (2004) fanden bei einem Herkunftsvergleich, dass Lohmann Tradition-Hennen den Grünauslauf mehr nutzten als LSL-Hennen.

4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen erbrachten insgesamt eine etwas höhere Auslaufnutzung der Legehennen als der Masthühner. Ferner zeigten sich gewisse Unterschiede zwischen den untersuchten Herkünften. Dennoch erscheinen aufgrund der ermittelten Nutzungshäufigkeiten prinzipiell alle Herkünfte für die Freilandhaltung geeignet. Bei den Auslaufnutzungsparametern ist allerdings die kleine Gruppengröße zu beachten. Die Untersuchungen wurden im Folgejahr mit sieben weiteren Herkünften fortgesetzt.

Literatur

- Campbell, D. L. M.; Hinch, G. N.; Dyall, T. R.; Warin, L.; Little, B. A.; Lee, C. (2017): Outdoor stocking density in free-range laying hens: Radio-frequency identification of impacts on range use. Animal 11(1), pp. 121–130
- Dal Bosco, A.; Mugnai, C.; Sirri, F.; Zamparini, C.; Castellini, C. (2010): Assessment of a global positioning system to evaluate activities of organic chickens at pasture. Journal of Applied Poultry Research 19(3), pp. 213–218
- Hartcher, K. M.; Hickey, K. A.; Hemsworth, P. H.; Cronin, G. M.; Wilkinson, S. J.; Singh, M. (2016): Relationships between range access as monitored by radio frequency identification technology, fearfulness, and plumage damage in free-range laying hens. Animal 10(5), pp. 847–853
- Hörning, B.; Kaiser, A. (2019): Alternativen zum Kükentöten aktuelle Entwicklungen in Deutschland. In: DVG (Hg.): Top-Thema Tierwohl Wohl oder Übel für die Tiere? Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft, DVG-Verlag, Gießen, S. 213–246
- Hörning, B.; Trei, G.; Schwichtenberg, M.; Barth, S.; Rust, K. (2014): Auswirkungen einer Wahlfütterung auf Auslaufnutzung und Futteraufnahme von Legehennen in mobiler Haltung. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL-Schrift 505, S. 134-146
- Hörning, G.; Trei, G.; Gebhardt-Henrich, S. (2013): Individuelle Unterschiede in der Auslaufnutzung von Legehennen bei mobiler Haltung sowie mögliche Wettereinflüsse. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL-Schrift 503, S. 220-221
- Hörning, B.; Trei, G.; Ludwig, A.; Rolle, E. (2010): Eignung unterschiedlicher Herkünfte für die ökologische Haltung von Masthähnchen. Abschlussbericht Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Eberswalde, http://orgprints.org/17823/
- Lindholm, C.; Karlsson, L.; Johansson, A.; Altimiras, J. (2016): Higher fear of predators does not decrease outdoor range use in free-range Rowan Ranger broiler chickens. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A Animal Science 66(4), pp. 231–238
- Mahboub, H. D. H.; Müller, J.; Borell, E. von (2004): Outdoor use, tonic immobility, heterophil/lymphocyte ratio and feather condition in free-range laying hens of different genotype. British Poultry Science 45, pp. 738–744
- Taylor, P. S.; Hemsworth, P. H.; Groves, P. J.; Gebhardt-Henrich, S. G.; Rault, J. L. (2018): Ranging behaviour relates to welfare indicators pre-and post-range access in commercial free-range broilers. Poultry Science 97(6), doi: 10.3382/ps/pey060
- Taylor, P.; Hemsworth, P. H.; Groves, P. J.; Gebhardt-Henrich, S. G.; Rault, J. L. (2017): Ranging behaviour of commercial free-range broiler chickens. 2. Individual variation. Animal 7(7), pp. 1–9, doi: 10.3390/ani7070055
- Trei, G.; Lott, M.; Henning, A.; Hörning, B. (2012): Nutzung des Grünauslaufs durch Legehennen im Winter bei mobiler Haltung mit zwei verschiedenen Flächenangeboten. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL-Schrift 496, S. 81–91

Praxistest optimierter UHF-RFID-Ohrmarken zur Verhaltensüberwachung von Schweinen

Practical test of optimised UHF-RFID ear tags for the behaviour monitoring of pigs

Adrian Förschner, Anita Kapun, Eva Gallmann

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; a.foerschner@uni-hohenheim.de

Zusammenfassung

In der elektronischen Einzeltiererkennung bieten Systeme mit UHF-RFID die Vorteile der Simultanerkennung und der höheren Leseraten. Jedoch sinkt mit der Verkleinerung des Transponders auch die Lesereichweite. Zusätzlich verstärkt sich der Einfluss von Ohrgewebe auf kleinere Transponder. In diesem Beitrag werden mehrere UHF-Transponderohrmarken mit verschiedenen Transpondergrößen bei Mastschweinen unter Praxisbedingungen getestet. Hierzu wurden die mit der RFID-Technik erfassten Einzellesungen zu aggregierten Besuchsereignissen zusammengefasst und mit gleichzeitig erhobenen Videodaten validiert. Die Ergebnisse zeigen, dass trotz einer Verkleinerung der Transponder die Lesbarkeit zum Teil verbessert werden konnte.

Summary

In electronic animal detection, UHF-RFID-systems can offer advantages with simultaneous detection and higher reading rates. However, the smaller the transponder, the lower the reading range. In addition, the influence of ear tissue on smaller transponders increases. In this article, several UHF transponder ear tags are tested under practical conditions with fattening pigs. For this purpose, the individual readings recorded with RFID technology were combined into aggregated visit events and validated with video data. The results show that the readability could be improved in some cases despite the reduction in the size of the transponders.

1 Einleitung und Zielsetzung

Ein wichtiger Teilbereich des Precision Livestock Farmings ist die elektronische Kennzeichnung und Identifizierung von Einzeltieren. Bisher haben sich niederfrequente Radiofrequenz-Identifikationssysteme (LF-RFID) in der Praxis durchgesetzt. Im Vergleich zu LF-RFID ermöglicht UHF-RFID (Ultrahochfrequenz) die gleichzeitige Identifizierung von Tiergruppen. Aufgrund des größeren Lesebereichs und der simultanen Erfassung von UHF-Transpondern ist es möglich, Stallflächen in Gruppenhaltung zu überwachen oder eine Sektorlokalisierung durchzuführen. Bei Verwendung von UHF-RFID in Stallumgebungen muss unter anderem berücksichtigt werden, dass viele Materialien UHF-Strahlung absorbieren und elektrisch leitfähige Materialien reflektieren (Kern 2007).

Die wichtigere Einflussgröße in Bezug auf Störungen ist Wasser. Besonders das Ohrgewebe enthält einen großen Anteil Wasser, das zur Absorption oder Reflexion des elektrischen Feldes führt. Aus diesem Grund beeinflussen die Ohren der Tiere die Funktion der Transponder und eine Verschiebung der Resonanzfrequenz mindert die Lesereichweite. Umgekehrt kann die Resonanzfrequenz eines Transponders auch ausgenutzt werden, um mit einer nachträglichen Anpassung derselben die Störeinflüsse zu kompensieren (Fujimoto und Morishita 2013).

Im Rahmen eines Innovationsprojektes werden UHF-Transponderohrmarken für Ferkel, Mastschweine und Sauen, stationäre und mobile Lesegeräte sowie Antennen mit dem Ziel der Marktreife weiterentwickelt. Den Transpondern wird Priorität eingeräumt, da die Verringerung der Größe der UHF-Transponderantennen ohne Verringerung der Lesereichweite und der Erkennungsrate eine Herausforderung darstellt (Kern 2007). Zunächst werden neue Antennendesigns für Mastschweine schrittweise verkleinert, die vielversprechendsten Transponder selektiert und weiter verkleinert, um letztlich in Ferkelohrmarken integriert werden zu können.

2 Material und Methoden

Bisher wurden zwei Generationen (B500, B600) von UHF-Transpondern weiterentwickelt und unter Labor- und Praxisbedingungen getestet. Die erste Generation B500 wurde aufbauend auf einem Referenztransponder B440 (Adrion et al. 2015) aus einem Vorgängerprojekt zunächst mit vier verkleinerten Transpondertypen B510, B520, B530 und B540 optimiert. Die Transpondertypen der ersten Generation variierten in der Antennenlänge und der Größe der Massefläche, sodass verschiedene Resonanzfrequenzen getestet werden konnten. Aus Erkenntnissen der ersten Generation wurden auf Basis des Transpondertyps B530 die einzelnen Transpondertypen B620, B650 und B680 der zweiten Generation stufenweise auf Ferkelohrmarkengröße verkleinert. Die Spezifikationen der Transpondertypen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Übersicht über die einzelnen Transpondertypen der UHF-Ohrmarkenserien B440, B500 und B600 Tab. 1: Overview of the individual transponder types of the UHF ear tag series B440, B500 and B600

Ohrmarkentyp	Transpondergröße B x H in mm
Referenztransponder	
B440	40 x 30
Erste Generation	
B500	38 x 32
Zweite Generation	
B620	34 x 29
B650	31 x 24
B680	27 x 24

Alle Transpondertypen wurden in einer Standard-Ohrmarke für Zuchtsauen und Mastschweine (Primaflex®, Caisley International GmbH, Bocholt) im Spritzgussverfahren in flexible Kunststoffohrmarken integriert. Die Ohrmarken haben ein Außenmaß von etwa 45 x 46 mm (B x H) und die größtmögliche Transpondergröße ist 44 x 33 mm. Alle Transponder befanden sich im Dornteil der Ohrmarken.

Die zwei UHF-Ohrmarkengenerationen wurden vom 18. Januar 2018 bis zum 20. Mai 2018 an der Versuchsstation Agrarwissenschaften, Standort Lindenhöfe der Universität Hohenheim unter Praxisbedingungen getestet.

Der Praxistest der beiden Generationen wurde in einem Maststall mit zwei Abteilen und jeweils zwei Buchten (3,30 x 7,80 m) durchgeführt. Alle Buchten waren mit einer Flüssigfütterung und jeweils drei Nippeltränken ausgestattet. Außerdem war in jeder Bucht ein Spielgerät "PorkyPlay" eingebaut (Zimmermann Stalltechnik GmbH, Oberessendorf). Zu Beginn wurden in jeder Bucht 25 Schweine (ca. 1 m^2 pro Tier) bzw. insgesamt 100 Schweine (DL x Pi) eingestallt.

Die Ohrmarken der ersten Generationen (B500) wurden am 22. Januar 2018 bei 42 Mastschweinen mit einem durchschnittlichen Einzeltiergewicht von 34 kg eingezogen. Alle Ohrmarken wurden den Tieren zufällig zugeordnet und es wurde sichergestellt, dass die Transpondertypen in beiden Abteilen gleichmäßig verteilt waren. Der Versuchsaufbau sah vor, dass jeder Transpondertyp im Experiment mit jeweils neun Exemplaren getestet werden sollte. Die UHF-Transponderohrmarken der zweiten Generation (B620, B650 und B680) wurden zum 26. März 2018 mit jeweils neun Exemplaren eingezogen.

Der Vergleich der UHF-Transponder wurde am Spielgerät "PorkyPlay" in jeder der vier Buchten durchgeführt. Dazu wurde oberhalb eines jeden Spielgerätes auf einer Holzplatte eine UHF-Patchantenne (MIRA-100-Circular-ETSI, Kathrein RFID, Stephanskirchen) installiert. Die vier UHF-Antennen waren mit einem UHF-Lesegerät verbunden (TSU200M, deister electronic GmbH und Agrident GmbH, Barsinghausen). Die Antennen wurden einmal pro Sekunde für 250 ms im Wechsel aktiviert. Die Ausgangsleistung des Lesegerätes betrug am Tag der Auswertung 29 dBm (0,8 W). Zur Beurteilung der Transponder wurden die Besuchs- bzw. Leseereignisse per Videoaufnahmen validiert. Der Zielbereich wurde mit einem Radius von 50 cm an der Vorderseite des Spielgerä-





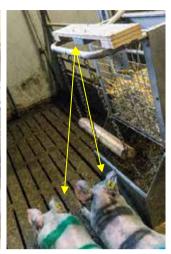


Abb. 1: Links: PorkyPlay mit der UHF-Antenne (Kreis) und deren Detektionsbereich; Mitte: PorkyPlay mit der an der Decke montierten Videokamera (Kreis) und zwei zur Videobeobachtung markierte Schweine; rechts: PorkyPlay mit einer Nahaufnahme und beispielhaften Übertragungsstrecken (Pfeile) vom Leser zu den Ohrmarken (© Förschner)

Fig. 1: Left: Playing device with the UHF antenna (circle) and the detection area; middle: picture of the playing device with the video camera (circle) mounted on the ceiling and two pigs marked for video observation; right: playing device with a close up view to example transmission links (arrows) from the reader to the ear tags (© Förschner)

tes definiert. Die Besuchsereignisse der Schweine in den Zielgebieten (Abb. 1) wurden anhand der Videodaten mit der Software Interact 18 (Mangold International GmbH, Arnstorf) ausgewertet. Ein Tier wurde als "im Bereich" definiert, wenn der Kopf samt Ohren vollständig im Zielbereich war.

Aus den einzelnen RFID-Lesungen der Transponder wurden aggregierte Besuchsereignisse berechnet. Nach der Methode von Brown-Brandl und Eigenberg (2015) wurde die Aggregationsdauer 40 s festgelegt. Für jede einzelne UHF-Ohrmarke wurden die binären Klassifikatoren Sensitivität, Spezifität, positiver Vorhersagewert und Korrektklassifikationsrate berechnet (Adrion et al. 2018) und anschließend verglichen.

3 Erste Ergebnisse und Diskussion

Die grafische Auswertung zeigt die Sensitivitäten der Besuchsereignisse beispielhaft vom 5. April 2018 für die Transpondertypen B440, B530, B620, B650 und B680 in Abbildung 2. Die Grafik zeigt pro Verkleinerungsstufe des Transpondertyps (B530 groß, B680 klein) eine sinkende Sensitivität. Der Referenztransponder B440 zeigte eine hohe Varianz. Zwei Ohrmarken des Transpondertyps B440 waren nicht lesbar und sind als Ausreißer zu sehen. Es gibt aber auch zwei Exemplare, die im Bereich von 70 bis 80 % besser lesbar waren. Die Ohrmarken des Transpondertyps B530 zeigten eine einheitli-

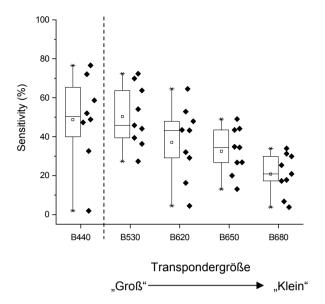


Abb. 2: Boxplots der Sensitivitäten der verschiedenen Transpondertypen am 5. April 2018 (B440 n = 8; B530 n = 9; B620 n = 9; B650 n = 9; B680 n = 9); Streudiagramme zeigen die für jedes Transponderexemplar berechneten Einzelwerte (© Förschner)

Fig. 2: Sensitivity values of various transponder types on April 5^{th} , 2018 (B440 n=8; B530 n=9; B620 n=9; B650 n=9); scatter plots show the individual values calculated for each transponder sample (© Förschner)

chere Lesbarkeit durch die geringere Streuung. Die Nachfolgeohrmarken des Typs B620 zeigten eine größere Streuung. Eine geringere Streuung war auch bei den Ohrmarkentypen B650 und B680 zu sehen, zusätzlich ist die absolute Lesbarkeit hervorzuheben. Die Ohrmarken des Typs B680 wiesen zwar die geringste Streuung auf, jedoch einhergehend mit einer geringen Sensitivität von durchschnittlich 20,7 %.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Ohrmarken aus der Serie B530 an die Leistung der Vorgängergeneration B440 anknüpfen können. Die geringere Streuung verspricht eine bessere Lesbarkeit und Funktionalität des Transpondertyps und wurde aus diesem Grund als Basis für die zweite Generation B600 gewählt.

Die Besuchsereignisse der Mastschweine konnten zufriedenstellend erkannt werden. Nur die Besuchsdauer wurde nicht zutreffend registriert, was zu der geringeren Sensitivität führte. Die unterschiedliche Anbringung am Tier kann zum Teil auch die Streuung der Sensitivität erklären. Es bleibt auch zu beachten, dass alle Ohrmarkenmuster noch im Prototypenstatus waren und es zu minimalen Abweichungen in der Herstellung gekommen war.

Die Ergebnisse sind für die kleine Größe des Transponders B680 unter Praxisbedingungen mit Potenzial in Hinblick auf eine weitere Optimierung des Transponderdesigns zu betrachten.

4 Ausblick

Mit dieser Versuchsreihe konnten verschiedene UHF-Transponderohrmarken unter Praxisbedingungen getestet werden und die Ergebnisse als Grundlage für die Weiterentwicklung der kommenden UHF-Transponderohrmarken genutzt werden. Der Transpondertyp B530 ist nach dieser Studie in einer größeren Stückzahl nachproduziert worden und wird momentan in einem Langzeitversuch zum Aktivitätsmonitoring von Wartesauen eingesetzt. Die Erkenntnisse aus den Ergebnissen der Serie B600 werden für die Entwicklung und Produktion der Ferkelohrmarkengeneration D200 genutzt, die Mitte 2019 getestet werden soll. Im Anschluss folgt der Test des gesamten UHFSystems, der bis Ende des Jahres abgeschlossen sein soll.

Literatur

- Adrion, F.; Hammer, N.; Rößler, B.; Jezierny, D.; Kapun, A.; Gallmann, E. (2015): Aufbau, Funktion und Test eines statischen Prüfstandes für UHF-RFID-Ohrmarken. Landtechnik 70(3), S. 46–66
- Adrion, F.; Kapun, A.; Eckert, F.; Holland, E.-M.; Staiger, M.; Götz, S.; Gallmann, E. (2018): Monitoring trough visits of growing-finishing pigs with UHF-RFID. Computers and Electronics in Agriculture 144, pp. 144–153
- Brown-Brandl, T.; Eigenberg, R. (2015): Determination of Minimum Meal Interval and Analysis of Feeding Behavior in Shaded and Open-Lot Feedlot Heifers. Transactions of the ASABE 58(6), pp. 1833–1839
- Fujimoto, K.; Morishita, H. (2013): Modern small antennas. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom
- Kern, C. (2007). Anwendung von RFID-Systemen. VDI-Buch, 2., verbesserte Auflage, Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg

Förderung

Die Autoren danken der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung und der Landwirtschaftlichen Rentenbank für die Förderung im Rahmen der Deutschen Innovationspartnerschaft (DIP) Agrar. Die Förderung erfolgte aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank.

Netzwerkanalyse zur Bestimmung der Gruppenstruktur von Pferden in Großgruppen auf der Weide mithilfe von GPS-Daten

Network analysis of the group structure of horses in large groups on pasture using GPS data

Frederik Hildebrandt, Kathrin Büttner, Jennifer Salau, Joachim Krieter, Irena Czycholl

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel; fhildebrandt@tierzucht.uni-kiel.de

Zusammenfassung

Die Gruppenstruktur und Hierarchie von Pferden in Großgruppen mit über 20 Tieren sind noch nicht hinreichend erforscht. Aus diesem Grund wurden auf einem Pferdepensionsbetrieb in Schleswig-Holstein die Positionsdaten von 53 Pferden durch GPS-Datenlogger über einen Zeitraum von neun Monaten (Juni 2018 bis Februar 2019) erfasst. Der vorliegende Teilbereich der Studie beinhaltet eine beispielhafte Netzwerkanalyse eines zehntägigen Weidezeitraumes im Oktober 2018. Der tägliche Untersuchungszeitraum wurde in verschiedene Zeitintervalle zwischen 5 und 60 Minuten Länge unterteilt. Für jedes Zeitintervall wurden Kontaktnetzwerke generiert und Dichte sowie Fragmentation berechnet. Bei längeren Zeitintervallen stieg die Dichte an und die Fragmentation nahm ab. Veränderungen im Gruppenverhalten durch äußere Einflüsse oder Veränderungen innerhalb der Gruppe konnten durch einen starken Anstieg der Dichte bei gleichzeitiger Abnahme der Fragmentation dargestellt werden. Somit bieten diese Parameter die Möglichkeit, Veränderungen im Tierverhalten aufzudecken.

Summary

The herd structure and hierarchy of large groups (> 20 horses) has not been adequately described yet. Therefore, the positions of 53 horses on a horse farm in Schleswig-Holstein were recorded by GPS-data loggers for nine months. The group structure on the pasture was analysed with the help of the network analysis. Therefore, a time interval of ten days in October was considered in detail. The daily investigation period was split into different intervals. Density and fragmentation for each interval were calculated. The density increased and the fragmentation decreased with larger time intervals. Additionally, changes in group behaviour caused by internal or external factors could be shown by high increasing density and a simultaneous decrease of the fragmentation. These parameters might be a functional possibility to characterize animal behaviour.

1 Einleitung

Die Gruppenhaltung von Pferden gewinnt in Europa immer mehr an Bedeutung. Besonders Gruppenlaufställe mit einem integrierten Außenbereich (sog. Offen- oder Aktivställe) haben zum Ziel für optimale Haltungsbedingungen zu sorgen. So soll erreicht werden, dass Pferde hier ihr arttypisches Bedürfnis nach Bewegung und Sozialkontakten mit Artgenossen ausleben können (Szivacz 2012). Da Pferde sozial lebende Tiere sind, ist die Gruppenhaltung prinzipiell vorteilhaft, allerdings muss in neu zusammengestellten Gruppen zunächst die Rangordnung geklärt werden (Waring 2003).

In den Pferdegruppen in Pensionsställen ist, häufig aufgrund von hoher Fluktuation, mit Rangordnungskämpfen oder mit einer erhöhten Unruhe zu rechnen, wodurch Verletzungen entstehen können (Mejdell et al. 2010). In freier Wildbahn werden selten Gruppenstärken von 10-20 Pferden überschritten (Waring 2003). Dennoch werden Pferde in Offenställen in Gruppen von mehr als 30 Tieren gehalten. Ab einer bestimmten Gruppengröße bilden Pferde Untergruppen innerhalb einer großen Gruppe. Solch eine Gruppenbildung ist auch bei wildlebenden Pferden beschrieben, wobei es sich hier um lose Zusammenschlüsse von nebeneinander koexistierenden Verbänden handelt (Goldschmidt-Rothschild und Tschanz 1978, Waring 2003, Wernicke und van Dierendonck 2003). Die Struktur einer Großgruppe in der modernen Pferdehaltung ist noch nicht hinreichend überprüft. Ziel dieser Studie ist, die Struktur einer solchen Großgruppe mithilfe der Netzwerkanalyse zu untersuchen, um das Verhalten untereinander näher zu charakterisieren. Weiterhin soll so auch der Einfluss von Neuintegrierungen und der jahreszeitliche Einfluss analysiert werden. In dieser Teilstudie soll vorab nach einer ersten Datenanalyse die Eignung von Dichte und Fragmentation in Bezug auf geeignete Zeitintervalle zur Analyse der Gruppenstruktur untersucht werden.

2 Material und Methoden

In einem schleswig-holsteinischen Aktivstall werden 63 Pferde in einer Großgruppe gehalten, von denen 53 Pferde (30 Wallache und 23 Stuten) an dieser Studie teilgenommen haben. Diese Tiere unterschiedlicher Eigentümer und Rassen wiesen eine variable Altersstruktur von 2–28 Jahren auf. Neben einem ständig verfügbaren Paddock-Bereich hatten die Pferde die Möglichkeit, morgens und abends für etwa eine Stunde Weideflächen aufzusuchen. Insgesamt wurden die Positionen der Großgruppe für neun Monate (Juni 2018 bis Februar 2019) untersucht. Für den vorliegenden Teil der Studie wurde das Zeitintervall von 9 bis 10 Uhr des morgendlichen Weideaufenthaltes an zehn Tagen im Oktober herangezogen. An den ersten vier und am zehnten Tag hatten die Tiere aufgrund eines niedrigen Grünlandaufwuchses und trockener Vegetation jeweils Zugang zu verschiedenen Flächen. Vom 5. bis 9. Tag wurde die Weidefläche hingegen nicht gewechselt.

Die teilnehmenden Pferde wurden mit GPS-Datenloggern (QSTARZ® BT-Q1000 XT) ausgestattet, die an Nylonhalsbändern befestigt wurden. Die Datenlogger erfassten mit einer Frequenz von 0,1 Hz die Position jedes einzelnen Pferdes und wurden aufgrund

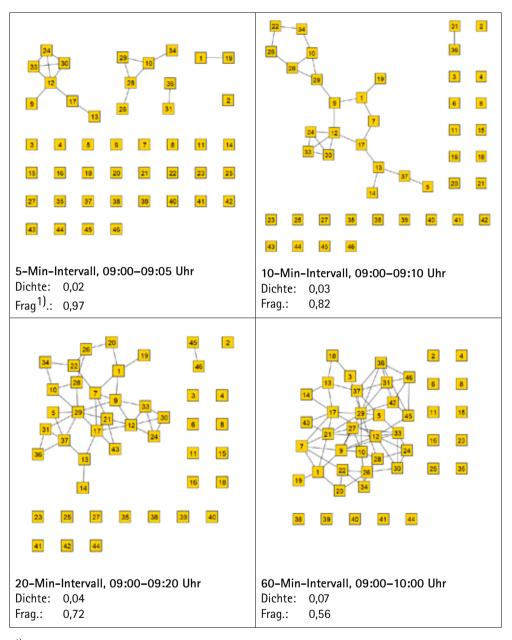
limitierter Akkuleistung alle 36 Stunden ausgetauscht. Die aufgezeichneten GPS-Daten wurden durch die Bildung von Außengrenzkoordinaten des Betriebes vorgefiltert und aufgrund einer einfacheren Verarbeitungsmöglichkeit von GPS- in UTM-Koordinaten umgewandelt. Aus den Positionsdaten wurden Kantenlisten erstellt und ungerichtete Netzwerke generiert. Netzwerke bestehen aus Knoten (Pferde) und Kanten (Kontakte zwischen zwei Pferden), wobei ein Kontakt als eine Begegnung mit maximal drei Metern Entfernung in x- oder y-Richtung zwischen zwei Tieren definiert wurde. Um den Einfluss unterschiedlicher Zeitintervalle innerhalb des erfassten Untersuchungszeitraumes zu untersuchen, wurden Netzwerke über Zeiträume von 5, 10, 15, 20, 30 und 60 Minuten betrachtet. Für diese Netzwerke wurden die Parameter Netzwerkdichte und Fragmentation und deren Korrelationen berechnet und die Ergebnisse anhand der Zeitintervalle gegenübergestellt.

Die Netzwerkdichte beschreibt den Zusammenhang zwischen den vorhandenen Kontakten zwischen den Pferden und allen möglichen Kontakten. Die Netzwerkdichte rangiert von 0 bis 1, wobei ein Wert nahe Eins auf ein dichtes Netzwerk mit vielen Kontakten schließen lässt.

Die Fragmentation gibt das Verhältnis zwischen Anzahl der Netzwerkkomponenten und Gesamtzahl an Knoten im Netzwerk an. Zwei Pferde gehören dabei zu einer Netzwerkkomponente, wenn sie mindestens durch eine Kante durch das Netzwerk miteinander verbunden sind. Für ein komplett verbundenes Netzwerk mit nur einer Netzwerkkomponente hat die Fragmentation einen Wert von 0. Sind alle Knoten isoliert, ergibt sich ein Wert von 1. Die entstandenen Netzwerke wurden zu verschiedenen Zeitintervallen visualisiert und verglichen. Die statistischen Auswertungen und die Erstellung der Netzwerkparameter erfolgten mit SAS® 9.4 und Python Modul Networkx 1.10.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 1 sind beispielhafte Ergebnisse von Netzwerken für die Zeitintervalle von 5, 10, 20 und 60 Minuten von Tag 4 dargestellt. Es zeigt sich, dass sich in dem 5-Minuten-Intervall nur kleine Netzwerke bilden können, was in einer sehr geringen Dichte von 0,02 resultiert. Diese Netzwerke vergrößern sich bei längeren Zeitintervallen. Einige Knoten sind innerhalb des Betrachtungszeitraumes isoliert. Diese Tiere stehen während des gesamten Zeitraumes einzeln auf der Weide oder auf dem Paddock oder befinden sich gerade im Reiteinsatz. Bereits ab einem Intervall von zehn Minuten sinkt die Fragmentation mit einem Wert von 0,97 auf 0,82 deutlich ab, das heißt, dass es den Pferden möglich war, eine größere Netzwerkkomponente zu bilden. Zusätzlich stieg die Dichte leicht auf 0,03 an. Bei den 60-Minuten-Netzwerken sind die meisten Knoten miteinander verbunden, was durch die niedrige Fragmentation von 0,56 deutlich wird. Koexistierende Untergruppen (Goldschmidt-Rothschild und Tschanz 1978, Waring 2003, Wernicke und van Dierendonck 2003) bilden sich nicht aus.



¹⁾ Frag. = Fragmentation

Abb. 1: Grafische Darstellung von 5-, 10-, 20- und 60-Minuten-Netzwerken für Tag 4 (© Hildebrandt) Fig. 1: Graphical representation of networks of 5, 10, 20 and 60 minutes (day 4) (© Hildebrandt)

Die Netzwerkdichte rangierte über den gesamten Zeitraum und die unterschiedlichen Zeitintervalle zwischen 0,00 und 0,07 (Abb. 2). Den höchsten Wert erreichte die Dichte im 30- und 60-Minuten-Intervall. Je länger das untersuchte Zeitintervall war, desto höher war auch die Netzwerkdichte. An den ersten vier Tagen zeigte sich eine höhere Dichte als an den anderen Tagen. Durch den trockenen Sommer wuchs wenig Gras nach, sodass die Pferde für die Futtersuche größere Wege auf der Fläche zurücklegen mussten. Dementsprechend liegt die Vermutung nahe, dass sich die Tiere dabei oft begegneten und Kontakte häufiger wurden. Die erhöhte Dichte an Tag 9 kann damit erklärt werden, dass an diesem Tag ein neues Pferd in die Gruppe integriert wurde. Die Dichte in den ersten 5-Minuten-Intervallen an Tag 9 sind höher als die anderen des Tages. Neu in die Herde integrierte Pferde werden in der Regel zuerst von anderen Tieren der Gruppe aufgesucht, was folglich die Anzahl der Kontakte zwischen den Tieren erhöht. Eine erhöhte Unruhe (Mejdell et al. 2010) kann somit anhand des Netzwerkparameters Dichte bestätigt werden.

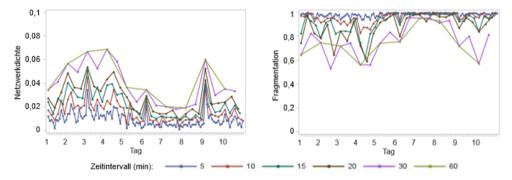


Abb. 2: Netzwerkdichte bzw. Fragmentation in Abhängigkeit von Tag und Zeitintervall (© Hildebrandt) Fig. 2: Network density and fragmentation depending on day and time interval (© Hildebrandt)

Der Verlauf der Fragmentation verhält sich gegenläufig zur Dichte. Die Ergebnisse konnten auch durch einen signifikant negativen Pearsonschen Korrelationskoeffizienten bei den 5-, 10-, 15-, 20- und 30-Minuten-Intervallen mit Werten von $\rm r_p=0,59$ bis 0,86 (p < 0,05) verdeutlicht werden. Durch die kurzen erfassten Zeiträume erreicht die Fragmentation für die 5-Minuten-Intervalle Werte von annähernd 1. Bei längeren Zeitintervallen resultieren im Verhältnis dazu mehr Begegnungen zwischen den Tieren, da größere Netzwerkkomponenten gebildet werden, wodurch sich wiederum eine niedrigere Fragmentation ergibt. Im Vergleich von Tag 1 bis 4 und Tag 9 zeigte sich, dass in Abhängigkeit des Zeitintervalls die Dichte höher und die Fragmentation geringer war als an den übrigen Tagen. Neben der beschriebenen Neueingliederung und Bewegung zur Futtersuche kann es beispielsweise durch Reiter und deren Pferde in der Umgebung zu Unruhe und damit einer gesteigerten Aktivität in der Gruppe kommen. An Tag 10 kamen die Tiere auf eine größere, unbekannte Weide mit frischem Grünlandaufwuchs. Hier wäre aufgrund eines stärkeren Erkundungsverhaltens eine höhere Dichte zu erwar-

ten gewesen. Die gegenteiligen Ergebnisse lassen vermuten, dass Begegnungen aufgrund der weitläufigen Weidenfläche eher unwahrscheinlicher wurden. Wahrscheinlich fiel die Bewegung aufgrund des höheren Grasangebots eher geringer aus, da die Pferde vorwiegend der Futteraufnahme nachgingen. Schlussendlich richtet sich die optimale Länge des Zeitintervalls nach der Gesamtzeit, die zur Auswertung herangezogen werden sollte.

4 Fazit

Bei Betrachtung der Netzwerke über die untersuchten Zeitintervalle sind in diesem Fall am besten Intervalle von ca. 10 Minuten zu wählen, da so eine bessere Übersicht gegeben ist. Die Dichte sowie die Fragmentation wiesen über die unterschiedlichen Zeitintervalle hinweg einen gegenläufigen Verlauf auf. Ebenso konnten durch die genannten Netzwerkparameter Veränderungen des Verhaltens der Pferde (z.B. erhöhte Unruhe) beschrieben werden. Folglich sind die Berechnungen der Dichte und der Fragmentation eine geeignete Methode, um das Verhalten von in Gruppen gehaltenen Pferden zu charakterisieren.

Literatur

- Goldschmidt-Rothschild, B.; Tschanz, B. (1978): Soziale Organisation und Verhalten einer Jungtierherde beim Camargue-Pferd. Ethology 46, S. 372–400
- Mejdell, C. M.; Jörgensen, G. H. M.; Rehn, T.; Fremstad, K.; Keeling, L.; Böe, K. E. (2010): Reliability of an injury scoring system for horses. Acta Veterinaria Scandinavica pp. 52, 68
- Szivacz, B. (2012): Untersuchungen zur Offenlaufstallhaltung von Pferden unter dem Aspekt des Zusammenhangs zwischen Haltung und Gesundheit. Dissertation, Tierärztliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München, München
- Waring, G. H. (2003): Horse Behavior. Norwich, Library of Congress, Noyes Publications/ William Andrew Publishing, NY
- Wernicke, R.; van Dierendonck, M. (2003): Social Organisation and Body Condition of Feral Konik Horses in the Dutch Nature Reserve Oostvaardersplassen (NL) during Wintertime A Lesson from Free Roaming Horses. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2002, KTBL-Schrift 418, Darmstadt, S. 78–85

Danksagung

Dieses Projekt wird dankenswerterweise gefördert durch die H.W. Schaumann Stiftung und die Stiftung ProPferd.

Validierung eines SAW-Ortungssystems zur Indoor-Lokalisation von Milchkühen

Validation of a SAW positioning system for indoor localisation of dairy cows

Christiane Engels¹, Johannes Schuler², Sebastian Schäfer³, Frieder Birkholz⁴, Thomas Ostertag⁵, Torsten Huhne⁶, Steffen Pache², Wolfgang Büscher¹

Zusammenfassung

Precision-Livestock-Farming-Anwendungen wie Lokalisationssysteme gewinnen immer größere Bedeutung in der Milchviehhaltung, um Landwirte bei der Einzeltierbetreuung zu unterstützen, betriebliche Abläufe zu automatisieren und das Tierwohl zu steigern.

In dieser Studie werden ein auf der SAW-Technologie (surface acoustic wave) basierendes Indoor-Lokalisationssystem für Milchkühe sowie die Methoden und Ergebnisse der Systemvalidierung vorgestellt. Dabei wurde in drei Schritten vorgegangen und das Ortungssystem auf einem Versuchsbetrieb sowohl mit Referenztranspondern, als auch mit an vier Fokustieren angebrachten Transpondern validiert. Die Genauigkeit der Ortungsergebnisse liegt derzeit bei 0,96 \pm 0,03 m für Referenz- und 1,33 \pm 0,16 m für am Tier angebrachte Transponder.

Summary

Precision livestock faming applications such as localisation systems gain increasing importance in dairy farming to support livestock farmers in daily individual care taking, to automate operations and to enhance animal welfare.

In this study, we present an indoor localisation system for dairy cows based on SAW technology (surface acoustic wave) as well as the methods and results of its validation. To this end, three trials have been conducted in which the system was tested with reference and cow mounted transponders. The current accuracy reached 0.96 \pm 0.03 m for the reference transponders and 1.33 \pm 0.16 m for cow mounted transponders.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn; christiane.engels@uni-bonn.de

² Sächsische Landesanstalt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Am Park 3, 04886 Köllitsch

³ Schneider Elektronik GmbH & Co. KG, Dresdener Straße 29, 01909 Großharthau

⁴ SAW COMPONENTS Dresden GmbH, Manfred-von-Ardenne-Ring 7, 01099 Dresden

⁵ RSSI GmbH, Bürgermeister Graf Ring 1, 82538 Geretsried

⁶ Data Serivce Paretz GmbH, Parkring 3, 14669 Ketzin

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei immer größer werdenden Betrieben in der Milchviehhaltung gewinnen Precision-Livestock-Farming-Anwendungen wie Lokalisationssysteme immer stärker an Bedeutung, um Landwirte dabei zu unterstützen, tierindividuelle Managemententscheidungen zu treffen, betriebliche Abläufe zu optimieren und das Tierwohl zu steigern (BLE 2019). Aktivitätssensoren wie Pedometer sind inzwischen Standard auf Milchviehbetrieben, geben aber keine Information über die räumliche Auflösung der erfassten Aktivität. Ziel des Verbundprojektes "Space Data Milking" ist die Entwicklung eines Tools zur Entscheidungsunterstützung für Milchviehhalter unter besonderer Berücksichtigung von gebäudereferenzierten Raum-Zeit-Daten, welche mithilfe eines auf der SAW-Technologie basierenden Ortungssystems im Stall erhoben werden. Ausgehend von einem erlernten, tierindividuellen zeitlichen und räumlichen "Normalverhalten" sollen Veränderungen, die z.B. auf eine Brunst oder ein mögliches gesundheitliches Problem hindeuten, erkannt, bewertet und über Alarmlisten kommuniziert werden.

Im Rahmen dieses Tagungsbeitrags werden die Methoden und Ergebnisse der Validierung des zugrundeliegenden Ortungssystems vorgestellt, welches im Verbundprojekt entwickelt und optimiert wird.

2 Material und Methoden

2.1 SAW-Ortungssystem

Das betrachtete Ortungssystem für die Indoor-Lokalisation von Milchkühen ist eine Weiterentwicklung des von Klukte et al. (2013) beschriebenen Systems und besteht aus passiven Transpondern mit SAW-Technologie und einer schwenkbaren Antenne mit stationärer Leseeinheit. SAW-Transponder zeichnen sich dadurch aus, besonders robust zu sein. Sie benötigen keine eigene Energiequelle, enthalten keinen Mikroprozessor und sind daher leicht, langlebig und weniger anfällig für elektromagnetische Störquellen als herkömmliche RFID-Transponder. Die an der Stalldecke montierte Antenne scannt den Stallbereich mit einer frei skalierbaren Zykluszeit von ca. 2-5 min mäandernd ab und empfängt mittels der pulkfähigen Leseeinheit die entsprechenden codierten, reflektierten Hochfrequenzsignale der Transponder. Durch die Nutzung des öffentlichen 2,4 GHz ISM-Bandes kann eine Lesereichweite von bis zu 15 m erreicht werden. So kann eine einzelne Antennen- und Leseeinheit die Fläche einer Leistungsgruppe von z.B. 16 m x 25 m abdecken. Die gewonnenen Rohdaten werden mit stochastischen Methoden verarbeitet. Pro Antennenzyklus wird jedem gesichteten Transponder eine Zelle eines vordefinierten Rasters als Position zugewiesen. Dieses Raster kann z.B. aus Zellen von 1 m x 1 m bestehen oder das Stalllayout mit Rasterzellen der Größe einer Liegebox (2,5 m x 1,2 m) nachbilden. Ob ein im Stallbereich befindlicher Transponder eine Positionszuordnung vom Ortungssystem erhält, hängt von verschiedenen Faktoren, wie der Anzahl Sichtungen dieses Transponders im aktuellen Antennenzyklus, der jeweiligen Signalstärken, der Positionsstabilität des Transponders und einem festgelegten Gütewert ab, den jeder Ortungspunkt mindestens erreichen soll.

Das beschriebene Ortungssystem ist auf dem Lehr- und Versuchsgut der Sächsischen Landesanstalt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Köllitsch für zwei Leistungsgruppen mit rund 60 Milchkühen der Rasse Holstein-Friesian zu Versuchszwecken installiert. Jedes Tier wurde mit zwei identischen Transpondern am Halsband ausgestattet, um die Sichtbarkeit zu erhöhen und Okklusion zu verringern (Abb. 1). Die Kühe werden zweimal täglich in einem konventionellen Fischgrätenmelkstand gemolken und verlassen dazu den vom Ortungssystem abgedeckten Stallbereich.

Um die Genauigkeit des Systems zu testen, wurde in den folgenden Versuchen ein Raster von 1 m x 1 m großen Zellen gewählt, welches so über das Stalllayout gelegt wurde, dass die Antenne auf einen Schnittpunkt der Rasterlinien fällt. Die Zykluszeit wurde auf 4,5 min eingestellt, um ausreichend viele Transponderlesungen pro Rasterzelle zu erhalten.

2.2 Durchgeführte Versuche

Zur Validierung des Ortungssystems wurde in drei Stufen vorgegangen. Zunächst wurden an verschiedenen Referenzpositionen im Stall Referenztransponder fest installiert, deren Positionen kontinuierlich vom Ortungssystem aufgezeichnet werden.

In einem zweiten Schritt wurden Versuche durchgeführt, in denen ähnlich wie bei Ipema et al. (2013) Referenztransponder für eine gewisse Zeit an äquidistant im Stall verteilten Positionen platziert und vom Ortungssystem erfasst wurden, um die räumliche Abdeckung des Ortungssystems im Stall zu testen. Dazu wurden in einer Leistungsgruppe je sieben Positionen in fünf Reihen ausgewählt. Zwei Positionen wurden dabei ausgelassen, da sich dort die Tränke bzw. eine abgetrennte, nicht genutzte Kraftfutterstation befindet, sodass insgesamt 33 Positionen getestet wurden. An neun Positionen wurden die Referenztransponder direkt an der Stalleinrichtung (Holzwand und Liegeboxenbügel) auf einer Höhe von 1,45 m befestigt. Für die übrigen 24 Positionen wurden Referenztransponder auf einem höhenverstellbaren Stativ angebracht (Abb. 1) und ebenfalls auf eine Höhe von 1,45 m eingestellt, welche in etwa der Nacken- und somit Transponderhöhe einer stehenden Kuh entspricht. Im hier präsentierten Versuch betrug die Platzierungszeit je Stativ-Position 25 min, für die übrigen Referenztransponder 50 min, sodass 4,8 bzw. 9,2 Antennenzyklen pro Position in die Auswertung einfließen.

In einem dritten Schritt wurden die georteten Positionen von vier Fokustieren über einen Zeitraum von 48 h analysiert. Dazu wurden die Versuchstiere markiert (Abb. 1) und ihre Bewegungen mithilfe von vier Kameras des Herstellers MOBOTIX, die an der gegenüberliegenden Stallseite installiert wurden, aufgezeichnet. Diese Videos wurden auf minütlicher Basis im selben 1 m x 1 m-Raster ausgewertet und die so ermittelten tatsächlichen Positionsdaten der Tiere als "Goldstandard" herangezogen.



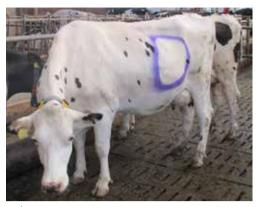


Abb. 1: Links: Referenztransponder auf Stativ (© Engels); rechts: markierte Fokuskuh mit zwei identischen SAW-Transpondern am Halsband (© Schuler)

Fig. 1: Left: reference transponder mounted on a stand (© Engels); right: marked focus cow equipped with two identical SAW transponders at the collar (© Schuler)

2.3 Auswertung

Zunächst wurden die Erkennungsraten des Systems ausgewertet, da aufgrund von Okklusion und des erwähnten Gütekriteriums nicht jeder Transponder in jedem Antennenzyklus geortet wird. Des Weiteren wurden die Genauigkeit des Systems und dazu die Abstände der georteten und tatsächlichen Positionen analysiert. Die Abweichungen wurden jeweils in x- und y-Richtung sowie euklidisch und in der Summe berechnet. Zudem wurde das zugrundeliegende Raster genutzt, um Trefferquoten zu berechnen, d.h. in wie vielen Fällen geortete und tatsächliche Position exakt übereinstimmen (Treffer) oder sich um höchstens ein, zwei oder mehr Rasterzellen unterscheiden. Für die Auswertung des dritten Versuchs wurden zusätzlich die Funktionsbereiche berücksichtigt, in denen sich die Tiere befunden haben bzw. in denen sie geortet wurden. Dabei wurde zwischen den Funktionsbereichen "Liegen", "Laufen" und "Fressen" unterschieden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die fest montierten Referenztransponder zeigen mit 97,4 ± 2,5 % über 1.419 ausgewertete Antennenzyklen (≜ 106 h) die höchsten Erkennungsraten. Die Referenztransponder aus Versuch 2 weisen Erkennungsraten von 90,7 ± 19,9 % auf, wobei 24 der 33 Referenzpositionen eine Erkennungsrate von 100 % erreichen und lediglich zwei Referenzpositionen an der Stallaußenwand mit sehr geringen Erkennungsraten von 25 bzw. 30 % auffallen. In Versuch 3 konnten lediglich Erkennungsraten von 69,3 ± 15,7 % erzielt werden, da sich die Transponder mit den Versuchstieren frei in der Herde bewegt haben und es z.B. zu Verdeckungen der Transponder durch andere Tiere oder Stalleinrichtungen kommen konnte. Die Melkzeiten, in denen sich die Kühe außerhalb des vom Ortungssystem erfassten Stallbereiches befanden, sind hier bereits herausgerechnet.

Für die Systemgenauigkeit konnten in allen drei Validierungsschritten ähnliche Ergebnisse beobachtet werden. Die Positionsabweichung bei den festinstallierten Transpondern beträgt 0,96 \pm 0,03 Rasterfelder euklidisch bzw. 1,10 \pm 0,07 Rasterfelder in der Summe. Die Abweichungen aus Versuch 2 sind mit 0,85 \pm 0,43 Rasterfeldern euklidisch (1,07 \pm 0,54 Rasterfelder in der Summe) geringer, jedoch ist die Streuung deutlich größer, da verschiedenste Stellen im Stall und deutlich mehr Positionen getestet wurden. Trotz geringerer Erkennungsraten konnten auch in Versuch 3 Abweichungen von 1,33 \pm 0,16 Rasterfeldern euklidisch (1,59 \pm 0,20 Rasterfelder in der Summe) erreicht werden. Mit 0,76 \pm 0,07 und 0,83 \pm 0,19 Rasterzellen in x- bzw. y-Richtung werden auch hier Genauigkeiten von unter einem Meter erzielt (Tab. 1).

Tab. 1: Mittlere Abweichungen (in 1 m x 1 m-Rasterzellen) zwischen georteten und tatsächlichen Positionen der durchgeführten drei Versuche

Tab. 1: Mean differences (in 1 m x 1 m grid cells) between calculated and real positions of the three trials.

Versuch	Gesamtzahl Ortungen	Erkennungs– rate	Abweichung x	Abweichung y	Abweichung Summe	Abweichung euklidisch
1	4.148	97,4 ± 2,5 %	0.30 ± 0.07	0,81 ± 0,06	1,10 ± 0,07	$0,96 \pm 0,03$
2	197	90,7 ± 19,9 %	$0,53 \pm 0,40$	$0,54 \pm 0,44$	1,07 ± 0,54	0.85 ± 0.43
3	1.642	69,3 ± 15,7 %	$0,76 \pm 0,07$	0,83 ±0,19	1,59 ± 0,20	1,33 ± 0,16

Schaut man auf die berechneten Trefferquoten, so werden zwischen 17,0 % (Versuch 3) und 26,9 % (Versuch 2) exakte Treffer erzielt und 57,1 % (Versuch 3) bzw. 95,3 % (Versuch 1) der gemessenen Ortungen liegen höchstens eine Rasterzelle von der tatsächlichen Position entfernt.

Die ermittelten Abweichungen des Systems sind vergleichbar mit dem von Rose-Meierhöfer et al. (2015) validierten SMARTBOW®-System (0,97 m in x- und 0,76 m in y-Richtung). Andere Ortungssysteme wie z. B. Ubisense Series 7000 oder CowView (GEA Farm Technologies) erzielen bessere Genauigkeiten von 0,11 m für Referenztransponder und 0,52 m für Kuhtransponder (Porto et al. 2014) bzw. Abweichungen von ≤ 0,5 m (Veissier et al. 2017). Dies ist auf die unterschiedliche Technologie zurückzuführen. So handelt es sich bei diesen Ortungssystemen um aktive Systeme mit mehreren Antennen, deren Transponder eine Energiequelle benötigen. Laut Huhtala et al. (2007) ist eine Auflösung und Genauigkeit von 1 m² ausreichend, um das Verhalten und die Gesundheit von Kühen zu beurteilen, wie es mit dem vorgestellten System im Rahmen eines Entscheidungsunterstützungstools geschehen soll. Berücksichtigt man in der Auswertung des dritten Versuchs zusätzlich die Funktionsbereiche, so wird in 90,8 % der Ortungen ein Rasterfeld mit identischem Funktionsbereich zugeordnet. Dies ist z.B. dann interessant, wenn tierindividuelle Verhaltensveränderungen identifiziert werden sollen. Vergleichbar sind hier die von Tullo et al. (2016) beschriebenen Genauigkeiten von 93-97 % für die Funktionsbereiche "Laufen", "Liegen", "Trog" und "Tränke".

4 Fazit und Ausblick

Das in diesem Beitrag vorgestellte Ortungssystem zeigt in allen drei Validierungsschritten eine stabile und vielversprechende Genauigkeit von unter einem Meter in jeder Dimension. Sofern diese in weiteren Versuchen bestätigt werden kann, eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten, die Position der Milchkühe mit diesem passiven System automatisch und kontinuierlich zu tracken und damit das Verhalten der Tiere zu analysieren. Das Ortungssystem befindet sich weiterhin in der Entwicklung. So werden durch den Einsatz neuer SAW-Transponder und einer elektronisch schwenkbaren Antennenund Leseeinheit weitere Verbesserungen der Erkennungsraten, der Genauigkeit und der Antennenzykluszeit erwartet.

Literatur

- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2019): Der Kuhstall wird digital, http://www.praxis-agrar.de/tier/rinder/der-kuhstall-wird-digital/, Zugriff am 26.3.2019
- Huhtala, A.; Suhonen, K.; Mäkelä, P.; Hakojärvi, M.; Ahokas, J. (2007): Evaluation of Instrumentation for Cow Positioning and Tracking Indoors. Biosystems Engineering 96, pp. 399–405
- Ipema, B.; Van de Ven, T.; Hogewerf, P. (2013): Validation and application of an indoor localization system for cattle. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Vechta, pp. 306–311
- Klutke, C; Schneider, P.; Zietschmann, S.; Ostertag, T.; Neumann, N.; Pache, S. (2013): Anwendungsfelder passiver SAW-Transponder in der Nutztierhaltung. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Vechta, pp. 312–317
- Porto, S.; Arcidiacono, C.; Giummarra, A.; Anguzza, U.; Cascone, G. (2014): Localisation and identification performances of a real-time location system based on ultra wide band technology for monitoring and tracking dairy cow behaviour in a semi-open free-stall barn. Computers and Electronics in Agriculture 108, pp. 221–229
- Rose-Meierhöfer, S.; Børsting, C.; Auer, W.; Gföllner, V.; Ammon, C.; Demba, S. (2015): Validation of a positioning system in a loose housing dairy barn by using a wireless local area network. Precision Livestock Farming, pp. 75–83
- Tullo, E.; Fontana, I.; Gottardo, D.; Sloth, K.; Guarino, M. (2016): Technical note: Validation of a commercial system for the continuous and automated monitoring of dairy cow activity. Journal of Dairy Science 99, pp. 7489–7494
- Veissier, I.; Mialon, M.; Sloth, K. (2017): Short Communication: Early modification of the circadian organization of cow activity in relation to disease or estrus. Journal of Dairy Science 100, pp. 3969–3974

Förderung

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 2815713415).

Verhaltensbeobachtung bei Milchkühen zur Entwicklung eines sensorbasierten Systems zur Gesundheitsüberwachung

Recording the behavior of dairy cows to develop a sensor-based health monitoring system

LARA SCHMELING^{1, 2}, STEFAN THURNER¹, JAN MAXA¹, ELKE RAUCH²

Zusammenfassung

Störungen der Tiergesundheit resultieren in einer Verhaltensänderung. Durch die automatisierte und kontinuierliche Verhaltenserfassung mithilfe sensorbasierter Systeme können Veränderungen des Tierverhaltens und somit Erkrankungen frühzeitig erkannt werden. Bisher auf dem Markt erhältliche Systeme für die Gesundheitsüberwachung erkennen das Verhalten, Verhaltensänderungen und damit Erkrankungen bei im Laufstall gehaltenen Milchkühen zwar mit einer hohen Genauigkeit, auf der Weide erzielen diese Systeme aber nur eine geringe Präzision. Ziel des durchgeführten Projekts ist es, ein System zu entwickeln, das mit passenden Algorithmen die Gesundheit der Tiere sowohl im Stall als auch auf der Weide automatisch und zuverlässig überwacht. Für die Entwicklung der Algorithmen wurden umfangreiche Tierbeobachtungen durchgeführt. Zusätzlich wurden parallel die speziell auf der Weide häufig wechselnden und das Verhalten der Tiere beeinflussenden Faktoren, wie u. a. Witterung und Weideaufwuchs, erfasst.

Summary

Health disorders result in a change of behavior. By automatically and therefore continuously recording the animals' behavior with sensor-based monitoring systems, changes in behavior and thereby health disorders can be detected earlier. The various systems for health monitoring in dairy cows available on the global market reach high levels of precision in detecting the behavior, its changes and therefore health disorders in animals kept indoors. On the contrary, for grazing situations the systems' performance is poor. Therefore, the aim of the project was to develop a system that monitors the cows' health automatically and reliably by applying suitable algorithms on the sensor data. For the development of compatible algorithms a huge amount of behavioral data was collected. Additionally, the factors influencing the animals' behavior (e.g. weather, available biomass) were measured.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttingerstraße 36, 85354 Freising; Lara.Schmeling@LfL.bayern.de

² Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung, Veterinärstraße 13/R, 80539 München

1 Einleitung

Bestand eine Milchkuhherde im Jahr 2008 in Deutschland aus durchschnittlich 42 Tieren, waren es 2018 im Mittel bereits 65 Tiere (Statistisches Bundesamt 2019). Mit zunehmender Herdengröße wächst seitens der Landwirte bzw. Herdenmanager auch die Nachfrage nach digitalen Lösungen für ein vereinfachtes und objektives Monitoring der Tiergesundheit und des Tierwohls (Neethirajan 2017). Eine mögliche Lösung dafür ist der Einsatz verschiedener Sensoren (z. B. Beschleunigungssensoren, Magnetometer) zur automatischen Erkennung des Tierverhaltens.

Störungen der Tiergesundheit führen zu Veränderungen im Verhalten der Tiere. Je nach Erkrankung sind unterschiedliche Verhaltensweisen betroffen. So verlängert sich bei einer Lahmheit beispielsweise die tägliche Liegedauer, während die Steh- und Gehzeit verkürzt sind (Beer et al. 2016). Diese krankheitsbedingten Verhaltensänderungen treten in der Regel bereits einige Tage vor dem Erscheinen klinischer Symptome auf (Stangaferro et al. 2016a, 2016b, 2016c). Ein kontinuierliches Monitoring des Tierverhaltens mit Sensoren ermöglicht somit eine Früherkennung von Erkrankungen, was wiederum eine Reduktion der durch die Behandlung und den Leistungsausfall bedingten Kosten bewirkt. Durch die schnellere Wiederherstellung der Tiergesundheit werden zudem die mit einer Erkrankung verbundenen Schmerzen reduziert und das Wohl der Tiere wird gesteigert (Bewley 2016, Neethirajan 2017).

Zahlreiche Systeme für die automatische Gesundheitsüberwachung bei Milchkühen sind auf dem Markt verfügbar. Bei im Laufstall gehaltenen Tieren erkennen diese Systeme das Verhalten, Verhaltensänderungen und somit Erkrankungen mit einer hohen Genauigkeit (Rutten et al. 2013). Auf der Weide hingegen ist die Differenzierung der verschiedenen Verhaltensweisen zu ungenau, um die individuelle Tiergesundheit zuverlässig zu überwachen (Elischer et al. 2013).

Ziel des durchgeführten Projektes ist es daher ein Monitoringsystem zu entwickeln, dass das Verhalten von Milchkühen sowohl im Stall als auch auf der Weide sicher erkennt und den Gesundheitsstatus der Tiere zuverlässig überwacht. Mithilfe umfangreicher Verhaltensbeobachtungen wurden Daten für die Entwicklung von Algorithmen gesammelt, deren Anwendung die automatische Erkennung des Verhaltens aus den Sensordaten ermöglicht. Auf der Weide wird das Tierverhalten durch häufig wechselnde Faktoren (z.B. Witterung, Trinkwasserverfügbarkeit, Weidegrasaufwuchs usw.) beeinflusst. Diese Einflussfaktoren wurden parallel zu den Verhaltensbeobachtungen erfasst und in die Algorithmenentwicklung mit einbezogen.

2 Material und Methoden

Die Verhaltensbeobachtungen wurden in zwei Durchgängen in der späten Weideperiode 2018 (September und Oktober) auf einem Praxisbetrieb in Oberbayern durchgeführt. Die insgesamt 44 Fleckviehkühe wurden im Sommer auf einer 13 ha großen Weide mit ständigem Zugang zu einem Laufstall gehalten. Zweimal täglich wurden die Tiere in einem Fischgrätenmelkstand gemolken.

Abhängig von der Laktationsnummer (mittlere Laktationsnr.: 3; Min.: 2; Max.: 4) wurden sechs klinisch gesunde Tiere ausgewählt und mit dem an einem Halsband befestigten Prototyp des Monitoringsystems der Firma Blaupunkt Telematics GmbH ausgestattet. Das Monitoringsystem enthielt einen dreidimensionalen Beschleunigungssensor, der die für die verschiedenen Verhaltensweisen (Grasen, Gehen, Liegen usw.) typischen Kopf- und Halsbewegung der Tiere mit einer Frequenz von 10 Hz erfasste. Das Verhalten der Tiere wurde gleichzeitig täglich von 10 bis 16 Uhr mit Kameras (GoPro HERO5) aufgezeichnet. Zusätzlich wurden die Bio- und Leistungsdaten der Tiere notiert und mit einer Wetterstation Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung mit einer Frequenz von 0,1 Hz erfasst.

Im Anschluss an die Beobachtungsdurchgänge wurden die gewonnen Videodaten analysiert. Anhand eines festgelegten Ethogramms (Tab. 1) wurde das Verhalten von jedem Tier zu jedem Zeitpunkt bestimmt. Diese Datensets, bestehend aus den Sensordaten des Monitoringsystems, den durch die Videoanalyse gewonnen Verhaltensdaten sowie den Daten zu den verschiedenen Einflussfaktoren (Witterung, Biodaten, Leistungsdaten), sind die Grundlage für die Entwicklung passender Algorithmen für eine automatische Verhaltenserkennung. Die Verhaltensdaten erlauben außerdem eine Analyse des Tierverhaltens.

Tab. 1: Ethogramm einer Milchkuh auf der Weide Tab. 1: Ethogram of a dairy cow kept on pasture

Verhaltensweisen	Definition			
Hauptverhaltensweisen				
Grasen	Das Tier beißt Gras ab, kaut und schluckt es ab. Dabei geht das Tier mit gesenktem Kopf vorwärts.			
Gehen	Das Tier bewegt sich vorwärts. Der Kopf wird oberhalb des Karpalgelenks getragen.			
Stehen	Der Körper des Tieres wird von mindestens drei Gliedmaßen getragen.			
Liegen	Der Körper des Tieres wird nicht von den Gliedmaßen getragen; Sternum und/oder Abdomen haben Kontakt mit dem Boden.			
Zusätzliche Verhaltensweisen	Zusätzlich zum Hauptverhalten gezeigte Verhaltensweisen			
Kauen	Das Tier bewegt seinen Kiefer in mahlenden Bewegungen ohne vorher regurgitiert zu haben.			
Wiederkauen	Das Tier regurgitiert, kaut und schluckt den Futterbrei wieder ab.			
Sonstiges	Sozialverhalten, Komfortverhalten, Erkundungsverhalten, Harn- und Kotabsatz			
Leerzeit	Das Tier ist auf dem Kamerabild nicht zu sehen.			

3 Ergebnisse

Die an den beiden Beobachtungstagen (Tag 1: September; Tag 2: Oktober) von der Wetterstation erfassten Klimadaten sind in Tabelle 2 und 3 aufgeführt. Die Lufttemperatur betrug an Tag 1 im Mittel 25,7 °C (± 2,2), während an Tag 2 durchschnittlich 13,9 °C (± 0,6) von der Wetterstation gemessen wurden.

Tab. 2: Durchschnittliche Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung pro Beobachtungsstunde an Tag 1

Tab. 2: Average temperature, humidity, wind speed and solar radiation per observation hour on observation day 1

Beobachtungs- stunde	Temperatur °C	Luftfeuchte %	Windgeschwindigkeit m/s	Globalstrahlung W/m ²
1	22,1	51,5	1,3	585,0
2	24,3	45,6	1,0	667,8
3	25,0	42,9	0,9	713,6
4	26,5	38,9	8,0	700,2
5	27,7	29,4	8,0	643,3
6	28,2	27,4	1,2	527,2

Tab. 3: Durchschnittliche Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung pro Beobachtungsstunde an Tag 2

Tab. 3: Average temperature, humidity, wind speed and solar radiation per observation hour on observation day 2

Beobachtungs- stunde	Temperatur °C	Luftfeuchte %	Windgeschwindigkeit m/s	Globalstrahlung W/m ²
1	12,9	85,6	2,4	176,1
2	13,6	83,0	2,2	265,1
3	14,0	79,8	2,4	210,8
4	14,2	77,1	2,6	274,5
5	14,2	76,9	2,6	212,6
6	14,7	74,8	1,8	328,6

Betrachtet man die Dauer der Hauptverhaltensweisen (Liegen, Grasen, Gehen und Stehen) von jedem Tier an den beiden Beobachtungstagen, haben an Tag 1 alle Tiere im beobachteten Zeitraum weniger Zeit mit Liegen und mehr Zeit mit Grasen, Gehen und Stehen verbracht als an Tag 2. Im Durchschnitt lagen die Tiere an Tag 1 für 0,74 h (± 0,57) und für 2,25 h (± 0,71) an Tag 2.

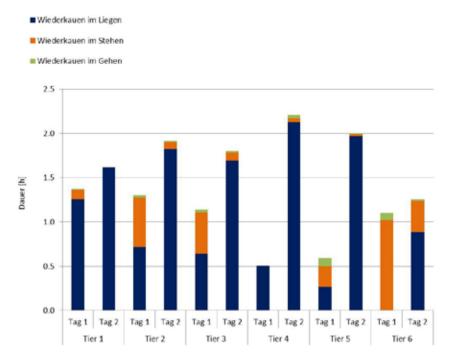


Abb. 1: Dauer des Wiederkauens im Liegen, Stehen und Gehen an Beobachtungstag 1 und 2 (© Schmeling) Fig. 1: Duration of ruminating while lying, standing and walking on observation day 1 and 2 (© Schmeling)

Auch die Dauer der Verhaltensweise Wiederkauen unterschied sich an den beiden Beobachtungstagen (Abb. 1). Die Tiere kauten an Tag 1 mit höheren Temperaturen mit 1,0 h (\pm 0,37) im Durchschschnitt weniger wieder als bei niedrigeren Temperaturen an Tag 2 mit 1,8 h (\pm 0,33). Alle Tiere zeigten an beiden Tagen die Verhaltensweise Wiederkauen überwiegend im Liegen. Der Anteil an der gesamten Wiederkaudauer an Tag 1 (52 %) war dabei deutlich geringer als an Tag 2 (87 %). Das Wiederkauen fand an Tag 2 vermehrt im Stehen und Gehen statt.

Vergleicht man die Tiere und die Dauer der von ihnen gezeigten Verhaltensweisen untereinander, so ist zu sehen, dass es auch bei gleichen Witterungsbedingungen zwischen den einzelnen Tieren Unterschiede gibt. Während Tier 4 an Tag 2 ganze 2,21 h mit Wiederkauen verbrachte, so waren es bei Tier 6 nur 1,26 h.

4 Fazit

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Witterung einen Einfluss auf das Verhalten der Tiere hat. Welchen Anteil die Lufttemperatur als Einflussfaktor auf die Wiederkaudauer hat und ob die Wiederkaudauer z.B. erst ab einer bestimmten Lufttemperatur sinkt, wird die Auswertung weiterer Beobachtungstage zeigen. Auch inwieweit die anderen Verhaltensweisen beeinflusst wurden und welche weiteren Witterungsparameter einen Einfluss haben, wird sich im weiteren Projektverlauf herausstellen. Dabei sollte auch berücksichtigt werden, welche Verhaltensweisen an heißen Tagen vermehrt in den kühleren Abend- bzw. Nachtstunden stattfinden. Hierfür müssten die Verhaltensbeobachtungen auf diese Tageszeiten ausgedehnt werden.

Obwohl alle ausgewählten Tiere klinisch gesund waren, unterschied sich die Dauer der Verhaltensweisen auch bei gleichen Witterungsbedingungen zwischen den einzelnen Tieren. Daher müssen bei der Entwicklung des Monitoringsystems weitere tierindividuelle Parameter, wie u.a. die Milchleistung, das Alter oder der Trächtigkeitszeitpunkt mit einbezogen werden.

Literatur

- Beer, G.; Alsaaod, M.; Starke, A.; Schuepbach-Regula, G.; Müller, H.; Kohler, P.; Steiner, A. (2016): Use of Extended Characteristics of Locomotion and Feeding Behavior for Automated Identification of Lame Dairy Cows. PloS one 11
- Bewley, J. M. (2016): Opportunities for monitoring and improving animal welfare using precision dairy monitoring technologies. Journal of Animal Science 94, p. 11
- Elischer, M. F.; Arceo, M. E.; Karcher, E. L.; Siegford, J. M. (2013): Validating the accuracy of activity and rumination monitor data from dairy cows housed in a pasture-based automatic milking system. Journal of dairy science 96, pp. 6412–6422
- Neethirajan, S. (2017): Recent advances in wearable sensors for animal health management. Sensing and Bio-Sensing Research 12, pp. 15–29
- 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, pp. 1928–1952
- Stangaferro, M. L.; Wijma, R.; Caixeta, L. S.; Al-Abri, M. A.; Giordano, J. O. (2016a): Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders. Part I. Metabolic and digestive disorders. Journal of dairy science 99, pp. 7395–7410
- Stangaferro, M. L.; Wijma, R.; Caixeta, L. S.; Al-Abri, M. A.; Giordano, J. O. (2016b): Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders. Part II. Mastitis. Journal of dairy science 99, pp. 7411–7421
- Stangaferro, M. L.; Wijma, R.; Caixeta, L. S.; Al-Abri, M. A.; Giordano, J. O. (2016c): Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders. Part III. Metritis. Journal of dairy science 99, pp. 7422–7433
- Statistisches Bundesamt (2019): Statistisches Bundesamt Deutschland GENESIS-Online. https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data, Zugriff am 26.02.2019

Erhebung und Analyse von Aktivitäts- und Leistungsdaten zur Früherkennung von Klauenerkrankungen bei Milchkühen in Praxisbetrieben

Collection and analysis of activity and performance data for early claw lesion detection in cows on commercial dairy farms

ISABELLA LORENZINI¹, KATHARINA GRIMM¹, BERNHARD HAIDN¹, EYAL MISHA²

Zusammenfassung

Klauenerkrankungen bei Milchkühen verursachen wirtschaftliche Verluste und beeinträchtigen das Wohlbefinden der betroffenen Tiere. Die Lahmheitsprävalenz hat sich in der Milchviehwirtschaft seit Jahren nicht verringert, was unter anderem daran liegt, dass die manuelle Lahmheitsdetektion Schwächen aufweist. Eine automatische Lahmheitserkennung könnte Landwirten dabei helfen, ihre lahmen Tiere früher zu erkennen und zu behandeln, bevor die zugrundeliegende Erkrankung vorangeschritten ist.

Im aktuellen Projekt am Institut für Landtechnik und Tierhaltung wurden auf vier Praxisbetrieben und einem Versuchsbetrieb automatisch Verhaltens- und Leistungsdaten von Milchkühen sowie manuell Daten zur Klauengesundheit erfasst, um einen Lahmheitsalarm zu entwickeln. Die erhobenen Daten verschaffen neue Einblicke in die zeitliche Entwicklung von Lahmheit.

Summary

Claw lesions in dairy cows cause both economic losses for farmers and adversely affect the animals' wellbeing. Lameness prevalence in dairy farming has not reduced in years, and one of the reasons for this lack of improvement is that manual lameness detection has disadvantages. Automatic lameness detection could help farmers to recognize lame animals earlier, before the causing lesion has time to develop.

In a current project at the Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, automatically recorded behavioural and performance data of cows on four commercial dairy farms and one research farm, as well as manually recorded claw health data, were collected. The recorded data offer new insight into the development of lameness cases over time.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof. Dürrwaechter-Platz 2, 85589 Poing; Isabella.Lorenzini@lfl.bayern.de

² ENGS Dairy Solutions, POB 77, 85586 Rosh Pina 1200, Israel

1 Einführung und Problemstellung

Lahmheit ist ein Symptom für Schmerz (Whay und Shearer 2017), der am häufigsten von Klauenerkrankungen verursacht wird. Diese auf Milchviehbetrieben verbreitete Produktionskrankheit verursacht wirtschaftliche Verluste für die Landwirte und beeinflusst maßgeblich das Wohlbefinden der betroffenen Tiere (Bruijnis et al. 2012, Laven et al. 2008).

Lahmheit beeinflusst das Tierwohl, da lahme Kühe ihr natürliches Sozial- und Individualverhalten nicht ausüben können (Galindo und Broom 2002). Vor allem das Liegeverhalten (Ito et al. 2010, Grimm et al. 2019), die Bewegungsaktivität (Grimm et al. 2019, Mazrier et al. 2006) und das Futteraufnahmeverhalten (Grimm et al. 2019, Weigele et al. 2018) von Kühen werden von Lahmheit beeinflusst, selbst wenn dieses nur leicht ausgeprägt ist (Thorup et al. 2015, Weigele et al. 2018).

Trotz der züchterischen und technologischen Fortschritte in der Milchviehhaltung, gab es in den letzten Jahren keine Verbesserung der Lahmheitsprävalenz- und Inzidenz (European Food Safety Authority 2009). Aufgrund des zurückhaltenden Schmerzverhalten von Milchkühen (O'Callaghan et al. 2003) wird Lahmheit nämlich oft erst dann erkannt, wenn die zugrundeliegende Klauenerkrankung schon vorangeschritten ist. Außerdem unterschätzen Landwirte die Lahmheitsprävalenz auf ihren eigenen Betrieben um bis zu 75 % (Cutler et al. 2017, Šárová et al. 2011) und behandeln lahme Tiere aufgrund von Zeitmangel nicht umgehend (Horseman et al. 2013, Leach et al. 2012). Lahme Tiere, die unmittelbar behandelt werden, haben bessere Heilungschancen (Leach et al. 2012, Nielsen und Raundal 2017), weshalb eine frühe Lahmheitserkennung ausschlaggebend ist, um wirtschaftliche Verluste und länger andauernde Schmerzen für die Tiere zu vermeiden.

Die Standardmethode zur Lahmheitserkennung und zur Erfassung der Klauengesundheit ist das Locomotionscoring. Allen manuellen Locomotionscoring-Systemen ist allerdings der Einfluss der Subjektivität gemeinsam, vor allem Locomotionscoring-Systeme mit vielen Kategorien haben eine sehr variable Objektivität (Schlageter-Tello et al. 2014).

Um die Objektivität in Bezug auf die Lahmheitserkennung zu verbessern, wird aktuell im Bereich automatische Lahmheitserkennung geforscht (Alsaaod et al. 2017, Grimm et al. 2019, Viazzi et al. 2013). Verhaltensveränderungen, die mit Klauenerkrankungen in Verbindung stehen, können z.B. zur Lahmheitsdetektion herangezogen werden, indem automatisch messbare Verhaltens- und Leistungsparameter als Prädiktoren für Lahmheit in Vorhersagealgorithmen eingesetzt werden.

Im aktuellen Projekt wurde die Referenzmethode für die Klauengesundheit zur Implementierung in einer in einem Vorgängerprojekt entwickelten Berechnungsmethode (Grimm et al. 2019) zur automatischen Lahmheitserkennung überprüft und weiterentwickelt.

2 Tiere, Material und Methoden

Für die Datenerfassung wurden vier Praxisbetriebe mit konventioneller Laufstallhaltung und im Median zwischen 66 und 102 gemolkenen Fleckvieh-Kühen ausgesucht. Drei Betriebe haben ihre Kühe in einem Melkstand gemolken, während in einem Betrieb und im Versuchsbetrieb in Grub diese Tätigkeit von einem automatischen Melksystem (AMS) erledigt wurde.

Auf allen fünf Betrieben wurde ein Pedometersystem installiert (ENGS Dairy Solutions, Rosh Pina, Israel), das Kenndaten zum Verhalten der Tiere (Liegen, Futteraufnahme, Bewegung) automatisch erfassen sollte.

Die Datenerfassung erfolgte über einen Zeitraum von insgesamt 14 Monaten. Dabei wurden Daten zum Verhalten der Tiere mittels Pedometer und zu deren Milchleistung entweder über die täglich gesammelten Daten im AMS oder über die vom LKV (Landeskuratorium für Tierische Veredelungen Bayern e. V.) gesammelten Monatsmilchproben erfasst.

Die als Referenz für das Vorhersagemodell dienenden Daten zur Klauengesundheit der Tiere setzten sich aus Locomotionscores und klinischen Untersuchungen der Tiere zusammen. Alle 14 Tage wurde ein Locomotionscore aller Tiere über Videoaufnahmen nach dem Melken durchgeführt. Im Rahmen des Projekts wurde dafür ein Drei-Punkte-Locomotionscoring-System entwickelt (Abb. 1), das die Tiere in drei Kategorien einteilt: lahm (Locomotionscore 1), Verdacht auf Lahmheit (Locomotionscore 2) und gesund (Locomotionscore 3).

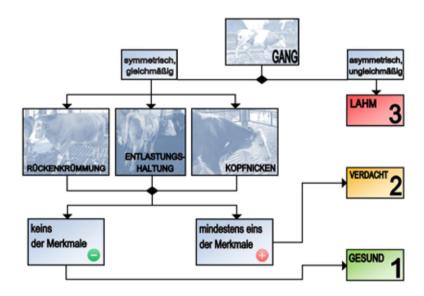


Abb. 1: Das Drei-Punkte-Locomotionscoring-System (© Lorenzini und Grimm) Fig. 1: Three-point locomotion scoring system (© Lorenzini and Grimm)

Die Tiere, die als lahm befunden wurden, wurden nach dem Locomotionscoring untersucht und gegebenenfalls behandelt. Um die zeitliche Entwicklung einer Lahmheit beurteilen zu können, wurden zusätzlich die täglichen Videoaufnahmen der Tiere nach dem Melken analysiert, um den genauen Zeitpunkt des Einsetzens der Lahmheit zu bestimmen.

Alle Daten wurden mit der Programmiersprache R (R. Core Team 2015) analysiert. Für die Daten zur Klauengesundheit wurden die statistischen Kenngrößen für alle Betriebe und dann für die Betriebe im Einzelnen ermittelt.

3 Ergebnisse

Im Rahmen des zweiwöchentlichen Locomotionscoring wurden n = 8.386 Locomotionscores durchgeführt. Zusätzlich wurden n = 3.304 Locomotionscores über die täglichen Videoaufnahmen der Tiere nach dem Melken vorgenommen, um Lahmheitsfälle in ihrem zeitlichen Verlauf zurückverfolgen zu können.

N = 243 Lahmheitsfälle von n = 156 verschiedenen Tieren wurden nach der klinischen Untersuchung über die täglichen Videoaufnahmen zurückverfolgt. Dabei wurde die Differenz zwischen dem ersten Tag, an dem das Tier als *lahm* eingestuft wurde und dem letzten Tag, an dem das Tier als *gesund* eingestuft wurde, berechnet.

Tab. 1: Statistische Kenngrößen für die Differenz in Tagen zwischen dem Status gesund und dem Status lahm auf jedem Betrieb sowie betriebsübergreifend

Tab. 1: Statistical summary of the differences in days between the animal being scored sound and the animal being scored lame for each farm and across farms

Betrieb	n	Dauer von gesund bis lahm Tage						
		Min	q25	Med	q75	Max	MW	SA
Betrieb 1	109	1	2	3	7	103	7,9	14,9
Betrieb 2	47	1	2	3	7	49	7,7	10,6
Betrieb 3	34	1	5	6,5	9,8	28	8,3	6,4
Betrieb 4	14	2	4,5	10,5	16,8	47	13,4	12,3
Versuchsbetrieb	39	2	6	9	17	69	14,6	15,5
Gesamt	243	1	2	5	9,5	103	9,3	13,4

n: Anzahl an analysierte Lahmheitsfälle; Min: Minimum; q25: erstes Quartil; Med: Median; q75: drittes Quartil; Max: Maximum; MW: Mittelwert; SA: Standardabweichung

Betriebsübergreifend betrachtet, vergingen im Durchschnitt 9,3 Tage (± 13,4 Tage) bis ein Tier vom Klauengesundheitsstatus "gesund" zum Klauengesundheitsstatus "lahm" wechselte. Die statistischen Kenngrößen für die Lahmheitsentwicklung sind in Tabelle 1 für jeden Betrieb sowie betriebsübergreifend dargestellt. Die längste durchschnittliche Entwicklungszeit für Lahmheitsfälle wies der Versuchsbetrieb auf, bei dem der Mittelwert bei 14,6 Tage lag. Die Betriebe 1, 2 und 3 hatten mit sieben bis acht Tagen ähnliche durchschnittliche Entwicklungszeiten für die Lahmheitsfälle.

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Die Validität des im Rahmen des Projekts entwickelten Drei-Punkte-Locomotionscoring-Systems bestätigte sich durch die Übersichtlichkeit der zu erfassenden Parameter vor allem hinsichtlich seiner Praxisrelevanz; somit eignet sich dieser Score für die Anwendung im Praxisalltag. Außerdem wird durch den Verzicht auf eine Einteilung der Lahmheit in mehrere Ausprägungsstufen der Verzögerung der Behandlung von lahmen Tieren entgegengewirkt.

In der Literatur wurden keine vergleichbaren Studien gefunden, die sich mit der zeitlichen Entwicklung von Lahmheit befassen. Die Ergebnisse dieser Studie heben die Bedeutung einer regelmäßigen Gangbeurteilung aller Tiere hervor, da sich der Klauengesundheitsstatus rasch verändert und somit ein Locomotionscoring im Rahmen der Betriebsklauenpflege nicht ausreichend ist, um lahme Tiere umgehend zu detektieren und rechtzeitig zu behandeln.

Literatur

- Alsaaod, M.; Luternauer, M.; Hausegger, T.; Kredel, R.; Steiner, A. (2017): The cow pedogram Analysis of gait cycle variables allows the detection of lameness und foot pathologies. Journal of Dairy Science 100, pp. 1417–1426
- Bruijnis, M. R. N.; Beerda, B.; Hogeveen, H.; Stassen, E.N. (2012): Assessing the welfare impact of foot disorders in dairy cattle by a modeling approach. Animal 6, pp. 962–970
- Cutler, J. H. H.; Rushen, J.; de Passille, A. M.; Gibbons, J.; Orsel, K.; Pajor, E.; Barkema, H. W.; Solano, L.; Pellerin, D.; Haley, D.; Vasseur, E. (2017): Producer estimates of prevalence and perceived importance of lameness in dairy herds with tiestalls, freestalls, and automated milking systems. Journal of Dairy Science 100, pp. 9871–9880
- European Food Safety Authority (EFSA) (2009): Scientific report on the effects of farming systems on dairy cow welfare und disease. EFSA Journal 7
- Galindo, F.; Broom, D. M. (2002): The Effects of Lameness on Social and Individual Behavior of Dairy Cows. Journal of Applied Animal Welfare Science 5, pp. 193–201
- Grimm, K.; Haidn, B.; Erhard, M.; Tremblay, M.; Döpfer, D. (2019): New insights into the association between lameness, behavior, and performance in Simmental cows. Journal of Dairy Science 102, pp. 2453–2468
- Horseman, S. V.; Whay, H. R.; Huxley, J. N.; Bell, N. J.; Mason, C. S. (2013): A survey of the on-farm treatment of sole ulcer and white line disease in dairy cattle. The Veterinary Journal 197, pp. 461–467
- Ito, K.; von Keyserlingk, M. A. G.; Leblanc, S. J.; Weary, D. M. (2010): Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. Journal of Dairy Science 93, pp. 3553–3560
- Laven, R. A.; Lawrence, K. E.; Weston, J. F.; Dowson, K. R.; Stafford, K. J. (2008): Assessment of the duration of the pain response associated with lameness in dairy cows, and the influence of treatment. New Zealand Veterinary Journal 56, pp. 210–217

- Leach, K. A.; Tisdall, D. A.; Bell, N. J.; Main, D. C. J.; Green, L. E. (2012): The effects of early treatment for hindlimb lameness in dairy cows on four commercial UK farms. The Veterinary Journal 193, pp. 626–632
- Mazrier, H.; Tal, S.; Aizinbud, E.; Bargai, U. (2006): A field investigation of the use of the pedometer for the early detection of lameness in cattle. The Canadian Veterinary Journal 47, pp. 883–886
- Nielsen, P.; Raundal, P. (2017): The Dynamics Of Lameness In Two Danish Dairy Herds. In Proceedings of the 19th International Symposium and 11th International Conference on Lameness in Ruminants, (Munich, Germany), pp. 230–231
- O'Callaghan, K. A.; Cripps, P. J.; Downham, D. Y.; Murray, R. D. (2003): Subjective and objective assessment of pain and discomfort due to lameness in dairy cattle. Animal Welfare 12, pp. 605–610
- R. Core Team (2015): R: A Language and Environment for Statistical Computing (Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing)
- Šárová, R.; Stehulova, I.; Kratinová, P.; Firla, P.; Špinka, M. (2011): Farm managers underestimate lameness prevalence in Czech dairy herds. Animal Welfare The UFAW Journal 20, p. 201
- Schlageter-Tello, A.; Bokkers, E. A. M.; Groot Koerkamp, P. W. G.; Van Hertem, T.; Viazzi, S.; Romanini, C. E.; Halachmi, I.; Bahr, C.; Berckmans, D.; Lokhorst, K. (2014): Effect of merging levels of locomotion scores for dairy cows on intra- and interrater reliability and agreement. Journal of Dairy Science 97(9), pp. 5533–5542
- Thorup, V. M.; Munksgaard, L.; Robert, P.-E.; Erhard, H. W.; Thomsen, P. T.; Friggens, N. C. (2015): Lameness detection via leg-mounted accelerometers on dairy cows on four commercial farms. Animal: An International Journal of Animal Bioscience 9, pp. 1704–1712
- Viazzi, S.; Bahr, C.; Schlageter-Tello, A.; Van Hertem, T.; Romanini, C. E. B.; Pluk, A.; Halachmi, I.; Lokhorst, C.; Berckmans, D. (2013): Analysis of individual classification of lameness using automatic measurement of back posture in dairy cattle. Journal of Dairy Science 96, pp. 257–266
- Weigele, H. C.; Gygax, L.; Steiner, A.; Wechsler, B.; Burla, J.-B. (2018): Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. Journal of Dairy Science 101, pp. 2370–2382
- Whay, H. R.; Shearer, J. K. (2017): The Impact of Lameness on Welfare of the Dairy Cow. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 33(2), pp. 153–164

Untersuchungen zur Abhängigkeit der Vormagentemperatur von der Stalltemperatur bei laktierenden Kühen in einem frei gelüfteten Stall

Studies on the dependence of reticular temperature on barn temperature in lactating cows in a naturally ventilated barn

OLAF TOBER, CHRISTIANE HANSEN

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf; o.tober@lfa.mvnet.de

Zusammenfassung

In der Beratung werden als Optimum der Stalltemperatur (ST) für Milchvieh häufig Temperaturen von 4 °C bis 16 °C (Koller und Süss 1984) angegeben. Aber sind diese Werte beim heutigen Leistungsniveau noch gültig?

Mithilfe von Temperaturmessboli wurde die Vormagentemperatur (VMT) von 31 laktierenden Milchkühen als Stundenmittelwerte (Messfrequenz: 15 min) erfasst. Werte, die von der Wasseraufnahme beeinflusst waren, wurden entfernt. Gleichzeitig ist die ST aufgezeichnet worden. Mit der varianzanalytisch (gemischtes Modell) bearbeiteten Messreihe von VMT und ST wurde ein Test auf Strukturbruch durchgeführt, der einen Bruch zwischen 7 °C und 8 °C ST ergab. Ab 8 °C waren die Tiere nicht mehr in der Lage, ihre VMT konstant zu halten. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Körpertemperatur konform verhält. Nach Silanikove (2000) wird damit die thermoneutrale Zone verlassen.

Summary

From the consulting companies, temperatures of 4 °C to 16 °C (Koller and Süss 1984) are often given as optimum barn temperature (BT) for dairy cattle. But are these values still valid at the current level of performance?

Boluses for temperature measurement were used to record reticular temperature (RT) of 31 lactating dairy cows as hourly mean values (measuring frequency: 15 min). Values affected by water drinking were removed. Simultaneously the BT has been recorded. An analysis of variance (mixed model) with the series of RT and BT measurements was performed and tested for structural breakage. A structural break was found between 7 °C and 8 °C BT. From 8 °C on the animals were no longer able to keep their RT constant. It can be assumed that the body temperature behaves in conformity. According to Silanikove (2000), therewith the thermal neutral zone will be left.

1 Zielsetzung

Moderne Milchviehrassen geraten aufgrund ihres hohen Stoffumsatzes auch unter einheimischen Klimabedingungen zeitweilig unter Wärmebelastung. In der Beratung wird als Optimum der Stalltemperatur (ST) für Milchvieh häufig der Bereich von 0 °C bis 16 °C (Bianca 1968) oder 4 °C bis 16 °C (DLG-Merkblatt 2005) angegeben. Allerdings gehen die Werte aus dem DLG-Merkblatt (2005) auf Koller und Süss (1984) zurück. Die zugrunde liegenden Quellen dieser Angaben zum Optimal- oder Komfortbereich der Umgebungstemperatur für Milchkühe sind also schon mindestens 35 Jahre alt. Dabei wird dieser Temperaturbereich von vielen Faktoren beeinflusst, von denen die Milchleistung nur einer, aber ein sehr wesentlicher ist. Die jährliche Milcherzeugung pro Kuh ist zwischen 1980 und 2018 im Durchschnitt der Bundesrepublik von 4.553 kg/Kuh (nur alte Bundesländer) (Meyn 2005) auf 8.843 kg/Kuh (DLQ 2018) gestiegen. Das entspricht in etwa einer Steigerung der durchschnittlichen Tagesleistung von 15 kg/Kuh auf 29 kg/Kuh.

Mit den hier vorgestellten Untersuchungen sollen Antworten auf die Frage gefunden werden, ob die aufgeführten optimalen Temperaturbereiche heute noch ihre Gültigkeit besitzen und ab welchen Stallklimabedingungen der Tierhalter laktierende Kühe effektiv durch geeignete Maßnahmen in der Thermoregulation unterstützen sollte.

2 Einleitung

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben, ab wann Kühe Hitze als Stress empfinden. Das hat seine Ursache vor allem darin, dass diese Temperaturgrenze von vielen Faktoren abhängt und die in der Vergangenheit durchgeführten Untersuchungen unterschiedliche Parameter nutzten, um den Beginn von Hitzestress zu definieren. Ältere Untersuchungen von Berman et al. (1985) verwendeten hierfür neben anderen Merkmalen die Rektaltemperatur. Umgebungstemperaturen zwischen 10 °C und 24 °C beeinflussten dabei die Körpertemperatur nicht. Gleichzeitig hatte die Milchleistung bei Kühen mit hoher Leistung einen signifikanten Einfluss auf die Körpertemperatur. Ab Umgebungstemperaturen von 26 °C stieg die Körpertemperatur bei allen Kühen abhängig von der Umgebungstemperatur, wobei höhere Milchleistung zu einem größeren Anstieg führte. Eine verstärkte Belüftung bremste den Anstieg der Körpertemperatur.

Silanikove (2000) beschreibt in seinem Thermoneutralzonenkonzept, dass ein homoiothermes Tier bei Hitzebelastung im Stadium 3 versucht, seine endogene Wärmeproduktion durch Verringerung der Aktivität und der Futteraufnahme einzuschränken, denn ab hier kann es die entstehende Eigenwärme nicht mehr dauerhaft und vollumfänglich abführen. Ist eine vollständige Adaption durch Verhaltensanpassungen nicht mehr möglich, so folgt daraus ein Anstieg der Körpertemperatur. Aus diesen Feststellungen lässt sich ableiten, dass bei einem durch die Umgebungstemperatur verursachten Ansteigen der Körpertemperatur das ethologische und physiologische Adaptionsvermögen der Tiere an seine Grenzen gelangt. Letztendlich dürfte die Gesamtsituation dazu führen, dass

das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigt ist, weil der Komfortbereich der thermischen Umgebungsbedingungen deutlich verlassen wurde.

Die Möglichkeit der kontinuierlichen Erfassung der Körpertemperatur ist daher von immenser Bedeutung für die Bestimmung thermischer Belastung. Bei Wiederkäuern besitzen in diesem Zusammenhang telemetrische Systeme, die mithilfe von Boli die Vormagentemperatur (VMT) aufzeichnen, ein großes Potenzial für ein nicht invasives Monitoring der Körpertemperatur (Small et al. 2008), wenngleich die VMT und die Körpertemperatur nicht identisch sind. Aufgrund der wärmeproduzierenden Aktivität der Mikroorganismen im Pansensystem liegt die im Vormagen gemessene Temperatur generell etwa 0,5 K über der Körperkerntemperatur (Hicks et al. 2001). Es wurden aber mit r = 0,56 bis r = 0,73 (Bewley et al. 2008) starke und mit r = 0,92 (Sievers et al. 2004) sehr starke Korrelationen zwischen VMT und Rektaltemperaturen gefunden.

Einem starken Störeinfluss sind die Messwerte im Vormagen vor allem durch die Wasseraufnahme ausgesetzt. Autoren, die sich mit derartigen Messreihen befassten, legten häufig fixe Grenzwerte für den Ausschluss solcher Messdaten fest, um den thermischen Einfluss der Wasseraufnahme zu eliminieren. Gasteiner et al. (2015) verwendeten für Messreihen an Milchkühen mit einer Messfrequenz von 15 min keinen festen Grenzwert, sondern entfernten alle Daten, wenn zwischen zwei aufeinander folgenden Messpunkten die Temperaturdifferenz $\Delta T > 0,75$ K war bis zum Zeitpunkt, wenn der Ausgangswert abzüglich 0,75 K wieder erreicht war, aber maximal für einen Zeitraum von 2,5 Stunden.

3 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen zur VMT bei laktierenden Milchkühen fanden in der Milchviehherde eines Praxisbetriebes in Mecklenburg-Vorpommern statt (etwa 480 Kühe der Rasse Deutsche Holstein, ~ 11.000 kg Milch/Tier und Jahr). Hier wurden die Tiere in einem frei gelüfteten Liegeboxen-Laufstall (Außenklimabedingungen) gehalten. Mithilfe von Datenloggern wurden stündlich die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte erfasst.

Für die Messungen der VMT wurde das System Bella Ag (Bella Ag LLC, 300 East 16th Street Suite 305, Greeley, CO, 80631, United States) verwendet, bei dem die Messfrequenz wählbar und auf 15 min eingestellt war. Die Untersuchungen wurden in zwei Durchgängen realisiert. Im August 2016 sind 25 Milchkühe mit Boli ausgestattet worden und im August 2017 wurden erneut 41 Tiere mit Boli bestückt.

Da die VMT als Indikator für die Körpertemperatur verwendet werden sollte, mussten die Temperaturbeeinflussungen durch Wasser- und Futteraufnahme aus den Messreihen entfernt werden. Dies geschah in Anlehnung an Gasteiner et al. (2015) nach folgendem Algorithmus: War die Differenz zweier aufeinanderfolgender Messwerte > 0,75 K, so wurden alle nachfolgenden Messwerte solange entfernt, bis die Ausgangstemperatur ± 0,75 K wieder erreicht war, maximal jedoch für drei Stunden. Die so verbliebenen korrigierten Messdaten wurden zu Stundenmittelwerten zusammengefasst, um sie den jeweiligen ST (klassifiziert, in Einerschritten auf volle Zahlen gerundet) gegenüberstellen zu können. In die Auswertungen wurden nur Tiere involviert, die gesund waren, nicht

trocken standen und pro ST-Klasse mindestens vier Messwerte der VMT aufwiesen. Nach diesen Prämissen verblieben 31 auswertbare Tiere (7 aus dem ersten Durchgang, 24 aus dem zweiten Durchgang) und die ST-Klassen von -1 °C bis 26 °C. Die Stichprobe wies folgende charakterisierende Merkmale auf (Spannweite in Klammern):

Messtage pro Tier: \$\bar{x}\$ = 135 (62 ... 239)
 Messpunkte pro Tier: \$\bar{x}\$ = 2713 (1238 ... 4896)
 Milch/Tier und Tag (kg): \$\bar{x}\$ = 41,1 (7,5 ... 66,4)
 Laktation: \$\bar{x}\$ = 3,2 (2 ... 5)
 Laktationstag: \$\bar{x}\$ = 187 (4 ... 415)

Aus den bereinigten Messdaten wurden mit einem gemischten Modell (proc. Mix, SAS 9.4) die Schätzwerte (least squares means = LSM) der VMT in Abhängigkeit von den ST-Klassen berechnet. In das Modell gingen die Effekte ST, Tageszeit (Stunde), Saison, Haltungsgruppe, Laktation, Laktationstag und Milchleistung pro Tag ein. Anschließend ist mit den so erhaltenen Daten mithilfe des Programms SegReg (https://www.waterlog.info/segreg.htm) eine segmentierte lineare Regression berechnet worden, um so einen eventuell vorhandenen Strukturbruch identifizieren zu können.

4 Ergebnisse

In Abbildung 1 sind die LSM der um die Einflüsse der Wasseraufnahme korrigierten VMT in Abhängigkeit von der ST dargestellt. Die Berechnung einer linearen Regression ergab VMT = 0.014ST + 38.92 mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0.92$. Damit stellte sich hier ein sehr enger Zusammenhang dar. Allerdings wird bei Betrachtung der Darstellung in Abbildung 1 deutlich, dass die VMT im Bereich von -1 °C bis etwa

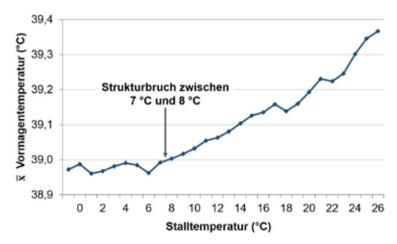


Abb. 1: Mittlere korrigierte Vormagentemperaturen (LSM) in Abhängigkeit von der Stalltemperatur (© Tober)

Fig. 1: Mean corrected reticular temperatures (LSM) as a function of the barn temperature (© Tober)

7 °C ST verglichen mit dem Bereich ab etwa 8 °C ST nahezu keinen Anstieg zeigt und damit keine Abhängigkeit der beiden Parameter voneinander vermuten lässt. Ab etwa 8 °C ST ist aber ein Anstieg der VMT mit zunehmender ST deutlich zu erkennen. Um festzustellen, ob es in der vorliegenden Messreihe einen Bereich der ST gibt, ab dem die VMT anzusteigen beginnt, wurde mit der Datenreihe eine segmentierte lineare Regression zur Identifizierung eines Strukturbruchs berechnet. Dieser ließ sich zwischen 7 °C und 8 °C ST nachweisen. Das bedeutet, ab hier begann eine Erhöhung der VMT infolge steigender Umgebungstemperaturen.

5 Diskussion

Für den Zusammenhang zwischen VMT und Körpertemperatur sind starke (Bewley et al. 2008) bis sehr starke Korrelationen (Sievers et al. 2004) nachgewiesen. Damit kann davon ausgegangen werden, dass ein Monitoring der VMT nach Bereinigung der Daten um Einflüsse durch Futter- und Wasseraufnahme als Basis zur Beurteilung des Verlaufes der Körpertemperatur geeignet ist (Small et al. 2008).

Kramer et al. (1999) haben die untere kritische Temperatur (bei Windgeschwindigkeit von 0,1 m/s), also die untere Grenze der thermoneutralen Zone, für Milchkühe mit unterschiedlicher Milchleistung berechnet. Dabei sinkt diese Temperatur von -12 °C bei einer Leistung von 15 kg Milch pro Tag auf -24 °C bei 30 kg pro Tag. Von Berman und Meltzer (1973) werden obere kritische Temperaturen von 16 °C für Milchkühe mit einer Leistung von 20 kg/Tag genannt und von 12 °C für Kühe mit 30 kg/Tag. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich der Bereich der thermischen Indifferenz (Optimalbereich) identisch verhält.

Folgt man dem Thermoneutralzonenkonzept von Silanikove (2000), so verlässt ein Tier die thermoneutrale Zone, wenn es nicht mehr in der Lage ist, die endogene Wärme vollständig abzuführen und es dadurch zum Anstieg der Körpertemperatur kommt. Dies ist laut der vorgestellten Ergebnisse (Abb. 1) bereits ab 8 °C ST der Fall. Der Komfortoder Optimalbereich der ST ist ein Teilbereich der thermoneutralen Zone, die erheblich weiter gefasst ist. Die obere Grenztemperatur des Optimalbereiches dürfte daher noch deutlich unter 8 °C zu suchen sein.

Eine Leistungsdifferenz von etwa 15 kg Milch pro Tag entspricht annähernd dem Unterschied der durchschnittlichen Leistung einer Milchkuh des Jahres 1980 (Meyn 2005) und einer Milchkuh des Jahres 2018 (DLQ 2018). Die häufig noch empfohlenen Optimaltemperaturen für Milchrinder gehen, wie oben beschrieben, auf Quellen von 1968 bis 1984 zurück. Die vorliegenden Ergebnisse bedeuten deshalb, dass die üblichen Empfehlungen zu optimalen Temperaturbereichen in der Milchviehhaltung dringend einer Überarbeitung bedürfen. Für die praktische Milchviehhaltung heißt das, dass spätestens ab 8 °C bis 10 °C ST damit begonnen werden muss, die Tiere mithilfe technischer Mittel effektiv bei der Thermoregulation zu unterstützen.

Literatur

- Berman, A.; Folman, Y.; Kaim, M.; Mamen, M.; Herz, Z.; Wolfenson, D.; Arieli, A.; Graber, Y. (1985): Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. J. Dairy Sci. 68, pp. 1488–1495
- Berman, A.; Meltzer, A. (1973): Critical temperatures in lactating dairy cattle: a new approach to an old problem. International Journal of Biometeorology 17, pp. 167–176
- Bianca, W. (1968): Neuzeitliche Ergebnisse und Aufgaben der Bioklimatologie bei Haustieren. Der Tierzüchter 20, pp. 438–442
- Bewley, J. M.; Einstein, M. E.; Grott, M. W.; Schutz, M. M. (2008): Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 91, pp. 4661–4672
- DLG-Merkblatt (2005): Vermeidung von Wärmebelastungen für Milchkühe. DLG-Merkblatt 336. Frankfurt
- DLQ (2018): Durchschnittsleistungen aller Kühe in der Milchkontrolle 2018. https://www.die-milchkontrolle.de/news/Die-Milchkontrolle-im-Duerrejahr-2018/41/, Zugriff am 20.02.2019, 16:08
- Gasteiner, J.; Wolfthaler, J.; Zollitsch, W.; Horn, M.; Steinwidder, A. (2015): Kann durch die kontinuierliche Messung der Vormagen-Temperatur bei Milchkühen das Bevorstehen einer Brunst bzw. einer Abkalbung erkannt werden? In: 12. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 8.–10. September, Freising, Hrsg.: KTBL, pp. 134–139
- Hicks, L. C.; Hicks, W. S.; Bucklin, R. A.; Shearer, J. K.; Bray, D. R.; Soto, P.; Carvalho, V.:
 (2001): Comparison of methods of measuring deep body temperature of dairy cows. 6th
 Int. Symp. ASAE, Louisville, KY. Am. Soc. Agric. Biol. Eng., St. Joseph, MI: pp. 432–438
- Koller, G.; Süss, M. (1984): Stallbau und Haltung. In: Bogner, H. und Grauvogl, A. (Hrsg.), Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Kramer, A.; Haidn, B.; Schön, H. (1999): Energieströme beim liegenden Rind Einflüsse der Liegefläche. Tagungsband 4. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 9. 10. März 1999, Freising-Weihenstephan, Hrsg.: Institut für Landtechnik der TU München-Weihenstephan, pp. 141–146
- Meyn, K. (2005): Entwicklung, Stand und Perspektiven der Rinder- und Schweineproduktion. Züchtungskunde 77(6), pp. 478–489
- Sievers, A. K.; Kristensen, N. B.; Laue, H.-J.; Wolffram, S. (2004): Development of an intra-ruminal device for data sampling and transmission. J. Anim. Feed Sci. 13(2), pp. 207–210
- Silanikove, N. (2000): Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livest. Prod. Sci. 67, pp. 1–18
- Small, J. A.; Kennedy, A. D.; Kahane, S. H. (2008): Core body temperature monitoring with passive transponder boluses in beef heifers. Can. J. Anim. Sci. 88(2), pp. 225–235

Baulich-innovative Lösungen für die Ferkelerzeugung im Außenklimastall mit Auslauf

Innovative housing solutions for piglet production in stables with outdoor climate and exercise yard

Andrea Zoller, Annett Reinhardt-Hanisch, Kathrin Häge, Lilly Wokel, Eva Gallmann

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme 440b, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; eva.gallmann@uni-hohenheim.de

Zusammenfassung

Im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaften (EIP) befasst sich eine operationelle Gruppe in Baden-Württemberg mit der Verbesserung des Tier- und Umweltschutzes in der Schweinehaltung durch baulich-innovative Lösungen mit dem Ziel der Praxisverbreitung. Zum Vergleich zweier freier Abferkelsysteme wurden an Stichproben von fünf bis zehn Sauen je Betrieb bis März 2019 über insgesamt 16 Durchgänge auf vier verschiedenen Betrieben mit einer Säugezeit von sechs bis sieben Wochen indikatorbasierte Bonituren durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Funktionsbereiche der Buchten größtenteils wie geplant angenommen wurden. Der Body-Condition-Score (BCS) der Sauen blieb während der Säugezeit bis auf die letzte Säugewoche konstant bei "gut" und fiel erst dann auf "mager" ab. Bei den Sauen traten kaum Verletzungen auf, jedoch wiesen die Ferkel vermehrt Karpalgelenksabschürfungen auf. Bei den Ferkelverlusten lagen bisher sehr unterschiedliche Ergebnisse vor. Dies erfordert noch ausführlichere Untersuchungen.

Summary

In the frame of European Innovation Partnerships (EIP) addresses one operational working group in Baden-Württemberg the improvement of animal welfare and environmental aspects in pig housing by means of innovative buildings with the aim of dissemination into practice. In order to compare two loose housing systems for farrowing indicator based observations were conducted. In total 16 rounds of five to ten sows on four different farms each with a lactation period between six and seven weeks until March 2019 have been examined. First results show that the functional areas of the pens were largely heeded. The Body-Condition-Score (BCS) of the sows remained at "good" during the whole lactation period – except in the last week they were rated as "lean". The sows showed barely injuries, but the piglets had abrasions at their carpal joints at a high degree. The results of the lost piglets vary widely. This requires evaluations that are more exhaustive.

1 Einleitung

Im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaften (EIP) befasst sich eine operationelle Gruppe in Baden-Württemberg mit der Verbesserung des Tier- und Umweltschutzes in der Schweinehaltung durch baulich-innovative Lösungen mit dem Ziel der Praxisverbreitung.

In Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Forschung haben circa 40 Tierhalter/innen verschiedene Haltungskonzepte in den Bereichen Ferkelerzeugung (n=11), Ferkelaufzucht (n=9) und Mast (n=21) erarbeitet. Die Innovationsfelder Tierwohl, Funktionsbereiche, Emissionen und Ressourceneinsatz sowie Öffentlichkeitsarbeit galt es besonders zu berücksichtigen (Tab. 1). Die Bauvorhaben werden auf Praxisbetrieben bis Ende 2020 baulich umgesetzt und nach Inbetriebnahme regelmäßig bis Ende 2022 wissenschaftlich begleitet.

Tab. 1: Beispielhafte Beiträge zu den Innovationsfeldern

Tah	1.	Exem	nlarv	fields	of	innovation
iuo.		LACIII	piuiy	IICIUS	\mathbf{o}_{i}	mmovacion

Schaffung von Funktionsbereichen	Emissionsminderung/ Ressourcenschonung	Tierwohl	Öffentlichkeits- arbeit
Erhöhtes Platzangebot	Harnrinne zur Harnableitung	Mutter-Kind-Tränke	Besucherraum
Klimazonen	Energieeffiziente oder freie Lüftung	Bodenfütterung	Infotafeln
Orientierungslicht im Ferkelnest	Arbeitszeiteinsparung durch Einstreutechnik	Kühlmöglichkeiten (z.B. Suhle)	Besucherfenster
Wand- und/oder Fußbodenheizung	Arbeitszeiteinsparung durch bauliche Maßnahmen	Spezial-Bodenbeläge	Hofführungen
Strukturierung der Funktionsbereiche	Energieeffizienz durch BHKW, PV oder Biogas	Wühlmöglichkeiten und wechselnde Beschäfti- gungsmaterialien	Einblick in Ausläufe

Bis Ende 2019 werden insgesamt 12 Betriebe ihren neu- bzw. umgebauten Stall bezogen haben. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf den bereits vier realisierten Bauvorhaben zur Ferkelerzeugung im Außenklimastall mit Auslauf.

2 Material und Methoden

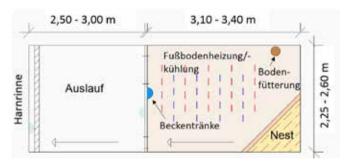
2.1 Datenerhebung

Die wissenschaftliche Begleitung und Datenerhebung auf den Betrieben basiert vorwiegend auf tier- und haltungsbezogenen Indikatoren, in enger Anlehnung an das Vorgehen im KTBL-Praxisleitfaden "Tierschutzindikatoren – Schwein" zur betrieblichen Eigenkontrolle (KTBL 2016a). Dies umfasst Parameter zur Tiergesundheit, Sauberkeit der Tiere und Funktionsbereiche sowie Stallklimaparameter. Begleitend werden Daten zu Leistungen, Morbidität und Mortalität sowie zu Baukosten und Arbeitszeit ermittelt.

Die Datenerhebungen erfolgen auf jedem Betrieb im Regelfall wöchentlich über mehrere Durchgänge, wobei jahreszeitliche Gegebenheiten berücksichtigt werden. Ergänzt werden die Untersuchungen durch wiederholte Befragungen der Landwirte zu Praxistauglichkeit und Zufriedenheit mit den Innovationen und dem Gesamtprojekt. Die Funktionalität der baulichen Lösung und mögliche Optimierungsmöglichkeiten werden vor Ort regelmäßig bewertet. Bis zum Stand März 2019 liegen erste Ergebnisse zu 16 Durchgängen mit je 6 bis 7 Wochen Säugezeit von vier verschiedenen Betrieben vor; dabei wurden jeweils 5 bis 10 Abferkelbuchten je Betrieb genauer betrachtet.

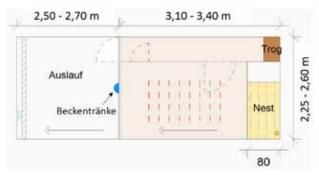
2.2 Buchtensysteme

Die Sauen verfügen innerhalb der Abferkelbuchten über eine Fläche von mindestens 7,5 m² sowie zusätzlich im Auslauf über eine Fläche von 6 bis 7,6 m² und damit über ein Platzangebot, welches deutlich über den Mindestanforderungen für die ökologische Tierhaltung liegt. Die vier bisher untersuchten Betriebe verfügen über zwei verschiedene Systeme der Abferkelbuchten (Abb. 1 und Abb. 2). Diese werden im Weiteren in Stichpunkten erläutert:



- freies Abferkeln, ohne Fixierungsmöglichkeit
- Abliegebretter, überwiegend Holzbauweise Buchtenabtrennungen
- dreieckiges Ferkelnest mit "Veranda" und Flächenheizung
- Bodenheizung/-kühlung
- Einstreu innen und außen
- planbefestigt
- Auslauf + Rinne, Gefälle (2-5 %)

Abb. 1: Abferkelbuchten – System 1 (© Zoller) Fig. 1: Farrowing pen – system 1 (© Zoller)



- Freilaufbucht mit Fixierungsmöglichkeit und Auslauf
- rechteckiges Ferkelnest mit Flächenheizung
- Kunststoffbauweise für Buchtenabtrennungen
- · Teilfläche Bodenheizung
- einfache Fixierungsbügel, Metallabliegebügel
- Einstreu, v.a. innen
- z. B. Schauer WelCon Bucht
- z. B. Schauer BeFree Bucht

Abb. 2: Abferkelbuchten – System 2 (© Zoller) Fig. 2: Farrowing pen – system 2 (© Zoller)

3 Erste Eindrücke

Bei der Bonitur der Buchtensauberkeit hat sich gezeigt, dass der Auslauf als Kotbereich in der Regel wie geplant angenommen wurde. Vor allem der äußere Rand des Auslaufs war am stärksten verschmutzt. Das Ferkelnest wies keinerlei Verschmutzungen auf, der Liegebereich der Sau war meist nur sehr gering verschmutzt. Somit wurden die Funktionsbereiche größtenteils wie geplant angenommen. Betriebsindividuelle Unterschiede waren jedoch gegeben, welche mit einer Anpassung des Einstreumanagements behoben werden können.

Der Body-Condition-Score der Sauen wurde über sechs Wochen bei fünf Sauen mit den Noten 1–5 bonitiert. Bis auf eine Sau, die in der ersten Säugewoche mit der Note 4 (fett) bewertet wurde, starteten alle Sauen mit der Note 3 (gut) in die Säugezeit. Von Woche zwei bis fünf wurden alle fünf Sauen mit der Note 3 (gut) bewertet. In Woche sechs fielen dann alle fünf Sauen auf die Note 2 (mager) ab. Die Note 1 (zu mager) und Note 5 (zu fett) wurde über den ganzen Zeitraum nicht festgestellt.

Weitere Untersuchungen bezogen sich auf die Verletzungen der Sau. Diese wurden eingeteilt in: Verletzung der Haut (Note 0–2), Sonnenbrand (Note 0–1), Schulterläsionen (Note 0–2) und Lahmheit (Note 0–2). Es wurden zehn Sauen über sechs Wochen Säugezeit beurteilt. Über den gesamten Zeitraum wurden lediglich zwei Sauen mit Hautverletzungen der Note 1 (4–15 strichförmige Verletzungen mit \geq 5 cm Länge, aber keine flächige Verletzung mit Durchmesser \geq 2,5 cm (2-Euro-Münze)) bonitiert. Die Note 0 (< 4 strichförmige Verletzungen mit \geq 5 cm Länge und keine flächige Verletzung mit

Durchmesser \geq 2,5 cm (2-Euro-Münze)) sowie die Note 2 (> 15 strichförmige Verletzungen mit \geq 5 cm Länge) wurden nicht festgestellt.

Der Vergleich der beiden Betriebe aus System 2 zeigt, dass bei der Tiergesundheit der Ferkel vor allem Karpalgelenksverletzungen auftraten (Abb. 3 und Abb. 4).

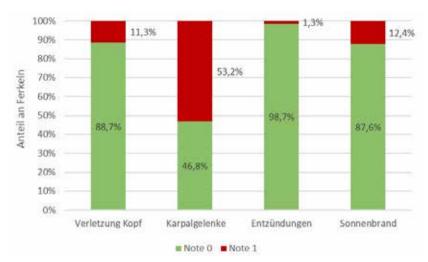


Abb. 3: Tiergesundheit Ferkel – System 2, Betrieb A, Saugferkelbonitur Mai bis Juni 2018, 1 Durchgang mit 5 wöchentlich bonitierten Würfen, n = 380 Bonituren (© Zoller)

Fig. 3: Animal health of piglets – system 2, farm A, piglet scoring May to June 2018, 1 batch with five weekly inspected litter, n = 380 scorings (© Zoller)

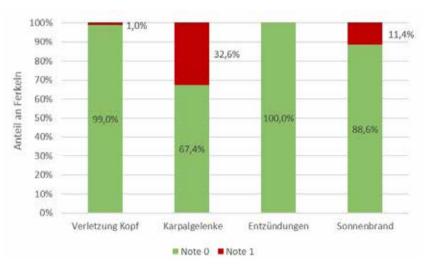


Abb. 4: Tiergesundheit Ferkel – System 2, Betrieb B, Saugferkelbonitur Mai bis Juni 2018, 1 Durchgang mit 10 wöchentlich bonitierten Würfen, n = 870 Bonituren (© Zoller)

Fig. 4: Animal health of piglets – system 2, farm B, piglet scoring May to June 2018, 1 batch with ten weekly inspected litter, n = 870 scorings (© Zoller)

Karpalgelenksverletzungen bei Ferkeln können auf einen Milchmangel der Sau hindeuten. Die Ferkel kämpfen v. a. bei zu großen Würfen vermehrt um die Milch. Dies kann in Kombination mit einem zu rauen Buchtenboden Verletzungen an den Karpalgelenken verursachen (Meyer 2010). Verletzungen am Kopf, Entzündungen der Haut und Sonnenbrand wurde in beiden Systemen nur in einem geringen Maß beobachtet.

Bei den Saugferkelverlusten zeigten sich vor allem nach dem Bezug der neuen Ställe sehr unterschiedliche Werte, die nicht per se system- oder managementspezifisch sind. Die KTBL-Datensammlung (KTBL 2016b) weist bei Saugferkelverlusten eine Spanne von 12 bis 20 % aus. Die bisherige Auswertung der beobachteten Würfe liegt in einem vergleichbaren Bereich, die Verluste waren in Einzelfällen auch darüber oder sehr gering. Da die höheren Ferkelverluste aus der Umstellung des Haltungssystems resultieren können, müssen weitere, umfangreichere Daten hierfür ausgewertet werden.

Bei der Bonitur der Ferkelnesttemperaturen zeigten sich vor allem im Winter deutliche Unterschiede. In den untersuchten Sommerdurchgängen lagen die Temperaturen in einem jeweils ähnlichen Bereich: 30,6 °C in System 2 und 29,7 °C in System 1. In einem Winterdurchgang lagen die Ferkelnesttemperaturen dort durchschnittlich bei 28,2 °C. In einem Betrieb des Systems 2 waren die durchschnittlichen Ferkelnesttemperaturen in den Winterdurchgängen in manchen Buchten jedoch unzureichend mit lediglich 22,6 °C. Hier besteht bezüglich des Managements Optimierungsbedarf beim Betrieb der Ferkelnestheizung, Kontrolle und Anpassung der Einstreu.

Die Datenerhebungen werden regelmäßig fortgeführt, nach Möglichkeit intensiviert, mit Stallklimasensorik unterstützt und die Daten werden im Sinne eines Benchmarkings aufbereitet. Im Rahmen von regelmäßigen Treffen mit den Akteuren erfolgt ein intensiver Erfahrungsaustausch mit dem Ziel der Optimierung der baulichen Lösungen, Prozesse und des Stallmanagements auf den einzelnen Betrieben, auch in Hinblick auf die Umsetzung in den Handlungs- bzw. Innovationsfeldern und die Praxisverbreitung.

Literatur

KTBL (Hg.) (2016a): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt

KTBL (Hg.) (2016b): Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/2017. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt, S. 621

Meyer, E. (2010): Schürfwunden der Saugferkel nicht nur eine Folge von Milchmangel!. https://www.susonline.de/dl/2/4/5/4/2/0/5/105_koellitsch.pdf, Zugriff am 27.03.2019

Förderung

Vorhaben mit Unterstützung des Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER) und des Landes (Förderprogramm des MLR) im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft "Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit" (EIP-AGRI).

Detektion von Lahmheit bei Mastschweinen mithilfe eines UHF-RFID-Systems

Detection of lameness in finishing pigs using a UHF-RFID system

Anita Kapun¹, Felix Adrion², Monika Tomalla¹, Eva Gallmann¹

Zusammenfassung

Im vorliegenden Versuch wurden das Fress-, Trink- und Spielverhalten von insgesamt 400 Mastschweinen in vier Mastdurchgängen mithilfe eines ultrahochfrequenten Radiofrequenz-Identifikationssystems (UHF-RFID) erfasst und mit Daten der gesundheitlichen Kontrolle verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Verhaltensanalyse bis zu einem gewissen Grad möglich und mit Ergebnissen aus Direktbeobachtungen vergleichbar ist. Es besteht zudem ein hohes Potenzial darin, Gesundheitsbeeinträchtigungen wie Lahmheit anhand der Veränderungen der RFID-Daten im täglichen Verlauf zu erkennen. So zeigten einige Schweine bei Auftreten von Lahmheit eine verminderte Aktivität oder verspätete Futteraufnahme.

Summary

In this study, the feeding, drinking and playing behaviour of 400 growing-finishing pigs was recorded by a UHF-RFID system (ultra-high frequency radio frequency identification) for the duration of the complete fattening period and compared to data of health checks. The results show that a behavioural analysis is possible and can be compared to results of direct observations. Furthermore, there is a high potential to recognize impairments of health like lameness by changes in the daily course of the RFID data. Accordingly, some pigs showed a reduced activity or a delayed feed intake on the occurrence of lameness.

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; anita.kapun@uni-hohenheim.de

² Agroscope, Strategischer Forschungsbereich Wettbewerbsfähigkeit und Systembewertung, Forschungsgruppe Automatisierung und Arbeitsgestaltung, Tänikon, 8356 Ettenhausen, Schweiz

1 Einleitung und Zielsetzung

In den vergangenen Jahren hat das Thema "Tierwohl" in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Für die Überwachung des Gesundheitszustandes einzelner Tiere ist eine individuelle Kennzeichnung Voraussetzung (Adrion et al. 2018). Mithilfe von Radiofrequenz-Identifikationssystemen (RFID) ist es möglich, die Besuche von beispielsweise Mastschweinen an relevanten Funktionselementen im Stall, sogenannten Hotspots, zu erfassen (Brown-Brandl et al. 2013, Maselyne et al. 2014b, Maselyne et al. 2016a). Durch den Einsatz von UHF (Ultrahochfrequenz) ist eine Erfassung mehrerer Transponder zur selben Zeit sowie eine relativ hohe Lesereichweite möglich, sodass eine Vereinzelung der Tiere an den Hotspots entfällt (Adrion et al. 2018). Aus der Betrachtung der RFID-Daten sollen in dieser Arbeit Verhaltensweisen von Schweinen analysiert sowie Veränderungen bei gesundheitlichen Beeinträchtigungen, speziell Lahmheit, erkannt werden.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Versuche wurden auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim in vier Mastdurchgängen mit insgesamt 400 Mastschweinen in gemischtgeschlechtlichen Gruppen durchgeführt (vier baugleiche Buchten, jeweils 25 Tiere pro Bucht). Die Fütterung erfolgte über eine Sensor-Kurztrog-Flüssigfütterung (erste Ausdosierung je Tag um 6 Uhr morgens). Jedes Mastschwein wurde mit einer elektronischen UHF-RFID-Ohrmarke versehen, die in einem vorangegangenen Projekt entwickelt wurde (Hammer 2017, Adrion 2018). Die Buchten wurden am Trog, den je drei Tränken und dem Beschäftigungsgerät mit UHF-RFID-Antennen ausgestattet, sodass die Aufenthaltsdauern von allen Schweinen an diesen Hotspots rund um die Uhr erfasst werden konnten.

Die Schweine wurden mit einem Gewicht von ca. 30 kg eingestallt und bis zum Ende der Mast (etwa 120 kg) mithilfe dieses UHF-Systems überwacht. Die Zeit der Datenaufnahme betrug daher je nach Durchgang maximal zwischen 15 und 19 Wochen. In dieser Zeit wurden mithilfe einer Monitoring-Software die RFID-Ereignisse aller Schweine an allen Hotspots aufgezeichnet. Zweimal wöchentlich wurden gesundheitliche Merkmale der Schweine bonitiert, darunter das Laufverhalten, Verletzungen und Verschmutzungen des Integuments, Schwanzverletzungen, Durchfall, Husten und Niesen. Alle vier Wochen wurde außerdem das Körpergewicht der einzelnen Tiere ermittelt.

Von den gesundheitlichen Merkmalen, die zweimal wöchentlich bonitiert wurden, trat im Versuchszeitraum am häufigsten Lahmheit auf, weshalb sich die Analyse auf diese beschränkt. Diese Lahmheit wurde mithilfe eines Locomotion Scores (LS) in vier Stufen von 0 bis 3 unterteilt, wobei bei Stufe 0 keine Lahmheit festzustellen ist, bei Stufe 3 starke Lahmheit mit Widerwillen gegen Laufen und Belastung auftritt (ZINPRO Feet First*).

3 Ergebnisse und Diskussion

Für jedes Schwein wurde die tägliche Aufenthaltsdauer an den Hotspots berechnet. Dazu wurden einzelne RFID-Lesungen zu Besuchsereignissen zusammengefasst, wenn sie nicht weiter als eine definierte Dauer auseinanderlagen. Des Weiteren wurden Ereignisse gelöscht, die eine minimale Dauer unterschritten. Diese Aggregationskriterien wurden analog zu den Versuchen von Maselyne et al. (2016a, 2016b) berechnet und für jeden Hotspot einzeln ausgewählt, abhängig von den Ergebnissen einer vorangegangenen Videovalidierung des Systems. Die Aggregationskriterien für die einzelnen Hotspots sowie die jeweilige ermittelte Sensitivität sind in Tabelle 1 abgebildet.

Tab. 1: Aggregationskriterien und Sensitivität für die Hotspots Trog, Tränken und Beschäftigungsautomat

Tab. 1: Visit criteria and sensitivity for the hotspots trough, drinkers and playing device

Hotspot	Minimale Dauer s	Maximale Pausenzeit s	Sensitivität %
Trog	1	60	85
Tränken (1, 2 und 3 zusammengefasst)	0	50	60
Beschäftigungsautomat	3	40	81

Das System zeigt an den Hotspots Trog und Beschäftigungsautomat für die geplante Anwendung eine ausreichend hohe Sensitivität von über 80 %. An den Tränken ist die Sensitivität mit 60 % recht niedrig, was vor allem an wenigen und meist eher kurzen Besuchen der Schweine an diesem Hotspot liegt. Aufgrund der Flüssigfütterung ist ein Besuch der Tränken für die Verhaltensanalyse nicht ausschlaggebend und kann zu einem großen Teil vernachlässigt werden.

Die durchschnittliche tägliche Aufenthaltsdauer aller Schweine an den Hotspots wurde mit den aggregierten Daten berechnet und ist in Abbildung 1 aufgeführt. Am Trog verbrachten die Schweine durchschnittlich 54 Minuten pro Tag, an den Tränken 9 Minuten und am Beschäftigungsautomat 38 Minuten. Den Rest des Tages, also durchschnittlich etwa 22 Stunden, wurden die Schweine an keinem der Hotspots registriert und hielten sich voraussichtlich in anderen Bereichen der Bucht auf. Diese Werte für Trog und Tränken sind vergleichbar mit den Daten aus Direktbeobachtungen von Schweinen, bei denen die Fressdauer pro Tag etwa 58 Minuten betrug und die Dauer für das Trinken etwa 9 Minuten (Maselyne et al. 2014a).

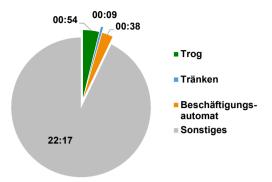


Abb. 1: Durchschnittliche tägliche Aufenthaltsdauer aller Schweine an den Hotspots Trog, Tränken und Beschäftigungsautomat in mm:ss (© Kapun)

Fig. 1: Daily mean values of visiting duration of all pigs at the trough, drinkers and playing device in mm:ss (© Kapun)

Ein möglicher Ansatz Lahmheit mittels eines UHF-RFID-Systems zu detektieren, ist die Ermittlung von "virtuellen Wegstrecken". Diese werden über die Besuchsreihenfolge der verschiedenen Hotspots und deren mittlerer Entfernung zueinander berechnet. Dazu werden statt der aggregierten Daten die Einzellesungen betrachtet. Wird ein Tier also zunächst am Trog und anschließend am Beschäftigungsautomat registriert, wird die Strecke zwischen den beiden Hotspots zur täglichen virtuellen Wegstrecke angerechnet. Diese virtuellen Wegstrecken zeigen zwar aufgrund von Ungenauigkeiten und größeren Stallflächen ohne RFID-Antenne nie die wirklich zurückgelegte Strecke, haben aber großes Potenzial als Maß für die generelle Aktivität eines Tieres (Junge 2015).

Betrachtet man die tägliche virtuelle Wegstrecke einzelner Tiere im Verlauf der Mast, lassen sich bei vielen Tieren mit Lahmheitsbonituren größer als Locomotion Score 1 Veränderungen erkennen. So ist beispielsweise bei Schwein 104 eine Verringerung der täglichen Wegstrecke von etwa 200 m auf ungefähr 100 m bei beginnender Lahmheit mit Locomotion Score 2 ab Masttag 47 zu erkennen (Abb. 2). Diese Veränderungen sind bei manchen Lahmheitsarten und Tieren stärker zu sehen, bei anderen so gut wie gar nicht. Bei etwa 54 % der Schweine, die mindestens einmal mehr als nur eine leichte Lahmheit hatten (Lahmheitsbonitur von 2 oder mehr), war eine Veränderung in den Daten der virtuellen Wegstrecke mit bloßem Auge sichtbar. Dies heißt allerdings auch, dass mit diesem Aktivitätsmaß nicht jede Lahmheit erkannt werden kann.

Ein weiterer denkbarer Ansatz, lahme Tiere frühzeitig zu erkennen, ist eine Betrachtung des ersten Hotspotbesuchs eines Tieres am Tag, beispielsweise am Trog. Eine Lesung am Trog wurde (mit den oben genannten Aggregationen) erst ab 6 Uhr morgens gewertet, da zu diesem Zeitpunkt die erste Fütterung des Tages stattfand (Fütterungsintervall etwa alle 3 Stunden). In Abbildung 3 zeigt sich etwa, wie sich der Zeitpunkt des ersten Trogbesuchs von Schwein 92 bei der ersten Lahmheit mit Locomotion Score 2 von 6 bzw. 9 Uhr morgens auf nach 12 Uhr mittags bis sogar auf circa 15 Uhr verschiebt.

Auch dieser Betrachtungsansatz führt nicht bei allen Schweinen zum gewünschten Ergebnis. Manche Schweine behalten ihre festen Mahlzeiten um 6 Uhr morgens auch trotz Lahmheit bei und andere Schweine variieren ihren ersten Trogbesuch täglich ohne erkennbare Beeinträchtigung.

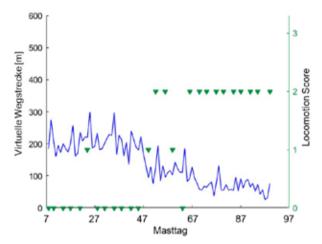


Abb. 2: Tägliche virtuelle Wegstrecke und Lahmheitsbonitur (Dreiecke) von Schwein 104 im Verlauf der Mast (© Kapun)

Fig. 2: Daily virtual walking distance and locomotion scoring (triangles) of pig 104 during the fattening period (© Kapun)

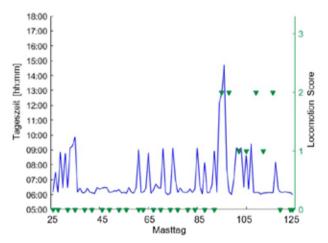


Abb. 3: Erster Besuch am Trog nach 6:00 Uhr morgens und Lahmheitsbonitur (Dreiecke) von Schwein 92 im Verlauf der Mast (© Kapun)

Fig. 3: First visit at the trough after 6 a.m. and locomotion scoring (triangles) of pig 92 during the fattening period (© Kapun)

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass eine Erfassung des Verhaltens von Mastschweinen mithilfe eines UHF-RFID-Systems bis zu einem gewissen Grad möglich und mit Ergebnissen aus Direktbeobachtungen vergleichbar ist. Zudem wurden verschiedene Ansätze aufgezeigt, gesundheitliche Beeinträchtigungen wie Lahmheit anhand der RFID-Daten festzustellen. Diese sollen in zukünftigen Analysen erweitert und miteinander verknüpft werden, um eine Lahmheitserkennung möglich zu machen.

Literatur

- Adrion, F. (2018): Adaption and assessment of a UHF-RFID system for livestock management. Dissertation. Universität Hohenheim, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG 592
- Adrion, F.; Kapun, A.; Eckert, F.; Holland, E.-M.; Staiger, M.; Götz, S.; Gallmann, E. (2018): Monitoring trough visits of growing-finishing pigs with UHF-RFID. Computers and Electronics in Agriculture 144, pp. 144–153
- Brown-Brandl, T. M.; Rohrer, G.A.; Eigenberg, R. A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. Computers and Electronics in Agriculture 96, pp. 246–252
- Hammer, N. (2017): Evaluation of a UHF RFID system for livestock. Dissertation. Universität Hohenheim, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG 582
- Junge, M. (2015): Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring für die Gruppenhaltung tragender Sauen. Dissertation. Universität Hohenheim, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG 545
- Maselyne, J.; Adriaens, I.; Huybrechts, T.; De Ketelaere, B.; Millet, S.; Vangeyte, J.; Van Nuffel, A.; Saeys, W. (2016a): Measuring the drinking behaviour of individual pigs housed in group using radio frequency identification (RFID). Animal 10(9), pp. 1557–1566
- Maselyne, J.; Saeys, W.; Briene, P.; Mertens, K.; Vangeyte, J.; De Ketelaere, B.; Hessel, E. F.; Sonck, B.; Van Nuffel, A. (2016b): Methods to construct feeding visits from RFID registrations of growingfinishing pigs at the feed trough. Computers and Electronics in Agriculture 128, pp. 9–19
- Maselyne, J.; Saeys, W.; De Ketelaere, B.; Briene, P.; Millet, S.; Tuyttens, F.; Van Nuffel, A. (2014a): How do fattening pigs spend their day? Proceedings of the 6th International Conference on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level (WAFL), Clermont-Ferrand, Frankreich
- Maselyne, J.; Saeys, W.; De Ketelaere, B.; Mertens, K.; Vangeyte, J.; Hessel, E. F.; Millet, S.; Van Nuffel, A. (2014b): Validation of a High Frequency Radio Frequency Identification (HF RFID) system for registering feeding patterns of growing-finishing pigs. Computers and Electronics in Agriculture 102, pp. 10–18

Einfluss einer gekühlten oder beheizten Liegefläche auf das Liegeverhalten von Mastschweinen

Influence of a cooled or heated lying area on the lying behaviour of fattening pigs

SVENJA OPDERBECK¹, BARBARA KESSLER², WILLIAM GORDILLO², CHRISTA HOFFMANN². EVA GALLMANN¹

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes "LabelFit" wird unter anderem untersucht, wie die Anforderungen der Einstiegsstufe des Labels "Deutscher Tierschutzbund – Für mehr Tierwohl" an die Liegefläche und Haltungsumwelt für Mastschweine umgesetzt werden können. Im Folgenden werden erste Ergebnisse zum Effekt einer beheizten bzw. gekühlten Liegefläche auf das Liege- und Eliminationsverhalten gezeigt. Dies wird in 2 Abteilen mit je 4 Buchten à 28 Schweine über 3 Durchgänge untersucht (gesamt 672 Schweine). Über wöchentliche Bonituren der Flächen und Tiere wird die Verschmutzung erhoben. Mittels Videoanalyse wird das Liegeverhalten an drei Tagen pro Woche jeweils dreimal täglich überwacht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine beheizte Liegefläche im Vergleich zu einer Abdeckung über der Liegefläche keinen Einfluss auf das Liegeverhalten hat. Die Kühlung hingegen führte zu einem gesteigerten Anteil liegender Tieren auf der Liegefläche (p < 0,0001).

Summary

The project "LabelFit" is investigating among others how the requirements of the entry level of the label "German Animal Welfare Association – For more animal welfare" for the lying area and housing conditions could be implemented. This article shows first results of the effect of a heated or cooled lying area on the lying and elimination behaviour. This was examined in 2 fattening rooms with 4 pens with 28 pigs each (total 672 pigs) each over 3 fattening periods. Weekly scores were used to monitor fouling of pen and animals. Using video analysis, the lying behaviour was monitored 3 times a day on 3 times a week. The results show that a heated lying area had no influence on the lying behaviour compared to a covering over the lying area. The cooling led to an increased proportion of animals lying on the lying area (p < 0.0001).

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; svenja.opderbeck@uni-hohenheim.de

² Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg, Seehöfer Straße 50, 97944 Boxberg-Windischbuch

1 Hintergrund und Zielsetzung

Immer mehr Verbraucher fordern Verbesserungen des Tierwohls in der Tierhaltung. Der deutsche Tierschutzbund hat ein zweistufiges Label "Für mehr Tierschutz" entwickelt. Dieses stellt unter anderem Anforderungen an Haltung, Transport und Schlachtung von Schweinen. Eine dieser Anforderungen an das Haltungssystem in der Einstiegsstufe ist die Gestaltung der Liegefläche für Mastschweine (0,6 m² mit max. 3 % Perforation). In dem Innovationsvorhaben "Label-Fit" wird untersucht, wie durch die Gestaltung des Liege- und Eliminationsbereiches eine zielgerichtete Nutzung durch die Tiere entsprechend der Funktion sichergestellt werden kann.

Vor allem mit steigenden Temperaturen steigt die Verschmutzung von Liegeflächen und die Tiere liegen vermehrt im Spaltenbereich (Huynh et al. 2004, Randall et al. 1983). Zudem ist bereits bekannt, dass Schweine im Liegebereich planbefestigte Böden bevorzugen (Börgermann et al. 2007) und erhöhte Luftgeschwindigkeiten in diesem Bereich zu Verschmutzungen führen können (Randall et al. 1983). Schweine nutzen zur Abkühlung der Körpertemperatur Evaporation oder Konduktion. Huyhn et al. (2004) zeigten, dass eine Heizung bzw. Kühlung der Liegefläche die Einteilung der Funktionsbereiche positiv unterstützen und die Sauberkeit der Liegeflächen steigern kann. Ziel dieser Studie ist es, den Einfluss einer beheizten bzw. gekühlten Liegefläche auf das Liege- sowie Eliminationsverhalten von Mastschweinen zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Der Versuch wird im Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg durchgeführt. Von März 2018 bis November 2019 wird in zwei Mastdurchgängen der Effekt einer beheizten und in drei Durchgängen der Effekt einer gekühlten Liegefläche untersucht.

Insgesamt wurden zwei Abteile mit je vier Buchten à 28 Schweine (gesamt 672 Schweine) umgebaut. Die Buchten unterscheiden sich in der Anordnung der Fütterung, mittig auf (Buchten 1 und 4) oder seitlich an (Buchten 2 und 3) der Liegefläche. In zwei Buchten kann die Liegefläche mittels integrierter Wasserleitungen beheizt oder gekühlt werden (Buchten 1 und 2), in den anderen Buchten (Buchten 3 und 4) ist über einem Teil der Liegefläche eine Abdeckung angebracht (Abb. 1).

In jedem Durchgang werden pro Bucht 28 Schweine eingestallt (14 weibliche und 14 kastrierte Schweine; German Hybrid x German Piétrain). Die Schweine wurden mit einem Einzeltiergewicht von 29,9 \pm 4,5 kg eingestallt und mit 118,1 \pm 10,2 kg ausgestallt. Die täglichen Zunahmen lagen bei 962,5 \pm 117,5 g.

Die angestrebte Liegeflächentemperatur beträgt bei Beheizung 27,5 °C (Tag 1) zu 23,5 °C (Tag 28) zu 21 °C (ab Tag 52). Bei Kühlung werden 24,5 °C (Tag 1) zu 21,5 °C (Tag 28) zu 20 °C (ab Tag 52) angestrebt. Um den Effekt der beheizten Liegefläche zu testen, ist die Abteiltemperatur von Beginn an geringer als normalerweise. In den Buchten ohne beheizte Liegefläche wird für einen wärmeren Liegebereich die Abdeckung heruntergeklappt. In den Durchgängen bei Liegeflächenbeheizung ist die Solltemperaturkurve

22,5 °C (Tag 1) zu 20,5 °C (Tag 15) zu 19 °C (Tag 60) zu 18 °C (ab Tag 120) und die Mindestventilationsrate bei 10 %. Bei der Liegeflächenkühlung werden 25 °C (Tag 1) zu 22,5 °C (Tag 15) zu 19 °C (Tag 60) zu 18 °C (ab Tag 120) und eine Mindestventilationsrate von 25 % angestrebt.

Mithilfe von Videobeobachtung (Scan Sampling) wird der Anteil liegender Tiere auf der Liegefläche dreimal die Woche zu drei Zeitpunkten (morgens 5:00–6:00 Uhr, mittags 10:30–11:30 Uhr und abends 20:00–21:00 Uhr) erhoben. Die Eliminationsorte werden wöchentlich über die Flächenverschmutzung mit einer fünfstufigen Boniturskala (0–4) erhoben. Zudem werden wöchentlich die tierindividuelle Verschmutzung (Boniturskala 0–2) sowie weitere Tierschutzindikatoren dokumentiert. Stallklimaparameter, wie Lufttemperatur und -feuchte, Oberflächentemperaturen sowie Gaskonzentrationen, werden kontinuierlich erfasst.

Die statistische Auswertung erfolgte mit einem gemischten Modell (Verfahren MIXED, SAS 9.4®). Für das Liegeverhalten wurden Mittelwerte über drei Mastabschnitte (Vor-(Wochen 1–4), Mittel- (Wochen 5–8) und Endmast (Wochen 9–13)) verwendet. Die fixen Effekte im Modell waren Heizen/Kühlen, Fütterung, Mastabschnitt, Zeitpunkt und ihre wechselseitigen Interaktionen. Zur Analyse der Verschmutzung von Bucht und Tieren

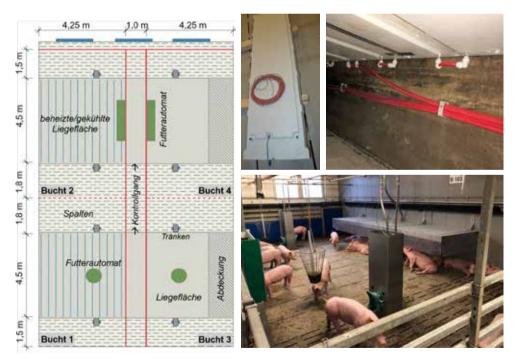


Abb. 1: Skizze eines Versuchsabteiles (links); Fotos der beheizbaren/kühlbaren Bodenelement und von einer Bucht mit Liegeflächenabdeckung (rechts) (© Opderbeck)

Fig. 1: Sketch of a test room (left); photos of the heated/cooled floor elements and of pen with covered lying area (right) (© Opderbeck)

wurden Heizen/Kühlen, Mastwochen, Fütterung und ihre jeweiligen Interaktionen als fixe Faktoren geschätzt. Der Designeffekt "Abteil" wurde in beiden Modellen als zufälliger Effekt betrachtet. Der Effekt "Durchgang" wurde als zufälliger Effekt getestet, aufgrund von Konvergenzproblemen jedoch stattdessen als fester Effekt in das Modell aufgenommen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beheizte Liegefläche versus Abdeckung über Liegefläche

Die Haltungssysteme mit einer beheizten Liegefläche bzw. einer Abdeckung über der Liegefläche wurden über zwei Durchgänge hinweg verglichen (März bis Juli 2018, November 2018 bis März 2019). In den Buchten mit der beheizten Liegefläche lagen 68 ± 16 % Tiere (Min. 11 %, Max. 100 %) auf der Liegefläche, in den Buchten mit einer Abdeckung waren es 75 ± 14 % (Min. 30 %, Max. 100 %). Es gibt signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Buchten. In der Bucht 3 (Abdeckung, Fütterung am Rand) lagen 6 % mehr (p = 0,05) Schweine auf der Liegefläche als in der Bucht 4 (Abdeckung, mittige Fütterung) und 11 % mehr (p = 0,02) als in Bucht 2 (Heizen, Fütterung am Rand) (Abb. 2). In Bezug auf die Verschmutzung der Liegefläche zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Buchten. In Bucht 3 war die durchschnittliche Verschmutzung um 0,3 Notenpunkte geringer als in der Bucht 4 (p = 0,04) und in Bucht 2 (p = 0,02). Jedoch war die Verschmutzung der Liegefläche mit Boniturnote 0,5 \pm 0,5 (Min. 0, Max. 2,3) über alle Buchten sehr gering (< 10 %) (Abb. 2).

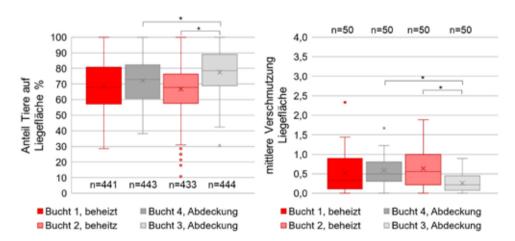


Abb. 2: Ergebnisse des Systemvergleichs, beheizte Liegefläche gegen Abdeckung, zum Liegeverhalten (links) und zur Verschmutzung der Liegefläche (rechts) (*p < 0,05; n = Anzahl Beobachtungen) (© Opderbeck)

Fig. 2: Results for the systems, heated lying area versus cover over the lying area, for lying behaviour (left) and fouling of the lying area (right) (*p < 0.05; n = number of observation) (* \bigcirc Opderbeck)

Sofern die Abteiltemperatur niedrig gehalten wird, erweist sich die Abdeckung über der Liegefläche als eine funktionssichere und günstige Alternative zur Bodenheizung. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Schweine dieses System aus der Aufzucht kennen oder auch auf die geringere Lichtstärke unter der Abdeckung. Der Vorteil einer Bodenheizung mittels Wasserleitung liegt jedoch darin, dass dieses System auch die Möglichkeit der Kühlung bietet (Kapitel 3.2).

3.2 Gekühlte Liegefläche versus Kontrolle

Von Juli 2018 bis November 2018 wurde der erste Durchgang mit gekühlten Liegeflächen durchgeführt. Aufgrund von technischen Störungen fiel die Wärmepumpe im September 2018 aus. Danach konnte nur noch Wasser mit einer Temperatur von ca. 25 °C durch den Boden geleitet werden. In diesem Durchgang lagen mit 75 \pm 12 % (Min. 23 %, Max. 100 %) deutlich mehr Tiere auf der gekühlten Liegefläche als in den Kontrollbuchten mit 58 \pm 13 % (Min. 21 %, Max. 100 %). Im Schnitt lagen in den Buchten mit Kühlung 17 % mehr Tiere auf der Liegefläche als in den Kontrollbuchten (p < 0,0001). Die mittlere Verschmutzung der Tiere ist mit Boniturnote 0,5 \pm 0,4 (Min. 0, Max. 1,5) sehr gering. Jedoch zeigt sich hier, dass in Buchten mit gekühlten Liegeflächen die Verschmutzung der Tiere um 0,2 Notenpunkte geringer war (p = 0,003) (Abb. 3). Die Verschmutzung der Liegefläche war im Mittel mit 0,6 \pm 0,6 (Min. 0, Max. 2,7) ebenfalls sehr gering (> 10 %). Hier zeigte sich, dass in Buchten mit mittig angebrachter Fütterung die Verschmutzung um 0,3 Notenpunkte höher war als in Buchten mit der Fütterung am Rand der Liegefläche (< 0,0001).

Selbst eine geringfügige Kühlung des Bodens (eingeschränkte Funktion der Wärmepumpe) hatte einen positiven Effekt. Diese Ergebnisse können auch durch die Studie von

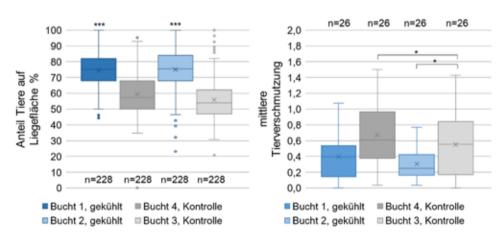


Abb. 3: Ergebnisse der gekühlten Liegefläche und der Kontrolle, zum Liegeverhalten (links) und zur Verschmutzung der Liegefläche (rechts) (*p < 0,05; ****p < 0,0001; n = Anzahl Beobachtungen) (© Opderbeck)

Fig. 3: Results for the cooled lying area versus cover, for lying behaviour and fouling (*p < 0.05; ***p < 0.0001; n = number of observation) (© Opderbeck)

Huynh et al. (2004) bestätigt werden. Jedoch spielte hierbei nicht die absolute Temperatur der Liegefläche eine Rolle, sondern vor allem die Temperaturdifferenz zwischen der perforierten Fläche und der Liegefläche (Huynh et al. 2004). Diese sollte höher als 1,5 °C sein (Randall et al. 1983). Der Einfluss der Fütterung auf die Verschmutzung der Liegefläche könnte auf die Bauart der Fütterung zurückzuführen sein. Die mittige Fütterung ("Optimat", Schauer Agrotonic GmbH, Prambachkirchen, Österreich) hat eine offene Wasserfläche, welche gerade bei warmen Temperaturen auch zur Abkühlung genutzt wurde. Die nasse Fläche um den Trog könnte einen vermehrten Kot- und Urinabsatz in diesem Bereich zur Folge gehabt haben.

4 Ausblick

Bis Ende 2019 soll der Effekt der Kühlung noch in zwei weiteren Durchgängen untersucht werden. Zudem erfolgt eine genauere Betrachtung der Stallklimadaten, der Tierschutzindikatoren und weiterer Ansätze in Bezug auf Buchten- und Bodenstruktur sowie Lichtverhältnisse.

Literatur

- Börgermann, B.; Rus, M.; Kaufmann, O. (2007): Sensorgestützte Überprüfung des Wahlverhaltens von Mastschweinen Welche Fußböden und Beschäftigungsangebote werden bevorzugt? Landtechnik Agricultural Engineering 62, 228–229
- Huynh, T. T. T.; Aarnink, A. J. A.; Spoolder, H. A. M.; Verstegen, M. W. A., Kemp, B. (2004): Effects of floor cooling during high ambient temperatures on the lying behavior and productivity of growing finishing pigs. Transactions of the ASAE 47, 1773–1784
- Randall, J. M.; Armsby, A. W.; Sharp, J. R. (1983): Cooling gradients across pens in a finishing piggery: II. Effects on excretory behaviour. J. Agric. Eng. Res. 28(3) 247–259

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Wir danken unseren Projektpartnern dem Bildungs- und Wissenszentrum LSZ Boxberg, dem Deutschen Tierschutzbund, der Vion Food Group und dem Friedrich-Loeffler-Institut.

195

Vergleich von fünf Strategien zur Erhebung von Stichproben an Mastschweinen eines Bestandes für die Erfassung von KTBL-Tierschutzindikatoren

Comparison of five strategies for the sampling of fattening pigs from a herd for the assessment of KTBL animal welfare indicators

Mareike Pfeifer¹, Armin Otto Schmitt², ³, Engel Friederike Hessel¹

Zusammenfassung

In der Schrift "Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein" wird empfohlen, einige Indikatoren nicht für alle Mastschweine eines Bestandes, sondern für eine Stichprobe der Schweine zu erfassen. In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss von fünf verschiedenen Strategien zur Erhebung von Stichproben auf die Schätzung der Prävalenz von sechs KTBL-Tierschutzindikatoren zur Tierwohlbewertung von Mastschweinen untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Prävalenz der Indikatoren nach der Tierwohlbewertung des gesamten Bestandes stellenweise deutlich von der Prävalenz der Indikatoren nach der Stichprobenerhebung abweicht. Im Rahmen weiterführender Untersuchungen sollte überprüft werden, welche Strategie zur höchsten Stichprobengüte führt und als am praxistauglichsten bewertet werden kann.

Summary

In the publication "Animal Welfare Indicators: Practical Guide – pigs" it is recommended to assess some indicators for a sample of fattening pigs and not for all pigs in a herd. In this study, the influence of five different strategies to sample fattening pigs on the estimation of the prevalence of six KTBL animal welfare indicators was examined. It was found that the prevalence of the indicators after the animal welfare assessment of the entire herd differed significantly from the prevalence of the indicators after the sampling of the fattening pigs. In further investigations, it should be examined which strategy leads to the highest sample quality and can be assessed as most suitable for practice.

¹ Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig; engel.hessel@thuenen.de

² Züchtungsinformatik, Georg-August-Universität Göttingen, Margarethe von Wrangell-Weg 7, 37075 Göttingen

³ Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum für integrierte Züchtungsforschung, Albrecht-Thaer-Weg 3, 37075 Göttingen

1 Einleitung

Mit der Schrift "Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein" (Schrader et al. 2016) hat das KTBL eine Vorgehensweise zur Bewertung des Wohlergehens von Mastschweinen vorgeschlagen. Dieser Vorschlag richtet sich unmittelbar an die Tierhalter und muss deshalb einem hohen Maß an Praxistauglichkeit gerecht werden (Zapf et al. 2015). Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, statt einer zeit- und kostenintensiven Erfassung für alle Tiere eines Bestandes (Totalerhebung) die Indikatoren Hautverletzung, Kotverschmutzung, Kümmerer, Ohrverletzung, Schwanzverletzung und Lahmheit für eine Stichprobe der Mastschweine zu erfassen. Es stellt sich allerdings die Frage, ob das Tierwohlniveau dadurch richtig beurteilt wird oder ob im Vergleich zur Erfassung der Indikatoren bei allen Mastschweinen eine verzerrte oder ungenaue Einschätzung entsteht. Zur Beantwortung dieser Fragen wurden im Rahmen einer numerischen Simulation fünf verschiedene Strategien zur Erhebung von Stichproben an Mastschweinen eines Bestandes untersucht.

2 Tiere, Material und Methode

Die Studie wurde auf einem Betrieb mit konventioneller Schweinemast in 32 Buchten für bis zu 25 Mastschweine durchgeführt. Zunächst bewertete ein geübter Beurteiler das Wohlergehen aller 636 Mastschweine des Bestandes anhand der sechs KTBL-Tierschutzindikatoren Lahmheit, Haut-, Ohr- und Schwanzverletzungen, Kotverschmutzung sowie Kümmerer und erfasste damit die "wahre" Prävalenz dieser Indikatoren. Danach wurden im Rahmen einer numerischen Simulation in der Statistiksoftware "R" mithilfe der Funktion "Sample() without replacement" Stichproben entsprechend der fünf in Tabelle 1 beschriebenen Strategien erhoben und das Ergebnis der Tierwohlbewertung der ausgewählten Mastschweine gespeichert. Die auf diese Weise nach Stichprobenerhebung der Mastschweine generierte Prävalenz der Indikatoren wird im Folgenden als "simulierte" Prävalenz bezeichnet. Pro Strategie und Indikator wurden jeweils 100.000 Stichprobenerhebungen durchgeführt. Als auffällig hinsichtlich eines Indikators werden in dieser Studie Mastschweine bezeichnet, die mit der höchsten Notenstufe des Indikators, das heißt Notenstufe zwei bei den Indikatoren Hautverletzung und Kotverschmutzung beziehungsweise Notenstufe eins bei den verbleibenden vier berücksichtigten KTBL-Tierschutzindikatoren, bewertet wurden.

Zur Auswertung der Ergebnisse wurde zunächst ein deskriptiver Vergleich der wahren und der simulierten Prävalenz der Indikatoren durchgeführt. Danach wurde das Ausmaß der Fehleinschätzung der wahren Prävalenz durch die Stichprobenziehung bewertet. Dazu wurde der Anteil der gezogenen Stichproben pro Strategie und Indikator berechnet, der die wahre Prävalenz der KTBL-Indikatoren um 10 %, 30 % und 50 % unter- oder überschätzt. Beträgt die wahre Prävalenz eines Indikators beispielsweise 5 % haben alle gezogenen Stichproben, die zu einer simulierten Prävalenz von weniger als 4,5 % oder mehr als 5,5 % kommen, den wahren Wert um mehr als 10 % unter- bzw. überschätzt.

Tab. 1: Beschreibung der fünf getesteten Strategien zur Stichprobenerhebung

Tab.	1: Descri	ption o	f the	five	sampi	lina	strategies	tested

Strategie	Beschreibung			
S1	Einfache Zufallsstichprobe: 167 Schweine zufällig aus dem Bestand ausgewählt			
S2	Geschichtete Stichprobe: 167 Schweine unter gleichmäßiger Berücksichtigung der Gewichtsklassen zufällig aus dem Bestand ausgewählt			
S3	Klumpenstichprobe: Zufällige Auswahl von 8 Buchten, darin alle Mastschweine bewertet			
S4	Geschichtete Klumpenstichprobe: Unter gleichmäßiger Berücksichtigung der Gewichtsklasser zufällige Auswahl von 8 Buchten, darin alle Mastschweine bewertet			
S 5	KTBL-Vorgehensweise bei Beständen mit mehr als 150 Tieren: Unter gleichmäßiger Berücksichtigung der Gewichtsklassen zufällige Auswahl von 10 Buchten; Indikatoren Kümmerer, Kotverschmutzung und Lahmheit an allen Tieren dieser 10 Buchten erfasst; Haut-, Ohr- und Schwanzverletzung an jeweils 15 zufällig ausgewählten Mastschweinen dieser 10 Buchten erfasst			

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen dieser Studie konnte festgestellt werden, dass sich das Ergebnis der Tierwohlbewertung aller Mastschweine stellenweise deutlich von dem der Bewertung einer Stichprobe der Tiere des Bestandes unterscheidet. In Abbildung 1 ist ein Vergleich der wahren und der simulierten Prävalenz der KTBL-Tierschutzindikatoren aufgeführt. Die durch rote Linien gekennzeichnete wahre Prävalenz variiert zwischen 1,1 % beim Indikator Kümmerer und 8,5 % beim Indikator Ohrverletzung. Die simulierte Prävalenz wird pro Indikator und Strategie durch Box-Plots dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Median einiger Strategien näher an der wahren Prävalenz liegt als bei anderen. Beim Indikator Ohrverletzung beispielsweise trifft der Median der 100.000 Stichproben von S1 und S2 die wahre Prävalenz ziemlich genau, während der Median bei S3, S4 und S5 unterhalb der wahren Prävalenz liegt. Daneben zeigen die Box-Plots, dass die Prävalenz der Indikatoren nach der Stichprobenerhebung stark streut. Bei allen Indikatoren wurden beispielsweise in einzelnen Stichproben Mastschweine ausgewählt, anhand derer die wahre Prävalenz um ein Vielfaches überschätzt wurde.

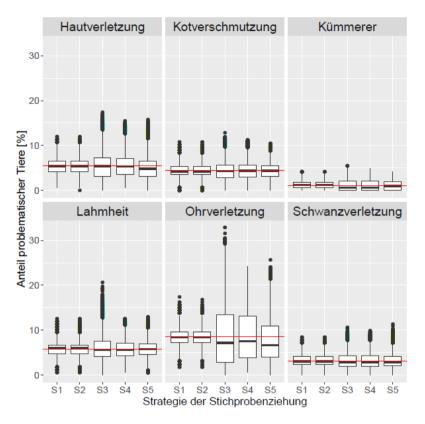


Abb. 1: Vergleich der wahren Prävalenz der Indikatoren nach der Tierwohlbewertung aller Mastschweine (Darstellung durch rote Linie) und der simulierten Prävalenz nach der Erhebung von Stichproben der Schweinen entsprechend der fünf Strategien (Darstellung durch Box-Plots; n = 100.000 Stichproben pro Strategie und Indikator) (© Schmitt)

Fig. 1: Comparison of the true prevalence of the indicators after the animal welfare assessment of all fattening pigs (represented by the red line) and the simulated prevalence after sampling of the fattening pigs according to five strategies (represented by box plots; n = 100,000 samples per strategy and indicator) ($^{\circ}$ Schmitt)

Das Ausmaß der Fehleinschätzung der wahren Prävalenz der Indikatoren durch die Stichprobenerhebung der Mastschweine ist in Abbildung 2 dargestellt. Darin ist ersichtlich, dass zwischen 69 % (S1 und S2) und 87 % (S3) der Stichproben die wahre Prävalenz der Indikatoren um mehr als 10 % unter- oder überschätzen. Zwischen 12 % (S2) und 43 % (S3) der Stichproben führen sogar zu einer mehr als 50-prozentigen Fehleinschätzung der wahren Prävalenz. Die Anteile der 100.000 Stichproben pro Strategie, die die wahre Prävalenz um mehr als 30 % falsch einschätzen, werden in Abbildung 3 getrennt für die sechs berücksichtigten KTBL-Tierschutzindikatoren abgebildet. Demnach werden manche Indikatoren, wie zum Beispiel der Indikator Lahmheit, unabhängig von der Strategie tendenziell in geringerem Umfang falsch eingeschätzt als andere.

Zusätzlich zum Einfluss auf die geschätzte Prävalenz der Indikatoren ist die Praxistauglichkeit der fünf Strategien von großer Relevanz. Der Unterschied zur wahren Prävalenz ist bei den Stichproben, die nach S1 und S2 gezogen wurden, am geringsten. Allerdings wird deren Umsetzung als am schwierigsten erachtet. Theoretisch können bei S1 und S2 Schweine aus allen vorhandenen Buchten in der Stichprobe enthalten sein, woraus erhöhte Wegstrecken, das heißt ein gesteigerter zeitlicher und finanzieller Aufwand bei der Tierwohlbewertung resultieren. Hinsichtlich der Diskrepanz zur wahren Prävalenz unterscheiden sich die Stichproben, die nach S3, S4 und S5 erhoben wurden, nur geringfügig. Die Durchführbarkeit von S5 kann allerdings als etwas komplizierter bewertet werden, weil für zwei Gruppen der Indikatoren verschiedene Vorgehensweisen zur Stichprobenerhebung empfohlen werden (Tab. 1).

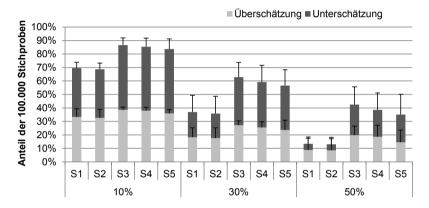


Abb. 2: Die über die sechs Indikatoren gemittelten prozentualen Anteile der 100.000 Stichproben pro Strategie (S1 bis S5), die die wahre Prävalenz um 10 %, 30 % oder 50 % unter- oder überschätzen sowie die Standardabweichung zur Kennzeichnung der Unterschiede zwischen den Indikatoren (© Pfeifer) Fig. 2: Percentages of the 100,000 samples for each strategy (S1 to S5) averaged over the six indicators, which underestimate or overestimate the true prevalence by 10%, 30% or 50% and standard deviation indicating the differences between the indicators (© Pfeifer)

4 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse sind als erstes Indiz einer stellenweise großen Diskrepanz zwischen dem Ergebnis der Tierwohlbewertung eines gesamten Bestandes und der Bewertung einer Stichprobe der Mastschweine zu verstehen. Im Rahmen einer Ausdehnung der Studie auf weiteren Betrieben mit Mastschweinehaltung sollte die Untersuchung dieser Problematik fortgesetzt werden. Dabei sollte zusätzlich die Praxistauglichkeit verschiedener Vorgehensweisen zur Stichprobenziehung berücksichtigt und der Effekt der Stichprobengröße bewertet werden.

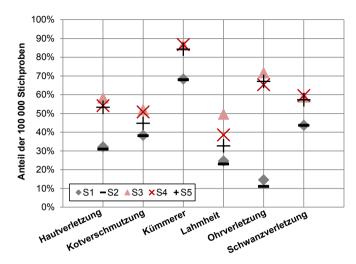


Abb. 3: Anteile der 100.000 pro Strategie (S1 bis S5) erhobenen Stichproben, die die wahre Prävalenz um mehr als 30 % falsch einschätzen, in Abhängigkeit vom Indikator (Über- und Unterschätzung summiert betrachtet) (© Pfeifer)

Fig. 3: Percentages of 100,000 samples collected per strategy (S1 to S5) that misjudge true prevalence by more than 30% by indicator (over- and underestimation are considered in total) (© Pfeifer)

Literatur

Schrader, L.; Czycholl, I.; Krieter, J.; Leeb, C.; Zapf, R.; Ziron, M. (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Sauen, Saugferkel, Aufzuchtferkel und Mastschweine, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., 1. Aufl.

Zapf, R.; Schultheiß, U.; Achilles, W.; Schrader, L.; Knierim, U.; Herrmann, H.-J.; Brinkmann, J.; Winckler, C. (2015): Indicators for on-farm self-assessment of animal welfare example: dairy cows. Landtechnik 70, pp. 221–230

Förderung

Die Förderung dieser Studie 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 des Programms zur Innovationsförderung.

Kurzzeit-Screening der Tieraktivität und des Stallklimas als Teilaspekt der Tierwohlbeurteilung im Projekt PigsAndMore

Short-term screening of animal activity and controlled house environment as a sub-aspect of animal welfare assessment in the project PigsAndMore

Naemi von Jasmund¹, Katharina Dahlhoff², Astrid van Asten², Tobias Scholz², Horst Cielejewski², Felix Austermann², Wolfgang Büscher¹

Zusammenfassung

Ziel des Projektes PigsAndMore ist es, ein On-Farm Beratungstool für die Schweinehaltung zu entwickeln. Mit diesem soll es möglich sein, eine Schwachstellenanalyse durchführen zu können, um daraus konkrete Verbesserungsvorschläge im Sinne des Tierwohls abzuleiten. Ein Kurzzeit-Screening soll als ein wichtiger Aspekt dieses Tools unter anderem Aufschluss über das Tierverhalten geben. Um die Aktivität einer Tiergruppe in der Bucht sowie in speziellen Funktionsbereichen objektiv aufnehmen und Rückschlüsse auf mögliche Ruhe- und Stressphasen ziehen zu können, werden Infrarotsensoren eingesetzt. Die in Versuchen gewonnenen Sensordaten wurden einer manuellen Auswertung von Videosequenzen gegenübergestellt. Der Einsatz der Aktivitätssensoren erscheint auf Basis dieser Untersuchungen als einfache und kostengünstige Möglichkeit, um die Aktivität allgemein oder in bestimmten Fokusbereichen innerhalb der Mastschweinebucht aufnehmen und mit anderen erhobenen Parametern verknüpfen zu können.

Summary

The aim of the project PigsAndMore is the development of an on-farm consulting tool for pig housing. By this an analysis of weak points will be carried out and give concrete suggestions for improvements in terms of animal welfare. An important aspect of this tool is the short-term screening, which should provide insight into among other things the animal behaviour. Infrared sensors will be used to objectively record the activity of a group of animals in the pen and in special functional areas. Thus conclusions should be drawn about phases of resting and stress. Activity data generated by the sensors in experiments were compared to a manual evaluation of video sequences. On the basis of these investigations, the use of the sensors appears as simple and cost-effective possibility to record the activity in general or in certain focus areas within fattening pig pens which could be linked to other collected parameters.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn; jasmund@uni-bonn.de

² Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse 2, 59505 Bad Sassendorf

1 Einleitung und Zielsetzung

Übergeordnetes Ziel der Projektpartner – dem Institut für Landtechnik und der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen – ist es, ein On-Farm Beratungstool zu entwickeln. Mit diesem ist es zukünftig möglich, anhand geeigneter haltungs- und managementbezogener sowie tierbezogener Indikatoren das Tierwohl bei Mastschweinen objektiv zu bewerten, um im Sinne einer Schwachstellenanalyse konkrete, stallspezifische Verbesserungsvorschläge für mehr Tierwohl geben zu können. Sowohl die Erfassung der Ist-Situation als auch die Auswertung und somit die Verknüpfung der ermittelten Parameter sollen sensor- und softwaregestützt erfolgen. Ein wichtiger Teil dieser Schwachstellenanalyse ist dabei eine kurzzeitige Screeningphase des Stallklimas sowie der Tieraktivität in einem zufällig ausgewählten Fokusabteil bzw. Fokusbucht. Möglichst objektiv und vom Menschen unabhängig wird dadurch die Tieraktivität über mindestens 24 Stunden aufgezeichnet. Zusätzlich werden Daten hinsichtlich des Stallklimas im Tagesverlauf gewonnen.

Die Schwachstellenanalyse für mehr Tierwohl setzt sich somit aus der Verknüpfung gewonnener Daten, erhobener Parameter und Angaben des Betriebsleiters zu verschiedensten Bereichen wie Stallklima, Fütterung und Management zusammen.

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.

2 Material und Methoden

Bei den jeweiligen Betriebsbesuchen zur Tierwohlbeurteilung werden im Rahmen eines Interviews mit dem Betriebsleiter zunächst vor allem haltungs- und managementbezogene Indikatoren erhoben. Darunter fallen beispielsweise Fragen zur Fütterung oder auch dem Haltungssystem. Weitere Parameter bezüglich Hygienemanagement, Futtertrog- und Tränkehygiene und dem Lüftungssystem werden darüber hinaus bei einem Rundgang um und in den Schweinemastställen sowie bei einer Reihe von zufällig ausgewählten Abteilen und Buchten erhoben. Auch eine Einzeltierbonitur wird bei einem Teil der Mastschweine des Bestandes durchgeführt, um Anzeichen für beispielsweise Ohr- oder Schwanzbeißen aufzunehmen.

Um Aussagen zum Stallklima treffen zu können, werden im Rahmen der vorgeschalteten Screeningphase der Ammoniakgehalt, der Verlauf von Lufttemperatur und Luftfeuchte sowie die Beleuchtungsstärke in einem Fokusabteil erfasst.

Mit in einer Fokusbucht angebrachten passiven Infrarotsensoren (renkforce, Conrad Electronic SE, Hirschau, Deutschland), wie sie in Abbildung 1 A zu sehen sind, soll ein Aktivitätsprofil gewonnen werden, welches Rückschlüsse auf das Vorhandensein eines für Schweine typischen biphasischen Futteraufnahmerhythmus sowie auf Ruhe- und Stressphasen zulässt. Dazu wurde in Vorversuchen getestet, ob es möglich ist, mit diesen Aktivitätssensoren neben der Gesamtaktivität einer Tiergruppe auch jeweils die Aktivität



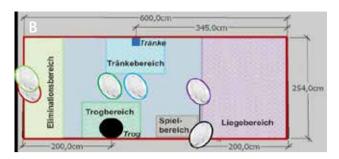


Abb. 1: Positionierung der eingesetzten Aktivitätssensoren (A) und Einteilung der Bucht in fünf verschiedene Fokusbereiche sowie Messung der Gesamtaktivität der Tiergruppe im rot umrahmten Bereich (B) (© von Jasmund)

Fig. 1: Positioning of the used activity sensors (A) and division of the pen into five different focus areas as well as measurement of the total activity of the group of animals in the red framed area (B) (© von Jasmund)

in einzelnen Funktionsbereichen in den Buchten zu messen, um Rückschlüsse über die Nutzung von Beschäftigungsmaterial oder ähnlichem ziehen zu können. Dazu wurden insgesamt sechs Bewegungssensoren in einer Fokusbucht auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn angebracht (Abb. 1 B). Das Signal der Sensoren, welches die Tieraktivität in Prozent angibt, wurde über Datenlogger (ALMEMO®, Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen, Deutschland) jede Minute aufgezeichnet. Einer der Sensoren misst die Gesamtaktivität der Gruppe und wurde so angebracht, dass dieser die gesamte Buchtenfläche abdecken konnte. Die fünf weiteren Sensoren wurden so installiert und die Linse der Sensoren entsprechend teils insoweit abgedeckt, dass diese jeweils einen bestimmten Funktionsbereich abdecken und die Aktivität in diesem möglichst genau aufzeichnen konnten. Folgende Funktionsbereiche wurden dafür ausgewählt: Trog- und Tränkebereich, Spielbereich mit Beschäftigungsmaterial, Liegebereich sowie Eliminationsbereich.

Die Gesamtaktivitätsfläche abzüglich des Trogbereiches betrug insgesamt 15 m². Von den zu Beginn elf eingestallten Mastschweinen mit einem Einstallgewicht von durchschnittlich 22,5 kg mussten zwei Tiere noch vor Beginn der Versuche aufgrund von Krankheit sowie Unverträglichkeit aus der Gruppe genommen werden. Somit standen jedem Tier während der Versuchsphase in etwa 1,67 m² zur Verfügung. Die Tiere wurden ad libitum mittels Breifutterautomaten versorgt. Für die Wasseraufnahme bzw. das Anmischen des Futters standen den Tieren eine Zapfentränke sowie zwei Trogsprüher am Breifutterautomat zur Verfügung. Liege- und Spielbereich wurden durch ein Gitter voneinander separiert. Als Referenz zur Bewertung der Tieraktivität insgesamt sowie der Aktivität in den Fokusbereichen stand das Videomaterial von zwei in der Bucht angebrachten Kameras zur Verfügung. Mithilfe der Videosequenzen fand eine Beurteilung der Tieraktivität alle zehn Minuten statt. Aufgezeichnet wurde die Anzahl liegender, stehender, sitzender, sich bewegender, trinkender, fressender, kotender und am Beschäftigungsmaterial spielender Tiere. Zusätzlich zur Aufnahme der Aktivität der Mastschweine wurde die Ammoniakkonzentration mit dem photo-akustischen Gasmessgerät INNOVA 1412 (LumaSense Technologies A/S, Ballerup, Dänemark) in der Bucht aufgezeichnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Um zum einen das Verhaltensmuster von Tieren im Rahmen einer Tierwohlbeurteilung aufnehmen oder auch andere Messungen wie die Staubentwicklung (Calvet et al. 2009) oder den Verlauf der Ammoniakkonzentration (Blanes-Vidal et al. 2008) im Stall in Relation zu Bewegung und Tagesverlauf setzen und besser interpretieren zu können, ist es sinnvoll, die Tieraktivität aufzunehmen. Alternativ zu einer zeitaufwendigen Auswertung von Videosequenzen per Hand, liegen Untersuchungen vor, die eine automatisierte Verhaltensanalyse beispielsweise des Liegeverhaltens (Costa et al. 2014, Nasirahmadi et al. 2017) oder eine automatisierte Detektion der Wasseraufnahme von Schweinen (Kashiha et al. 2013) mittels Kameras und hinterlegten Algorithmen anstreben. Diese Form der Aktivitätsaufnahme ist zum Teil jedoch mit hohen Kosten für die Kameratechnik, mit zeitaufwendiger Ausrichtung und/oder Abstimmung mehrerer Kameras aufeinander sowie genauen Angaben und Programmierung der Buchtenstrukturierung oder Tierformen verbunden. Als weitere Alternative können auch kostengünstige und leicht anzubringende passive Infrarotsensoren eingesetzt werden. Die Aktivitätsmessung von Tieren mithilfe von Infrarotsensoren sowohl im Freiland (Langbein et al. 1996) als auch in Open-Field-Versuchen (Puppe et al. 1999) oder im Stall (Pedersen und Pedersen 1995, Ni et al. 2017; Besteiro et al. 2018) wurde bereits durchgeführt. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen in der Fokusbucht zeigen, dass die Infrarotsensoren geeignet sind, die Gesamtaktivität der Tiergruppe in der Bucht aufzunehmen und somit eine Bewertung des arttypischen Verhaltens im Tagesverlauf möglich ist. Dadurch können Rückschlüsse auf Ruhe- sowie Stressphasen im Sinne einer Tierwohlbeurteilung gezogen werden. Beispielhaft zeigt Abbildung 2 ausgewählte Daten der vergleichenden Auswertung der Tieraktivität von Aktivitätssensor und Videoauswertung über einen Tagesverlauf sowie die gemessene Ammoniakkonzentration in der Bucht im entsprechenden Zeitraum.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Bewegungssensoren als einfache und kostengünstige Möglichkeit zur generellen Aufzeichnung der Tieraktivität einer Gruppe eignen und Rückschlüsse hinsichtlich Ruhe- und Stressphasen zur Bewertung des Tierwohls gezogen werden können. Es konnte eine gute Korrelation (R² = 0,785) zwischen Bewegungssensordaten und der sehr zeitaufwendigen händischen Auswertung der Videosequenzen erreicht werden. Zudem ist in Abbildung 2 erkennbar, dass die Ammoniakkonzentration bei sinkender Aktivität ebenfalls zurückgeht. Dieser Zusammenhang könnte z.B. von Relevanz sein für die Bewertung der Ammoniakkonzentration und der sich daraus ableitenden Empfehlungen hinsichtlich des Managements der Lüftungssteuerung im Tagesverlauf.

Darüber hinaus weisen die Ergebnisse zwischen Bewegungssensordaten und Videoauswertung darauf hin, dass die Sensordaten auch eine Bewertung der Aktivität in den jeweiligen Fokusbereichen zulassen. Vor allem für den Trogbereich sowie den Spielbereich, in dem das Beschäftigungsmaterial angeboten wird, lassen sich die Verlaufskurven zwischen Bewegungssensordaten und Videoauswertung gut miteinander vergleichen (Abb. 3). Bei allen Messungen ist jedoch erkennbar, dass die Sensoren generell die Aktivität überschätzen, was möglicherweise zu einer Fehlbewertung der Nutzung bestimmter

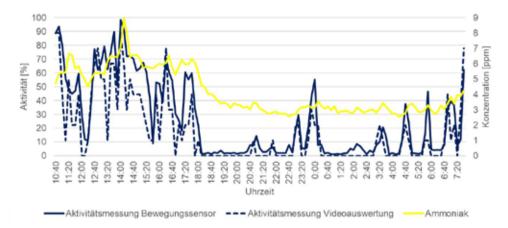


Abb. 2: Verlauf der Aktivität sowie der Ammoniakkonzentration in der Fokusbucht im Tagesverlauf (© von Jasmund)

Fig. 2: Course of activity and ammonia concentration in the focus pen during the day (© von Jasmund)

Bereiche führen kann und zukünftig einer Korrektur bedarf. In einem nächsten Schritt könnte auf Basis dieser Daten auch eine Art stark vereinfachtes Ethogramm erstellt werden, welches Aufschluss über die Tieraktivität in den einzelnen Bereichen (Trog-, Tränke-, Spiel-, Eliminations- und Liegebereich) geben könnte.

Das gesamte Beratungstool mit allen Komponenten wie Einzeltierbonitur und Screeningphase wird nun auf zehn verschiedenen Mastschweinebetrieben getestet werden. Darauf folgend kann eine Bewertung stattfinden, inwieweit Zusammenhänge zwischen den erhobenen Merkmalen bestehen und welche Aussagekraft die einzelnen Parameter für die Bewertung der Ist-Situation und die anschließende Schwachstellenanalyse haben.

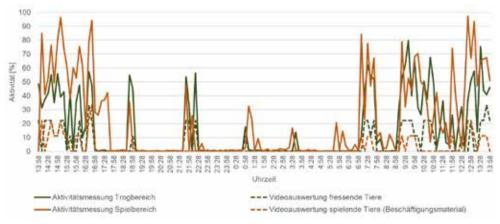


Abb. 3: Verlauf der Aktivität im Trog- sowie Spielbereich über 24 Stunden (© von Jasmund) Fig. 3: Course of activity in trough and play area over 24 hours (© von Jasmund)

Bezüglich der Screeningphase wird erwartet, dass sich die objektive Bewertung der Tieraktivität und des Stallklimas über einen längeren Zeitraum in einem Fokusabteil kombiniert mit anderen Parametern als nützliche Vorabinformation für die Tierwohlsituation in einem Betrieb erweist.

Konkret erwarten wir, dass durch das Beratungstool und die kombinierte Aus- und Bewertung der erhobenen Parameter eine gute Analyse der Ist-Situation der einzelnen Betriebe erreicht werden kann und mit einer stallspezifisch zugeschnittenen Schwachstellenanalyse eine Verbesserung des Tierwohls erzielt wird.

Literatur

- Besteiro, R.; Rodríguez, M. R.; Fernández, M. D.; Ortega, J. A.; Velo, R. (2018): Agreement between passive infrared detector measurements and human observations of animal activity. Livestock Science 214, pp. 219–224
- Blanes-Vidal, V.; Hansen, M. N.; Pedersen, S.; Rom, H. B. (2008): Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. Agriculture, Ecosystems and Environment 124, pp. 237–244
- Calvet, S.; Van den Weghe, H.; Kosch, R.; Estellés, F. (2009): The influence of the lighting program on broiler activity and dust production. Poultry Science 88, pp. 2504–2511
- Costa, A.; Ismayilova, G.; Borgonovo, F.; Viazzi, S.; Berckmans, D.; Guarino, M. (2014): Image-processing technique to measure pig activity in response to climatic variation in a pig barn. Animal Production Science 54, pp. 1075–1083
- Kashiha, M.; Bahr, C.; Haredasht, S. A.; Ott, S.; Moons, C. P. H.; Niewold, T. A.; Ödberg, F. O.; Berckmans, D. (2013): The automatic monitoring of pigs water use by cameras. Computers and Electronics in Agriculture 90, pp. 164–169
- Langbein, J.; Scheibe, K. M.; Eichhorn, K.; Lindner, U.; Streich, W. J. (1996): An activity-data-logger for monitoring free-ranging animals. Applied Animal Behaviour Science 48, pp. 115–124
- Nasirahmadi, A.; Hensel, O.; Edwards, S. A.; Sturm, B. (2017): A new approach for categorizing pig lying behaviour based on a Delaunay triangulation method. Animal 11, pp. 131–139
- Ni, J.-Q.; Liu, S.; Radcliffe, J.; Vonderohe, C. (2017): Evaluation and characterisation of Passive Infrared Detectors to monitor pig activities in an environmental research building. Biosystems Engineering 158, pp. 86–94
- Pedersen, S.; Pedersen, C. B. (1995): Animal Activity Measured by Infrared Detectors. Journal of Agricultural Engineering Research 61, pp. 239–246
- Puppe, B.; Schön, P. C.; Wendland, K. (1999): Monitoring of piglets' open field activity and choice behaviour during the replay of maternal vocalization: a comparison between Observer and PID technique. Laboratory Animals 33, pp. 215–220

Automatische Messung des Liegeverhaltens von Milchkühen zur Nutzung als Tierwohlindikator

Automatic measurement of lying behavior of dairy cows for use as an animal welfare indicator

TANJA DEBUS¹, ANDREA RAHN-FARR², STEFFEN HOY¹

Zusammenfassung

Automatische Systeme zum Erkennen der Brunst sind in vielen Milchviehbetrieben Standard. Mittlerweile messen die Überwachungssysteme nicht nur die Aktivität, sondern weitere Parameter, darunter das Liegeverhalten. Mit dem automatisch erfassten Liegeverhalten können typische Verhaltensveränderungen dargestellt und Rückschlüsse auf das Wohlergehen der Tiere gezogen werden. In dieser Untersuchung wurde gezeigt, dass Milchkühe täglich im Mittel circa 11 bis 12 Stunden liegend verbringen, wobei die Werte einzelner Tiere stark schwanken und Unterschiede zwischen laktierenden und trockenstehenden Kühen sowie zwischen Betrieben auftreten. Die automatisch gemessene Liegedauer steht dabei im Zusammenhang zum Liegeboxenmanagement und kann als Tierwohlindikator zur Beurteilung der Haltungsbedingungen für Laktierende und Trockensteher verwendet werden.

Summary

Automatic systems for heat detecting are standard in many dairy farms. Meanwhile, the monitoring systems measure not just activity, but more parameters including lying behavior. With the automatically recorded lying behavior typical behavioral changes can be represented and conclusions drawn on the welfare of the animals. In this study it was shown that dairy cows spend lying on average approximately 11 to 12 hours a day, whereby the values of individual animals vary widely and differences occur between lactating and dry cows and between farms. The automatically measured duration of daily lying is related to the cubicle management and can be used as an animal welfare indicator to assess the housing conditions for lactating and dry cows.

¹ Justus-Liebig-Universität, Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Leihgesterner Weg 52, 35392 Gießen; Tanja.Debus@agrar.uni-giessen.de

² GbR Rahn-Farr, Preiserlenweg 6, 63654 Büdingen

1 Einleitung

Im Laufe der letzten Jahre ist das Wohl der Tiere immer stärker in den Vordergrund gerückt und damit sind auch die Anforderungen innerhalb der Milchviehhaltung gestiegen. Milchkühe in Liegeboxenlaufställen verbringen ungefähr die Hälfte des Tages liegend (Gaworski et al. 2003). Die tägliche Liegedauer ist für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Tiere sowie für die Milchleistung von großer Bedeutung (Raya 2007, Reiter et al. 2007). Ein hoher Liegekomfort führt dazu, dass die Kühe das Liegebedürfnis ungestört ausleben können (Reiter et al. 2007). Während Tiergesundheit und arttypisches Verhalten schon seit längerer Zeit anhand objektiver Kriterien charakterisiert werden können, ist die Messung des Wohlbefindens (und damit von Empfindungen) ungleich schwieriger bis unmöglich. Mit der Digitalisierung werden Techniken im Milchviehstall eingesetzt, die computergestützt und automatisch auch Verhaltensweisen erfassen, die zumindest indirekt Informationen zur Tiergerechtheit anbieten (Hoy 2018). Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, durch automatische Messungen der täglichen Liegedauer eine Bewertung der Haltungsbedingungen vorzunehmen.

2 Material, Methoden und Datenerfassung

Seit Kurzem bieten einige Überwachungssysteme die Messung der täglichen Liegedauer an. Zur Untersuchung in Betrieb 1 nutzten wir das System Semex ai24TM mit der Messtechnik der Firma Nedap. In einer Praxisuntersuchung werteten wir die Messdaten von 26 Kühen der Rasse Holstein Friesian in einer Milchviehherde mit 150 Tieren und einer durchschnittlichen Milchleistung von 9.500 kg pro Tier und Jahr aus. Die Tiere wurden in einem Liegeboxenlaufstall mit Tiefboxen gehalten. Diese waren mit einem Stroh-Kalk-Gemisch eingestreut. Die Boxen wurden zweimal täglich gereinigt und eingeebnet. Einmal pro Woche (am Montag) wurden die Tiefboxen mit neuem Stroh eingestreut. Der Laufstall war mit Betonspaltenboden ausgelegt. Das Tier-Liegeplatz-Verhältnis betrug 1:1. In einer weiterführenden Praxisuntersuchung in Betrieb 2 nutzten wir das Messsystem der Firma Nedap. Wir werteten die Messdaten von ca. 400 Kühen der Rasse Holstein Friesian aus. Es handelte sich um Tiere einer Milchviehherde mit dieser Zahl an Tieren und einer durchschnittlichen Milchleistung von 10.000 kg pro Tier und Jahr. Die Tiere wurden in einem im Jahr 2017 neugebauten Liegeboxenlaufstall mit Tiefboxen gehalten. Diese waren mit einem Stroh-Kalk-Gemisch eingestreut. Die Boxen wurden zweimal täglich gereinigt und eingeebnet. Einmal pro Woche (am Donnerstag) wurden die Tiefboxen mit neuem Stroh eingestreut. Im Gegensatz zu Betrieb 1 wurden im Betrieb 2 die Boxen mit dem Pflegegerät Boxenplaner bearbeitet, bevor mit dem Mischwagen die Einstreu auf die Boxen verteilt wird. Die Laufgänge waren planbefestigt. Das Tier-Liegeplatz-Verhältnis betrug 1:1.

3 Ergebnisse

Zu Beginn der Untersuchungen wurden Videoaufzeichnungen durchgeführt, um die Plausibilität der durch das System aufgezeichneten Werte im Sinne einer Validierung zu überprüfen. Es wurde das Verhalten (Liegezeiten als Sequenz von Abliegen bis Aufstehen) von vier trockenstehenden Kühen zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Abkalbebereich aufgezeichnet. Der Aufnahmezeitraum belief sich jeweils auf drei Tage pro Kuh. Die Videoaufzeichnungen wurden ausgewertet und mit den registrierten Werten des Systems verglichen. Die Auswertung der Videoaufzeichnungen zeigte ein Minimum der Liegezeit von 10 Stunden und 18 Minuten und ein Maximum von 18 Stunden und 24 Minuten pro Tag. Der Mittelwert der täglichen Gesamtliegedauer lag bei 13 Stunden und 30 Minuten. Die Daten des Überwachungssystems wiesen ein Minimum von 9 Stunden und 54 Minuten und ein Maximum von 18 Stunden und 3 Minuten pro Tag nach. Der Mittelwert lag hier bei 13 Stunden und 46 Minuten. Mit einem p-Wert von 0,273, der deutlich über der Signifikanzschwelle von p < 0,05 lag, wurde nachgewiesen, dass zwischen den Ergebnissen beider Messmethoden keine signifikanten Unterschiede bestanden. Die Korrelation zwischen den Messwerten beider Aufzeichnungsmethoden war mit r = 0.951 hochsignifikant (Abb. 1). Damit bilden die automatischen Messwerte zur Liegedauer diesen biologischen Sachverhalt hinreichend exakt ab.

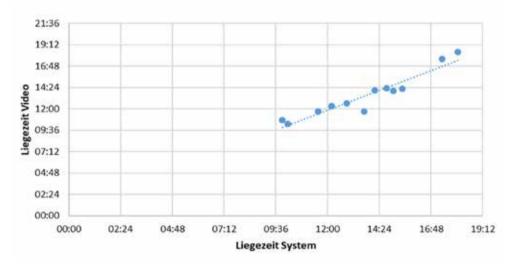


Abb. 1: Korrelation zwischen den Messwerten zur täglichen Liegedauer, gemessen mit Semex ai24TM bzw. ausgewertet durch Videoobservation (© Debus)

Fig. 1: Correlation between the measured values for the daily duration of lying, measured with Semex ai24TM or evaluated by video observation (© Debus)

Die tägliche Liegedauer der 26 Tiere im Betrieb 1 betrug im Mittel aller Kühe und Tage 10 Stunden und 43 Minuten. Wir konnten nachweisen, dass die tägliche Liegedauer aller Kühe im Laufe der Woche von Dienstag bis Sonntag kontinuierlich abnahm (Abb. 2). Am Dienstag, dem Tag nach dem Einstreuen, lagen die Tiere signifikant am längsten (11 h 06 min) im Vergleich mit den anderen Wochentagen. Von Dienstag bis Sonntag ging die tägliche Liegedauer systematisch zurück und verkürzte sich im Mittel aller Kühe um etwa 46 Minuten pro Tag. Bei den Erstkalbinnen war dieser Rückgang noch deutlich stärker ausgeprägt und lag bei 1 Stunde und 7 Minuten pro Tag im Vergleich von Dienstag zu Sonntag (Abb. 3). Diese Verhaltensänderung ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass das Stroh im Laufe der Woche aus den Boxen getragen wird und die Boxen unbequemer, stärker verschmutzt und feuchter werden.



Abb. 2: Liegedauer der Kühe in Stunden pro Tag im Wochenverlauf (Betrieb 1) (© Debus) Fig. 2: Total duration of lying of cows (hours per day) depending on the day of the week (farm 1) (© Debus)



Abb. 3: Liegedauer der Kühe in Stunden pro Tag in der ersten Laktation im Wochenverlauf (Betrieb 1) (© Debus)

Fig. 3: Total duration of lying of cows (hours per day) in first lactation depending on the day of the week (© Debus)

Ausgehend von diesen Ergebnissen und der Idee, die Liegedauer als Maß zur Beurteilung von Kuhkomfort/Tierwohl zu verwenden, wurden die Untersuchungen auf den Betrieb 2 ausgedehnt. In diesem Betrieb betrug die mit derselben Technik gemessene tägliche Liegedauer der circa 400 Tiere im Mittel aller Kühe pro Tag 12 Stunden und 5 Minuten. Allerdings unterschied sich der Wochenverlauf der täglichen Liegedauer von Betrieb 1 (Abb. 4).



Abb. 4: Liegedauer der Kühe in Stunden pro Tag im Wochenverlauf (Betrieb 2) (© Debus) Fig. 4: Total duration of lying of cows (hours per day) depending on the day of the week (farm 2) (© Debus)

Die tägliche Liegedauer blieb im Mittel über die 5 Werktage von Montag bis Freitag relativ konstant bei ca. 12 Stunden, während sie am Wochenende um ca. 20 bis 30 Minuten anstieg. Eine Erklärung für das Liegeverhalten der Kühe im Wochenverlauf in Betrieb 2 dürfte sein, dass an den Werktagen von Montag bis Freitag die meisten Arbeiten im Stall durchgeführt werden, während am Wochenende nur die nötigen Routinearbeiten stattfinden. So werden die Tiere z. B. montags, dem Tag mit der niedrigsten Liegedauer, umgruppiert. Mittwochs, am Tag der zweitniedrigsten Liegedauer, wird alle zwei Wochen routinemäßig ein Klauenschnitt bei ca. 50 Tieren durchgeführt. Der Tag des Einstreuens führte im Vergleich zu Betrieb 1 nicht zu einer Veränderung der täglichen Liegedauer. Meist werden die Liegeboxen donnerstags frisch eingestreut. In Betrieb 2 findet darüber hinaus eine mechanische Boxenpflege mit dem Gerät Boxenplaner statt.

Die Differenzen in der täglichen Liegedauer, die automatisch erfasst wird, können ihre Ursache im unterschiedlichen Boxenmanagement und in der Qualität des Liegebereiches (Kuhkomfort!) haben. Erste Analysen in insgesamt sechs Betrieben, die mit derselben Sensortechnik ausgestattet sind, ergaben große Unterschiede in der täglichen Liegedauer der Kühe in den Herden. Bei den laktierenden Kühen schwankte der Mittelwert zwischen 11 Stunden und 12 Stunden und 24 Minuten Liegen täglich. Bei den Trockenstehern waren die Unterschiede noch deutlich größer. Während in einem Betrieb die trockenstehenden Kühe lediglich 11 Stunden und 54 Minuten pro Tag im Mittel lagen, betrug die mittlere Liegedauer im anderen Extrem 15 Stunden und 12 Minuten

täglich. Es kann vermutet werden, dass für diese sehr großen Unterschiede Haltungsund Managementfaktoren verantwortlich sind. Diese Resultate bieten den Ansatz für weitere Untersuchungen und die Ursachenanalyse. Die Ergebnisse in Betrieb 2 zeigen, dass die trockenstehenden Kühe im Mittel eine Stunde länger liegen als die laktierenden Tiere. Das kann mit dem Wegfall der täglichen Melkzeiten zusammenhängen. Außerdem werden die Kühe mit fortschreitender Trächtigkeitsdauer ruhiger und schwerfälliger, was sich in der längeren täglichen Liegedauer gegenüber den Laktierenden widerspiegelt.

4 Fazit

Die automatisch erfasste Liegedauer ist ein neuer Parameter, der als ein Indikator für die Beurteilung des Tierwohls in den Milchviehbetrieben herangezogen werden kann. Die ersten Ergebnisse weisen Unterschiede in der täglichen Liegedauer zwischen jungen und älteren Kühen, zum Teil zwischen den Wochentagen und in jedem Fall zwischen den Betrieben nach. Die Resultate deuten auf einen Zusammenhang zwischen der Liegedauer pro Tag und der Qualität des Liegebereiches (Kuhkomfort) hin. Künftige Messungen in weiteren Betrieben sollen der Festlegung von Normalwerten und zur Bewertung von Abweichungen dienen. Auswirkungen auf die Milchleistung in Abhängigkeit von der täglichen individuellen Liegedauer sind zu quantifizieren, um bei der Bewertung der Tiergerechtheit der Haltung und des Managements berücksichtigt zu werden.

Literatur

- Gaworski, M. A.; Tucker, C. B.; Weary, D. M.; Swift, M. L. (2003): Effects of stall design on dairy cattle behaviour. Fifth International Dairy Housing Proceedings of the 29–31 January 2003 Conference, pp. 139–146
- Hoy, S. (2018): Digitalisierung: Tierwohl computergestützt bewerten. Milchpraxis 52(3), S. 12–16
- Raya, S. (2007): Analyse der Futter- und Wasseraufnahme sowie von Merkmalen des Aktivitätsverhaltens bei Milchkühen im ante partalen Zeitraum Grundlagen für ein sensorbasiertes Tiermonitoring. Dissertation, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin
- Reiter, K.; Kossmann A.; Tutsch, S.; Plesch, G.; Oppermann, P. (2007): Verhaltensuntersuchungen bei Gelbvieh und Fleckvieh zur Optimierung der Liegefläche. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Endbericht Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Danksagung

We thank Arnold Haber from Nedap for supporting us.

Klimatisch bedingte Veränderungen des tierindividuellen Liegeverhaltens laktierender Milchkühe im freigelüfteten Stall

Climate-induced changes in the individual lying behavior of lactating dairy cows in a naturally ventilated barn

Julia Heinicke¹, Stephanie Ibscher², Christian Ammon¹, Vitaly Belik². Thomas Amon^{1, 3}

Zusammenfassung

In einer Langzeitstudie wurden Einflüsse der Wärmebelastung (Akkumulation, Intensität) durch das Stallklima eines natürlich gelüfteten Milchviehstalls auf das Liegeverhalten hochleistender Milchkühe nach tierindividuellen Kriterien untersucht. Die Wärmebelastung wurde anhand des Temperatur-Feuchte-Index definiert. Accelerometer-Daten gaben Auskünfte zum Liegeverhalten der einzelnen Kühe im Tagesverlauf und Video-aufzeichnungen unterstützten die Auswertung bezüglich der Liegeboxenauslastung. Es hat sich gezeigt, dass die tägliche Gesamtliegedauer mit zunehmender Wärmelast am Messtag tierindividuell abnahm. Änderungen der Liegedauer waren stark von der Akkumulation und Intensität der herrschenden Wärmelast geprägt. Ein starker Rückgang der Liegedauer konnte vor allem in den Nachmittagsstunden im Sommer beobachtet werden. Das Stallklima hatte außerdem einen Einfluss auf die Auslastung der einzelnen Liegeboxenreihen im Stall.

Summary

In a long-term study, the influence of the heat load (accumulation, intensity) by the climate of a naturally ventilated dairy barn on the lying behavior of high performing dairy cows according to individual cow factors was investigated. The heat load was defined on the basis of the temperature-humidity index. Accelerometer data provided information on the lying behavior of the individual cows during the course of the day and video data recorded the occupancy of the lying cubicles. It was shown that the daily total lying time individually decreased with increasing heat load on the measurement day. Changes in the lying time were strongly influenced by the accumulation and intensity of the prevailing heat load. A sharp decline in the lying time could be observed especially in the afternoon hours in summer. The barn climate also had an influence on the occupancy of the individual rows of cubicles within the barn.

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Fachabteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; iheinicke@atb-potsdam.de

² Freie Universität Berlin, Institut für Veterinär-Epidemiologie und Biometrie, Fachbereich Veterinärmedizin, Königsweg 67, 14163 Berlin

³ Freie Universität Berlin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Fachbereich Veterinärmedizin, Robert-von-Ostertag-Straße 7–13, 14163 Berlin

1 Zielstellung

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. So führt zum Beispiel die automatisierte Erfassung des Aktivitätsverhaltens täglich zu einer Ansammlung großer Datenmengen, die verarbeitet und korrekt interpretiert werden müssen, um gezielte Managemententscheidungen zu treffen. Ziel der Untersuchungen war es, das tierindividuelle Liegeverhalten laktierender Milchkühe in Abhängigkeit verschiedener Belastungszustände aufgrund von Wärme zu modellieren und die Liegeboxenauslastung im Tagesverlauf zwischen Sommer und Winter zu analysieren.

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 Stall hat eine Nord-Süd-Ausrichtung mit einer Abweichung von 18° im Uhrzeigersinn und ist 38.9 m lang und 17.7 m breit. Die Höhe des Daches aus Faserzementplatten variiert zwischen 3.6 m an den Seiten und 6.2 m am Giebel. Der Liegeboxenlaufstall mit 51 Tiefliegeboxen und planbefestigten Laufgängen beherbergt im Schnitt 50 Kühe (1. bis 8. Laktation). Die durchschnittliche Milchleistung lag bei 40.7 ± 6.8 kg pro Kuh und Tag. Der Stall war zusätzlich mit einem automatischen Melksystem (Lely Astronaut A4. Maassluis, Niederlande) und drei Querluftventilatoren über den Liegeboxen und dem Futtertisch ausgestattet. Der Versuchszeitraum erstreckte sich von Juni 2015 bis April 2017 (667 Messtage).

Im Rahmen des OptiBarn-Projektes wurden die Temperatur und relative Luftfeuchte in 10-Minuten-Intervallen an acht Messpunkten im Stall in jeweils 3,4 m Höhe über dem Boden aufgezeichnet (Gerät: EasyLog USB 2+ Sensoren von Lascar Electronics Inc., USA). Für jeden Messpunkt wurde der Temperatur-Feuchte-Index (THI) nach der Formel der National Research Council (1971) wie folgt berechnet:

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 %. In unseren Untersuchungen wurde zu jedem Messzeitpunkt der räumliche Mittelwert des THI aus den acht Messpunkten bestimmt. Demnach ergaben sich 144 THI-Werte pro Tag anhand derer das Stallklima abgebildet wurde. Zusätzlich wurde jeder dieser THI-Wert eingestuft als THI < 68 (keine Belastung), $68 \le \text{THI} < 72$ (leichte Belastung), $72 \le \text{THI} < 80$ (mittlere Belastung) und THI ≥ 80 (starke Belastung) (Armstrong 1994, Zimbelman und Collier 2011).

Zur tierindividuellen Erfassung der Gesamtliegedauer pro Tag waren täglich 35 bis 50 hochleistende Holstein-Friesian-Kühe in dem Versuchsstall mit je einem IceTag3DTM-Accelerometer (IceRobotics, Edinburgh, UK) am Hinterbein ausgestattet. Aufgrund wechselnder Gruppenzusammenstellungen innerhalb des Versuchszeitraums beinhaltet die Untersuchung Tierdaten von insgesamt 196 verschiedenen Kühen. Der umfangreiche Datensatz bezüglich der täglichen Gesamtliegedauer bestand aus einer Datenmenge von 22.221 Werten.

Zusätzlich waren im Stall zwei Videokameras (Dome Kamera Panasonic WV-CW364) installiert, die die Auslastung der drei Liegeboxenreihen (A: offene Stallseite; B: Stallmitte; C: Futtertisch) von 4:00 bis 22:00 Uhr aufzeichneten. Die Videodaten wurden mit einem Time Sampling von 30 min aufgearbeitet (Chen et al. 2016). Die statistischen Auswertungen erfolgten mit der Software R 3.4.2 (R Development Core Team, Vienna, Austria) und SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Die Regressionsmodelle umfassten die Autokorrelation in Zeitreihen sowie verschiedene tierindividuelle Faktoren und Klimaeffekte. Das Modell kann wie folgt geschrieben werden:

$$\begin{split} y_{ijklmnt} &= \mu + a \cdot THI_t + b \cdot THI_{t-1} + c \cdot THI_{t-2} + d \cdot THI_{t-3} \\ &\quad + Milk_i + L_j + DIM_k + G_l + I_m \\ &\quad + f_{ijkl} \cdot HLD_t^{THi\epsilon[68,72)} + g_{ijkl} \cdot HLD_t^{THi\epsilon[72,80)} + h_{ijkl} \cdot HLD_t^{THi\geq80} \\ &\quad + i_{ijkl} \cdot HLD_{t-1,t-2,t-3}^{THi\epsilon[68,72)} + j_{ijkl} \cdot HLD_{t-1,t-2,t-3}^{THi\epsilon[72,80)} + k_{ijkl} \cdot HLD_{t-1,t-2,t-3}^{THi\geq80} \\ &\quad + cow_n + e_{ijklmnt}, \end{split}$$

wobei

 $y_{ijklmnt}$ ist der beobachtete Wert der täglichen Gesamtliegedauer, μ ist das allgemeine Mittel,

a, b, c, d sind die Regressionskoeffizienten für den durchschnittlichen täglichen Temperatur-Feuchte-Index *(THI)* am Messtag *(t)* und einen *(t-1)*, zwei *(t-2)* und drei *(t-3)* Tage vor dem Messtag,

Milki ist der fixe Effekt des i-ten Niveaus der Milchproduktion,

 L_j ist der fixe Effekt des j-ten Niveaus der Laktationsnummer,

 DIM_k ist der fixe Effekt des k-ten Niveaus des Laktationsstadiums,

 ${\it G_l}$ ist der fixe Effekt des $\it l$ -ten Niveaus des Trächtigkeitsstadiums,

 I_m ist der fixe Effekt des m-ten Niveaus des Östrusstatus,

 f_{ijkl} , g_{ijkl} , h_{ijkl} , i_{ijkl} , j_{ijkl} , k_{ijkl} sind die Regressionskoeffizienten für die Wechselwirkungen der einzelnen Kuhfaktoren mit der Wärmelastdauer (HLD) am Messtag (t) und den drei Tagen vor dem Messtag (t-1, t-2, t-3) pro Wärmelastintensität,

 cow_n ist der Zufallseffekt der n-ten Kuh,

und $e_{ijklmnt}$ ist der zufällige Rest.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Stallklimamessungen zeigten deutlich ausgeprägte Phasen der Belastung durch Wärme, nach Dauer und Intensität (Wärmelaststufe). Die ermittelten THI-Werte schwankten während des Versuchszeitraums zwischen 20 und 86 THI. Die Phasendauer der Wärmelast mit THI-Werten über 68 THI war in den Monaten Mai bis September am stärksten ausgeprägt. Die Überschreitungsdauer des Grenzwertes 68 THI lag zwischen 84 und 480 h pro Monat. In den Monaten Oktober bis April wurde der Grenzwert nur selten oder gar nicht überschritten. In Abbildung 1 sieht man die tägliche Dauer der Wärmelast in jeder Wärmelaststufe, den durchschnittlichen THI pro Tag sowie die durchschnittliche tägliche Gesamtliegedauer pro Kuh im August 2016. Starke tägliche Schwankungen der Wärmelastdauer und sich daraus ergebende Unterschiede im durchschnittlichen Tages-THI führten zu Veränderungen in der Gesamtliegedauer der Kühe pro Tag.

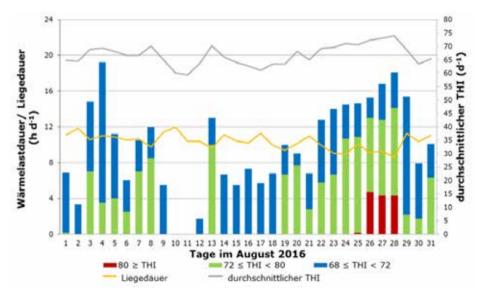


Abb. 1: Unterschiede bezüglich der täglichen Wärmelast- und Liegedauer sowie des durchschnittlichen Temperatur-Feuchte-Index (THI) im August 2016 (© Heinicke)

Fig. 1: Differences in the daily heat load and lying time, as well as the average temperature-humidity index (THI) in August 2016 (© Heinicke)

Die Milchkühe veränderten ihr Liegeverhalten abhängig von Dauer und Intensität der Wärmelast. Mit zunehmender Wärmebelastung nahm die tägliche Gesamtliegedauer ab. Zusätzlich zu dem durchschnittlichen THI und der täglichen Wärmedauer beeinflussten die Wärmeintensität sowie die Wärmeakkumulation über mehrere Tage das Aktivitätsverhalten der Tiere. In Abbildung 2 sind die Klimabedingungen folgendermaßen definiert: keine Wärmebelastung ($THI_t = 46$; $THI_{t-1} = 46$; $THI_{t-3} = 46$), Wärmebelastung am Messtag (THI_t = 73; THI_{t-1} = 46; THI_{t-3} = 46; $HLD_t^{THI\epsilon[68,72)}$ = 26; $HLD_t^{THI\epsilon[72,80)}$ = 56; $HLD_t^{THI\geq 80}$ = 27), zusätzliche Wärmebelastung an den drei Tagen vor dem Messtag (THI_t = 73; THI_{t-1} = 73; THI_{t-3} = 73; $HLD_t^{THI \in [68,72)}$ = 26; $HLD_t^{THI \in [72,80)}$ = 56; $HLD_t^{THI \in [72,80]}$ = 53; $HLD_{t-1,t-2,t-3}^{THI \in [72,80]}$ = 32). Die Modelle zeigten eine verträchte Weiter der Schrift auch d stärkte Veränderung mit zunehmender Wärmeintensität. Lag eine Wärmeakkumulation über mehrere Tage vor, zeigten die Tiere eine weniger stark ausgeprägte Aktivitätsreaktion im Vergleich zu den Aktivitätsveränderungen aufgrund von Wärmebelastung direkt am Messtag. Beispielsweise verringerten die Milchkühe ihre tägliche Gesamtliegedauer von etwa 11 h unter thermoneutralen Bedingungen auf eine Dauer von rund 8 h an Messtagen mit Wärmebelastung. Waren die Tiere an den drei Tagen vor dem Messtag bereits Wärmebelastungen ausgesetzt, so reagierten sie am Messtag mit einer weniger starken Verringerung der Liegedauer. Des Weiteren ergaben unsere Untersuchungen, dass die Milchkühe individuell auf verschiedene Klimabedingungen reagierten (Abb. 2). Die erstlaktierenden Kühe sowie die Kühe in einem fortgeschrittenen Laktationsstadium zeigten die am stärksten ausgeprägten Aktivitätsveränderungen hinsichtlich der Wärmebelastung.

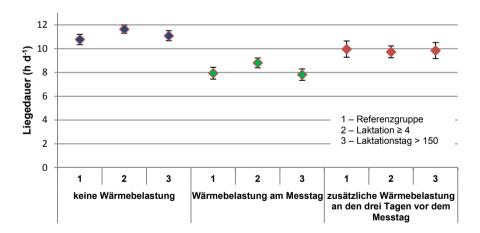


Abb. 2: Darstellung der täglichen Liegedauer der Referenzgruppe (1. Laktation, 1.–60. Laktationstag, normale Milchleistung, nicht tragend, nicht brünstig) und von der Referenzgruppe abweichender Tierindividualität bei verschiedenen Klimabedingungen (© Heinicke)

Fig. 2: Presentation of the daily lying time of the reference group (1st lactation, 1st–60th day in milk, normal milk yield level, not pregnant, not in oestrus) and animal individual responses under different climatic conditions (© Heinicke)

Vergleicht man die Tagesliegemuster der Herde zwischen den Sommer- und Wintermonaten erkennt man deutliche Unterschiede innerhalb der Nachmittagsstunden. Die Liegeboxenakzeptanz ist im Sommer von 12:00 bis 18:00 Uhr stark reduziert (Abb. 3). Demnach ist der Rückgang der täglichen Gesamtliegedauer mit steigender Wärmebelastung durch die geringe Anzahl liegender Kühe in den Nachmittagsstunden bedingt. Außerdem wird deutlich, dass die Liegeboxenauslastung zwischen den Boxenreihen variierte. Die Kühe bevorzugten in den Wintermonaten die Liegeboxenreihe B. Die Reihen A und C waren nahezu gleich stark besetzt. In den Sommermonaten hingegen wurden Liegeboxenreihe B und C bevorzugt, wobei die Auslastung der Reihe A sehr gering war (Abb. 3).

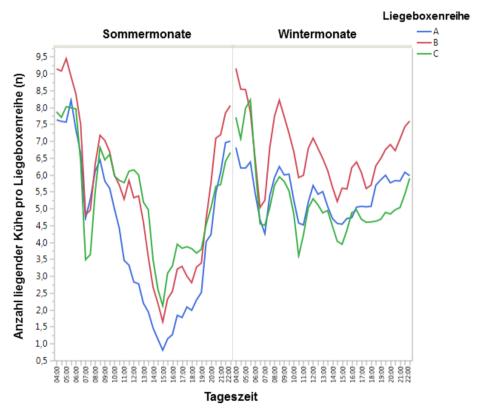


Abb. 3: Darstellung der Liegeboxenakzeptanz im Tagesverlauf (4:00 bis 22:00 Uhr) zwischen den Sommerund Wintermonaten (© Heinicke)

Abb. 3: Occupation of the lying cubicles during the course of the day (4.00 a.m. to 22.00 p.m.) between the summer and winter months (© Heinicke)

4 Fazit

Die hochleistenden Milchkühe zeigten vielseitige und individuelle Anpassungsreaktionen im Liegeverhalten in Abhängigkeit von der herrschenden Wärmebelastung im Stall. Auf der Grundlage weiterer Untersuchungen zum Tierverhalten unter Wärmebelastungen ließen sich Algorithmen entwickeln, um mit statischer Modellierung die Wirkung herrschender und sich dynamisch ändernder Wärmelast auf das Liegeverhalten zu interpretieren.

Literatur

- Armstrong, D. V. (1994): Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. J. Dairy Sci. 77, pp. 2044–2050
- Chen, J., Schütz, K., Tucker, C. (2016): Technical note: Comparison of instantaneous sampling and continuous observation of cattle behavior in freestall housing. J. Dairy Sci. 99, pp. 1–6
- National Research Council NRC (1971): A Guide to Environmental Research on Animals. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Zimbelman, R.; Collier, R. (2011): Feeding strategies for high-producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity, Proceedings of the 20th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, Grand Wayne Center, Fort Wayne, Indiana, USA, 19–20 April, 2011, Ohio State University, pp. 111–126

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung (LVAT) e.V. in Groß Kreutz für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Studie. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes OptiBarn (Förderung: FACCE-ERANET+ Initiative "Climate Smart Agriculture") durchgeführt.

Erprobung und Bewertung alternativer Haltungsverfahren mit Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum

Testing and Evaluation of alternative group housing systems for sows in an insemination center

RAHEL AMBIEL¹, NADINE LANG¹, ANDREA SCHOLZ¹, BERNHARD ZACHARIAS¹, HANSJÖRG SCHRADE¹, EVA GALLMANN²

Zusammenfassung

In den Versuchsställen der LSZ Boxberg werden derzeit im Deckzentrum zwei unterschiedliche Gruppenhaltungsverfahren mit jeweils zwei Varianten getestet.

Im ersten Haltungsverfahren besteht die Möglichkeit, die Sauen in Selbstfangfressliegeständen zu fixieren. Innerhalb dieses Verfahrens wird, mittels der zwei Varianten, der Einfluss der Fixierungsdauer untersucht. Das zweite Haltungsverfahren bietet keine Fixierungsmöglichkeit, die Sauen werden frei besamt. Hier wird der Einfluss der Gruppenzusammensetzung in den zwei Varianten getestet.

Die Datenerfassung ist im September 2019 noch nicht abgeschlossen, daher werden hier zunächst Zwischenergebnisse zum Einfluss der Versuchsvarianten auf das Tierverhalten, die Integument- und Fundamentschäden und die Fruchtbarkeit vorgestellt.

Summary

The LSZ Boxberg is currently testing two different group housing systems in the insemination center. Each of them is tested in two variants.

The first housing system has the ability to lock the sows in free-access stalls. Therefore, the effect of the duration they are held within the stalls for is examined within the two variants. In the second housing system there are no stalls and so the sows are inseminated freely. The effect of the group composition is tested within the two variants of the second housing system.

The data collection will not be finished until September 2019, therefore, here only the first results of the survey variants on animal behavior, skin and feet injuries as well as fertility will be presented.

¹ Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg – Schweinehaltung, Schweinezucht – (Landesanstalt für Schweinezucht – LSZ), Seehöfer Straße 50, 97944 Boxberg-Windischbuch; rahel.ambiel@lsz.bwl.de
² Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

1 Problemstellung und Zielsetzung

Auf landwirtschaftlichen Betrieben ist bisher die Einzelhaltung im Deckbereich gängige Praxis. Dazu werden die Sauen in Kastenständen fixiert (Jungbluth et al. 2017). In Deutschland betrifft das in der Regel den Zeitraum vom Absetzen bis zum 28. Trächtigkeitstag. Seit dem Magdeburger Urteil zur Haltung von Sauen in Kastenständen ist jedoch ungewiss, wie zukünftige Haltungsverfahren im Deckzentrum gestaltet sein können. Vorschläge zur Neuregelung der gesetzlichen Vorgaben sehen auch im Deckzentrum Gruppenhaltungsverfahren vor (BMEL 2017). Eine Gruppenhaltung im Produktionsabschnitt "Decken" stellt aufgrund verschiedener Aspekte und Risiken ganz andere Ansprüche an ein Haltungsverfahren, als beispielsweise die Wartehaltung.

Ein großes Risiko ist das natürliche Rauscheverhalten, welches meist zwischen dem dritten bis achten Tag nach dem Absetzen der Saugferkel auftritt. Es ist gekennzeichnet durch gegenseitiges Aufreiten und einer gesteigerten Aktivität sowie Unruhe der Sauen (Špinka 2009, von Zerboni und Grauvogl 1984). Dieses Verhalten birgt einerseits ein erhöhtes Verletzungsrisiko für die Sauen und andererseits eine verminderte Arbeitssicherheit für die Tierbetreuer.

Eine weitere Problematik ist die hohe Sterblichkeit der Embryonen in der frühen Trächtigkeit. In dieser Phase können Rangkämpfe die Fruchtbarkeitsergebnisse beeinflussen (Knox et al. 2014). Kurz vor der Implantation, die um den 14. Trächtigkeitstag stattfindet, ist die Gefahr für einen Trächtigkeitsabbruch besonders groß (Kressin und Schnorr 2006). Nach Spoodler et al. (2009) ist vor allem ab der zweiten bis zum Beginn der vierten Trächtigkeitswoche Stress zu vermeiden.

Die Gestaltung einer geeigneten Gruppenzusammensetzung für eine Gruppenhaltung im Deckzentrum ist ebenfalls eine Herausforderung. Verschiedene Untersuchungen zeigten bei Schweinen ein häufigeres Auftreten von agonistischen Interaktionen innerhalb einer Gruppe mit homogener Gewichtsverteilung (Fels 2008, Rushen 1987). Ein verstärktes Verletzungsrisiko, verursacht durch das Aufreiten in der Rausche, wurde hingegen in Sauengruppen mit heterogener Gewichtsverteilung beobachtet (Weber und Schiess 2006).

Aufgrund der hier beschriebenen Faktoren ist es unter anderem Ziel dieses Projekts, den Einfluss der Fixierungsdauer und der Gruppenzusammensetzung im Deckbereich auf das Verhalten, die Verletzungen und die Fruchtbarkeit der Sauen zu untersuchen.

2 Material und Methoden

In den Versuchsställen der LSZ Boxberg werden derzeit zwei unterschiedliche Gruppenhaltungsverfahren im Deckzentrum erprobt und bewertet. Die LSZ Boxberg wirtschaftet im 3-Wochen-Rhythmus. Die beiden Deckzentren werden im Wechsel belegt und jeweils in zwei Varianten getestet. Im Zeitraum August 2018 bis November 2019 wird eine Stichprobe von 120 Sauen (DL x LW) je Variante untersucht, das heißt, es werden mindestens zehn Durchgänge je Haltungsverfahren durchgeführt. Die Sauen werden jeweils ab dem Absetzen bis zum circa 28. Trächtigkeitstag in einem der folgenden Haltungsverfahren gehalten.

- 1) Dreiflächenbucht mit Selbstfangfressliegeständen: Die Buchten sind für maximal sieben bis acht Sauen ausgelegt. Das entspricht einem Platzangebot von ca. 4 m² pro Sau. Die Selbstfangfressliegestände bieten einen Rückzugsort (Abb. 1). Innerhalb dieses Verfahrens wird die Variante "Einfluss der Fixierungsdauer" getestet.
 - Variante a: Je Durchgang wird die Hälfte der Sauen (zwei Buchten) während der Rausche für fünf Tage in den Selbstfangfressliegeständen fixiert. (Die Sauen werden vor der Rausche für drei Tage in der Gruppe gehalten.)
 - Variante b: Die Sauen der anderen beiden Buchten werden nur für die durchzuführenden Arbeiten (z.B. Besamung) fixiert (max. 2 h pro Tag).

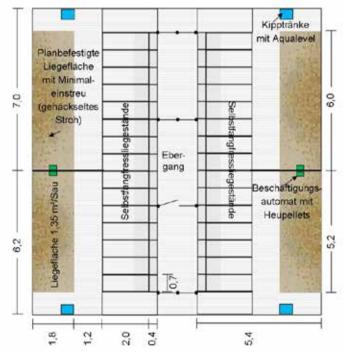


Abb. 1: Grundriss Haltungsverfahren 1, Maßeinheit: m (© LSZ Boxberg) Fig. 1: Layout housing system 1, measuring unit: m (© LSZ Boxberg)

- 2) Strukturierte Kleingruppenhaltung (acht Sauen pro Bucht, ca. 3,8 m² pro Sau) ohne Fixierungsmöglichkeit: Die Sauen werden zur Besamung in 4er-Gruppen vor den Eber getrieben. Dazu kann jede Bucht in zwei Bereiche unterteilt werden. Die Besamung wird in der Besamungsbucht (angrenzend zur Eberbucht) frei durchgeführt (Abb. 2). In dieser Kleingruppenhaltung interagieren die Sauen miteinander ohne jegliche Rückzugsmöglichkeit. Deshalb wird hier als Variante der Einfluss der Gruppenzusammensetzung untersucht, dazu werden je Durchgang zwei homogene und zwei heterogene Gruppen gebildet.
 - Variante a: Innerhalb der homogenen Gruppe hat das Gewicht der Sauen eine möglichst geringe Standardabweichung.
 - Variante b: Für die heterogene Gruppe hingegen ist bei der Einteilung der Sauen eine möglichst große Standardabweichung der Tiergewichte das Ziel.

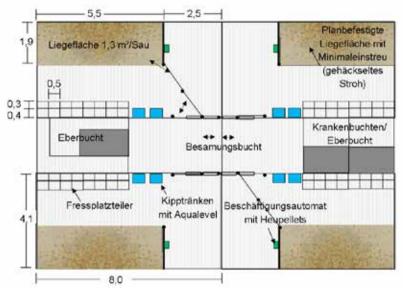


Abb. 2: Grundriss Haltungsverfahren 2, Maßeinheit: m (© LSZ Boxberg) Fig. 2: Layout housing system 2, measuring unit: m (© LSZ Boxberg)

Während der 33-tägigen Aufenthaltsdauer der Sauen im Deckzentrum, werden die Sauen zu sieben Zeitpunkten (vor Einstallen, 24 h nach Gruppieren, acht Tage nach Absetzen/Ende Rausche, elf Tage nach Absetzen/ggf. drei Tage nach Ende Fixierung, 18 Tage nach Absetzen, 25 Tage nach Absetzten/Umrauscher, vor Ausstallen) bonitiert. Dazu werden unterschiedliche Körperregionen und der Gang je nach Schwere und Anzahl der Verletzungen bzw. nach Schwere der Lahmheit mit den Boniturnoten 0–3 bewertet.

Des Weiteren finden am Einstalltag (Gruppierung), am vierten und fünften Tag nach Absetzten (Rausche), ggf. am achten Tag nach Absetzen (Ende Fixierung im 1. Haltungsverfahren), am 19. Tag nach Absetzen sowie am 26. Tag nach Absetzen (Umrauscher) Verhaltensbeobachtungen explizit zum Rauscheverhalten und weiteren Ausprägungen des Sozialverhaltens statt (z.B. Häufigkeit Flankenstöße, Aufreiten, Beißen und Kämpfen). Zusätzlich werden die herkömmlichen Produktionsparameter (z.B. Umrauscherquote) ausgewertet.

3 Zwischenergebnisse - Beispiel Gangbonitur

Die Datenerfassung ist derzeit für etwa die Hälfte der geplanten Stichprobe abgeschlossen. Erste Zwischenergebnisse für die Bewertungen des Ganges sind für das erste Haltungsverfahren in Abbildung 3 und für das zweite Haltungsverfahren in Abbildung 4 dargestellt.

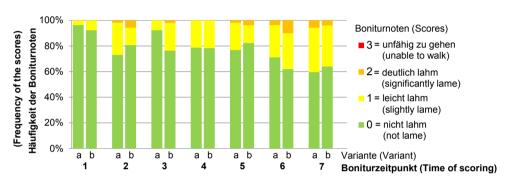


Abb. 3: Relative Häufigkeit der Gangboniturnoten im Haltungsverfahren 1, a = Fixierung während der Rausche (n = 52), b = Fixierung nur für Arbeitsgänge (n = 50–52) (b = Fixierung Ambiel/LSZ Boxberg)

Fig. 3: Relative frequency of the gait scores in housing system 1, b = Fixierung some locked in stalls while estrous (n = 52), b = Fixierung some locked in stalls only for work routine (n = 50–52) (b = Fixierung Ambiel/LSZ Boxberg)

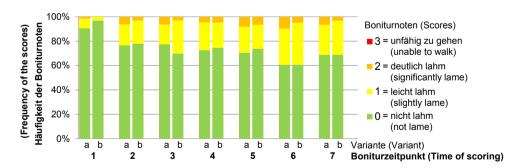


Abb. 4: Relative Häufigkeit der Gangboniturnoten im Haltungsverfahren 2, a = homogene Gewichtverteilung der Sauen (n = 61-64), b = heterogene Gewichtsverteilung der Sauen (n = 61-63) (© Ambiel/LSZ Boxberg)

Fig. 4: Relative frequency of the gait scores in housing system 2, a = homogenous weight distribution of the sows (n = 61-64), b = heterogenous weight distribution of the sows (n = 61-63) (© Ambiel/LSZ Boxberg)

Aus den Abbildungen 3 und 4 geht hervor, dass die Gruppenhaltung sowohl im ersten als auch im zweiten Haltungsverfahren eine Belastung für das Fundament darstellt. Beim Ausstallen aus dem Deckzentrum wurden bisher in beiden Fällen deutlich mehr lahmende Sauen erfasst als beim Einstallen.

Im ersten Haltungsverfahren (Abb. 3) zeigt sich zum Boniturzeitpunkt drei (Ende Rausche) eine geringere Belastung der Sauen, die während der Rausche in den Selbstfangfressliegeständen fixiert waren (Variante a). Außerdem ist eine Verschlechterung der Gangbewertung von Boniturzeitpunkt fünf zu Boniturzeitpunkt sechs zu erkennen. Dies könnte in Zusammenhang mit den Umrauschern stehen, die um den Boniturzeitpunkt sechs auftreten.

Auch im zweiten Haltungsverfahren (Abb. 4) wurden mehr lahmende Sauen zum Boniturzeitpunkt sechs (auftretende Umrauscher) als zum Boniturzeitpunkt fünf erfasst. Zum Boniturzeitpunkt drei (Ende Rausche) waren im zweiten Haltungsverfahren die Sauen der Variante a (homogene Gewichtsverteilung) weniger von Lahmheit betroffen.

Literatur

- BMEL (2017): BMEL-Eckpunktepapier zur Neuregelung der Haltung von Sauen im Deckzentrum. Hg. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Tier/Tierschutz/EckpunkteKastenstand.pdf;jsessionid=91DED0BF77A827CC786A97550A71D151.1_cid288?__blob=publicationFile, Zugriff am 29.03.2019
- Fels, M (2008): Biologische Leistungen, agonistisches Verhalten und soziometrische Kenngrößen bei Absetzferkeln in unterschiedlichen Gruppierungsvarianten. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- Jungbluth, T.; Büscher, W; Krause, M. (2017): Technik Tierhaltung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 158–161
- Knox, R.; Salak-Johnson, J.; Hopgood, M.; Greiner, L.; Connor, J. (2014): Effect of day of mixing gestating sows on measures of reproductive performance and animal welfare. Journal of Animal Science 92(4), 1698–1707
- Kressin, M.; Schnorr, B. (2006): Embryologie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart, 94
- Rushen, J. (1987): A difference in weight reduces fighting when unacquainted newly weaned pigs first meet. Canadian Journal of Animal Science 67, 951–960
- Špinka, M. (2009): Behavior of Pigs. In: Jensen, P. (Hg.): The ethology of domestic animals: an introductory text. CAB International, Wallingford, 184–186
- Spoolder, H. A. M.; Geudeke, M. J.; van der Peet-Schwering, C. M. C.; Soede, N. M. (2009): Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. Livestock Science 125, 1–14
- Weber, R.; Schiess, C. (2006): Gruppenhaltung von Sauen während der Deckzeit. Erfahrungen aus der Praxis. ART-Berichte, Nr. 658/2006, Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
- von Zerboni, N.; Grauvogl, A. (1984): Schwein. In: Bogner, H.; Gauvogl, A. (Hg.): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 247–249

Futteraufnahmeverhalten von Mastschweinen bei Flüssigfütterung in Abhängigkeit von Tier-Fressplatz-Verhältnis und Gruppengröße

Feed intake behaviour of fattening pigs during liquid feeding as a function of animal/feeding place ratio and group size

MARTIN ZIRON, JULIA ASCHENBRENNER

Fachhochschule Südwestfalen Standort Soest, Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachgebiet Tierproduktion, Lübecker Ring 2, 59494 Soest; ziron.martin@fh-swf.de

Zusammenfassung

Obwohl Flüssigfütterungsanlagen in Schweineställen in Deutschland häufig zum Einsatz kommen, ist nur wenig bekannt über das spezifische Fressverhalten der Tiere bei der Flüssigfütterung. Üblicherweise werden die Tiere mehrmals täglich gefüttert. Diese Studie untersucht den Einfluss der Tageszeit, der Gruppengröße und des Tier-Fressplatz-Verhältnisses auf die Futteraufnahme.

Können die Tiere ihr Futter ad libitum aufnehmen, so wird ein biphasiger Rhythmus erkennbar, bei dem die Tiere am Vormittag und am Nachmittag eine erhöhte Fressaktivität aufweisen (Hoy 2009). Bei vorgegebenen Futterblöcken müssen die Tiere dann fressen, wenn Futter angeboten wird. Bei der Wahl der Futterzeiten sollte das Futteraufnahmeverhalten der Tiere grundsätzlich berücksichtigt werden (Bogner und Grauvogl 1984, Engelmann et al. 1991, Jais et al. 2016).

Summary

Liquid feeding systems are common in pigsties in Germany, but little is known about the behaviour of animals during feeding. Usually the animals are fed several times a day. This study examines the influence of time of day, group size and animal/feeding place ratio on feed intake.

If the animals are able to eat their food ad libitum, a biphasic rhythm is recognizable, in which the animals show an increased eating activity in the morning and in the afternoon (Engelmann et al. 1991). The feed intake behaviour of the animals should be taken into account in the choice of feeding times.

1 Hintergrund und Zielsetzung

Flüssigfütterungsanlagen sind üblich in Schweineställen in Deutschland, aber es ist nur wenig bekannt über das Verhalten der Tiere bei der Nahrungsaufnahme. Die erkenntnisleitende Forschungsfrage war es, das individuelle Futteraufnahmeverhalten im Tagesablauf der Mastschweine bei verschiedenen Flüssigfuttervorlagen zu erfassen. Der Einfluss der Gruppengröße, des Körpergewichts und des Tier-Fressplatz-Verhältnisses auf die Aufenthaltsdauer am Futtertrog innerhalb der einzelnen Futterblöcke wurde für die Untersuchung erfasst. Ebenso wurde erfasst, wie oft die Tiere am Trog standen (Häufigkeit).

2 Material und Methoden

Die Untersuchung erfolgte auf drei landwirtschaftlichen Mastbetrieben in NRW mit einer sensorgestützten Flüssigfütterung. Nach einer kurzen Eingewöhnungsphase wurde das Futteraufnahmeverhalten der Tiere mit der Software VideoSyncPro über drei Tage in der Vormast aufgezeichnet. Vor der Beobachtung wurden die Mastschweine individuell gewogen und mit einem Farbcode markiert. Die Auswertung der Videosequenzen beinhaltete die individuelle Häufigkeit und Dauer der Besuche einzelner Tiere am Trog und wurde mit der Software Mangold INTERACT erfasst. Je nach Gruppengröße fand eine sekundengenaue Erfassung der Verhaltensparameter statt. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Bedingungen auf den Versuchsbetrieben. Da der Betrieb 1 mit 97 Tieren den Schwerpunkt der Untersuchung bildet, werden die Ergebnisse von Betrieb 1 sowohl auf dem Poster als auch im Weiteren exemplarisch dargestellt.

Tab. 1: Versuchsbetriebe Tab. 1: Pilot plant

	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3
Fütterung	Sensor Trog	Sensor Trog	Sensor Trog
Fütterungszeitraum	6:00-21:00 Uhr	04:30-23:00 Uhr	24 h
Gruppengröße (Bucht)	13 / 19 / 26 / 39	19	26
Tier-Fressplatz-Verhältnis	2:1 und 3:1	3:1	3:1
Anzahl Futterblöcke	5	5	ad libitum
Anzahl Futtervorlage	10-mal	10-mal	30-mal
Dauer Futterblock	2 x 30 min	1-2,5 h	immer Futter im Trog

Auf Betrieb 1 wurden 4 Tiergruppen mit insgesamt 97 Tieren beobachtet. Im Folgenden werden die Gruppen unterteilt in: Gruppe A: 13 Ferkel, B: 19 Ferkel, C: 26 Ferkel und D: 39 Ferkel. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis in den Gruppen A und C beträgt 2: 1, bei den Gruppen B und D beträgt es 3: 1. Häufigkeit und Dauer der Besuche einzelner Tiere am Trog wurden mit der Software Mangold INTERACT Version 17 erfasst, wobei die Gruppen A und B sekundengenau über die Beobachtungsintervalle erhoben wurden. Die Gruppen C und D wurden mit dem Time-Sampling-Verfahren über jeweils 1 Minute ausgewertet.

3 Ergebnisse

Unabhängig von der Gruppengröße oder des Tier-Fressplatz-Verhältnisses (TFV) konnte jedes Tier bei jeder Fütterung fressend am Trog gesehen werden.

Die Futteraufnahmehäufigkeit und -dauer pro Fütterungsperiode der 4 Gruppen wird in den Abbildungen 1 bis 4 visualisiert.

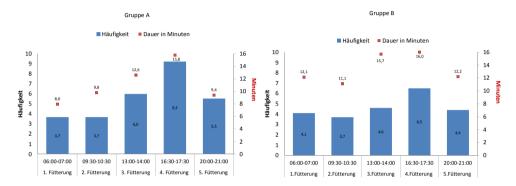


Abb. 1: Gruppe A: TFV 2 : 1 (© Ziron)
Fig. 1: Group A: Animal/feeding place ratio 2 : 1
(© Ziron)

Abb. 2: Gruppe B: TFV 3 : 1 (© Ziron)
Fig. 2: Group B: Animal/feeding place ratio 3 : 1
(© Ziron)

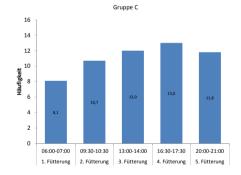


Abb. 3: Gruppe C: TFV 2 : 1 (© Ziron)

Fig. 3: Group C: Animal/feeding place ratio 2 : 1
(© Ziron)

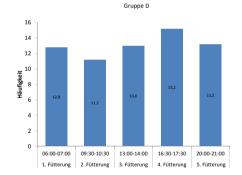


Abb. 4: Gruppe D: TVF 3 : 1 (© Ziron)
Fig. 4: Group D: Animal/feeding place ratio 3 : 1
(© Ziron)

Wie durch die Abbildungen deutlich wird, standen die Tiere in allen vier Gruppen im vierten Fütterungsblock öfter und länger am Trog als in den anderen. Die mittlere Aufenthaltsdauer am Trog war in den Buchten mit einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 2:1 mit 55 min niedriger als in den Buchten mit einem Verhältnis von 3:1 (98 min). Das bestätigt die Vorzüge eines TFV von 3:1; die Schweine haben mehr Ruhe zum Fressen und Rangkämpfe sind seltener in der Fresssituation.

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die tierindividuelle tägliche Futteraufnahmehäufigkeit und -dauer, bezogen auf das Gewicht der Tiere. Ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Gewicht der Tiere und der jeweiligen Häufigkeit und Aufenhaltsdauer am Trog konnte nicht festgestellt werden. Die These, dass schwerere Tiere aufgrund einer eventuell höheren Rangposition häufiger und länger am Trog stehen, konnte demnach nicht bestätigt werden.

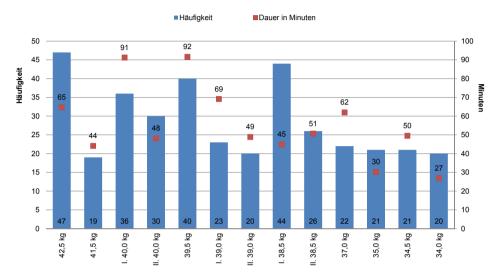


Abb. 5: Gruppe A: Tierindividuelle tägliche Futteraufnahmehäufigkeit und -dauer (© Ziron) Fig. 5: Group A: Animal individual daily feed intake frequency and duration (© Ziron)

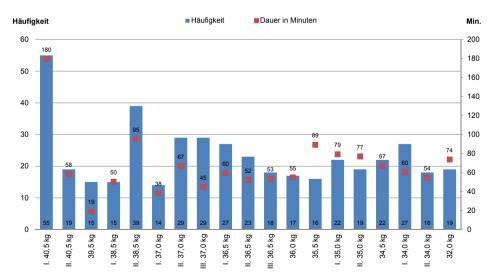


Abb. 6: Gruppe B: Tierindividuelle tägliche Futteraufnahmehäufigkeit und -dauer (© Ziron) Fig. 6: Group B: Animal individual daily feed intake frequency and duration (© Ziron)



Abb. 7: TFV: 2 : 1 (\bigcirc Ziron) Fig. 7: Animal/feeding place ratio: 2 : 1 (\bigcirc Ziron)



Abb. 8: TFV: 3:1 (© Ziron)

Fig. 8: Animal/feeding place ratio: 3:1 (© Ziron)

Bei allen Futterblöcken wurden alle Tiere der jeweiligen Bucht am Trog beobachtet, wie Abbildung 7 mit einem TFV von 2:1 und Abbildung 8 mit einem TFV von 3:1 beispielhaft veranschaulichen.

4 Fazit und Ausblick

Die Hauptfutteraufnahme fand am Nachmittag statt. Dies passt zum allgemeinen Biorhythmus von Schweinen mit Hauptaktivität am Nachmittag. Das Gewicht der Einzeltiere hatte keinen Einfluss auf die Fressaktivität. Ein größeres TFV (3:1 statt 2:1) sorgt für mehr Ruhe im Stall durch weniger Rangkämpfe während der Fütterungszeit.

Weitere Studien sind in Planung, um zu zeigen, dass die hier gemachten Beobachtungen nicht betriebsspezifisch sind.

Literatur

Bogner, H.; Grauvogl, A. (1984): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Engelmann, C.; Flade, H.-E.; Porzig, E.; Sambraus, H. H.; Scheide, K. M. (1991): Nahrungs-aufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Porzig, E.; Sambraus, H. H. (Hg.), Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, S. 5, 13–15, 318–324, 330–332

Hoy, S. (2009): Nutztierethologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 119

Jais, C.; Stalljohann, G.; Schäffler, M.; Wolfrum, W. (2016): Schweinehaltung und -fütterung, Landwirtschaftliche Tierhaltung. BVL Buchverlag, München, S. 738–742

Vergleich der Nutzung von Nippeltränken und Beckentränken für Ferkel im Abferkel- und Aufzuchtbereich

Comparison of use of nipple drinkers and bowl drinkers for piglets in the nursery and in the piglet rearing

Nicole Müller¹, Gedeon Moritz², Anita Kapun², Eva Gallmann², Christa Hoffmann¹

Zusammenfassung

Das Tränkenutzungsverhalten von Ferkeln wurde über die Säuge- und Aufzuchtphase während 13 Durchgängen in zwei unterschiedlichen Haltungssystemen (Kontrolle und Optimiert) einzeln und kombiniert betrachtet. Bei dem Haltungssystem "Kontrolle" handelt es sich um Buchten mit Nippeltränken, im Haltungssystem "Optimiert" (Opti) wurden Beckentränken verwendet. Die Hypothese war, dass Saugferkel frühzeitig an die Nutzung von Tränken zu gewöhnen sind und somit eine hohe Wasseraufnahme in der Säugephase und der Aufzucht zu gewährleisten ist. Die Beckentränken wiesen im Vergleich zu den Nippeltränken sowohl im Abferkelbereich als auch in der Ferkelaufzucht deutlich geringere Durchflussmengen auf. Eine Konditionierung der Saugferkel auf die Haltungsbedingungen in der Ferkelaufzucht hinsichtlich des Tränkesystems konnte aus den Daten nicht abgeleitet werden. Des Weiteren konnte im Aufzuchtbereich, unabhängig vom Tränkesystem, bei den Tränken mit geringerer Montagehöhe eine rund doppelt so hohe Durchflussmenge festgestellt werden.

Summary

In 13 runs, the usage behaviour of piglets for drinkers during nursery and rearing was observed for two different husbandry systems (control and optimized) individually and combined. The drinkers that were used for the "control" system were nipple drinkers, the drinkers for the optimized system ("opti") were bowl drinkers. It was hypothesized that suckling piglets could be accustomed to the use of drinkers at an early stage and therefore, a high water intake in nursery and piglet rearing could be ensured. The bowl drinkers had lower water flow rates than the nipple drinkers in both stages, nursery and piglet rearing. A conditioning of the suckling piglet to the housing conditions regarding the drinking system could not be derived from the data. Furthermore, the flow rate of lower installed drinkers in piglet rearing was about twice as high as the flow rate of higher installed drinkers, regardless of the drinking system.

¹ Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg, Seehöfer Straße 50, 97944 Boxberg-Windischbuch; christa.hoffmann@lsz.bwl.de

² Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

1 Einleitung und Zielsetzung

Aus den Erfahrungen und Erkenntnissen einzelner Forschungsarbeiten hat sich gezeigt, dass es bei Ferkeln während der Säugephase in der Regel nicht zu Verhaltensstörungen und Schwanzbeißen unter Wurfgeschwistern kommt. Erst nach dem Umstallen in die Ferkelaufzucht beginnen diese Probleme. Die Umstellungsphase in der Ferkelaufzucht ist durch mehrere gleichzeitig auftretende stressauslösende Faktoren gekennzeichnet. Dazu zählt unter anderem eine unbekannte Haltungsumgebung mit anderer Tränketechnik (EFSA 2007, Schroder-Petersen und Simonsen 2001). Die meisten modernen Haltungssysteme – das gilt von der Ferkelerzeugung bis hin zur Mast – sind mit Nippeltränken ausgestattet. Das ist ein hygienisches und arbeitswirtschaftlich einfach handhabbares System, das allerdings die natürliche Verhaltensweise des Schweines ("schlürfen" aus offenen Flächen) beim Trinken nicht ermöglicht (BLE 2018).

Ziel dieses Versuches ist es, Ferkel bereits in der Säugephase für die Haltungsbedingungen in der Ferkelaufzucht zu konditionieren. Das frühzeitige Anlernen von Saugferkeln und die schnelle Gewöhnung an das System "Tränke" stellt einen Kernpunkt dieses Projektes dar und soll Auskunft darüber geben, ob der erzeugte Lernprozess einen positiven Einfluss auf das Trinkverhalten in der nachfolgenden Ferkelaufzucht hat.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden in der konventionellen Haltung der Ferkelerzeugung und der Ferkelaufzucht an der LSZ Boxberg von Dezember 2016 bis März 2018 statt. Insgesamt wurden 13 Durchgänge betrachtet. Im Abferkelbereich der Ferkelerzeugung standen insgesamt vier Abteile mit jeweils acht Buchten mit Kastenständen in Geradaufstallung und einer Heizplatte für das Ferkelnest zur Verfügung.





Abb. 1: Kontrollbucht (links) und Opti-Bucht (rechts) im Abferkelstall (© LSZ Boxberg) Fig. 1: Control pen (left) and optimized ("opti") pen (right) in the nursery (© LSZ Boxberg)

Die Buchten hatten eine Größe von etwa 4,9 m². Zwei Abteile wurden als Kontrollabteile ausgewählt. Die Kontrollbuchten verfügten über je eine Nippeltränke, anorganisches Beschäftigungsmaterial und ein nicht überdachtes Ferkelnest. Die Buchten in den beiden Opti-Abteilen waren anstatt der Nippeltränken mit je einer Beckentränke in Form einer Stifttränke mit Tropfmechanismus, einem Heukorb und einer zusätzlichen Ferkelnestabdeckung ausgestattet (Abb. 1). Der Tropfmechanismus soll die neugeborenen Ferkel in den ersten Tagen anlocken und diese so mit der Nutzung der Tränke vertraut machen.

In der Ferkelaufzucht standen ebenso vier Abteile zur Verfügung, von denen zwei als Kontrollabteil und zwei als Opti-Abteil ausgewählt wurden. Jedes Abteil besteht aus zwei Buchten mit einer Größe von rund 22 m², in die jeweils 40 Tiere eingestallt wurden. Die Buchten der Kontrollabteile sind mit einem kunststoffummantelten Streckmetallboden und anorganischem Beschäftigungsmaterial ausgestattet. Zur Wasserversorgung stehen den Tieren je vier einzelne, wandständig montierte Tränkenippel zur Verfügung. Die Liegefläche wird von einem lamellenlosen, beheizbaren Deckel überdeckt. Die Buchten der Opti-Abteile verfügen jeweils über eine planbefestigte Liegefläche mit Mikroklimabereich, einem Aktivitätsbereich und einem Eliminationsbereich mit Dreikantrost (Dreiflächenbucht). Im Aktivitätsbereich befinden sich vier inselförmig angeordnete Beckentränken, zwei einzelne Beckentränken rechts und links von der Fütterung sowie ein Wühlturm (Abb. 2). Die Beckentränken stammen aus derselben Produktlinie wie die im Abferkelbereich, haben jedoch keinen Tropfmechanismus.





Abb. 2: Kontrollbucht (links) und Opti-Bucht (rechts) in der Ferkelaufzucht (© LSZ Boxberg) Fig. 2: Control pen (left) and optimized ("opti") pen (right) in piglet rearing (© LSZ Boxberg)

Die Tränken der Kontroll- und Opti-Buchten wurden auf jeweils zwei, dem Tränkesystem angemessenen, Höhen montiert. Die Aufzuchtferkel hatten somit die Möglichkeit zwischen Tränkenippeln in 40 cm und 25 cm Höhe (Kontrollbuchten) bzw. Beckentränken in 14 cm und 7 cm Höhe (Opti-Buchten) zu wählen.

Um die beiden Tränkesysteme auch im Hinblick auf die Umstellung nach dem Absetzen miteinander zu vergleichen, wurde ein Kreuzversuch angelegt. Dazu wurde jeweils eine Hälfte der Saugferkel je System (Kontrolle oder Opti) nach dem Absetzen in das Kontrollabteil der Ferkelaufzucht eingestallt und die andere Hälfte in das Opti-Abteil.

Somit war jeweils die Hälfte der Ferkel aus dem Kontroll- bzw. Opti-Abteil im Abferkelbereich in der Ferkelaufzucht einem anderen Tränkesystem ausgesetzt, während sich für die andere Hälfte das Tränkesystem betreffend nach dem Absetzen nichts änderte. Durch den Kreuzversuch ergeben sich vier Varianten, die im Rahmen der Versuchsauswertung verglichen werden. Unterschieden wird zwischen Kontrolle – Kontrolle (KK), Kontrolle – Opti (KO), Opti – Kontrolle (OK) und Opti – Opti (OO), wobei die Reihenfolge der Benennung nach dem Schema Abferkelbereich-Ferkelaufzucht aufgebaut ist.

Zur Erfassung der Tränkenutzung wurde an jeder Tränke ein Durchflussmengenmesser angebracht. Um vergleichbare Bedingungen sicherzustellen, wurde die Durchflussmenge je Tränke sowohl im Abferkelbereich als auch in der Aufzucht auf 0,5 Liter pro Minute justiert (Büscher et al. 2008) und alle Tränken wurden vierteljährlich zur Überprüfung ausgelitert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Es werden die Daten zur ausdosierten Durchflussmenge je Tränke für die verschiedenen Behandlungen (Kontrolle und Opti) und damit die verschiedenen Tränkesysteme (Nippeltränke, Beckentränke) miteinander verglichen. Aus Tabelle 1 ist zu erkennen, dass sowohl im Abferkelbereich als auch in der Ferkelaufzucht bei den Tränkenippeln (Kontrolle) höhere Durchflussmengen gemessen wurden als bei den Beckentränken (Opti).

Tab. 1: Mittelwerte der Durchflussmengen der Tränken für die Ferkel im Abferkelbereich und in der Ferkelaufzucht

T 1 4 84 1				, .	
Tab. 1: Mean values o	t tinw rates at d	irinkers tar the	nialets in the n	ursery and in	nialet rearina

Behandlung		Mittlere Durchflussmengen pro Tag			
		ml/Bucht	ml/Tränke	ml/Tier	
Abferkelabteil Kontrolle ¹⁾		1.977	1.977	165	
Abferkelabteil Opti ¹⁾		471	471	39	
Ferkelaufzucht Kontrolle ²⁾	Kontrolle - Kontrolle	28.748	7.187	719	
	Opti – Kontrolle	30.244	7.561	756	
Ferkelaufzucht Opti ²⁾	Kontrolle – Opti	12.780	2.130	320	
	Opti – Opti	12.432	2.072	311	

¹⁾ Ø 12 Ferkel pro Bucht.

Im Abferkelbereich betrug die mittlere Durchflussmenge bei den Tränkenippeln 1.977 ml je Bucht und Tag und damit 165 ml je Tier und Tag. Bei den Beckentränken belief sich die mittlere Durchflussmenge auf lediglich 471 ml je Bucht und Tag, also auf 39 ml je Tier und Tag. In der Ferkelaufzucht betrug die mittlere tägliche Durchflussmenge bei den Nippeltränken in beiden Kontrollbuchten über 28.000 ml je Bucht und damit etwa 740 ml je Tier, wohingegen die mittlere tägliche Durchflussmenge bei den Beckentränken in den Opti-Buchten nur etwa 12.500 ml je Bucht und damit etwa 315 ml je Tier betrug.

²⁾ Ø 40 Ferkel pro Bucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei den Nippeltränken im Vergleich zu den Beckentränken über alle Behandlungsvarianten hinweg durchschnittlich die drei- bis vierfache Menge an Wasser je Tag ausdosiert wurde. Dabei gab es keine Unterschiede zwischen den Buchten, egal, ob die Ferkel in der Säugephase schon an das jeweilige Tränkesystem gewöhnt wurden oder sich das Tränkesystem mit dem Umstallen in die Ferkelaufzucht änderte. Da somit in beiden "Opti"-Varianten in der Ferkelaufzucht etwa die gleiche Menge an Wasser ausdosiert wurde, konnte die durch den Tropfmechanismus der Stifttränken im Abferkelbereich gewünschte frühe Gewöhnung der Ferkel an Beckentränken nicht nachgewiesen werden. Auch können diese Ergebnisse die anfänglich dargestellten Erkenntnisse, dass Schweine als Schlürftrinker bevorzugt aus offenen Flächen trinken, nicht bestätigen (BLE 2018).

Vergleichbar sind die Ergebnisse mit denen einer Studie aus Norwegen, die sich mit dem Einfluss von Tränkenippeln und Beckentränken auf das Trinkverhalten von Ferkeln befasst. Diese kam zu dem Resultat, dass Absetzer mit zunehmendem Alter signifikant mehr Wasser aufnehmen, wenn ihnen Nippeltränken zur Verfügung stehen. Zudem konnten bei der Behandlung "Nippeltränke" deutlich höhere tägliche Zunahmen festgestellt werden. Die Behandlung "Beckentränke" schnitt in allen untersuchten Bereichen schlechter ab (Bøe und Kjelvik 2011).

Generell muss berücksichtigt werden, dass Tränkenippel nicht zwangsläufig dem Trinkverhalten dienen, sondern beispielsweise an heißen Tagen von den Tieren u. a. auch zur Abkühlung verwendet werden. Um eine abschließende Aussage treffen zu können, muss daher eine genauere Betrachtung des Trinkverhaltens mittels Videoanalyse (Nutzung und Besuchsereignisse) durchgeführt werden.

Beim Vergleich der in verschiedenen Höhen angebrachten Tränken in der Ferkelaufzucht zeigt sich, dass unabhängig vom Tränkesystem durchgängig bei den tieferen Tränken mehr Wasser je Tag ausdosiert wurde. Die mittlere tägliche Durchflussmenge der höher angebrachten Tränkenippel betrug rund 5.000 ml je Tränke, die der niedrigeren Tränkenippel mit über 10.000 ml je Tränke mehr als doppelt so viel. Bei den Beckentränken verhielt es sich ähnlich. Hier lag der Mittelwert bei den tiefer angebrachten Tränken bei knapp 2.000 ml je Tränke und Tag und bei den höher angebrachten Tränken lediglich bei rund 1.000 ml je Tränke und Tag.

Von Seiten des Herstellers wird für Ferkel mit einem Gewicht von 10 bis 20 kg eine Montagehöhe von 30 bis 50 cm als Richtwert für die Tränkenippel angegeben. Im Falle der Beckentränken empfiehlt dieser eine Montagehöhe von 8 bis 12 cm. Bei beiden Tränkesystemen lag die Montagehöhe der Tränken, an denen durchschnittlich mehr Wasser pro Tag ausdosiert wurde, mit 25 cm bzw. 7 cm unter den Empfehlungen und nahe an den Montagehöhen im Abferkelstall (20 cm bzw. 5 cm). Um einschätzen zu können, ob diese höher ausdosierte Wassermenge bei den tieferen Tränken auf einen Gewöhnungseffekt zurückzuführen ist oder auf dem natürlichen Trinkverhalten der Tiere basiert, sollten die Montagehöhen der Tränken angepasst und den Tieren den Empfehlungen entsprechende Wahlmöglichkeiten gestellt werden. Zudem müssen die ausdosierten Wassermengen im Verlauf der Ferkelaufzucht auf eventuelle Veränderungen mit dem Wachsen der Tiere überprüft und das Trinkverhalten zusätzlich mittels Videobeobachtungen untersucht werden.

4 Schlussfolgerung und Ausblick

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Tränkesysteme "Nippeltränke" und "Beckentränke" für Ferkel hinsichtlich der ausdosierten Wassermengen sowohl im Abferkelbereich als auch in der Ferkelaufzucht miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass bei den Nippeltränken in allen Bereichen drei- bis viermal mehr ausdosiert wurde als bei den Beckentränken. Hierbei konnte kein Unterschied festgestellt werden zwischen den Buchten, bei denen sich das Tränkesystem für die Tiere nach dem Absetzen änderte, und den Buchten, bei denen das Tränkesystem äquivalent blieb. Somit konnte keine Konditionierung der Saugferkel für die Haltungsbedingungen in der Ferkelaufzucht bezüglich des Tränkesystems abgeleitet werden. Um zukünftig das Tränkenutzungsverhalten der Ferkel sowie das eigentliche Trinkverhalten zu untersuchen, sollen die tatsächliche Nutzung und Wasseraufnahme an den verschiedenen Tränken mittels Videobeobachtung und Erfassung der ausdosierten, aber nicht vom Ferkel aufgenommenen Wassermenge bestimmt werden.

Literatur

- BLE (Hg.) (2018): Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Schwein Mastschweine. Erstauflage, September 2018. Bonn
- Bøe, K. E.; Kjelvik, O. (2011): Water nipples or water bowls for weaned piglets. Effect on water intake, performance, and plasma osmolality. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A Animal Science 61(2), pp. 86–91, doi: 10.1080/09064702.2011.599859
- Büscher, W.; Rudovsky, A.; Marks, M.; Häuser, S.; Hesse, D. (2008): Tränketechnik für Schweine. DLG-Merkblatt 351
- EFSA (2007): The risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. EFSA Journal 5(12), pp. 611, doi 10.2903/j.efsa.2007.611
- Schroder-Petersen, D. L.; Simonsen, H. B. (2001): Tail biting in pigs. Veterinary journal (London, 1997) 162(3), pp. 196–210, doi: 10.1053/tvjl.2001.0605

Haltung und Nachsorge von zur Kastration narkotisierten Ferkeln während der Nachschlafphase

Keeping and care of piglets anesthetized for castration during the sleeping phase

Simone M. Schmid¹, Carina Brune¹, Miriam Guse¹, Christian Terkatz¹, Anna Farwick¹, Jason J. Hayer¹, Benedikt G. Schulze Dieckhoff¹, Céline Heinemann¹, Wolfgang Büscher², Julia Steinhoff–Wagner¹

Zusammenfassung

Eine Alternative zur betäubungslosen Kastration ist die Injektionsnarkose, die jedoch mit einer von Unruhe und Temperaturschwankungen geprägten Nachschlafphase einhergeht, während der die Ferkel zu ihrem eigenen Schutz von der Sau separiert werden sollten. Es wurde untersucht, wie narkotisierte Ferkel unter Aufrechterhaltung der physiologischen Körpertemperatur, der Verhinderung des Erdrückens und der Vorsorge gegen Verletzungen während der Nachschlafphase gehalten und versorgt werden können. Dafür wurden 205 Ferkel nach der Injektion und Kastration in Kisten, Käfige oder Kübel gelegt, wobei Belegdichte und Vorhandensein bzw. Höhe der Infrarotlampen variiert wurden. Rektalund Oberflächentemperaturen wurden vor der Injektion sowie zwei und vier Stunden danach gemessen sowie das Verhalten der Ferkel beobachtet. Es wurde festgestellt, dass in diesen vier Stunden starke Temperaturschwankungen auftraten, wobei den größten Einfluss die externe Wärmezufuhr hatte. Aus den Daten wurden Vorschläge abgeleitet.

Summary

General anesthesia administered by injection is an alternative for piglet castration without anesthesia. However, it is accompanied by a long recovery phase causing temperature changes in piglets, and during which piglets should be separated from the sow for their own protection. It was analyzed how anesthetized piglets can be kept and cared for during the recovery phase, including maintenance of body temperature and prevention of injuries and crushing. 205 piglets were anesthetized, castrated and placed in boxes, cages and tubs, while animal numbers and presence of infrared lamps were varied. Rectal and skin temperatures were measured before as well as two and four hours after the injection and piglet behavior was observed. It was found that strong temperature changes happen in the first 4 hours, mostly influenced by infrared lamps. Suggestions were derived from the data.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Katzenburgweg 7–9, 53115 Bonn; simone.schmid@uni-bonn.de

² Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn

1 Einleitung und Problemstellung

Ab Januar 2021 dürfen Ferkel in Deutschland nicht mehr ohne Betäubung kastriert werden. Da die Narkose per Injektion oder Inhalation flächendeckend in der Praxis angewendet werden kann, besteht der laut § 1 des Tierschutzgesetzes vorgeschriebene "vernünftige Grund" nicht mehr, um Ferkel ohne Betäubung zu kastrieren. Seit mehreren Jahren läuft die Suche nach geeigneten Alternativen zur betäubungslosen Kastration. Speziell für kleinere Betriebe, die die Anschaffung eines Inhalationsnarkosegerätes scheuen, stellt die vom Tierarzt ausgeführte Injektionsnarkose eine praktikable Alternative dar. Die wohl größte Herausforderung für das Management von Kastrationen unter Injektionsnarkose ist die verlängerte und unruhige Nachschlaf- und Aufwachphase, während der es zu verpassten Mahlzeiten, einer Störung des Wärmehaushaltes durch einen starken Abfall der Körpertemperatur und energetisch aufwendigem Kältezittern kommen kann (Berchtold 2015, Enz et al. 2013). Zusätzlich bedeutet die Nachsorge einen erhöhten Arbeitsaufwand für den Landwirt sowie Stress für Ferkel und Sau, da die narkotisierten Ferkel für mehrere Stunden von der Sau separiert werden müssen, um Verluste durch Erdrücken zu vermeiden (Wittkowski et al. 2018).

Zum aktuellen Zeitpunkt ist nicht bekannt, wie die narkotisierten Ferkel während der Dauer der Nachschlafphase gehalten werden sollten, sodass es für sie während der Separierung von der Sau zu möglichst wenig physischem und psychischem Stress kommt. Unklar ist, welche Anforderungen diese Separierungsmöglichkeit erfüllen sollte und welcher Platzbedarf für Ferkel in dieser Situation besteht.

2 Zielsetzung

Ziel der Studie war es deshalb, ein risikoorientiertes Konzept zu erarbeiten, wie narkotisierte Ferkel während der Nachschlaf- und Aufwachphase unter Einbeziehung der Aufrechterhaltung der physiologischen Körpertemperatur, der Verhinderung des Erdrückens und der Vorsorge gegen Verletzungen durch den Landwirt gehalten und versorgt werden können. Dafür wurden verschiedene Separierungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Belegdichten und Wärmequellen verglichen und die Reaktionen der narkotisierten Ferkel in Bezug auf Verhalten und Körpertemperaturen evaluiert.

3 Tiere, Material und Methoden

Fünf Versuche mit insgesamt 205 männlichen Ferkeln wurden auf einem sauenhaltenden Betrieb von September bis Dezember 2018 durchgeführt. Allen Ferkeln (drei bis sechs Tage alt) wurde nach Erfassung des Gewichts von einem Fachtierarzt für Schweine intramuskulär eine gemischte Dosis von 0,3 ml Ketamin (Ursotamin®)/Azaperon (Stresnil®) je Kilogramm Körpermasse (Verhältnis 5 : 1) injiziert. Anschließend wurden die Ferkel für die Dauer der Nachschlafphase von der Sau und den weiblichen Wurfgeschwistern separiert und auch nach der Kastration, die circa 15 Minuten nach der Injektion erfolgte, zurück in die jeweilige Separierungsmöglichkeit gelegt. Als Alternativen wurden Ferkelkäfige (verzinktes Stahlgitter, 40 x 60 x 32 cm), perforierte Kisten (graue Euronormbehälter, 40 x 60 x 32 cm) und Kübel (weiß, Durchmesser 45-54 cm, Höhe 33 cm) verwendet (Abb. 1). Im ersten Versuch hingen über der Hälfte der Behälter Infrarotlampen auf circa 55 cm Höhe (250 W, Standardhöhe und -stärke der Lampen auf dem Betrieb wurden beibehalten), während die restlichen Behälter unbeheizt blieben. Bei den folgenden Versuchen wurden alle Separierungsbehälter durch Infrarotlampen gewärmt, jedoch wurden dabei die Höhe der Lampen (55-75 cm) sowie die Anzahl der Ferkel je Separierungsmöglichkeit je Versuch (zwei bis sechs Tiere) variiert.



Abb. 1: Verwendete Separierungsmöglichkeiten zur Aufbewahrung der narkotisierten Ferkel während der Nachschlafphase: Ferkelkäfig (links), perforierte Kiste (Mitte) und Speiskübel (rechts) (© Guse und Schmid)

Fig. 1: Used repositories for keeping of anesthetized piglets during the recovery phase: piglet cage (left), perforated box (middle) and tub (right) (© Guse and Schmid)

Bei allen Ferkeln wurde die Körpertemperatur mittels Rektal- (Geratherm® GT-195-1) und Ohrthermometer (ThermoScan® IRT6520) sowie die Oberflächentemperatur mittels Infrarotthermometer (Eventek™ ET312) und Wärmebildkamera (Optris® PI400) eine Stunde vor der Narkotisierung gemessen. Mit dem Infrarotthermometer wurde die Oberflächentemperatur unmittelbar hinter dem Ohr gemessen. Für die Messungen mit der Wärmebildkamera wurden sechs definierte Flächen ausgewählt (Kopf, Hals, seitlicher

und unterer Bauch, Becken, Innenschenkel). Alle Temperaturmessungen wurden zwei und vier Stunden nach der Injektion wiederholt.

Zur Bewertung des Verhaltens der Ferkel in den verschiedenen Separierungsmöglichkeiten während der Nachschlafphase wurden 10, 30, 45, 60, 75, 90, 180 und 210 Minuten nach der Injektion Videos (jeweils 30 Sekunden) aufgenommen, indem die Kamera so über den Behälter gehalten wurde, dass alle Ferkel gleichzeitig aufgezeichnet werden konnten. Mithilfe der Behavioral Observation Research Interactive Software (BORIS) wurde das Verhalten der Tiere in den Videos analysiert, indem für jedes Ferkel einzeln das Auftreten der festgelegten Verhaltensweisen je Zeitabschnitt bewertet wurde. Die Verhaltensweisen waren: Strampeln, Hyperventilieren, Kopfstoßen, Festhängen, Zittern, Liegen, Übereinanderliegen, Vorwärtsbewegen und Wegrutschen. Mit dem Programm SAS® Version 9.4 wurden Korrelationen berechnet und fixe Effekte von Zeitpunkt, Wärmequelle, Belegdichte und Separierungsart in gemischten Modellen geschätzt.

4 Ergebnisse und Diskussion

Der Fokus der Untersuchung lag auf der Lagerung der narkotisierten Ferkel unter Berücksichtigung der Aufrechterhaltung der physiologischen Körpertemperatur, der Verhinderung des Erdrückens und der Vorsorge gegen Verletzungen.

Die gemessenen Körperkerntemperaturen korrelierten mit den mittels Wärmebildkamera gemessenen Oberflächentemperaturen (p < 0,001; 0,81 \le r \le 0,96). Bezüglich der Körpertemperatur der Ferkel während der Nachschlafphase konnte festgestellt werden, dass in den ersten vier Stunden nach der Injektion der Narkosemittel starke Temperaturschwankungen auftreten, die zum Messzeitpunkt nach zwei Stunden am größten waren: Die Rektaltemperaturen nach zwei Stunden variierten zwischen 33,5 und 42,6 °C, wobei sie vor der Injektion noch zwischen 37,5 und 40,6 °C lagen. Es wurde erwartet, dass die Art der Separierung die Temperaturentwicklung der Ferkel beeinflusste, jedoch konnten hier keine signifikanten Effekte festgestellt werden. Die Temperaturen von Ferkeln in seitlich geschlossenen Kübeln waren numerisch höher, was sich bei stärker erwärmenden schwarzen Kübeln vermutlich noch deutlicher gezeigt hätte.

Die unterschiedlichen Temperaturen der narkotisierten Ferkel wurden überwiegend auf die externe Wärmezufuhr zurückgeführt, da diese mit allen Kern- und Oberflächentemperaturen korrelierte (p < 0,001; 0,48 \leq r \leq 0,62). Zudem lag ein signifikanter Unterschied zwischen den Kern- und Oberflächentemperaturen von mittels Infrarotlampe gewärmten und nicht gewärmten Ferkeln vor (jeweils p < 0,01), was den Einfluss der Infrarotlampe bestätigte. Ein Versuch, in dem statt Infrarotlampen als externe Wärmequelle beheizte Bodenplatten/-matten zur Erwärmung der betäubten Ferkel verwendet werden, die im Ferkelnest bei mobilen Ferkeln eine gleichmäßigere Verteilung der Temperaturen bewirken können, steht noch aus. Des Weiteren fiel auf, dass die Rektaltemperatur der nicht gewärmten Ferkel nach zwei Stunden von durchschnittlich 39,2 °C auf durchschnittlich 37,3 °C signifikant absank, mit Minimalwerten von bis zu 33,5 °C. Die große Spanne der Temperaturen nach zwei Stunden könnte auch mit dem

unterschiedlichen Alter der Ferkel erklärt werden, welches mit den Kerntemperaturen (p < 0,05; 0,38 \leq r \leq 0,40) korrelierte. Dies deutet an, dass ältere Ferkel aufgrund bereits weiter ausgebildeter Fähigkeit zur Thermoregulation die Temperatur während der Nachschlafphase besser halten können.

Effekte einer "sozialen Thermoregulation" wurden bereits in anderen Studien erwähnt (Vasdal et al. 2010). Das Gesamtgewicht der Tiere in den Behältern korrelierte in einem Versuch mit den individuellen Kern- und Oberflächentemperaturen am Kopf der Ferkel (p < 0.05; $0.31 \le r \le 0.47$), was andeuten könnte, dass eine höhere Belegdichte während der Nachschlafphase vorteilhaft ist, da die Tiere sich gegenseitig wärmen und so dem hypothermischen Effekt der Narkose entgegenwirken. Der Einfluss von Ferkelanzahl je Behälter auf die individuellen Temperaturen war jedoch nicht signifikant, sodass diese Vermutung hier nicht bestätigt werden konnte.

Die mobilen Ferkelkäfige stellten sich als nicht geeignet für die Separierung der Ferkel heraus, da sich die narkotisierten Ferkel mit Maul und Läufen in den Käfigen verkeilten, mit den Ohrmarken festhingen und sich vor allem im Kopfbereich zu verletzen drohten, sodass die Käfige während der laufenden Messungen durch Kisten ersetzt werden mussten. Bei Ferkeln, die in den anderen Behältern separiert wurden, wurde kein offensichtliches Verletzungsrisiko beobachtet (p < 0,01), jedoch muss auch bei den perforierten Kisten auf ein Festhängen der Ohrmarken geachtet werden, wenn die Perforierung entsprechend groß ist. Zusätzlich konnten die Käfige schon bei niedriger Belegdichte (n = 3 pro Käfig) durch das unkoordinierte Laufen der von der Narkose noch benommenen Tiere verschoben werden. Ein Nachteil der Kübel scheint zu sein, dass der Boden in der Mitte leicht erhöht ist und Exkremente und Blut nicht abfließen können. Nur in diesen Behältern wurde ein Ausrutschen und Spreizen der Beine beobachtet.

Laut den Ausführungshinweisen zur Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung sind für ein Ferkelnest mindestens 0,6 m² vorgesehen. Des Weiteren werden pro Ferkel 0,06 m² Platz im Ferkelnest empfohlen (Meyer und Vogel 2012). Nach den oben genannten Empfehlungen finden in den in dieser Studie verwendeten Separierungsmöglichkeiten (0,16 bis 0,24 m²) drei bis vier Ferkel Platz. In dieser Studie wurden bis zu sechs narkotisierte Ferkel in den Separierungsbehältern gehalten, um deren Verhalten und körperliche Reaktion zu bewerten. Eine höhere Belegdichte je Behälter hätte den Vorteil, dass nur ein Behälter je Sau und Bucht (bei zum Beispiel sechs männlichen Ferkeln) nötig wäre. Dieser könnte so unter dem Lampenschirm platziert werden, dass auch noch die weiblichen, nicht narkotisierten Ferkel einen gewärmten Platz finden könnten, was bei zwei Behältern aufgrund der begrenzten Reichweite des Lampenscheins kaum möglich ist.

Es wurde jedoch festgestellt, dass bei mehr als vier Ferkeln je Kiste die Belastung für die Ferkel aufgrund von wenig Liegefläche und geringer Bewegungsmöglichkeit während der Nachschlafphase deutlich zunimmt. So konnte nachgewiesen werden, dass 45 Minuten nach der Injektion in Sechsergruppen 80 % der Ferkel übereinanderlagen, wohingegen dies in Gruppen mit drei Tieren nur bei 22 % der Fall war. Auch nach 90 Minuten konnten in den mit drei Tieren belegten Kisten alle Ferkel ruhig liegen, während Ferkel in Sechsergruppen überwiegend übereinanderlagen und strampelten. Nur in den größeren Gruppen stießen sich über zwei Drittel der Tiere den Kopf am

Separationsbehälter, was andeutet, dass sich die ohnehin noch benommenen Ferkel bei höherer Belegdichte gegenseitig behindern und das Verletzungsrisiko steigt. Zwar wurde beschrieben, dass (nicht narkotisierte) Ferkel auch bei ausreichendem Platzangebot und hohen Umgebungstemperaturen oft eng nebeneinanderliegen (Vasdal et al. 2009), jedoch sind narkotisierte Ferkeln nicht in der Lage, sich bei andauernder Überlagerung selbst zu befreien. Trotz intensiver Beobachtung konnte in einem Fall mit fünf Ferkeln in der Kiste nicht verhindert werden, dass die gegenseitige Überlagerung zum Tod eines Ferkels führte. Zu berücksichtigen ist, dass es für die Ferkel in den Separierungsmöglichkeiten kaum Ausweichmöglichkeiten gibt, sodass es auch bei weniger Ferkeln zu Überlagerungen kommen kann, welche gewichtsabhängig sind. Bei dem Vergleich von Gruppen mit drei und vier Ferkeln wurden bis zu einem Gesamtgewicht von 8.7 kg pro Kiste nur geringe Überlagerungen festgestellt. Um den zur Verfügung stehenden Platz in den Separierungsbehältern optimal auszunutzen und die Ferkel andererseits nicht zu sehr einzuschränken, sollte die Empfehlung der Belegdichte für die Nachschlafphase in der Einheit "Kilogramm Körpergewicht pro Quadratmeter" ausgesprochen werden. Im Falle der Nachschlafphase wird die vorläufige Empfehlung von weniger als 36 kg summiertes Ferkelgewicht pro m² aus dieser Untersuchung mit weiterführenden Auswertungen bestätigt werden müssen.

Literatur

- Berchtold, S. (2015): Optimierung der Injektionsanästhesie für die Ferkelkastration. Dissertation, Universität Zürich
- Enz, A.; Schüpbach-Regula, G.; Bettschart, R.; Fuschini, E.; Bürgi, E.; Sidler, X. (2013): Erfahrungen zur Schmerzausschaltung bei der Ferkelkastration in der Schweiz Teil 2: Injektionsanästhesie. Schweizer Archiv Tierheilkunde 155(12), pp. 661–668
- Meyer, E.; Vogel, M. (2012): Ableitung des Liegeplatzbedarfes von Saugferkeln und Konsequenzen für die Gestaltung von Ferkelnestern. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Tierische Erzeugung, Freistaat Sachsen
- Vasdal, G.; Wheeler, E. F.; Bøe, K. E. (2009): Effect of infrared temperature on thermoregulatory behavior in suckling piglets. Animal 3(10), pp. 1449–1454
- Vasdal, G.; Møgedal, I.; Bøe, K. E.; Kirkden, R.; Andersen, I. L. (2010): Piglet preference for infrared temperature and flooring. Applied Animal Behavior Science 122, pp. 92–97
- Wittkowski, G.; v. Butler, C.; Rostalski, A.; Fehlings, K.; Randt, A. (2018): Zur Durchführung und zu Alternativen der Ferkelkastration Eine Beurteilung im Sinne des Tierschutzgesetzes. Teil 2 Schmerzmanagement. DGfZ-Schriftenreihe 74, pp. 33–61

Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen für die Förderung des Projektes.

Status-quo-Analyse des Lautstärkepegels in Schweinemastbetrieben in Deutschland

Status quo analysis of the noise level in pig farms in Germany

BIRTE WEGNER¹, INES SPIEKERMEIER², HENDRIK NIENHOFF², JULIA GROSSE-KLEIMANN³, KARL ROHN³, HENNING MEYER⁵, HEIKO PLATE⁵, HUBERT GERHARDY⁴, LOTHAR KREIEN-BROCK³. ELISABETH GROSSE BEILAGE⁶, NICOLE KEMPER¹, MICHAELA FELS¹

Zusammenfassung

Im Rahmen des Verbundforschungsprojektes MulTiViS (Multivariate Bewertung des Tierwohls durch integrative Datenerfassung und Validierung von Tierwohlindikatoren in Schweinebeständen) war es ein Teilziel, die Lautstärkepegel im Aufenthaltsbereich der Tiere zu ermitteln, um Schlussfolgerungen zur Geräuschbelastung in der konventionellen Haltung von Mastschweinen zu ziehen. Da der Lautstärkepegel das Tierwohl beeinträchtigen kann, sind Informationen über den Ist-Zustand in den Ställen entscheidend, um bisherige Lücken im Wissensstand zu schließen. Auch Einflüsse verschiedener Haltungs- und/oder Umweltfaktoren auf den Lautstärkepegel in der Schweinemast wurden daher untersucht.

Summary

Within the framework of the collaborative research project MulTiViS (multivariate assessment of animal welfare through integrative data collection and validation of animal welfare indicators in fattening pigs) one partial goal was to determine the noise levels in the area where the animals are kept, in order to draw conclusions on noise pollution in conventional fattening pigs. As the noise level can affect animal welfare, information on the current situation in the stables is crucial to close gaps in knowledge. Influences of different housing and/or environmental factors on the noise level in pig fattening were also investigated.

¹ Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie (ITTN), Bischofsholer Damm 15 (Gebäude 116), 30173 Hannover; birte.wegner@tiho-hannover.de

² Schweinegesundheitsdienst Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Tiergesundheit, Sedanstraße 4, 26121 Oldenburg

³ Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung, Bünteweg 2, 30559 Hannover

⁴ Marketing Service Gerhardy, Am Stahlbach 17, 30826 Garbsen

⁵ Verein zur Förderung der bäuerlichen Veredelungswirtschaft (VzF GmbH), Veerßer Straße 65, 29525 Uelzen

⁶ Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Außenstelle für Epidemiologie, Büscheler Straße 9, 49456 Bakum

1 Einleitung

Das Thema Tierwohl ist in den letzten Jahren in der deutschen Landwirtschaft und bei den Verbrauchern immer stärker in den Fokus gerückt. Für die "Wertschöpfungskette Schwein" existiert eine Vielzahl von Tierwohlindikatoren, die jedoch in vielen Fällen erst am Schlachtkörper erfasst werden. Demzufolge besteht bisher ein Mangel an direkt messbaren Indikatoren am lebenden Schwein, die unter Praxisbedingungen der Tierhaltung aussagekräftige Ergebnisse liefern.

Die Lautstärke ist ein potenzieller Stressor (Algers et al. 1978a, Talling et al. 1998, Schäffer et al. 2001). Das Wohl der Tiere könnte durch die Lautstärke in der Tierumgebung beeinträchtigt werden, sodass Messungen der Lärmbelastung in Schweineställen den Landwirt, Tierarzt oder Berater für eventuelle Beeinträchtigungen des Tierwohls sensibilisieren könnten.

In Deutschland liegt der zulässige Höchstwert für Menschen bei einem achtstündigen Arbeitstag bei LEX,8h = 85 dB(A) (Tages-Lärmexpositionspegel) und LpC,peak = 137 dB(C) (Spitzenschalldruckpegel), oberhalb dieses Grenzwertes ist ein Gehörschutz zu tragen (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und juris GmbH 2007). In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung findet sich für Schweine ebenfalls der Grenzwert von 85 dB(A), welcher nicht dauerhaft überschritten werden soll. Außerdem sollen plötzliche oder langandauernde Geräusche vermieden werden (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2006). Hierbei ist zu beachten, dass Schweine während der gesamten Mastperiode 24 Stunden pro Tag in einer Bucht verbringen und nicht – wie beim Menschen vorausgesetzt – lediglich über einen Zeitraum von 8 Stunden je Arbeitstag dem Geräuschpegel ausgesetzt sind. Wenn die Geräuschbelastung über 24 Stunden pro Tag hoch ist, könnte dies Konsequenzen für das Tierwohl haben.

Da in der Literatur bisher nur wenig über die Geräuschbelastung der Schweine bekannt ist, war es das Ziel dieses Untersuchungsabschnittes, zunächst grundlegende Daten zur Geräuschbelastung der Mastschweine zu erheben. Außerdem sollten diverse Einflüsse durch Umwelt- und/oder Haltungsparameter auf die Lautstärke in der Schweinemast untersucht werden.

2 Material und Methoden

Die Studie wurde im Rahmen des MulTiViS-Verbundprojektes (Multivariate Bewertung des Tierwohls durch integrative Datenerfassung und Validierung von Tierwohlindikatoren in Schweinebeständen) durchgeführt. In diesem Projekt sollen bestehende Tierwohlindikatoren validiert, beziehungsweise neue und vor allem praxisnahe Indikatoren identifiziert werden. Ziel ist es, anhand eines hinreichend großen und repräsentativen Kollektives von Mastschweinebeständen Produktionsdaten, Schlachtbefunde und Felddaten multivariat zu analysieren, um durch eine bewertende Gewichtung der Indikatoren Verzerrungen zu vermeiden. Außerdem soll die Praxistauglichkeit der Indikatoren verbessert werden.

Um die Validierung und Entwicklung von Tierwohlindikatoren für Mastschweine zu unterstützen, wurden im Nordosten Niedersachsens zwischen November 2017 und August 2018 in 214 konventionellen Schweinemastbetrieben (Grundlage: VVVO-Nr.), die alle Mitglieder der VzF GmbH sind, unter anderem Lautstärkepegelmessungen durchgeführt.

In zufällig ausgewählten Stallabteilen (je nach Betriebsstruktur/-größe 1–8 Abteile) wurde jeweils über eine Minute in der Abteilmitte auf Tierhöhe der Geräuschpegel gemessen. Hierzu wurde mit einem Lautstärkepegelmessgerät (Acoustic Analyzer XL2 inklusive Mikrofon M2210, NTI Audio, Schaan, Liechtenstein) der äquivalente Lautstärkepegel (LAeq) im Bereich von 30–130 Dezibel (dB) aufgenommen. Eventuell vorhandene Störgeräusche (z.B. Hochdruckreiniger, laufende Fütterung) sowie die Uhrzeit der Messungen wurden dokumentiert. So wurden insgesamt in 755 Stallabteilen Lautstärkepegelmessungen durchgeführt. Zusätzlich wurden in zufällig ausgewählten Buchten (N = 1.668) dieser Abteile Parameter aus der Tierumgebung mit möglichem Einfluss auf die Lautstärke, wie z.B. die Bodenbeschaffenheit, festgehalten. Außerdem wurden die Fütterungs- und Lüftungssysteme erfasst. Auch tierbezogene Faktoren, wie Gruppengröße und Altersgruppe (1. oder 2. Masthälfte), oder Faktoren zur Tiergesundheit, wie Bissverletzungen an Schwänzen oder Ohren, wurden für alle Schweine in den ausgewählten Buchten (N = 33.668) aufgenommen.

Es wurde eine multifaktorielle Varianzanalyse mit dem Statistikpaket SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) unter Berücksichtigung von Geschlecht, Altersgruppe, Gruppengröße Bucht/Abteil, Fütterungssystem, Lüftungssystem und Art des Bodens als feste Effekte durchgeführt, um mögliche Einflüsse auf den LAeq zu erkennen. Außerdem wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt, um Zusammenhänge zwischen dem LAeq und den Bissverletzungen an Schwänzen oder Ohren zu prüfen.

3 Ergebnisse

Der durchschnittlich gemessene äquivalente Lautstärkepegel (LAeq) lag bei 70.2 ± 5.2 dB (Min. 52,5; Max. 92,4 dB). Schweine in der zweiten Masthälfte (AG 2) waren lauter als Schweine in der ersten Masthälfte (AG 1) (p < 0,0001) (Abb. 1). Das Fütterungssystem (p < 0,0001) (Abb. 1), die Art des Bodens (p = 0,0047), die Temperatur (p = 0,0023), die Anzahl der Buchten pro Abteil (p < 0,0001) sowie die Interaktionen der Tiere/Abteil mit der Anzahl der Buchten/Abteil (p < 0,0001) zeigten statistisch signifikante Effekte auf den Lautstärkepegel.

In der linearen Regressionsanalyse wurden keine Zusammenhänge zwischen dem LAeq und den Bissverletzungen an Schwänzen ($R^2 = 0,0006$) bzw. Ohren ($R^2 = 0,0127$) festgestellt.

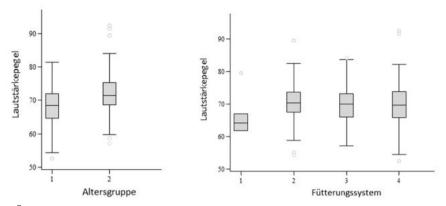


Abb. 1: Äquivalenter Lautstärkepegel in dB in 755 Abteilen der 214 Betriebe für die beiden Altersgruppen (1 = 1. Masthälfte; 2 = 2. Masthälfte) und für die verschiedenen Fütterungssysteme (1 = Trockenfütterung; 2 = Nassfütterung; 3 = Flüssigfütterung mit Sensor; 4 = Flüssigfütterung ohne Sensor) (© Wegner, Große-Kleimann, Rohn)

Fig. 1: Equivalent noise level in dB in 755 compartments of the 214 farms for the two age groups (1 = first half of fattening; 2 = second half of fattening) and for the various feeding systems (1 = dry feeding; 2 = wet feeding; 3 = fully automatic liquid feeding with sensor; 4 = fully automatic liquid feeding without sensor) (© Wegner, Große-Kleimann, Rohn)

4 Diskussion

Mit den vorliegenden Daten aus über 200 typischen mastschweinehaltenden Betrieben in Norddeutschland konnte eine umfassende Status-quo-Erhebung des Lautstärkepegels durchgeführt werden. Außerdem konnte geprüft werden, ob Tierhaltungs-/Umweltfaktoren mit der Lautstärke in Mastschweineställen in Verbindung stehen.

Der durchschnittliche Lautstärkepegel lag im Bereich des in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vorgegebenen Grenzwertes von 85 dB (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2006). Teilweise wurden jedoch Werte bis zu 92,4 dB gemessen, die durch kurzzeitige Lärmeinflüsse aus der Umwelt, wie z.B. Spielmaterialien, verursacht wurden.

Ein statistisch signifikanter Zusammenhang wurde zwischen dem Fütterungssystem und dem äquivalenten Lautstärkepegel (p < 0,0001) festgestellt. Durch den hohen Stichprobenumfang (N = 1.668) und die geringe Streuung der Daten sind die p-Werte jedoch im Praxiszusammenhang vorsichtig zu interpretieren. Es ist fraglich, ob die bei den diversen Fütterungssystemen beobachteten marginalen Unterschiede der Mittelwerte bei den Schweinen zu Unterschieden im Wohlbefinden führen (Abb. 1). Sistkova et al. (2016) stellten einen starken Einfluss des Fütterungssystems auf die Lautstärke fest. Außerdem wurden Unterschiede bei den Lautstärkepegeln zwischen manuellen und automatischen Fütterungen festgestellt. Bicker (2019) berichtete von Schallpegelwerten bis zu 98 dB während der Fütterung von Mastschweinen. Kropsch und Lechner (2013) haben für Fütterungssysteme mit einem Gebläse einen durchschnittlichen Wert von 91 dB gemessen, die Lärmemissionen der Mastschweine selbst lagen bei 61 dB(A). Im Gesamtkollektiv

der vorliegenden Studie gab es nur einen Betrieb mit einer manuellen Fütterung. Die Messungen in diesen Abteilen ergaben den höchsten äquivalenten Lautstärkepegel von 92,4 dB. Bereits Algers et al. (1978b) stellten einen äquivalenten Schallpegel (LAeq) von 70,0–76,9 dB(A) für automatisch und 80,6–94,8 dB(A) für manuell gefütterte Schweine während der Fütterung fest.

Auch das Lüftungssystem sollte neben dem Fütterungssystem mit in die Auswertung einbezogen werden. Talling et al. (1998) stellten fest, dass es in mechanisch belüfteten Ställen im Durchschnitt 10 dB lauter war als in natürlich belüfteten Ställen. In unserer Studie wurde zwischen dem äquivalenten Lautstärkepegel und den diversen Lüftungssystemen kein statistisch signifikanter Zusammenhang festgestellt (p > 0,05). Algers et al. (1978a) haben in mechanisch belüfteten Ställen durchschnittliche Lautstärkepegel von über 70 dB gemessen. Diese Messwerte stimmen mit den Ergebnissen der vorliegenden Status-quo-Analyse überein, da der durchschnittliche äquivalente Lautstärkepegel 70.2 dB betrug.

Da der Lautstärkepegel als potenzieller Stressor angesehen wird (Schäffer et al. 2001), darf dieser Aspekt in der Diskussion um das Thema Tierwohl nicht fehlen. Hierbei muss jedoch differenziert werden, ob es sich um die Lautstärke als Stressor handelt oder ob es sich um Stressfaktoren handelt, die zu einer erhöhten Lautstärke führen können. Auf der einen Seite beeinflusst Stress das Wohlbefinden der Tiere und kann diverse Auswirkungen auf den Organismus haben. Auf der anderen Seite kann Stress durch eine erhöhte Lautstärke entstehen. So stellte schon Moberg (1985) fest, dass die Messung des Wohlbefindens mit der Frage assoziiert ist, ob das Tier an Stress leidet. Hinweise auf den Zusammenhang zwischen dem Wohlbefinden oder dem Gesundheitszustand von Tieren und Lärm lassen sich in der Literatur kaum finden. Beim Menschen ist dagegen bekannt, dass langanhaltender Lärm starke Effekte wie Bluthochdruck, Schlafstörungen oder Unkonzentriertheit verursachen kann (Passchier-Vermeer und Passchier 2000). Eine Erhöhung des Lärmpegels könnte allerdings auch darauf hinweisen, dass die Tiere im Stall gestresst sind. Stress entsteht u. a. durch anhaltende oder wiederkehrende Schmerzen, die z.B. bei Bissverletzungen an Schwänzen/Ohren oder bei Lahmheiten auftreten können. Messungen eines erhöhten Lautstärkepegels - durch vermehrte Lautäußerungen im Abteil – könnten z.B. durch Schmerzen ausgelöst werden.

In der vorliegenden Studie konnten mittels linearer Regressionsanalysen solche Zusammenhänge zu Tiergesundheitsmerkmalen zum Lautstärkepegel nicht festgestellt werden. Die insgesamt niedrigen Bestimmtheitsmaße weisen zudem darauf hin, dass in dem hier betrachteten Kollektiv von Betrieben kein Zusammenhang zwischen den jeweiligen Variablen besteht.

Schweine in der zweiten Masthälfte waren lauter als Schweine in der ersten Masthälfte (p < 0,0001). Auch hier muss die Signifikanz aufgrund des großen Stichprobenumfangs vorsichtig und im Praxiszusammenhang interpretiert werden. Die durchschnittlichen äquivalenten Lautstärkepegel in Altersgruppe 1 (Tiere in der ersten Masthälfte) und Altersgruppe 2 (Tiere in der zweiten Masthälfte) liegen lediglich 2,5 dB auseinander. Diese Unterschiede sind als sehr gering zu bewerten, sodass sie vermutlich auf keine biologischen oder veterinärmedizinisch relevanten Unterschiede hinweisen.

Literatur

- Algers, B.; Ekesbo, I.; Strömberg, S. (1978a): The impact of continuous noise on animal health. Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum 67, pp. 1–26
- Algers, B.; Ekesbo, I.; Strömberg, S. (1978b): Noise measurements in farm animal environments [sound-levels, cattle, pig, hen]. Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum 68, pp. 1–19
- Bicker, M. (2019): Schalten Sie den Lärm ab. Top Agrar 03/2019, S16-S17
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2006): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung TierSchNutztV)
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz und juris GmbH (2007): Lärmund Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 5 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist
- Kropsch, M.; Lechner, C. (2013): Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt
- Moberg, G. P. (1985): Biological Response to Stress: Key to Assessment of Animal Well-Being? Animal Stress, pp. 27–49
- Passchier-Vermeer, W.; Passchier, W. F. (2000): Noise exposure and public health. Environmental Health Perspectives 108 (suppl 1), pp. 123–131
- Schäffer, D.; Marquardt, V.; Marx, G.; Borell, E. (2001): Lärm in der Nutztierhaltung eine Übersicht, unter besonderer Berücksichtigung der Schweinehaltung. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 108, pp. 60–66
- Sistkova, M.; Bartos, P.; Broucek, J.; Dolan, A.; Celjak, I. (2016): Acoustic environment from fattening pigs building creating and propagating of noise. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology 4(2), pp. 39–42
- Talling, J.; Lines, J.; Wathes, C.; Waran, N. (1998): The acoustic environment of the domestic pig. Journal of Agricultural Engineering Research 71(1), pp. 1–12

Förderung

Die Förderung des MulTiViS-Verbundprojektes 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.

Tierwohlbeurteilung bei Pferden

Welfare assessment in horses

IRENA CZYCHOLL, PHILIPP KLINGBEIL, KATHRIN BÜTTNER, JOACHIM KRIETER

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel; iczycholl@tierzucht.uni-kiel.de

Zusammenfassung

Das Protokoll der Animal Welfare Indicators (AWIN) für Pferde verspricht eine objektive Erfassung von Tierwohl. Allerdings fehlt bislang eine Praxistestung der enthaltenen Indikatoren. Um diese Lücke zu schließen, wurden in dieser Studie die Beurteilerübereinstimmung, die zeitliche Konstanz sowie die Eignung der Unterteilung in zwei Versionen (Übersichtsversion und Detailversion) des Protokolls auf Praxisbetrieben in Norddeutschland getestet. Für die verschiedenen Vergleiche wurde jeweils eine Kombination aus Reliabilitäts- (Spearman Rangkorrelationskoeffizient (RS), Intraklassenkorrelationskoeffizient (ICC)) und Übereinstimmungsparametern (Smallest Detectable Change (SDC) und Limits of Agreement (LoA)) berechnet. Die meisten Indikatoren waren von akzeptabler (RS ≥ 0,4, ICC ≥ 0,4, SDC: 10 %, LoA \in [10 %,10 %]) oder guter (RS ≥ 0,7, ICC ≥ 0,7, SDC: 5 %, LoAe[5 %, 5 %]] Zuverlässigkeit. Ausnahmen waren die Horse Grimace Scale zur Detektion milder Schmerzen, geschwollene Gliedmaßen sowie die Verhaltenstests. Die meisten anderen Indikatoren sind für eine Tierwohlbeurteilung und im Rahmen einer betrieblichen Eigenkontrolle empfehlenswert. Die Unterteilung der Protokolle erwies sich als zuverlässig und ist somit geeignet, die Praktikabilität von Beurteilungsprotokollen auch anderer Tierarten zu erhöhen.

Summary

The Animal Welfare Indicators (AWIN) protocol for horses was released with the aim to measure animal welfare objectively. This system might also be suitable to fulfill the national law demands of a regular self-assessment of farms. This study aimed at a thorough on-farm examination of reliability. Therefore, interobserver, test-retest reliability and suitability of the approach of the separation of the protocol into a fast overview stage and a more detailed version was tested. A combination of reliability (Spearman's Rank Correlation Coefficient (RS) and Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and agreement parameters (Smallest Detectable Change (SDC), Limits of Agreement (LoA)) parameters was calculated for interpretation. In general, reliability was good with the exception of mild signs of pain assessed with the Horse Grimace Scale, swollen joints and the behavioral tests. Especially the separation of the protocols was also a reliable approach and is thus advisable to be adapted to other species as well.

1 Einleitung

Nur in Praxistestungen können Tierwohlbeurteilungssysteme überarbeitet, angepasst und verbessert werden, um eine objektive Erfassung des Tierwohls zu ermöglichen. Somit war es das Ziel dieser Studie, das AWIN-Protokoll für Pferde (AWIN 2015) einer detaillierten Praxisüberprüfung zu unterziehen, um alle enthaltenen Indikatoren hinsichtlich ihrer tatsächlichen Eignung, Aspekte des Tierwohls zuverlässig zu erfassen, zu überprüfen. Geeignete tierbezogene Indikatoren zu extrahieren ist auch hinsichtlich der seit 2014 gesetzlich geforderten betrieblichen Eigenkontrolle für erwerbsmäßige Pferdehalter von großem Interesse. Während es für Nutztiere bereits Vorschläge hinsichtlich sinnvoll einsetzbarer Indikatoren gab (KTBL 2014, 2016) fehlen solche Leitlinien für Pferdehaltungen. Diese Studie trägt dazu bei, diese Lücke zu schließen, indem geeignete Indikatoren identifiziert werden.

2 Material und Methoden

Zur Erhöhung der Praktikabilität wurde das Erhebungsprotokoll in zwei Ebenen unterteilt: Protokoll 1 soll einen schnellen Überblick über den Betrieb ermöglichen, während Protokoll 2 einen detaillierteren aber zeitaufwendigeren Einblick gewährleistet. Protokoll 1 wird nur an einer Stichprobe von Pferden erhoben, ohne die Tiere zu berühren. Protokoll 2 berücksichtigt alle Pferde, die Befundungen können stets durch Palpation abgesichert werden und Handling am Halfter ist erforderlich. Weiterhin werden in Protokoll 2 zusätzliche Indikatoren erfasst. Eine Übersicht über alle erhobenen Indikatoren und die Beurteilungsreihenfolge im Stall ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Datenerhebung erfolgte von November 2016 bis August 2017 auf 14 pferdehaltenden Betrieben in Norddeutschland. Die Betriebe wurden jeweils viermal besucht, wobei die Besuche gleichmäßig über den Untersuchungszeitraum verteilt waren. Dabei wurde stets an einem Tag Protokoll 1 und am darauffolgenden Tag Protokoll 2 durchgeführt. Insgesamt wurden jeweils 56 Protokollerhebungen mit Protokoll 1 und Protokoll 2 an 3.448 Pferden erhoben. 18 der Betriebsbesuche erfolgten zudem durch zwei geschulte Beobachter, die gleichzeitig, aber unabhängig voneinander, dieselben Tiere beurteilten. Die Betriebe wiesen unterschiedliche Betriebsgrößen (14-120 Pferde) und Haltungssysteme (Einzelboxen, Paddockboxen, Gruppenhaltung) auf. Ebenfalls unterschieden sich die jeweiligen Rassen, Nutzungsarten sowie Fütterung. Alle Betriebe entsprachen normalen Praxisbetrieben entsprechend dem Standard in Deutschland.

Für die Überprüfung der Praxistauglichkeit gliederte sich diese Studie in insgesamt vier Teile. Durch die Protokollanwendungen wurde die Praktikabilität im Hinblick auf Zeitaufwand und Machbarkeit eingeschätzt. Weiterhin wurde die Beurteilerübereinstimmung durch den Vergleich der Ergebnisse der Beobachter bei den gemeinsamen Protokollerhebungen analysiert. Zudem wurde die zeitliche Konstanz der Ergebnisse zwischen den wiederholten Betriebsbesuchen überprüft. Ein Vergleich der Ergebnisse von Protokoll 1 und 2 diente der Prüfung der Verlässlichkeit dieser Unterteilung.

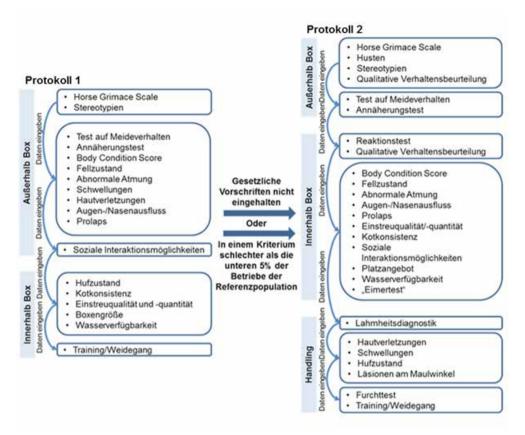


Abb. 1: Erhebungsreihenfolge der unterschiedlichen Indikatoren von Protokoll 1 und 2 (modifiziert nach AWIN 2015) (© Czycholl)

Fig. 1: Survey order of the different indicators of Protocols 1 and 2 (modified according to AWIN 2015) (© Czycholl)

Für die statistische Auswertung wurde SAS 9.4 (SAS Institute 2008) genutzt. Für die Bewertung der Beurteilerübereinstimmung, der zeitlichen Konstanz sowie dem Proto-kollvergleich wurden die verschiedenen Beobachtungen (Beobachter, Betriebsbesuche zu verschiedenen Zeitpunkten, Protokoll 1 bzw. 2) mithilfe einer Kombination aus verschiedenen Reliabilitäts- (Spearman-Rangkorrelationskoeffizient (RS) und Intraklassen-korrelationskoeffizient (ICC)) und Übereinstimmungsparametern (Smallest Detectable Change (SDC) und Limits of Agreement (LoA)) verglichen. Als Mindestwerte für akzeptable Reliabilität wurden basierend auf Martin und Bateson (2007) und de Vet et al. (2006) definiert: RS \geq 0,4, ICC \geq 0,4, SDC \leq 10, LoA \in [-10,10].

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Schulung der Beobachter konnte innerhalb von drei Tagen erfolgreich abgeschlossen werden. Eine Schulung ist zur korrekten Erhebung notwendig, für diese werden aber keine besonderen Vorkenntnisse benötigt. Für die Erhebung im Stall werden keine besonderen Hilfsmittel benötigt. Der Betriebsleiter wird nur für ein kurzes Interview benötigt und die Tiere werden nur minimal beeinflusst, sodass keine Störungen im Betriebsablauf entstehen. Die Erhebung von Protokoll 1 dauerte pro beurteiltem Pferd 6 ± 2 min und für den gesamten Betrieb 90 ± 35 min. Die Erhebung von Protokoll 2 dauerte 17 ± 6 min pro Pferd und für den gesamten Betrieb 245 ± 131 min. Die Zeit pro Pferd war länger, wenn die Tiere eingedeckt waren. Bei Protokoll 2 verlängerte sich die Zeit durch die Lahmheitsinspektion im Schritt, wofür auch eine Hilfsperson benötigt wurde. Zudem nahm der Furchttest viel Zeit ein, wenn die Tiere wenig Motivation zur Erkundung zeigten. Weiterhin war die Zeit pro Betrieb abhängig von der Betriebsgröße. Insgesamt konnten aber auch große Betriebe innerhalb eines Tages beurteilt werden, was laut Knierim und Winckler (2009) Grundvoraussetzung für Tierwohlbeurteilung in der Praxis ist. Die in dieser Studie benötigten Zeiten sind vergleichbar zu weiteren Anwendungsstudien des AWIN-Protokolls für Pferde (Dalla Costa et al. 2017).

Tabelle 1 stellt eine Übersicht über die Ergebnisse aller Indikatoren in den verschiedenen Vergleichen dar. Für die meisten Indikatoren zeigte sich eine akzeptable bis gute Übereinstimmung zwischen den Beobachtern. Ausnahmen waren die Indikatoren geschwollene Gliedmaßen sowie einige Abstufungen der Horse Grimace Scale (insbesondere solche, die milden Schmerz anzeigen). Zusätzlich wurde für einige Indikatoren (Test auf Meideverhalten, Annäherungstest, Body Condition Score, Kotkonsistenz, Sauberkeit der Box, soziale Interaktionen, Alopezien am Maul, Kopf und Hals) zwar Übereinstimmung (SDC \leq 10, LoA) aber keine Reliabilität (RS \leq 0,4, ICC \leq 0,4)) festgestellt. Gemäß den Berechnungsgrundlagen der statistischen Parameter kann dies auf unzureichende Varianz innerhalb der vorliegenden Studienobjekte zurückgeführt werden (de Vet et al. 2006, Czycholl et al. 2019a). Insgesamt kann die Beurteilerübereinstimmung als ausreichend beurteilt werden.

Die zeitliche Konstanz wurde für Protokoll 1 und 2 separat beurteilt. Für Protokoll 1 zeigte sich, dass die Indikatoren, die bereits eine unzureichende Beurteilerübereinstimmung aufwiesen (geschwollene Gliedmaßen, Abstufungen der Horse Grimace Scale), auch problematisch im Hinblick auf die zeitliche Konstanz waren. Zusätzlich zeigte der Test auf Meideverhalten, der Annäherungstest, Body Condition Score und Hufzustand eine unzureichende zeitliche Konstanz. Alle Indikatoren, die in Protokoll 1 problematisch waren, waren dies auch in Protokoll 2. Die einzige Ausnahme war die Beurteilung des Body Condition Scores, der in Protokoll 2 ausreichende zeitliche Konstanz aufwies. Wahrscheinlich ist dies auf die Möglichkeit der Palpation zurückzuführen und für diesen Indikator ist somit, auch bereits in Protokoll 1, die Absicherung durch Palpation zu empfehlen. Die zusätzlichen Verhaltenstests waren ebenfalls von unzureichender zeitlicher Konstanz. Dies ist eine häufige Beobachtung bei Verhaltenstests, somit ist ihre Eignung im Hinblick auf Tierwohlbeurteilung anzuzweifeln (Czycholl et al. 2019b). Im Vergleich von Protokoll 1 und 2 zeigte sich wiederum die Horse Grimace Scale, der

Test auf Meideverhalten, der Annäherungstest, geschwollene Gliedmaßen, Kotkonsistenz und Body Condition Score in der Abstufung 3 und 4 problematisch. Bei den genannten Verhaltenstests sowie der Horse Grimace Scale ist dies jedoch weniger auf unzureichende Übereinstimmung zwischen den Erhebungsweisen, sondern viel mehr auf unzureichende zeitliche Konstanz zurückzuführen. Insgesamt zeigte sich aber eine gute Übereinstimmung für die meisten Indikatoren. Somit konnte gezeigt werden, dass dieses System der Unterteilung in eine schnelle Übersichtsstufe und eine zeitaufwendigere Detailstufe eine gute Methode ist, um die Praktikabilität von Tierwohlbeurteilungssystemen zu erhöhen. Diese Herangehensweise ist somit auch für vergleichbare Systeme (z. B. Welfare Quality®) empfehlenswert (Czycholl et al. 2018).

Tab. 1: Zuverlässigkeit der tierbezogenen Indikatoren in den verschiedenen Untersuchungen (1: Beurteilerübereinstimmung, 2: zeitliche Konstanz, 3: Protokollvergleich, +: gute Zuverlässigkeit (RS \geq 0.7, ICC \geq 0.7, SDC: 5 %, LoAe[-5 %,5 %]), o: akzeptable Zuverlässigkeit (RS \geq 0.4, ICC \geq 0.4, SDC: 10 %, LoAe[-10 %, 10 %], nb: nicht beurteilbar)

Tab. 1: Reliability of the animal-based indicators (1: interobserver reliability, 2: test-retest reliability, 3: protocol comparison, +: good reliability ($RS \ge 0.7$, $ICC \ge 0.7$, SDC:5%, $LOA \in [-5\%, 5\%]$), o: acceptable reliability ($RS \ge 0.4$, $ICC \ge 0.4$, I

Indikator	1	2	3	Indikator	1	2	3
Horse Grimace Scale: Ohren 1	-	-	-	Ausfluss Geschlechtsorgane 1	+	+	+
Horse Grimace Scale: Ohren 2	0	0	0	Kotkonsistenz 1	0	-	-
Horse Grimace Scale: Augen 1	-	-	-	Kotkonsistenz 2	0	-	-
Horse Grimace Scale: Orbita 1	-	-	-	Lahmheit 1	+	-	nb
Horse Grimace Scale: Orbita 2	0	0	0	Beine: Alopezie	0	0	0
Horse Grimace Scale: Maul 1	-	-	-	Beine: Hautläsion	0	0	0
Horse Grimace Scale: Maul 2	0	0	0	Beine: tiefe Wunde	+	0	0
Horse Grimace Scale: Nüstern 1	-	-	-	Beine: Schwellung	+	0	0
Horse Grimace Scale: Nüstern 2	0	0	0	Genick: Alopezie	+	0	0
Horse Grimace Scale: Masseter 1	-	-	-	Genick: Hautläsion	+	0	0
Horse Grimace Scale: Masseter 2	0	0	0	Genick: Schwellung	+	0	0
Stereotypien 1	+	+	nb	Hufe: Alopezie	+	0	0
Avoidance Distance Test 1	-	-	0	Hufe: Hautläsion	+	0	0
Avoidance Distance Test 2	0	-	-	Kopf: Alopezie	0	0	0
Voluntary Human Approach Test 1	0	-	-	Kopf: Hautläsion	+	0	0
Voluntary Human Approach Test 2	0	-	-	Kopf: Schwellung	+	0	0
Forced Human Approach Test 1	+	-	nb	Maul: Alopezie	+	0	0
Forced Human Approach Test 2	+	-	nb	Maul: Hautläsion	+	0	0
Body Condition Score 1	nb	+	+	Maul: Schwellung	+	0	0
Body Condition Score 2	+	+	+	Rücken: Alopezie	+	0	0
Body Condition Score 3	0	0	-	Rücken: Hautläsion	+	0	0
Body Condition Score 4	0	0	-	Rücken: Schwellung	0	0	0
Body Condition Score 5	+	+	+	Schulter: Alopezie	+	0	0
Haarkleid 1	+	+	+	Schulter: Hautläsion	+	0	0
Abnormale Atmung 1	+	+	+	Schulter: tiefe Wunde	+	0	0
Geschwollene Gliedmaßen 1	-	-	-	Schulter: Schwellung	+	0	0
Augenausfluss 1	+	+	+	Hufzustand 1	+	-	-
Nasenausfluss 1	0	+	+	Hufzustand 2	+	-	-

4 Fazit

Insgesamt sind die Horse Grimace Scale, geschwollene Gliedmaßen sowie Verhaltenstests eher ungeeignet und vorerst nicht empfehlenswert zur Nutzung im Rahmen einer Tierwohlbeurteilung. Der Body Condition Score sollte palpatorisch abgesichert werden. Kotkonsistenz und Hufzustand waren in dieser Studie offenbar eher nur Probleme von kurzer Dauer. Es konnte eine Vielzahl geeigneter tierbezogener Indikatoren identifiziert werden. Weiterhin ist die Unterteilung der Protokolle zuverlässig und praktikabel. Somit kann aus den Ergebnissen dieser Studie eine wissenschaftlich überprüfte, valide und zuverlässige Empfehlung für die Tierwohlbeurteilung pferdehaltender Betriebe und für die betriebliche Eigenkontrolle abgeleitet werden.

Literatur

- AWIN (2015): AWIN welfare assessment protocol for horses. 10.13130/AWIN_HORSES_2015
- Czycholl, I.; Büttner, K.; Klingbeil, P.; Krieter, J. (2018): An Indication of Reliability of the Two-Level Approach of the AWIN Welfare Assessment Protocol for Horses. Animals 8(1), p. 7
- Czycholl, I.; Klingbeil, P.; Krieter, J. (2019a): Interobserver reliability of the AWIN welfare assessment protocol for horses. Journal of Equine Veterinary Science
- Czycholl, I.; Nietfeld, S.; Straßburg, C.; Krieter, J. (2019b): Reliability of different behavioural tests for growing pigs on-farm. Applied animal behaviour science
- Dalla Costa, E.; Dai, F.; Lebelt, D.; Scholz, P.; Barbieri, S.; Canali, E.; Minero, M. (2017): Initial outcomes of a harmonized approach to collect welfare data in sport and leisure horses. animal 11(2), 254–260
- de Vet, H. C. W.; Terwee, C. B.; Knol, D. L.; Bouter, L. M. (2006): When to use agreement versus reliability measures. Journal of Clinical Epidemiology 59(10), 1033–1039
- Knierim, U.; Winckler, C. (2009): On-farm welfare assessment in cattle. validity, reliability and feasibility issues and future perspectives with special regard to the Welfare Quality® approach. Animal Welfare 18(4), 451–458
- KTBL (Ed.) (2014): Tiergerechtheit bewerten. Darmstadt
- KTBL (Ed.) (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis-Schwein. Darmstadt Martin, P.; Bateson, P. (2007): Measuring Behaviour. An introductory guide. Cambridge, 3rd ed. S.A.S. Institute (2008): SAS/STAT 9.2. User's Guide. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

Danksagung

Die Finanzierung erfolgt dankenswerterweise durch die H.-W. Schaumann Stiftung.

Liegeverhalten von Jungvieh in verschiedenen Hochboxen

Lying behavior of young cattle in different cubicles with soft lying mats

MONIKA KRAUSE¹, PHILIPP EICHER¹, ANNABELLE SCHUGT¹, UWE EILERS², FVA GALLMANN¹

Zusammenfassung

Auf zwei Betrieben wurden die Größe und die Eignung der Liegeboxen für Jungvieh unterschiedlichen Alters untersucht. In jedem Betrieb gab es zwei verschiedene Liegeboxentypen, die unterschiedlich gut geeignet waren. Betrieb 1, Gruppe 1 hatte keine störenden Stangen, gute Abmessungen, nur eine zu lange Liegefläche, welche zu Verschmutzungen führte. Gruppe 2 hatte eine für dieses Alter und Gewicht suboptimale Liegebox. Die Liegelänge war für mehr als die Hälfte der Tiere zu kurz. Ein "Nasenriegel" in 30 cm Höhe und eine hohe Bugschwelle behinderten die Aufstehvorgänge stark. In Betrieb 2 (Gruppen 3 und 4) waren die Liegeboxen etwas zu schmal für die relativ alten Tiere, die Liegelänge passend bis leicht zu lang. In Gruppe 3 störte ebenfalls ein "Nasenriegel" beim Aufstehen.

Grundsätzlich – auch auf vielen anderen Betrieben – sollte das Jungvieh schneller in die nächste Bucht mit den dem Alter bzw. der Größe angemessenen größeren Liegeboxen umgestallt werden. Ein "Nasenriegel" darf nicht vorhanden sein.

Summary

On two farms, the size and suitability of cubicles were tested for young cattle with different age. Both farms have two different types of cubicles with soft lying mats. They were not equally well suited. Farm 1, Group 1 had no disturbing bars, good dimensions, just a lying length that was too long, which led to contamination with excrement. Group 2 had a suboptimal cubicle for this age and weight. The lying length was too short for more than half of the animals. A "nose bar" in 30 cm height severely hindered the cattle in standing up. The cubicles of farm 2 (groups 3 and 4) were a little bit too small in the width for these cubicles relatively old animals, but the lying length was appropriate, or even a bit too long. In group 3 a "nose bar" disturbed the cattle in standing up as well.

Basically – also on many other farms – the young cattle should be moved sooner into the next pen appropriate for age or size with the larger cubicles. A "nose bar" must not be present.

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; monika.krause@uni-hohenheim.de

² Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

1 Einleitung und Zielsetzung

Für die Abmessungen von Liegeboxen bei Jungvieh gibt es zahlreiche Empfehlungswerte (Tab. 1). Diese orientieren sich vorwiegend am Alter der Tiere, welches einer Gewichtsspanne zugeordnet wird. Wandständige Liegeboxen werden 10–20 cm länger als gegenständige ausgewiesen. Rassenspezifische Unterschiede sowie eine Unterscheidung in Tief- und Hochboxen werden selten berücksichtigt. Eine Hochbox ist meistens um die 10–15 cm breite Streuschwelle kürzer als eine Tiefbox (Jungbluth et al. 2017).

Tab. 1: Übersicht über Liegeboxenmaße (ALB-Bayern 2014a, 2016, Almesbach 2017, Beerepoot 2017, DLG 2016, Heidenreich 2006, Krumm 2011, Kunz 2013, LAZBW 2015, 2018, LAVES 2007, LWK NRW 2016, TLL 2016)

Tah	1.	View	of a	suhic	ء'ما	dim	ension
iao.	1.	view	OIC	cuoic	ie s	aime	ension

Davanahmassungan	Alter des Jungviehs in Monate				
Boxenabmessungen	10/11	16	21/22		
Länge Wandbox in cm	180-220	200-230	220-260		
Länge gegenständige Box in cm	170-190	190-210	205-240		
Liegelänge in cm	140-150	150-160	160-175		
Liegebreite in cm	85-105	90-110	110-120		

Entscheidender ist jedoch die Liegelänge, die mit einer niedrigen Bugschwelle vom Kopfraum getrennt wird (Abb. 1 links). Dieser Kopfschwung ist bei Jungvieh oft durch zusätzliche Stangen "verbaut" (Abb. 1 rechts). Sie sollen die Rinder am Durchschlupfen hindern, aber sie verhindern dadurch einen artgerechten Kopfschwung zum Aufstehen (Jungbluth et al. 2017). Für die Liegebreite wird das Achsmaß der Liegeboxen unterstellt.

Ziel war es, die Größe und die Eignung der Liegeboxen für Jungvieh unterschiedlichen Alters unter Praxisbedingungen zu untersuchen.

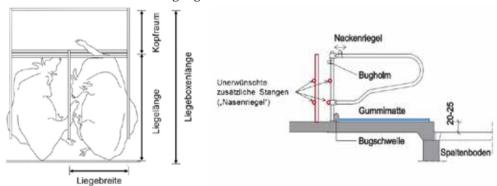


Abb. 1: Links: Definitionen von Liegeboxenlänge, Kopfraum, Liegelänge und Liegebreite; rechts: Seitenansicht einer Hochbox mit zusätzlichen, nicht erwünschten Stangen (ALB-Bayern 2014b, verändert) Fig. 1: Left: definition of cubicle total length, room for the head, lying length and lying width; right: side view of a cubicle with soft lying mat and added, undesirable bars (ALB-Bayern 2014b, modified)

2 Material und Methode

Im Rahmen von zwei Abschlussarbeiten wurde auf zwei Betrieben bei Jungvieh unterschiedlichen Alters Aufsteh- und Abliegevorgänge sowie die Nutzung der Liegebox beobachtet. Es handelte sich um Hochboxen, die sich hinsichtlich Abmessungen, Seitenabtrennungen und "zusätzlichen Stangen" (Nasenriegel) unterschieden. Die Verhaltensanalysen wurden mittels Videobeobachtungen durchgeführt. In die Auswertung kamen alle Aufsteh- und Abliegevorgänge sowie eine einmalige Beurteilung der Liegeposition in Bezug auf die Boxenfläche.

Im ersten Betrieb wurden zwei Gruppen mit Fleckviehrindern jeweils eine Woche lang von 6:00 bis 18:00 Uhr (03.–09.04.2017; 10.–18.04.2017) beobachtet. Diese Tiere wurden innerhalb ihrer Gruppe entweder in drei Alters- (jung, mittel, alt) oder drei Gewichtsgruppen (leicht, mittel, schwer) eingeteilt.

Im zweiten Betrieb wurde Jungvieh der Rasse Deutsch Holstein (insgesamt 21 Tiere) in zwei Liegeboxentypen für die beiden Altersgruppen 24 Stunden lang über 53 Tage (27.11.2018–22.01.2019) beobachtet. Aufgrund der Videokamerapositionen konnten nur die Hälfte der Liegeboxen, die Wandboxen zur Außenwand hin, ausgewertet werden. Die Abmessungen der verschiedenen Liegeboxen sowie die Daten des Jungviehs zeigt Tabelle 2.

Tab. 2: Abmessungen der verschiedenen Liegeboxen und Tierdaten Tab. 2: Sizes of different cubicles with soft lying mats and data of animals

	Beti	rieb 1	Betrieb 2			
	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4		
Boxenabmessungen						
Liegeboxenlänge in cm	259	259	200	235		
Liegelänge in cm	177	165	150	160		
Liegebreite in cm	101	108	90	100		
Bugschwellenhöhe in cm	11	20	10-12	10-12		
Tierdaten						
Rasse	Fleckvieh	Fleckvieh	Deutsch Holstein	Deutsch Holstein		
Alter in Monate	11-16	14-21	10-16	16-22		
Gewicht in kg LG	334-507	420-601	318-492	421-554		
Anzahl Tiere	21	26	10	11		

3 Ergebnisse und Diskussion

Um die Ausnutzung der Liegelänge zu bestimmen, wurden der Abstand des liegenden Tieres zur Bugschwelle und zum Ende der Liegeboxen bestimmt. Liegen die Tiere nicht an der Bugschwelle kann es im Extremfall zum Liegen mit der Hinterhand auf dem Laufgang kommen. In Betrieb 1 Gruppe 1 wurden 891 Liegeperioden ausgewertet. Durch den Anbringungsort der Kameras konnten 2/3 der Liegeperioden nicht ausgewertet werden. Aber bei 24,9 % der Liegeperioden lagen die Rinder nahe an der Bugschwelle. Im Vergleich dazu lagen knapp 34 % der Tiere aus Gruppe 2 direkt an der Bugschwelle (n = 1.015 Liegeperioden, 57 % nicht sichtbar).

Beim Abstand des Jungviehs zum Liegeboxenende zeigte sich, dass in Gruppe 1 nur 9,4 % der Tiere mit ihrer Hinterhand über das Ende der Hochbox hinausragten. Knapp 50 % dagegen hatte im hinteren Teil der Liegebox noch (viel) Platz. Bei Gruppe 2 ragten in knapp 50 % der Fälle die Hinterhand über das Ende der Liegebox hinaus und bei 43,5 % passte die Liegelänge genau zur Größe der Tiere. Werden die Rinder statt nach Alter nach Gewicht sortiert, so wird deutlich, dass je schwerer die Tiere werden, desto weniger ist die Liegelänge ausreichend (Abb. 2).

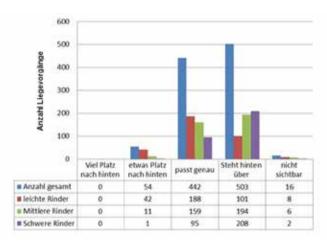


Abb. 2: Gruppe 2: Abstand der liegenden Körper zum Liegeboxenende in Abhängigkeit vom Lebendqewicht (© Schuqt)

Fig. 2: Group 2: distance between lying body and cubicle's end depending on the live weight (© Schugt)

Das suboptimale Ergebnis der Liegelänge in Gruppe 2 lässt sich einerseits durch die kürzere Liegelänge in Vergleich zu Gruppe 1 erklären, andererseits wurden die Tiere deutlich länger als für das Tieralter vorgesehen in dieser Bucht gehalten.

In Gruppe 1 wurden 826 Aufstehvorgänge beobachtet, davon wurden 72 % ohne sichtbare Beeinträchtigungen klassifiziert. In Gruppe 2 waren es 950 Aufstehvorgänge, aber nur 62 % ohne Beeinträchtigung. In Gruppe 1 wurden 14 % der Aufstehvorgänge durch andere Rinder veranlasst, in Gruppe 2 nur 7 %. Probleme mit dem Kopfschwung hatten 7 % der Tiere in Gruppe 1, aber 21 % in Gruppe 2.

Die Probleme mit dem Kopfschwung ließen sich einerseits auf einen "Nasenriegel" und andererseits auf die Bugschwelle zurückführen. Letztere bestand aus einem 20 cm Hartplastikrohr, sie war damit zu hoch und konnte nicht nachgeben (Jungbluth et al. 2017). Eine Stange zur Stabilisierung der Liegeboxen war als "Nasenriegel" auf 30 cm Höhe und 15 cm vor der Bugschwelle montiert, sodass der Raum nach vorne-unten nicht für den Kopfschwung zum Aufstehen genutzt werden konnte.

Auf Betrieb 2 wurde das Jungvieh (Gruppen 3 und 4) bisher auf Tiefstreu und im Sommer auf der Weide gehalten, d. h. sie kannten keine Liegeboxen als sie im Spätherbst eingestallt wurden.

In Gruppe 3 wurden die Liegeboxen von Beginn an sehr gut angenommen, sodass es gegen Beobachtungsende kein Liegen auf dem Laufgang mehr gab. Insgesamt 947 Liegeperioden in den Liegeboxen konnten bewertet werden. Bei 23 % der beobachteten Liegeperioden passten die Rinder gut in die vorhandenen Liegeboxen, bei 50 % waren die Boxen zu eng, bei den restlichen 27 % viel zu eng. Eine Liegebox am Ende der Reihe wurde deshalb von einigen Rindern komplett gemieden.

In Gruppe 4 wurden 190 Liegeperioden ausgewertet, auch hier wurden die Liegeboxen mit der Zeit von den Rindern besser angenommen. Die niedrige Anzahl Liegeperioden lässt sich einerseits auf mehr Liegeereignisse auf dem Laufgang und andererseits auf die geringe Anzahl Boxen, die beobachtet werden konnten, zurückführen. Die Liegeboxenlänge war für 90 % der Liegeperioden passend, bei den restlichen zu lang. Auch hier war die Liegebreite nur bei 56 % der Liegeperioden passend, bei 44 % war sie zu eng. Eine der Endboxen wurde ebenfalls gemieden.

Die vergleichsweise schmalen Liegeboxen in Betrieb 2 wurden beim Stallumbau gewünscht, weil sich das Jungvieh vorher in sehr breiten Liegeboxen verkehrt herum hineingelegt hatte. Diese Breitenmaße entsprechen dem unteren Ende der Empfehlungen (Tab. 1). Gleichzeitig wurden auch in Betrieb 2 die Rinder deutlich länger als für das Alter bzw. die Größe vorgesehen in den Buchten gehalten.

In Gruppe 3 gab es größere Probleme mit einem kurzen Kopfraum, in dem ein Nasenriegel in Höhe von 24 cm und 35 cm vor der Bugschwelle platziert war. Viele Rinder führten deshalb ihren Kopfschwung in die benachbarte Box aus.

In allen Gruppen (1–4) beider Betriebe wurde das Jungvieh deutlich länger in den einzelnen Buchten gehalten, als beim Stallbau geplant war. Gründe für das längere Halten des Jungviehs in den einzelnen Buchten sind entweder zu viele Tiere in den nächsten Buchten, sodass ein Umstallen nicht erfolgen konnte, oder eine nicht erfolgreiche bzw. nicht termingerechte Belegung des Jungviehs. So wurden theoretisch für die definierten Altersgruppen ausreichend große, den Empfehlungen entsprechende Liegelängen (Abb. 3 oben) und -breite (Abb. 3 unten), durch die zu lange Nutzung zu Liegeboxen mit unzureichenden Abmessungen.

Grundsätzlich – auch auf vielen anderen Betrieben – sollte das Jungvieh zeitiger, dem Alter und der Größe angemessen in die nächste Bucht mit größeren Liegeboxen umgestallt werden. Ein "Nasenriegel" darf nicht vorhanden sein.

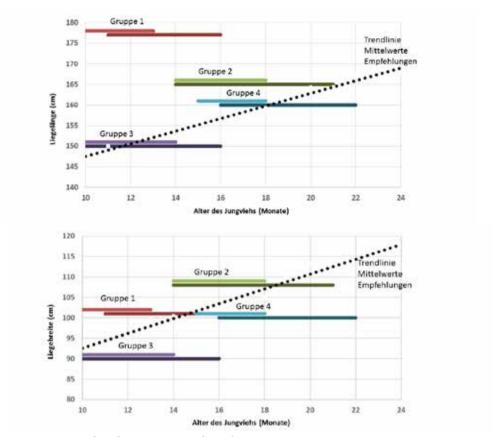


Abb. 3: Liegelänge (oben) und Liegebreite (unten) der Liegeboxen; oberer Balken – Alter der Tiere bei Stallplanung, unterer Balken – Alter der Tiere bei Beobachtung in jeweiliger Liegebox (© Krause) Fig. 3: Cubicle lying length (above) and width (below); upper bar – age of the animals in livestock buildings planning, lower bar – age of the animals at observation in respective cubicles (© Krause)

Literatur

ALB-Bayern (2014a): Planungsdaten für die Rinderhaltung. 02.02.01, Nov. 2014

ALB-Bayern (2014b): Liegeboxen für Kühe und Jungrinder. 02.03.15, Dez. 2014

ALB-Bayern (2016): Gruppenhaltung von Jungrindern im Außenklimastall. 02.05.03, Nov. 2016

Almesbach (2017): Wellness-Stall für Jungrinder. Top agrar südplus, Nov. 2017, S. 34-36

Beerepoot (2017): Maße für Jungvieh. http://www.beerepootagri.com/documenten/Liegebox-abtrennungen.pdf, Zugriff am 01.04.2019

DLG (2016): Kälber- und Jungviehaufzucht – Grundstein erfolgreicher Milcherzeugung. Bd. 203

Heidenreich, T. (2006): Stallbau für Jungrinder. https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Heidenreich_081208.pdf, Zugriff am 01.04.2019

- Jungbluth, T.; Büscher, W.; Krause, M. (2017): Technik Tierhaltung. UTB 2641, Ulmer Verlag, Stuttgart, 2. Aufl.
- Krumm, C. (2011): Betten machen im Bereich Färsenhaltung. Dlz primus Rind, Okt. 2011, S. 18–21
- Kunz, H.-J. (2013): Haltungsverfahren für Jungrinder. In: Kälber- und Jungviehhaltung, Aufzucht und Mast. BauBrief Landwirtschaft 52, S. 83–87
- LAVES (2007): Tierschutzleitlinie für die Milchkuhhaltung. https://www.laves.niedersachsen. de/tiere/tierschutz/tierhaltung/niedersaechsische-tierschutzleitlinien-zur-milchkuhhaltung-73337.html, Zugriff am 01.04.2019
- LAZBW (2018): Planungshilfen für den Rinder-Stallbau. Stand: 21.06.2018. http://www.lazbw.de/pb/,Lde/Startseite/Themen/Allgemein, Zugriff am 01.04.2019
- LAZBW (2015): Planungshilfen für den Rinder-Stallbau. Stand: 06.02.2015, http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lazbw_rh/pdf/p/Planungshilfen%20Rinder_Stallbau.pdf, Zugriff am 01.04.2019
- LWK NRW (2012): Kälber haben andere Ansprüche als Jungrinder. https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/technik/pdf/tabellen-kaelberansprueche.pdf, Zugriff 01.04.2019
- TLL (2016): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Jungrinderaufzucht. http://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll_jungrinder.pdf, Zugriff am 01.04.2019

Landwirtschaftliche Gebäude in Holzbauweise ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz gemäß DIN 68800

Agricultural timber buildings without preventive chemical wood preservation according to DIN 68800

FERDINAND OBERHARDT, JOCHEN SIMON

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof. Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; ferdinand.oberhardt@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Holz spielt im landwirtschaftlichen Bauwesen eine wichtige Rolle. Als organisches Material muss es vor Schadorganismen geschützt werden, um die Tragsicherheit und Dauerhaftigkeit zu gewährleisten. Gemäß DIN 68800-1 ist die Fichte, eine der im landwirtschaftlichen Bauen hauptsächlich verwendeten Holzarten, für den Einsatz in der Gebrauchsklasse (GK) 1 (oder höher) zunächst jedoch nicht ohne zusätzliche chemische Holzschutzmaßnahmen geeignet. Ziel dieses Projektes war es deshalb, über ein Klima- und Holzfeuchte-Monitoring des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion der TUM, die Gebrauchsbedingungen für Holzkonstruktionen typischer landwirtschaftlicher Nutzgebäude zu erfassen. Darauf aufbauend wurde ein Leitfaden im Range eines Einzelnachweises entwickelt, in dem typische Feuchtequellen, z.B. aus dem Einfluss des Außenklimas, der Tier- bzw. Lagerhaltung oder der eingesetzten Technik, erfasst und in Gebäudegrundrissen und -schnitten dargestellt werden. Diese werden durch konstruktive Details zur Erreichung der GK 0 für die Fichte ergänzt.

Summary

Timber plays an important role in farm building. As an organic material, timber must be protected from harmful organisms in order to ensure structural safety and durability. According to the DIN 68800-1 standard, spruce, one of the most common kinds of construction timber in farm building, is not suitable for use in category GK 1 or higher without taking additional chemical wood preservation measures. The goal of this project was therefore to record the ambient conditions for wooden constructions of typical agricultural buildings based on climate and wood moisture monitoring carried out at TUM. Based on this information, guidelines in the form of a documentation of this model case were developed, in which typical moisture sources, e.g. those due to the outdoor climate, animal husbandry, storage or the technical equipment used, were recorded and shown in ground plans and sections of buildings. They are supplemented by constructional details to aid in attaining use class GK 0 for spruce.

1 Einleitung

Holz hat im landwirtschaftlichen Bauwesen als Baustoff für Tragwerke, Wand-, Deckenund Dachbekleidungen sowie für Stalleinrichtungen eine große Bedeutung. Es wird vom nicht formatierten Vollholz bei der Rundholzbauweise (einfache Unterstellhallen) bis hin zum Brettschichtholzträger für weitgespannte Tragwerke im Ingenieurholzbau (Maschinen-, Lager-, Reithallen, Stallanlagen) eingesetzt. Holz ist als Werkstoff sehr leistungsfähig und besitzt bauphysikalische Eigenschaften die, insbesondere in der Nutzierhaltung, eine immer größere Rolle spielen (u. a. bezüglich des sommerlichen Hitzeschutzes). Es ist der einzige Baustoff, der in großen Mengen nachwächst und vielen landwirtschaftlichen Betrieben im eigenen Wald zur Verfügung steht.

2 Grundlagen

Bei der konstruktiven Verwendung von Holz ist zu beachten, dass es sich um ein organisches, hygroskopisches Material handelt, dessen Bestandteile holzzerstörenden Organismen (Pilze, Insekten) als Nahrungsgrundlage dienen.

Um den Befall durch holzzerstörende Organismen zu vermeiden, ist in erster Linie ein ausreichender Schutz vor unzuträglichem Feuchteeintrag und holzzerstörenden Insekten erforderlich. Die DIN 68800-1 unterscheidet dazu unter Ziffer 5 ff. sogenannte Gebrauchsklassen (GK). Für die Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse sind die Holzfeuchte im Gebrauchszustand und die allgemeinen Gebrauchsbedingungen entscheidend (Tab. 1). Die Zuordnung zu einer Gebrauchsklasse lässt sich durch bauliche Maßnahmen nach DIN 68800-2 beeinflussen. In der Norm wird zwischen grundsätzlichen baulichen Maßnahmen unterschieden, die bei Bauteilen aus Holz oder Holzwerkstoffen in jedem Fall vorzunehmen sind, und besonderen baulichen Maßnahmen, die es ermöglichen, Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen in die GK 0 einzustufen, wenn die grundsätzlichen baulichen Maßnahmen alleine nicht ausreichen.

Voraussetzung für das Wachstum holzzerstörender Pilze sind lokale Holzfeuchten über dem Fasersättigungsbereich (bei den gebräuchlichen Nadelholzarten der gemäßigten Klimazone u ≈ 30 %, bei heimischen Laubhölzern u ≈ 23 % – deshalb begrenzt die DIN 68800 den Wert aus Sicherheitsgründen auf u ≤ 20 %). Dazu kommen bestimmte Temperatur-, Licht- und Sauerstoffbedingungen sowie pH-Werte. Konstruktive Maßnahmen zum Schutz vor Pilzbefall sind dementsprechend auf einen Schutz vor unzulässiger Feuchte ausgerichtet. Insekten können Holz auch bei geringerer Feuchte befallen. Konstruktive Maßnahmen zum Schutz vor holzzerstörenden Insekten basieren meist auf einer Verhinderung des Zugangs. Eine wichtige Maßnahme zum Schutz vor holzzerstörenden Insekten besteht im Einsatz von Bauteilen aus technisch getrocknetem Holz (erheblich reduziertes Nährstoffangebot, reduzierter Anteil Käfer anlockender ätherischer Öle und niedrigere Holzfeuchte im Vergleich zu unbehandeltem Holz; Marutzky et al. 2013), der vor dem Hintergrund der geringeren Ansprüche an landwirtschaftliche Nutzgebäude von den Autoren empfohlen wird.

Tab. 1: Gebrauchsklassen (GK) und Beispiele für Einbausituationen und anwendbare Holzarten (nach DIN 68800-1, Tabelle 1 – Gebrauchsklassen (GK) (LfL, TUM 2019))

Tab. 1: Use classes (GK) and examples for installation situations and applicable types of wood (based on DIN 68800-1, Tabelle 1 – Gebrauchsklassen (GK) (LfL, TUM 2019))

GK	Holzfeuchte / Exposition ^{a) b)}	Allgemeine Gebrauchsbedingungen	Beispiele für die Zuordnung zu einer Gebrauchsklasse ¹⁾	In- sekten	Pilze ^{c)}	Moder- fäule	Beispiele Holzarten (Kernholz) ¹⁾
1	2	3	ergänzt ¹⁾	4	5	62	ergänzt ¹⁾
0	trocken (ständig ≤ 20 %) mittlere relative Luft- feuchte bis 85 % ^{d)}	Holz oder Holzprodukt unter Dach, nicht der Bewitterung und keiner Befeuchtung ausgesetzt, die Gefahr von Bauschäden durch Insekten kann entsprechend 5.2.1 ausge- schlossen werden	- sichtbar bleibende Hölzer in Räumen mit üblichem Wohnklima oder vergleichbaren Räumen - allseitig insektendicht abgedeckte Holzbauteile oder Holzbauteile zum Raum hin so offen angeordnet, dass sie kontrollierbar bleiben, inkl. Hinweisschild auf die Notwendigkeit einer regelmäßigen Kontrolle	nein	nein	nein	z.B. Fichte, Buche, Kiefer ff.
1	trocken (ständig ≤ 20 %) mittlere relative Luft- feuchte bis 85 % ^{d)}	Holz oder Holzprodukt unter Dach, nicht der Bewitterung und keiner Befeuchtung ausgesetzt	 nicht insektendicht bekleidete Balken, soweit unter GK O genanntes nicht zutrifft Sparren/ Pfetten in unbeheizten Dachstühlen, soweit unter GK O genanntes nicht zutrifft 	ja	nein	nein	Kiefer, Lärche, Douglasie, Eiche
2	gelegentlich feucht (> 20 %) mittlere relative Luft- feuchte über 85 % ^{d)} oder zeitweise Befeuchtung durch Kondensation	Holz oder Holzprodukt unter Dach, nicht der Bewitterung ausgesetzt, eine hohe Umgebungsfeuchte kann zu gelegentlicher, aber nicht dauernder Befeuchtung führen		ja	ja	nein	Kiefer, Lärche, Douglasie, Eiche
3.1	gelegentlich feucht (> 20 %) Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, nicht zu erwarten	Holz oder Holzprodukt nicht unter Dach, mit Bewitterung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, ist auf- grund von rascher Rücktrocknung nicht zu erwarten	- bewitterte Stützen mit ausreichendem Bodenabstand - Zaunlatten	ja	ja	nein	Lärche, Douglasie, Eiche
3.2	häufig feucht (> 20 %) Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, zu erwarten	Holz oder Holzprodukt nicht unter Dach, mit Bewitterung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, zu erwarten ^{e)}	- bewitterte horizontale Handläufe - bewitterte Balkonbalken	ja	ja	nein	Eiche
4	vorwiegend bis ständig feucht (> 20 %)	Holz oder Holzprodukt in Kontakt mit Erde oder Süßwasser und sobei mäßiger bis starker ^{fj} Beanspruchung vorwiegend bis ständig einer Befeuchtung ausgesetzt	- Zaunpfosten	ja	ja	ja	Teak
5	ständig feucht (> 20 %)	Holz oder Holzprodukt, ständig Meerwasser ausgesetzt	- Stege - Schiffsanlegestellen	ja	ja	ja	Bongossi

a) Die Begriffe "gelegentlich", "häufig", "vorwiegend" und "ständig" zeigen eine zunehmende Beanspruchung an, ohne dass hierfür wegen der sehr unterschiedlichen Einflussgrößen genaue Zahlenangaben möglich sind.

b) Der Wert von 20 % enthält eine Sicherheitsmarge (siehe 4.2.2, Anmerkung 1). Kapitelhinweise sind aus DIN 68800-1, Tabelle 1 - Gebrauchsklasse (GK) übernommen und beziehen sich somit auf die DIN 68800-1.

c) Holz zerstörende Basidiomyzeten (siehe 4.2.2, Anmerkung 2) sowie Holz verfärbende Pilze (siehe 4.2.3). Kapitelhinweise sind aus DIN 68800-1, Tabelle 1 – Gebrauchs-klasse (GK) übernommen und beziehen sich somit auf die DIN 68800-1.

d) Maßgebend für die Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse ist die jeweilige Holzfeuchte.

e) Bauteile, bei denen über mehrere Monate Ablagerungen von Schmutz, Erde, Laub u.Ä. zu erwarten sind sowie Bauteile mit besonderer Beanspruchung, z.B. durch Spritzwasser, sind in GK 4 einzustufen.

fl "Mäßige" bzw. "starke" Beanspruchung bezieht sich auf das Gefährdungspotential für einen Pilzbefall (Feuchteverhältnisse, Bodenbeschaffenheit) sowie die Intensität einer Auswaschbeanspruchung.

¹⁾ Farbig bzw. kursiv gekennzeichnete Textteile sind gegenüber DIN 68800-1, Tabelle 5.1.4 ergänzt.

3 Feuchtequellen in landwirtschaftlichen Nutzgebäuden

Für Landwirte als Nutzer, Berater, Planer und ausführende Firmen von landwirtschaftlichen Nutzgebäuden in Holzbauweise ist es hinsichtlich der Gefährdung des organischen Materials Holz durch Schadorganismen (Pilze, Insekten) und der damit im Zusammenhang stehenden zulässigen Bauteilfeuchten notwendig, die Umgebungsbedingungen und die Einbausituation der konstruktiven Bauteile bzgl. der Exposition gegenüber den typischen Feuchtequellen der jeweiligen Bauweise und Nutzung zu kennen.

Äußere Feuchtequellen ergeben sich zum einen aus der relativen Luftfeuchtigkeit, die durch die offene Bauweise von Stallanlagen (Außenklimaställe) bzw. durch Lager- und Maschinenhallen und den daraus resultierenden Luftwechsel in das Gebäude gelangt, zum anderen aus der direkten Bewitterung konstruktiver Holzbauteile. Aufsteigende Baufeuchte aus Betonbauteilen, wie Fundamenten, Bodenplatten, Sockeln oder Stützenfüßen, tritt auch nach dem Austrocknen der Bauteile auf, da die Anlagen in der Regel ohne Unterkellerung ausgeführt und damit keine Sperrschichten eingebaut werden. Um eine dauerhafte Durchfeuchtung auszuschließen, ist eine konstruktive Entkopplung notwendig.

Innere Feuchtequellen ergeben sich bei Stallanlagen in erster Linie durch die gehaltenen Tiere. Diese bringen Feuchtigkeit durch physiologische Vorgänge (Atmen, Schwitzen), Ausscheidungen (Kot, Harn) und verspritztes Wasser (Tränkenutzung) ein. Hinzu kommen verfahrenstechnisch bedingte Feuchtequellen. Neben Tränken können auch technische Anlagen eine Feuchtequelle darstellen. So bildet sich z.B. bei automatischen Melksystemen durch die kontinuierliche Reinigung des Melkzeugs nach jedem Melkdurchgang ein ständiger Sprühnebel. Kuh- und Sauenduschen sorgen für einen zusätzlichen Feuchteeintrag. Bei Lagerhallen wird Feuchte oft mit dem Lagergut eingebracht oder entsteht im Zuge eines konditionierten Innenraumklimas (z.B. bei Kartoffellagerhallen).

Um Planungssicherheit zu erlangen, wurden im Rahmen eines zweijährigen Monitorings durch den Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der TUM Holzfeuchten, Innen- und Außenklimadaten für 13 charakteristische Gebäude mit landwirtschaftlicher Nutzung erfasst. Im Einzelnen waren dies sechs Rinderställe, ein Schweinestall, zwei Geflügelställe sowie je eine Mineraldünger-, Kartoffel- und Hackschnitzel-Lagerhalle. Dazu eine Heutrocknungs- bzw. Heulagerhalle. Die Messstellen für die Holzfeuchten befanden sich in allen Objekten in tragenden Holzbauteilen (Stützen, Bindern) in zwei bis vier verschiedenen Tiefen (15, 25, 40 und 70 mm) des jeweiligen Bauteils (Jiang et al. 2018). Die so erfassten Daten wurden mit den in der Norm vorgegebenen Bedingungen und zusätzlich mit dem Holzzerstörungsmodel nach Viitanen und Ritschkoff (1991) und dem vereinfachten, ingenieurmäßigen Ansatz nach Kehl (2013) abgeglichen. Für die evaluierten Objekte konnte der Nachweis erbracht werden, dass bei Beachtung der Regeln des konstruktiven Holzschutzes gemäß DIN 68800-2 zumeist eine Einordnung der Bauteile in GK 0 möglich ist.

Je nach Wirkung der äußeren und inneren Feuchtequellen wird in globale und lokale Randbedingungen unterschieden. Global wirkt z.B. das konditionierte Innenklima eines Kartoffellagers. Da hier Luftfeuchten von über 95 % bei Temperaturen von rund 7° C für die gesamte Halle herrschen, muss in diesem Fall auf Holzarten mit hoher natürlicher

Dauerhaftigkeit (z.B. Kernholz Eiche) zurückgegriffen werden. Lokale Randbedingungen betreffen in der Tierhaltung beispielsweise einzelne tragende Bauteile, die sich in unmittelbarer Nähe von Melktechnik oder Tränken befinden oder von feuchter, durch Ventilatoren bewegter Luft angeströmte Stützen. Auch Lagergut, welches direkt an tragenden Bauteilen anliegt, kann zu einer lokalen Erhöhung der Holzfeuchte führen. Eine der möglichen Maßnahmen ist hier eine nach der Feuchtequelle ausgerichtete Bekleidung des Bauteils.

4 Inhalte und Aufhau des Leitfadens

Auf diesen Untersuchungen und Erkenntnissen aufbauend, wurde für die o.g. Zielgruppe ein Leitfaden erarbeitet. Neben den Grundlagen des Holzbaus gemäß DIN 68800 werden die oben erwähnten Feuchtequellen für typische landwirtschaftliche Verfahren in der Tier- und Lagerhaltung dargestellt. Die äußeren und inneren Feuchtequellen sind in Musterplanungen (Grundrisse/Schnitte) für typische Haltungs- und Lagerverfahren (Rinder: Kälber, Jungvieh, Milchvieh, Mutterkühe, Mastbullen; Schweine: Mastschweine,

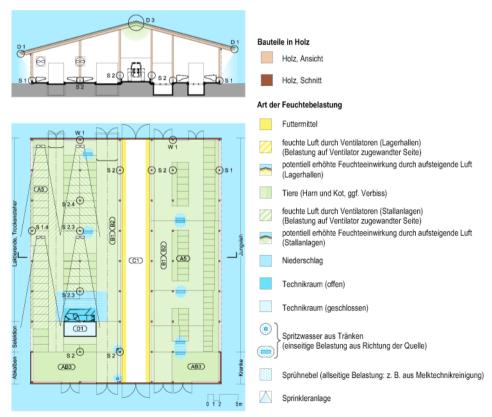


Abb. 1: Beispielgrundriss und -schnitt für einen Milchviehstall und Legende (© LfL)

Fig. 1: Example ground plan and section for dairy barn and legend (© LfL)

Zuchtsauen; Geflügel: Mastgeflügel, Legehennen; Milchschafe/-ziegen, Mastschafe/-ziegen; Pferde: Gruppenhaltung, Einzelhaltung, Reithallen; Lagerhallen: Hackschnitzel, Getreide/Düngemittel, Heutrocknung, Kartoffeln) nachgewiesen (Abb. 1). Zusätzlich sind in einer Tabelle die Besonderheiten des jeweiligen Verfahrens, samt besonderer nutzungsspezifischer Feuchtequellen, aufgelistet.

Mit dem sogenannten Maßnahmenkatalog, einer tabellarischen Handlungsanweisung, die in Abhängigkeit von der Art des Bauteils und der Feuchtebelastungen ggf. mehrere konkrete Maßnahmen vorgibt, kann die exemplarisch dargestellte Ausführung des jeweiligen Bauteils nachvollzogen sowie eigene Schlussfolgerungen gezogen werden. Für nutzungsspezifische globale Randbedingungen oder lokale Besonderheiten werden im Leitfaden konstruktive Hinweise gegeben, wie durch besondere bauliche Maßnahmen oder den Einsatz von Holzarten mit erhöhter Dauerhaftigkeit auf den Einsatz von vorbeugendem chemischen Holzschutz verzichtet werden kann. Darüber hinaus können die Anforderungen auf Varianten der dargestellten Verfahren oder andere, im Rahmen des Leitfadens nicht dargestellte Haltungsverfahren übertragen werden.

Mit den Messdaten der TUM als wissenschaftliche Grundlage dieses Leitfadens und deren Einordnung als sonstiger Nachweis im Sinne einer besonderen baulichen Maßnahme nach DIN 68800-2, steht dieser Leitfaden im Rang eines sonstigen Nachweises.

Literatur

DIN 68800-1 (2011): Holzschutz - Teil 1: Allgemeines. Beuth Verlag, Berlin

DIN 68800-2 (2012): Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau. Beuth Verlag, Berlin

- Jiang, Y.; Dietsch, P.; Oberhardt, F.; Simon, J. (2018): Landwirtschaftliche Nutzgebäude in Holzbauweise ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz (Gebrauchsklasse 0 (GK 0))
 Besondere bauliche Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München (TUM) und Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). https://www.hb.bgu.tum.de/fileadmin/w00bpc/www/04_Forschung/02_Abgeschlossene_Forschungsprojekte/2018/18_SB_Landwirtschaftliche_Nutzgebaeude.pdf, Zugriff am 01.04.2019
- Kehl, D. (2013): Feuchtetechnische Bemessung von Holzkonstruktionen nach WTA. HOLZBAU – die neue quadriga, Ausgabe 06/2013, Kastner Verlag, Wolnzach, S. 24–28
- Simon, J., Dietsch, P., Winter, S. (voraussichtlich 4. Quartal 2019): Landwirtschaftliches Bauen mit Holz Leitfaden für Beispielkonstruktionen in Gebrauchsklasse 0 nach DIN 68800-2. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising
- Marutzky, R.; Willeitner, H.; Radović, B.; Hertel, H. (2013): Holzschutz: Praxiskommentar zu DIN 68800 Teile 1 bis 4. Beuth Verlag, Berlin
- Viitanen, H.; Ritschkoff, A.-C. (1991): Brown rot decay in wooden constructions. Effect of temperature, humidity and moisture. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Report no. 222

Funktionssicherheit integrierter Laufhöfe

Functional safety of integrated exercise yards

Jochen Simon¹, Ferdinand Oberhardt¹, Bernhard Bauhofer²

Zusammenfassung

Beim Bau von Außenklimaställen steht das Tierwohl im Vordergrund. Nicht überdachte Laufhöfe gemäß EG-Öko-VO sowie den Kriterien der besonders tiergerechten Haltung (BTH) sind zwischenzeitlich fester Bestandteil zukunftsfähiger Stallanlagen. Diese geben den Tieren die Möglichkeit, sich dem direkten Außenklimareiz (Sonne, Wind, Regen und Schnee) auszusetzen. Bei einhäusigen Stallanlagen werden Laufhöfe außerhalb, bei mehrhäusigen zwischen den Teilbaukörpern angeordnet. Integrierte Laufhöfe weisen Vorteile (u. a. verringerter Investitionsbedarf) auf. Je nach Geometrie und Anordnung der Teilbaukörper kann es aber zum vermehrten Eintrag von Schnee in den Laufhof und unerwünschtem Schlagregen in angrenzende Funktionsbereiche kommen. Es wird davon ausgegangen, dass für Schlagregen der Windimpuls weit oberhalb, für Schnee die Umund Durchströmung des Gebäudes entscheidend sind. Bei den untersuchten Varianten für mehrhäusige Stallmodelle zeigen flache Dachneigungen mit großen Vordächern die geringsten Niederschlagseinträge.

Summary

Animal welfare is the main criterion for the construction of outdoor climate barns. Non-covered exercise yards have meanwhile become an established part of future-oriented animal housing. Exercise yards allow the animals to expose themselves to direct outdoor climate stimuli (sun, wind, rain, and snow). In single-house barns, exercise yards are located outside the building. In multiple-house barns, they are situated between the individual buildings. Integrated exercise yards have advantages (e.g. lower investment requirements). Depending on the geometry and the arrangement of the individual buildings, however, a larger quantity of snow may accumulate in the exercise yard, and adjoining functional areas may be affected by undesirable wind-driven rain. It is assumed that a wind impulse far above the building is decisive for wind-driven rain, whereas the decisive factor for snow is the air flow around and through the building. Among the examined variants for multiple-barn houses, roofs with a low inclination angle and large canopy roofs show the lowest precipitation input.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof. Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; jochen.simon@lfl.bayern.de
² GfA Gesellschaft für Aerophysik mbH, Aidenbachstraße 52, 81379 München

1 Einleitung

Stand der Technik bei der Errichtung von Milchviehställen ist der Außenklimastall. Vorrangig soll den Rindern aus physiologischen Gründen ein möglichst natürliches Stallklima geboten werden. Mit dem Klimawandel wird die Gebäudehülle, neben technischen Maßnahmen, als Puffer gegen den Energieeintrag aus der Sonneneinstrahlung immer wichtiger. Entscheidend sind hier Dachaufbau und Dachüberstände (Schattierung). Keinen Einfluss auf die Hitzestress-Stunden haben u.a. das Gebäudevolumen bzw. die Gebäudehöhe sowie die Ausrichtung der Baukörper (Stötzel et al. 2017). Eine verringerte Gebäudehöhe ist wiederum Kennzeichen mehrhäusiger Baulösungen mit integrierten Laufhöfen. Neben anderer Vorteile kann mit dieser Bauweise (bei Verwendung von Pultdachtragwerken) der Investitionsbedarf gegenüber klassischen einhäusigen Satteldachhallen um 25 % und mehr gesenkt werden (Simon et al. 2013).

2 Bauliche Gestaltung und Stand des Wissens zur Funktionssicherheit von nicht überdachten Laufhöfen

Die Weide gilt als ideale Haltungsform für Milchvieh. Kann diese aus betrieblichen Gründen auch halbjährlich nicht umgesetzt werden, ist allen Tieren gemäß Verordnung (EG) Nr. 834/2007 (EG-Öko-VO) ein nicht überdachter Laufhof zur Verfügung zu stellen. Seit der Förderperiode 2014 müssen auch konventionelle Betriebe einen Laufhof nach den Kriterien zur besonders tiergerechten Haltung (BTH) aufweisen. Bei einhäusigen Stallanlagen mit allen Funktionsbereichen unter einem Dach, werden nicht überdachte Laufhöfe außerhalb des Baukörpers (trauf-/giebelseitig) angeordnet. Bei mehrhäusigen Stallanlagen werden einzelne Funktionsbereiche (meist Liegen, Futtervorlage) separat überdacht. Zwischen den Teilgebäuden steht den Tieren, z.B. in Kombination mit dem Futtertisch, ein nicht überdachter Fressgang als Laufhof zur Verfügung. Bei der Bauweise der Teilgebäude werden üblicherweise Sattel- oder Pultdach-Konstruktionen umgesetzt. Bei den Satteldachlösungen werden z.B. eine große Halle mit einer untergeordneten Futtertischüberdachung kombiniert oder die Teilbaukörper annähernd gleich groß ausgeführt (MH 1). Pultdächer können satteldachförmig, also mit den Firsten (MH 2) oder als sogenanntes Schmetterlingsdach mit den Traufen zueinander (MH 3) angeordnet sein. Letzteres wurde als neue Dachform im Stallbau aus der Frage untersucht, ob daraus eine bessere Nutzung der Vordächer gegen Schlagregeneintrag erreicht werden kann.

Bezüglich des potenziellen Regen- und Schneeeintrags ist der Laufhof bei einhäusigen Stallanlagen sowohl im Sommer als auch im Winter voll bewittert. Die Funktionsbereiche unter Dach können durch Wandverschlüsse und Lichtfirste geschützt werden. Bei mehrhäusigen Stallanlagen mit Satteldachkonstruktionen (MH 1) ist es vermehrt zur Schneeansammlung auf den Laufhöfen zwischen den Teilgebäuden gekommen. Bayerische Pilotbetriebe nach Typ MH 2 (Ausrichtung Nord-Süd) in Regionen mit hohen Niederschlägen (Ø > 1.200 mm im Nahbereich der Berge) zeigen wiederum, dass der Schneeeintrag in die nicht überdachten Laufhofflächen vernachlässigt werden kann.

Gleichzeitig kann es bei widrigen Witterungsverhältnissen (z.B. Gewitterereignisse: Starkwind/hohe Niederschläge) an wenigen Tagen im Jahr zu Schlagregeneintrag in angrenzende Funktionsbereiche (Liegeboxen, Futtertisch) kommen. Zur Erreichung der notwendigen Planungssicherheit fehlten dazu bislang systematische Dauermessungen sowie abgesicherte Erklärungen aus der Gebäudeaerodynamik.

3 Grundlagen für den Witterungseintrag

Bei Windstille ist der Eintrag von Regen und Schnee in die nicht überdachten Laufhofbereiche und angrenzenden Funktionsflächen allein der Schwerkraft unterworfen (Cziesielski 1981). Die Fallgeschwindigkeit von Schneeflocken (große Oberfläche, hoher Luftwiderstand) ist mit etwa 4 km/h gegenüber mittelschwerem Regen mit ca. 20 km/h verhältnismäßig langsam. Die Schneemenge, die auf der Bodenplatte des Laufhofes ankommt, hängt von der Lage (außen- bzw. innenliegend) und bei innenliegenden Laufhöfen ggf. von thermischen Effekten (Temperaturunterschiede Stallinnen- zu Außenluft) ab.

Unter Windeinwirkung wirken zur Schwerkraft strömungsmechanische bzw. gebäudeaerodynamische Vorgänge. Es wird davon ausgegangen, dass der Eintrag von Schlagregen durch eine entsprechende seitliche Windkraft weit oberhalb des Gebäudes vorgegeben wird. Der Eintrag wird mit festen Winkeln (60° bei senkrechter Anströmung, 68° bei Anströmung über Eck) geometrisch ermittelt. Dies entspricht Angaben aus der Literatur (Frank 1973, DIN 68800 Teil 2). Dagegen wird der Schneeeintrag durch die große Windangriffsfläche, die geringe Fallgeschwindigkeit und das geringe Gewicht der Schneeflocken viel stärker von der Um- und Durchströmung des Gebäudes und den daraus resultierenden Sog- und Druckverhältnissen im nicht überdachten Bereich zwischen den Teilbaukörpern abhängen. Das sich ausbildende Strömungsfeld bzw. die sich einstellenden Winddruckverteilungen an einfachen Baukörpern zeigen im Luybereich durch Stauung der auftreffenden Luftmassen Überdruck ("D", Vorzeichen "+" bzw. rote Pfeile in Gebäude hinein). Die verdrängte Strömung löst sich an den Gebäudekanten ab und wird in einer beschleunigten Bewegung um und über das Gebäude transportiert. In Folge erhöht sich sowohl im Dachbereich als auch an den Längsseiten die Strömungsgeschwindigkeit. In der abgelösten und beschleunigten Strömung entstehen Unterdrücke bzw. "Sog" ("S", Vorzeichen "-" bzw. blaue Pfeile aus Gebäude heraus). Auf der windabgewandten Seite der Gebäude stellt sich eine Windabschwächung mit moderaten Sogwirkungen ein. Der sich im Gebäudeinnern einstellende windbedingte Innendruck ist dabei von der jeweiligen Öffnungskonfiguration (Größe, Leckagen) sowie von der Windrichtung bzw. -geschwindigkeit abhängig. Strömungsmechanische bzw. gebäudeaerodynamische Messungen gestalten sich in der Praxis vor allem aufgrund der Turbulenz der Windströmung sowie standortabhängiger Einflussparameter (Oberflächenrauigkeit, ggf. Bebauung bzw. Vegetation, Relief) äußerst schwierig oder sind nicht wiederholbar. Numerisch gestützte Rechenmodelle sind für technische Anwendungen (z.B. Automobilbau, Luftfahrttechnik) entwickelt und etabliert, für Berechnungen der Winddruckverteilung in Gebäuden dagegen sehr aufwendig und in ihrer Aussagekraft teils begrenzt. Windkanalversuche eignen sich dagegen methodisch sehr gut und werden daher zur Abschätzung des Schneeeintrags in die nicht überdachten Laufhöfe im Rahmen dieses Projektes verwendet.

3.1 Ergebnisse Schneeeintrag

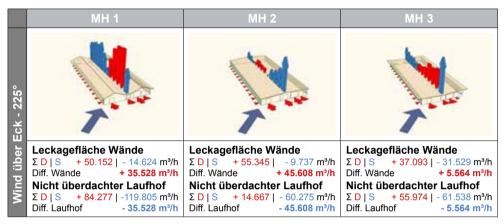


Abb. 1: Ein- und ausströmende Luft (D = Druck bzw. S = Sog) (© ILT 4c)

Fig. 1: Incoming and outgoing air (© ILT 4c)

Die Ergebnisse für die Modelle MH 1 bis 3 zeigen zunächst die ein- und ausströmende Luft für die kritische Anströmung "über Eck" (Windgeschwindigkeit 3 m/s in 10 m Höhe) und geschlossene Fassaden (Leckage-Anteil Wände ca. 3,0 %; Abb. 1). Die Werte ergeben, dass Luft im Wand- und nicht überdachten Laufhofbereich gleichzeitig ein- und ausströmt (Teilsummen für Druck und Sog). Dabei zeigt sich, dass MH 1 (20° Dachneigung) mit einem Wert von + 84.277 m³/h den höchsten Wert für Druck (= einströmende Luft) im nicht überdachten Laufhofbereich aufweist. Mit + 55.974 m³/h liegt MH 3 ähnlich hoch. Das heißt: Mit der einströmenden Luft kommt es hier partiell auch zu einem deutlich höheren Schneeeintrag. Geringen Druck im Bereich des nicht überdachten Laufhofes zeigt dagegen MH 2. Die Ergebnisse entsprechend den unter Ziffer 2 dargestellten Praxiserfahrungen hoher (MH 1) und geringer (MH 2) Schneeeinträge. Für MH 3 liegen (noch) keine Praxiserfahrungen vor.

3.2 Ergebnisse Regeneintrag

Bei den drei untersuchten mehrhäusigen Stallmodellen zeigt sich, dass die wesentlichen Einflussfaktoren für den Schlagregeneintrag die Gebäudeorientierung (Nord-Süd bzw. Ost-West), die Gebäudehöhe und die Vordächer sind (Abb. 2). Dabei ergeben sich Lage und Höhe der Vordächer aus der Dachform und Trauf- bzw. Firsthöhe. Im Lichten wurde sowohl für den Fress- als auch Laufgangbereich eine Durchfahrtshöhe von 3,40 m eingehalten (eingezeichnete Rechtecke).

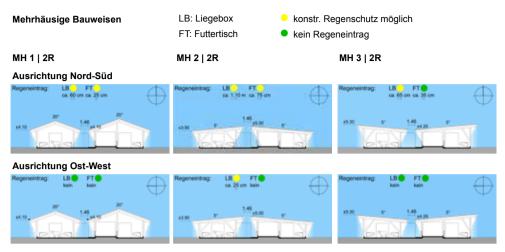


Abb. 2: Schlagregeneintrag (Gebäudeausrichtung Nord-Süd bzw. Ost-West) (© ILT 4c) Fig. 2: Impact rainfall (building orientation north-south and east-west) (© ILT 4c)

Bei allen Modellen wird davon ausgegangen, dass die Außenfassaden durch Windschutznetze, Curtains o.Ä. verschlossen, die innenliegenden Fassaden zum Fressgang jedoch offen bleiben. Dabei könnte bei einer 2- und 4-reihiger Aufstallung innenseitig vor den Liegeboxen ein Curtain montiert werden. Bei einer 3-reihigen Aufstallung ist das Anbringen eines innenliegenden Windschutzes nicht sinnvoll, da das Wandverschlussund Montagematerial dem direkten Tierkontakt ausgesetzt wären. Am Futtertisch sind Wandverschlüsse generell eher hinderlich oder könnten nicht bis in den Bodenbereich herunter geführt werden, weil sie dort für die Tiere erreichbar sind.

3.3 Teilergebnis Gebäudeausrichtung Nord-Süd

Im Ergebnis zeigt sich, dass zunächst keine mehrhäusige Variante bei Nord-Süd-Ausrichtung im Laufhofbereich und dem Zusammenspiel aus erforderlicher nicht überdachter Fläche gemäß EG-Öko-VO bzw. BTH-Kriterien, Vordächern und wirtschaftlicher Fressgangbreite sowie der innenliegenden Außenwände ohne Wandverschlüsse zu 100 % schlagregensicher ist. Durch Regenschürzen von oben oder Spritzschutzmaßnahmen von unten (z. B. lamellenartige Holzverkleidungen vor den Liegeboxen) mit geringer Bauhöhe lässt sich dies aber lösen. Nicht geschützt werden können 3-reihige Aufstallungen, bei denen der Schlagregeneintrag auf die Liegeboxen auch durch zusätzliche Maßnahmen nicht verhindert werden kann.

3.4 Teilergebnis Gebäudeausrichtung Ost-West

Bei Ost-West-Ausrichtung ist, wenn überhaupt, dann nur geringfügig mit Einträgen in die Liegeboxen zu rechnen. Dies resultiert aus der Abschwächung des Einfallwinkels durch den schrägen Regeneintrag in Abhängigkeit zur Hauptwindrichtungsverteilung. Bis auf MH 2, bei dem der Schlagregeneintrag aber mit einer abgehängten Regenschürze verhindert werden kann, schützt allein der angenommene Dachüberstand.

4 Zusammenfassung

Für die Funktionssicherheit mehrhäusiger Bauweisen bzgl. eines erhöhten Schneeeintrags auf den innenliegenden Laufhof sowie unerwünschtem Schlagregeneintrag auf angrenzende Funktionsflächen sind die Gebäudeausrichtung und -geometrie sowie die Gebäudehöhe entscheidend. Die aus der Praxis bekannten erhöhten Schneeeinträge bei mehrhäusigen Stallanlagen mit Satteldächern (MH 1) bestätigen sich mit deutlich höheren Druckwerten (z.B. bei Anströmung über Eck um das annähernd 6-Fache). Günstig für den Schneeeintrag sind dagegen flach geneigte satteldachartige Anordnungen (MH 2).

Bezüglich des Regeneintrags sind, bis auf 3-reihige Aufstallungen in Nord-Süd-Ausrichtung (= ggf. senkrechter Regen auf Traufen/Firste aus Hauptwindrichtungsverteilung), wiederum möglichst tiefliegende Traufen wie bei MH 1 und MH 3 von Vorteil. Bei satteldachartig angeordneten Pultdächern besteht für 2-reihige Aufstallungen die Möglichkeit, durch Regenabweiser gleiches zu erreichen. Letztere schützen die Liegeboxen nicht nur vor Schlagregen, sondern auch vor Verunreinigung durch den Schieber oder Tiere am Fressgang. Von Vorteil bei Regen ist die Ausrichtung der Firste nach Ost-West, da sich damit der Eintragswinkel reduziert.

Weitere Fragen in diesem Projekt werden sein, welche Dachform in schnee- und gleichzeitig regenreichen Regionen am günstigsten ist. Darüber hinaus wird in einem nächsten Schritt rechnerisch untersucht, ob durch unterschiedliche (Teil-)Öffnungsszenarien der Fassaden die Druck- und Sogverhältnisse so beeinflusst werden können, dass der Druckanteil und damit der potenzielle Schneeeintrag über die nicht überdachten Laufhofflächen minimiert werden kann (Moor 1987).

Literatur

- Cziesielski, E. (1981): Methode zur Erzeugung eines Schlagregens für die Bauteilprüfung. Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau, Stuttgart
- Frank, W. (1973): Einwirkungen von Regen und Wind auf Gebäudefassaden. Institut für Bauphysik Stuttgart der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart
- Moor, H. (1987): Physikalische Grundlagen der Gebäudeaerodynamik im Hinblick auf die Berechnung des Luftaustausches. EMPA, Dübendorf
- Simon, J; Blenk, M.; Dietl, H.; Geischeder, S.; Goblirsch, G.; Helm, S.; v. Huene, A.; Schulze, A.; Richter, K. (2013): Landwirtschaft Bauen in regionalen Kreisläufen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising, https://www.lfl.bayern.de/ilt/bauwesen/055057/index.php, Zugriff am 01.04.2019
- Stötzel, P.; Simon, J. (2017): Simulationen des Einflusses von baulichen Maßnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Milchviehställen. In: 13. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, KTBL, Darmstadt, S. 451–456

Entwicklung der technischen Architektur des "Stall 4.0"-Konzepts

Development of the Technical Architecture of the "Barn 4.0" Concept

JÖRN STUMPENHAUSEN¹, HEINZ BERNHARDT²

 Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme, Am Staudengarten 1, 85354 Freising; joern.stumpenhausen@hswt.de
 Technische Universität München (TUM), Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

Zusammenfassung

Die Forschungsinitiative "Stall 4.0" der HSWT und der TUM beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung tiergerechter und nachhaltiger Michviehhaltungssysteme mit hohem Automatisierungsgrad. In dem aktuellen Forschungsprojekt "CowEnergy" soll in Kooperation mit Partnern aus der Industrie ein On-Farm Energie-Management-System konzipiert und zur Marktreife entwickelt werden. Besondere Herausforderungen sind dabei die unterschiedlichsten technischen Gegebenheiten der Energieverbraucher im Stall sowie der Lösungen für die Energiegewinnung und die Energiespeicherung, der Datenaustausch zwischen den Systemen, die netzdienliche Integration in das Stromversorgungsnetz sowie die notwendige Berücksichtigung der Tier-Technik-Mensch-Interaktionen. Aufgrund der bisherigen Versuchsergebnisse und des aktuellen Entwicklungsstands des zentralen Monitoring- und Steuerungsmoduls können erste Praxis-Pilotbetriebe mit dem EMS ausgestattet werden, sodass weitere Untersuchungen durchgeführt werden können.

Summary

The research initiative "Stall 4.0" of the HSWT and the TUM is concerned with the further development of animal-friendly and sustainable husbandry systems combined with a high degree of automation in the production process.

In the current research project "CowEnergy", an on-farm energy management system is developed in cooperation with industrial partners.

Special challenges are the different technical conditions between the energy consumers in the barn as well as the solutions for energy production and energy storage, the exchange of data between the systems, the grid-compatible integration into the power supply network and the necessary consideration of animal-technology-human interactions. Based on previous test results and the current state of development of the central monitoring and control module, first practical pilot farms can be equipped with the EMS so that further investigations can be carried out.

1 Einleitung

Die – auch gesellschaftlich aktuellen – Forderungen nach modernen, nachhaltigen und tierwohlorientierten Milchviehställen und nach einer regionalen ressourcenorientierten Energieversorgung stehen im Fokus der Forschungsinitiative "Stall 4.0" von HSWT und TUM.

Das Forschungskonzept sieht vor, für Milchviehbetriebe eine integrierte Milch- und Energieproduktion (Integrated Dairy Farming) zu konzipieren und auf Pilotbetrieben zu installieren, wobei durch zielorientierte Vernetzung Synergiepotenziale optimal genutzt werden sollen. In entsprechenden Voruntersuchungen von HSWT und TUM (Höld et al. 2015, Gräff et al. 2015a, 2015b) wurden bereits Grundlagen dafür erarbeitet.

Neue Ställe müssen gestiegenen Anforderungen hinsichtlich Arbeitswirtschaft, Ethologie, Ressourceneffizienz, Ökologie und Ökonomie gerecht werden. Dieses führt in der Praxis zu einem hohen Maß an Automatisierung (Melkroboter, Fütterungsroboter, Entsorgungstechnik, Klimaregelung usw.) in der Milchviehhaltung. Gleichzeitig ist die landwirtschaftliche Tierhaltung wie kein zweiter Wirtschaftsbereich prädestiniert für die Erzeugung erneuerbarer Energien.

Aus der Vielschichtigkeit dieses Systems leitet sich die Forderung nach einer Kommunikation der Systemelemente untereinander ab, analog zu industriellen cyberphysischen Produktionssystemen (Zukunftsprojekt "Industrie 4.0"). Die Besonderheiten der Milchproduktion bedingen dabei sehr spezifische technische Anforderungen an ein derart umfassendes Energie-Management-System unter besonderer Berücksichtigung der Tier-Technik-Mensch-Interaktionen. Darüber hinaus ist ein intelligentes Lastmanagement zu entwickeln, das die Einbindung in ein landwirtschaftlich-spezifisches Demand Side Management ermöglicht, sodass der landwirtschaftliche Betrieb als Energiequelle und -senke für regionale Versorger agieren kann und damit die Entwicklung einer dezentralen rekommunalisierten Stromerzeugung unterstützt.

Zielsetzung

Insgesamt sieht die Forschungsinitiative einen gesamtheitlichen Ansatz für die Weiterentwicklung von Milchviehhaltungssystemen vor. Die wesentlichen Bausteine von "Stall 4.0" sind:

- Stallautomatisierung und zentrale Steuerung der Systeme;
- Energieeffizienz und Nutzung verschiedener Energiespeicherlösungen;
- netzdienliche Integration in die regionale Stromversorgung;
- nachhaltiger Stallbau;
- Sicherung von Lebensmittelqualität und Tiergesundheit;
- Tierwohlkriterien und ethische Aspekte;
- Auswirkungen auf die Landwirtschaft und die ländlichen Regionen in Süddeutschland.

Die Konzeption und Realisierung des aus technischer Sicht hierfür notwendigen Energie-Management-Systems (EMS) ist eine der entscheidenden Herausforderungen der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Weihenstephan im Rahmen von "Stall 4.0" und wird im aktuellen Forschungsprojekt "CowEnergy" bearbeitet. Ziel dieses Verbundforschungsvorhabens von HSWT und TUM sowie mehreren Industriepartnern ist es, ein autonomes Energie- und Produktionsmanagementsystem für Milchviehställe als industriellen Prototyp durch die Kombination von vorhandenen und noch zu verbessernden Technologien zu entwickeln.

Das Energie- und Produktionsmanagementsystem soll eine gleichzeitig ausgewogene und nachhaltige Produktion von Energie und Milch ermöglichen. Die damit erstellte Innovation in der Agrartechnik dient somit zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Über die Analyse der Daten vorhandener und neu zu integrierender Sensoren im Gesamtsystem sollen über die Big-Data-Datenanalyse Entscheidungsalgorithmen zur effektiven Steuerung des EMS erstellt werden. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion sollen dadurch sowohl Milch und Fleisch als auch regenerative Energie produziert werden. Diese Energie dient dabei einerseits der autarken Eigenversorgung und andererseits zur Bedarfsdeckung eines regionalen Energieversorgungsnetzes.

2 Struktur des On-Farm Energie-Management-Systems

Die Entwicklung dieses intelligenten selbststeuernden Managementsystems steht im Fokus dieses Forschungsvorhabens. Das System muss dabei Daten aus verschiedensten Bereichen und in verschiedenster Struktur in großer Zahl erfassen. Im Bereich der Stallkomponenten werden die Energieverbräuche und Arbeitsstrukturen als Kennwerte erfasst. Es zeigt sich, dass hier im Gegensatz zur Außenwirtschaft keine einheitliche Datenschnittstelle in Form des ISOBUS-Standards vorhanden ist. Es müssen also alle für das Verfahren wichtige Informationen über ein eigenes Sensornetz erfasst werden. Die maschineneigenen Sensoren können nur begrenzt genutzt werden. Die Energieverbräuche müssen hierbei anders als allgemein üblich im 10-Sekunden-Takt erfasst werden und nicht im 15-Minuten-Takt, um nicht das EMS durch hohe unerfasste Anlaufströme auszuhebeln. Im Bereich der Energieerzeugung werden ebenfalls mit entsprechend hoher Datenrate die Leistungsdaten von Biogas, Windkraftanlagen, Solarenergie und Sonstigem erfasst.

Um Energieverbrauch und Energieerzeugung im Gleichklang laufen zu lassen, müssen die jeweiligen Werte im EMS über Simulationen vorausgeplant werden. Als Planungsdaten gehen hierbei besonders Wetterprognosen, Stallklimadaten und die Daten der Milchkühe mit ein (Höhendinger et al. 2018a). Bei den Kühen sind das besonders die tierindividuellen Leistungsdaten, die über eine Schnittstelle aus den Herdenmanagementsystemen übernommen werden. Außerdem werden Verhaltensdaten der Tiere individuell erfasst. Dies sind Bewegungsaktivität über Pedometer, Wiederkauaktivität, die Tierposition über ein Ortungssystem und auch möglicherweise Körpertemperatur und Pansen-pH-Wert über einen Bolus.

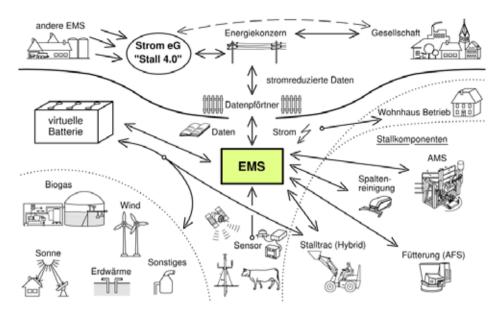


Abb. 1: Struktur des On-Farm Energie-Management-Systems (© TUM) Fig. 1: Structure of the on-farm energy management system (© TUM)

Aus diesen Daten kann das EMS Verhaltensstrukturen von Einzeltieren und Tiergruppen prognostizieren und damit Rückschlusse auf den zukünftigen Energiebedarf der Stallkomponenten ziehen. Wenn z.B. viele Kühe in den Liegeboxen liegen, wäre ein guter Zeitpunkt für den Spaltenreinigungsroboter die dann leeren Laufwege zu reinigen. Die dafür benötigte Energie muss über die Energieproduktions- oder -speichereinheiten verfügbar sein.

Die Erfassung von Energieverbrauch, Energiebereitstellung und Tierdaten stellt die Stallebene des EMS dar. Da die Energieerzeuger im Stall so konzipiert sind, dass sie im Durchschnitt mehr Energie erzeugen als der Stall alleine benötigt, kann der Rest ins kommunale Netz abgeben werde. Für eine sichere regionale Stromversorgung sind deshalb auch Speicherung und Stromabnahme von entscheidender Bedeutung. Für die netzdienliche Integration in das Stromversorgungsnetz bietet der landwirtschaftliche Betrieb durch seine unterschiedlichen Energieformen vielfältige Möglichkeiten. Die für das EMS zu entwickelnden Algorithmen steuern dabei die verschiedenen Speicher. Als kurzfristige Speicher stehen klassische Batterien - als stationäre Akkumulatoren oder in mobilen Arbeitsgeräten – zur Verfügung; hierbei kann Strom für einige Stunden gespeichert werden. Als mittelfristiger Speicher kann Eiswasser für die Milchkühlung genutzt werden. Hier beträgt die Speicherdauer ein bis zwei Tage. Als langfristiger Speicher im Tagesbereich kann Biogas genutzt werden, das bei Bedarf verstromt wird. Als sonstige Speicher für den Notfall stehen auch noch z.B. die Energiereserven von Hybridfahrzeugen zur Verfügung. Die Aufgabe des EMS in der zentralen Speichersteuerung ist es, die Energieströme zwischen den einzelnen Speichern zu verteilen und je nach Bedarf und Angebot zu managen.

Mithilfe der Speicher kann auch ein Angebot über die betriebliche Ebene an die regionalen Energieversorger gemacht werden. Das EMS gleicht sich über einen Datenpförtner mit dem regionalen Energieversorger ab. Dieser kann an das EMS Anfragen zur Lieferung, Speicherung oder Aufnahme von Energie stellen. Es ist dabei kein direkter Zugriff des Energieversorgers auf die Energieerzeugung (wie aktuell z.B. bei der Auskoppelung von Biogasanlagen) möglich, sondern das EMS stimmt diese Anfragen ab. Hierbei geht das EMS nach einer im Projekt zu entwickelnden Entscheidungshierarchie vor. Aus den erfassten Daten wird zuerst der Energiebedarf für die Milchkühe prognostiziert. Hierbei gibt es Komponenten wie das AMS, dessen Ausschalten erhebliche Auswirkungen auf das Tierwohl hat und deshalb unterbleiben muss, und Komponenten wie der Spaltenreinigungsroboter die im Bedarfsfall in gewissen Grenzen verschoben werden können. Dieses Fachwissen und Entscheidungsgrundlagen werden im Rahmen des Projektes über festzulegende Algorithmen in das EMS integriert. Darauf folgend wird der Energiespeicherstand, der in einer virtuellen Batterie zusammengefassten Speicher und das simulierte Energieerzeugungspotenzial mit in die Berechnung einbezogen. Daraufhin entscheidet das EMS, wie weit die Anfragen befriedigt werden können, ohne das betriebliche Energiemanagement zu strapazieren.

Da der Datenabtausch mit den Energieversorgern kontinuierlich verläuft und sehr kurzfristig unterschiedlichste Anfragen nach Abgabe, Speicherung und Aufnahme von Energie entstehen können, müssen für eine gute Simulations- und Entscheidungsbasis des EMS entsprechend hohe Datenabfrageraten gefahren werden, die zu einem entsprechenden Big-Data-Problem führen (Höhendinger et al. 2018b).

Als Zusatznutzen bietet das EMS für den Betriebsleiter die Möglichkeit, kontinuierlich über den aktuellen Prozess- und Energiestand des Stalles informiert zu werden, dokumentierte Daten als Planungsdaten für die Betriebsentwicklung zu nutzen und die gesetzlichen und marktwirtschaftlichen Anforderungen der Rückverfolgbarkeit von Produkten und Prozessen zu gewährleisten.

3 Aktuelle Untersuchungen und Ausblick

Mit dem derzeitigen Entwicklungsstand des EMS ist es möglich, erste Praxisbetriebe umzurüsten bzw. auszustatten. Im ersten Betrieb sind 16 Smartmeter für die wichtigsten Energieverbraucher im Stall installiert; diese sind Voraussetzung für die differenzierte Leistungserfassung und zielgerichtete Laststeuerung. Inwieweit Änderungen des Tierverhaltens als Parameter für die Überwachung und Steuerung der technischen Systemelemente dienen können, wird derzeit durch den parallelen Einsatz von vier unterschiedlichen Aktivitätsmess- und Ortungssystemen untersucht. Diese ersten praktischen Erfahrungen werden in die weitere Programmierung des EMS hinsichtlich Lastregelung sowie Flexibilität in Bezug auf das Tierverhalten einfließen und dann im zweiten Praxisbetrieb umgesetzt.

Der in Planung bzw. im Bau befindliche neue 60er-Boxenlaufstall wird hinsichtlich Installation und Verkabelung der Technik auf das On-Farm Energie-Management-System ausgerichtet. Da dieser Betrieb bereits jetzt eine umfassende E-Mobilität nutzt (vollelektrischer Futtermischwagen, E-Hoflader, E-Hoftrac, 3 Elektro-PKW), sollen hier insbesondere die mobile und stationäre Energiespeicherung integriert sowie in Absprache mit dem regionalen Energieversorger ein netzdienlicher Stromanschluss realisiert werden.

Literatur

- Gräff, A.; Höld, M.; Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2015a): Animal behavior in a fully automatically controlled dairy farm. Journal of Agricultural Science and Technology A & B 5(1A), p. 5
- Gräff, A.; Wörz, S.; Dietrich, J.; Höld, M.; Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2015b): Effect of a simulated power cut in AMS on milk yield valued by statistics model. International Journal of Engineering Research and Applications 5(12), pp. 7–12
- Höhendinger, M.; Wörz, S.; Krieg, H. J.; Dietrich, R.; Frech, L.; Stumpenhausen, J.; Bernhardt, H. (2018a): Integration of weather influences into an on-farm energy management system. 46. Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering", Opatija, Kroatien
- Höhendinger, M.; Stumpenhausen, J.; Wörz, S.; Krieg, H.-J.; Dietrich, R.; Frech, L.; Bernhardt, H. (2018b): Einbindung externer Datenquellen und Komponenten in ein On-Farm Energiemanagementsystem. 38. GIL-Jahrestagung: Digitale Marktplätze und Plattformen, 26.–27. Februar 2018, Kiel, S. 107–110
- Höld, M.; Bernhardt, H.; Gräff, A.; Stumpenhausen, J. (2015): Grundlagenerarbeitung
 zur Implementierung eines On-Farm Energie Management Systems im Milchviehstall.
 35. GIL-Jahrestagung: Komplexität versus Bedienbarkeit/Mensch-Maschine-Schnittstellen,
 23.–24. Februar 2015, Geisenheim, S. 73–76

Förderung

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.

Einfluss von silagebasierten Ad-libitum-Fütterungsstrategien auf Flüssigmistanfall und -zusammensetzung bei tragenden Sauen

Influence of silage-based ad libitum feeding strategies on slurry production and its composition in pregnant sows

PETER EBERTZ¹, ALEXANDER J. SCHMITHAUSEN^{† 1, 2}, WOLFGANG BÜSCHER¹

Zusammenfassung

Eine rohfaserreiche Ad-libitum-Fütterung bei tragenden Sauen steigert das Tierwohl, da die Tiere besser gesättigt sind und es dadurch zu weniger Rangkämpfen innerhalb der Gruppe kommt. Diesen Vorteilen stehen Nachteile in Bezug auf die Umweltwirkungen entgegen.

In dieser Studie wurde in zwei unabhängigen Versuchsanstellungen untersucht, wie sich eine rohfaserreiche Ad-libitum-Fütterung auf die Menge und Qualität des Flüssigmistes bei tragenden Sauen auswirkt. Beide Untersuchungen zeigen, dass mit einem nicht rationierten Silageeinsatz eine größere Flüssigmistmenge einhergeht. Außerdem erhöht sich der Trockensubstanzgehalt des Flüssigmistes und es bilden sich dickere Schwimmschichten, die die Prozessstabilität des Flüssigentmistungssystems negativ beeinflussen. In Kombination mit den Ergebnissen dieser Feldstudie werden Lösungsansätze entwickelt und bewertet, um Tierwohl und Umweltwirkungen in zukünftigen Haltungssystemen in Einklang bringen zu können.

Summary

Ad libitum feeding of diets rich in crude fibre in pregnant sows improves animal welfare, as the animals are more saturated and this results in fewer ranking fights within the group. These advantages are offset by disadvantages in terms of environmental impacts.

In this study, two independent experimental settings were used to investigate how ad libitum feeding with diets rich in crude fibre affects the amount and quality of slurry in pregnant sows. Both studies show that an increased amount of slurry is associated with a non-rationed use of silage. In addition, the dry matter content of the slurry is higher and thicker floating layers are formed, which adversely affect the process stability of the slurry removal system. In combination with the results of this field study, solutions are developed and evaluated in order to reconcile animal welfare and environmental impacts in future housing systems.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Nußallee 5, 53115 Bonn; ebertz@uni-bonn.de ² Corteva Agriscience™ Agrarbereich von DowDuPont™, Truderinger Straße 15, 81677 München

1 Einleitung und Zielsetzung

Tragende Sauen werden in Deutschland in der landwirtschaftlichen Praxis bei rationierter Fütterung mit einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1:1 entweder synchron oder über Abrufstationen einzeln gefüttert (Ebertz et al. 2018). Eine Alternative dazu ist die Ad-libitum-Fütterung, wobei energiearmes, rohfaserreiches Futter zur freien Aufnahme angeboten wird. Bisher wird die Ad-libitum-Fütterung allerdings nur sehr selten in den Ferkelerzeugerbetrieben eingesetzt (Ebertz et al. 2018). Vorteile des Ad-libitum-Systems sind eine geringere Aggressivität der Sauen durch die Sattfütterung (Bergeron et al. 2000, Danielsen und Vestergaard 2001) und eine Senkung der Mastitis-Metritis-Agalaktie-Häufigkeit (Kleine 2012). Nachteilig ist jedoch oft ein generell höherer Futterverbrauch, der einen größeren Flüssigmistanfall verursacht (Massé et al. 2003, Sievers und Kamphues 2017). Die Zusammensetzung des Flüssigmistes ändert sich gleichermaßen durch die Fütterung faserreicher Rationen (Massé et al. 2003, Kleine 2012, Philippe et al. 2015, Preißinger et al. 2016).

In dem vorliegenden Beitrag werden zwei unterschiedliche Studien vorgestellt, in denen unabhängig voneinander untersucht wurde, welche zusätzlichen Mengen an Flüssigmist bei einer rohfaserreichen Ad-libitum-Fütterung anfallen, wie sich dessen Zusammensetzung unterscheidet und mit welchen verfahrenstechnischen Herausforderungen dies in Bezug auf das Management einhergeht.

2 Material und Methoden

Versuch 1: Im ersten Untersuchungsbetrieb (gesamt ca. 135 produktive Sauen, Deutsche Landrasse) wurden 20 tragende Sauen in Kleingruppen (1 x 6 und 2 x 7 Sauen) standardmäßig an Kurzfressständen mit Trockenfutter restriktiv gefüttert (Kontrolle, 40 Tage). Im anschließenden Versuchszeitraum (40 Tage, nach 5 Tagen Eingewöhnungszeit) wurde zusätzlich Maissilage ad libitum über Raufutterautomaten vorgelegt. Wasser stand den Tieren über das System "Aqua Level" im Trog und zusätzlichen Zapfentränken im hinteren Bereich der Buchten ständig zur Verfügung.

Versuch 2: Im zweiten Untersuchungsbetrieb (gesamt ca. 1.000 produktive Sauen, dänische Genetik) wurden die tragenden Sauen betriebsüblich ebenfalls an Kurzfressständen mit restriktiver Trockenfütterung gefüttert, allerdings bei einer Gruppengröße von je 40–50 Tieren. Zeitlich parallel dazu wurde in einem Versuchsabteil das neuartige Sauwohl-Haltungskonzept (Ebertz et al. 2017, Angermann et al. 2018) für bis zu 200 Tiere installiert. Dem Haltungskonzept liegt die Idee zugrunde, dass die Tiere auf dem Weg zu zwei Fressbereichen eine Sortierschleuse passieren müssen. Dort werden sie optisch über eine 3-D-Kamera hinsichtlich ihres Body Condition Scores bewertet. Entsprechend der gewünschten Konditionsentwicklung des jeweiligen Tieres wird der Zugang zum Fressbereich A (energiearmes Ad-libitum-Futter) oder zum Fressbereich B (energiereiches Ad-libitum-Futter) gewährt. Gefüttert wurden die Tiere im Versuch mit einer Ration aus Getreide- und Sojaextraktionsschrot, vermischt mit einem erheblichen

Anteil von Weizen-Ganzpflanzensilage als Rohfaserträger. Das Futter wurde jeweils in beiden Fressbereichen über eine modifizierte Flüssigfütterungsanlage vorgelegt.

In beiden Betrieben wurden die Grundflächen der Flüssigmistkanäle vor Versuchsbeginn unter den Voll- (Betrieb 1) bzw. Voll- und Teilspaltenböden (Betrieb 2) ermittelt. Die Tiere wurden am Ende der Versuchszeit ausgestallt und die Volumina des gesamten Flüssigmistes, der Schwimmschicht und der darunter lagernden Jauche bestimmt, indem die Füllhöhen mit einem Gliedermaßstab an sechs Messstellen innerhalb eines Kanals gemessen und anschließend gemittelt wurden. An diesen sechs Messstellen wurden ebenfalls Frischmasseproben entnommen, um die Trockensubstanzgehalte (TS-Gehalte) der einzelnen Fraktionen sowie des homogenisierten Flüssigmistes ermitteln zu können. Sowohl im Versuch als auch in der betriebsüblichen Kontrolle wurden zusätzlich jeweils der Futter- und Wasserverbrauch der Tiere erfasst.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ad-libitum-Fütterung mit entweder Mais- (Betrieb 1, zusätzlich zur betriebsüblichen Ration) oder Weizen-Ganzpflanzensilage (Betrieb 2, vermischt in Rationen) sorgte für eine ausgeprägtere Ruhe bei den Tieren in den jeweiligen Versuchsabteilen und verbesserte durch die geringere Anzahl an Rangkämpfen das Tierwohl im Vergleich zu der restriktiven Fütterung. Gleichzeitig sorgte der höhere Futterverbrauch, bedingt durch den Silageeinsatz, für einen höheren Flüssigmistanfall (ca. 1,6-fache Menge in Versuch 1 und ca. 1,5-fache Menge in Versuch 2, siehe Tab. 1). Die höhere Flüssigmistmenge verursacht zusätzliche Aufwendungen bei der Lagerung, dem Transport sowie bei einer eventuell nötigen überbetrieblichen Abgabe, die den Betrieb, regional unterschiedlich, finanziell belasten können. Demgegenüber stehen allerdings Vorteile im Bereich des Tierwohls und der Tiergesundheit, die monetär schwierig zu bewerten sind.

Tab. 1: Flüssigmistanfall und -zusammensetzung in Versuch (mit Silagefütterung) und Kontrolle (betriebsübliche Trockenfütterung mit Kraftfutter)

Tab. 1: Amounts of slurry and its composition in trial (with silage feeding) and control (normal dry feeding with concentrated feed)

Ort	Beschreibung Versuch	Flüssigmistanfall in m ³ GV ⁻¹ Jahr ⁻¹	Trockensubstanzgehalt im Flüssigmist in %
Versuchs- betrieb 1	Versuch Maissilage extra ad libitum	9,98	7,91
	Kontrolle Trockenfütterung KF ¹⁾	6,35	3,90
Versuchs- betrieb 2	Versuch Weizen-Ganzpflanzensilage als TMR in Flüssigfütterung ad libitum	16,00	7,04
	Kontrolle Trockenfütterung KF ¹⁾	10,73	4,64

¹⁾ KF = Fütterung an Kurzfressständen mit Trockenfütterung, System "Quickfeeder".

Der TS-Gehalt des Flüssigmistes erhöhte sich durch die Silagefütterung auf 7,91 % TS in Versuch 1 und war damit etwa doppelt so hoch wie in der konventionellen Vergleichsfütterung. Der hohe TS-Gehalt ist mit dem von Rinderflüssigmist vergleichbar (KTBL 2012). Tabelle 1 zeigt ebenfalls die TS-Gehalte im Flüssigmist von Versuch 2. Hier hatte der Flüssigmist in der Kontrolle einen etwas höheren TS-Gehalt (4,64 % TS) als in Versuch 1. Die Silagefütterung führte zu einem TS-Gehalt von 7,04 % im Flüssigmist. Eine mögliche Erklärung für den etwas geringeren TS-Gehalt könnte die Silagevorlage mittels Flüssigfütterung im Vergleich zu Versuch 1 sein.

Die höheren Rohfaseranteile und TS-Gehalte sorgten, ähnlich wie auch bei Kleine (2012) und Preißinger et al. (2016) beschrieben, für eine stärkere Schwimmschichtenbildung (Abb. 1) sowie verklebte Spaltenschlitze in den Versuchen mit Silagefütterung.

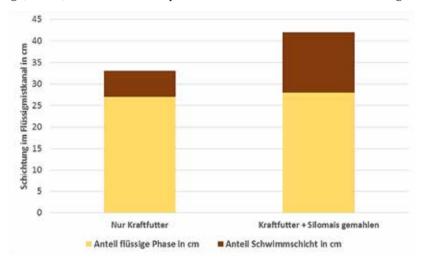


Abb. 1: Schichtung des Flüssigmistes und Gesamtfüllstände nach 40 Tagen, Untersuchungsbetrieb 1, Flüssigmistkanal 2 (© Ebertz)

Fig. 1: Layering of slurry and total filling levels after 40 days, experimental farm 1, slurry channel 2 (© Ebertz)

Ein Aufrühren des Flüssigmistes war in den überall flachen Kanälen der Untersuchungsbetriebe (Tiefe: 0,5 m) unumgänglich, um ihn fließfähig zu halten und über Rohrleitungen (Ø 200 mm) ablassen zu können. In Versuch 2 mussten die Kanäle sowie die Rohrleitungen innerhalb der Versuchsperiode zusätzlich etwa alle zwei Monate gespült werden, um das System fließfähig zu halten (Abb. 2). Kolle (2008) sieht Flüssigmistkanäle von mindestens 1,8 m Tiefe als Voraussetzung, um dauerhaft Silage in der Fütterung von Schweinen einsetzen zu können. Preißinger et al. (2016) schlagen den Einsatz von Unterflurschiebern als Verbesserungsmöglichkeit vor. Eine gänzliche Alternative für Neubauten wären Treibmist- bzw. auch Festmisthaltungssysteme. Eine Änderung des Entmistungsmanagements ist folglich unabdingbar, um Silagen in der Schweinefütterung prozessfähig zu machen. Neben diesen Nachteilen hat der höhere TS-Gehalt Vorteile, wenn der Flüssigmist später in einer Biogasanlage verwertet werden kann. Die höheren organischen TS-Gehalte führen zu höheren Biogaserträgen (Jarret et al. 2012).



Abb. 2: Aufrühren und Spülen des Flüssigmistes "mit Silage", Untersuchungsbetrieb 2 (© Ebertz) Fig. 2: Stirring and flushing of slurry "with silage", experimental farm 2 (© Ebertz)

Außerdem hat ein Betrieb, der gleichzeitig eine Biogasanlage betreibt (und/oder Rinder hält), den Vorteil, dass trotz geringeren Entnahmemengen für die Sauenhaltung ausreichend Vorschub am Flachsilo vorhanden ist. So kann die qualitativ hochwertigste Silage für die in Bezug auf die Futterqualität empfindlicheren Sauen verwendet werden. Die restliche Silage wird dann sinnvoll in der Biogasanlage verwertet.

4 Fazit und Ausblick

Die Ad-libitum-Fütterung mit Silagen führte in den beiden vorgestellten Untersuchungen zu gesättigten Tieren mit geringerem Aggressionsverhalten. Diese Verbesserungen in Bezug auf das Tierwohl verursachen jedoch, durch die genannten Effekte, zunächst höhere Anforderungen an das Management und höhere Produktionskosten in der Sauenhaltung. Die vorliegende Studie hilft, diesen Mehraufwand zu quantifizieren und wird im Rahmen des Vortrages die Herausforderungen in Bezug auf ein angepasstes Flüssigmistmanagement herausstellen. Ein betriebsspezifisches Management kann helfen, die zusätzlichen Kosten niedrig zu halten und gleichzeitig das Tierwohl zu verbessern.

Literatur

Angermann, E.; Kunath, L.; Ebsche, S. Wensch-Dorendorf, M.; Kemper, N.; Borell, E.v. (2018): Verhaltensanalyse von tragenden Sauen bei energetisch angepasster ad libitum Fütterung. Züchtungskunde 90(4), S. 293–303

Bergeron, R.; Bolduc, J.; Ramonet, Y.; Meunier-Salaün, M. C.; Robert, S. (2000): Feeding motivation and stereotypies in pregnant sows fed increasing levels of fibre and/or food. Applied Animal Behaviour Science 70(1), pp. 27–40, https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00142-8

- Danielsen, V.; Vestergaard, E.-M. (2001): Dietary fibre for pregnant sows. Effect on performance and behaviour. Animal Feed Science and Technology 90(1-2), pp. 71–80, https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00197-3
- Ebertz, P.; Hölscher, R.; Büscher, W. (2017): Untersuchungen zur Bewertung von Gruppenhaltungssystemen in Deutschland und Vorstellung des neuen Sauwohl-Konzepts. In: 13. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der Nutztierhaltung 2017, S. 170–175
- Ebertz, P.; Imhäuser, R.; Arden, M. (2018): Abruffütterung ist bei Landwirten die Nr. 1. Top Agrar (8), S. S26–S29
- Jarret, G.; Cerisuelo, A.; Peu, P.; Martinez, J.; Dourmad, J.-Y. (2012): Impact of pig diets with different fibre contents on the composition of excreta and their gaseous emissions and anaerobic digestion. Agriculture, Ecosystems & Environment 160, pp. 51–58, https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.05.029
- Kleine, S. U. (2012): Untersuchungen zum Einfluss von Maissilage als Rohfaserquelle in der Flüssigfütterung tragender Sauen auf Gesundheit und Leistung in der folgenden Laktation. Dissertation, Hannover
- Kolle, C. (2008): Preiswerte Rohfaser für tragende Sauen. Top Agrar (7), S. S12-S17
- KTBL (2012): Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/13. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
- Massé, D. I.; Croteau, F.; Masse, L.; Bergeron, R.; Bolduc, J.; Ramonet, Y.; Meunier-Salaün, M. C.; Robert, S. (2003): Effect of dietary fibre incorporation on the characteristics of pregnant sows slurry, 6.8–6.12
- 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, https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.03.025
- Preißinger, W.; Propstmeier, G.; Scherb, S. (2016): Einsatz von Maissilage bei tragenden Zuchtsauen. Versuchsbericht S 60. LfL Bayern Tierernährung
- Sievers, S. L.; Kamphues, J. (2017): Untersuchungen zum Einsatz und Futterwert von Ganzpflanzensilagen (Weizen, Roggen, Mais) als Hauptkomponenten in der Fütterung tragender Sauen, Gießen, DVG, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft

Förderung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank (Auftr.Nr: 745 625). Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), FKZ: 28RZ-3-72.063.

Erprobung alternativer Entmistungsmethoden für Schweineställe in einem neu entwickelten Versuchsstand für Flüssigmistsysteme

Testing of alternative manure removal methods for pigsties in a newly developed test stand for liquid manure systems

BASTIAN KOLB, MONIKA TOMALLA, EVA GALLMANN

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; bastian.kolb@uni-hohenheim.de

Zusammenfassung

Tierwohl gewinnt kontinuierlich an Bedeutung in der Schweinehaltung. Dies führt zu einem verstärkten Einsatz an organischem Beschäftigungs- und Einstreumaterial. Flüssigmistsysteme sind jedoch nicht für die erhöhten Trockensubstanz- und Fasergehalte ausgelegt. Infolgedessen bilden sich unter Raufen und Liegeflächen dichte Schwimmschichten. Die Beseitigung dieser Feststoffreste aus den Kanälen erfordert arbeitsintensives Rühren, Spülen oder manuelles Schaufeln. Um diese Probleme zu untersuchen, wurde ein Versuchsstand konstruiert. Dieser erlaubt die Erprobung unterschiedlicher Entmistungsvorgänge im Modellmaßstab von 1 : 2. Der Versuchsstand ermöglicht die Simulation des gesamten Entmistungsverlaufes und gibt Einblicke in potenzielle Verstopfungspunkte. Verschiedene neu entwickelte Rühr-, Zerkleinerungs-, Tauch- und Spülmodule werden erprobt. Zusammen mit Variationen an Pegelständen, Fasermaterial, Spülvolumen und unterschiedlichen Ablassintervallen können somit eine Vielzahl von Kombinationen untersucht werden.

Summary

Animal welfare is becoming increasingly important in pig farming. This leads to an increased use of organic material for occupation and lying comfort. However, liquid manure systems are not designed for the increased dry matter and fibre contents. This results in dense floating layers under hay racks and lying areas. Removing these residual solids from the channels requires laborious stirring, rinsing or manual shovelling. To investigate these problems a test stand was constructed to allow the testing of different manure removal methods on a model scale of 1:2. The test stand allows the simulation of the complete manure removal process and provides insights into potential blockage points. Multiple newly developed stirring, shredding, dipping and rinsing modules are being tested. In combination with variations of water levels, fibre material, pumping volumes and discharge intervals, a large number of combinations can be evaluated.

1 Konzeption Versuchsstand

Für die Untersuchungen der unterschiedlichen Entmistungsmethoden wurde ein Versuchsstand an der Universität Hohenheim konstruiert (Abb. 1). Der Versuchsstand erlaubt die Simulation verschiedener Szenarien und Entmistungsvarianten. Der Aufbau besteht aus drei funktionellen Einheiten. Das Becken aus transparentem Acrylglas (Länge 6 m, Breite 0,6 m, Höhe 0,4 m) ist die Hauptkomponente, eingefasst in einen Edelstahlrahmen und montiert auf einen Unterbau. Die Gesamthöhe vom Boden bis zur Beckenoberkante beläuft sich auf 2 m. Die zweite Komponente ist das Rohrsystem, gefertigt aus transparentem Polyvinylchlorid (PVC). Das 5 m lange Hauptrohr verläuft 250 mm parallel unter dem Becken und mündet in einen 1.000 l Intermediate Bulk Container (IBC) mit Siebeinlage für die Abtrennung des organischen Materials. Sowohl das Becken als auch das Rohrsystem basieren auf einer Schwerkraftentmistung ohne Gefälle. Die letzte Komponente ist die Spülpumpe (Verderflex Rollit RL35-TL, Verder Deutschland GmbH & Co. KG), welche an den IBC angekoppelt werden kann, um das Fluid in einem geschlossenen Kreislauf zurück in das Becken zu pumpen. Um ein gleichbleibendes Temperaturniveau und ein konstantes Fließverhalten des Fluides zu gewährleisten, wurde ein IBC-Heizmantel (KM-IBC2-2040, SAF Wärmetechnik GmbH) in den Versuchsstand integriert.



Abb. 1: Modell des Versuchsstandes, ohne Spülpumpe und IBC-Heizmantel (© Kolb) Fig. 1: Model of the test stand, without flushing pump and IBC heater (© Kolb)

2 Modellfluid

Für den Einsatz im Versuchsstand wurde ein Modellfluid als Ersatzstoff für Schweinegülle entwickelt. Schweinegülle ist ein pseudoplastisches Fluid. Verglichen mit newtonschen Flüssigkeiten wie Wasser oder Öl steigt die Viskosität mit zunehmender Agitation nicht linear. Das Fluid wird hingegen dünnflüssiger. Aus diesem Grund kann Wasser allein nicht als Ersatz für Schweinegülle verwendet werden. Um vergleichbare rheologische Eigenschaften nachzubilden, wurden Verdicker eingesetzt. Die getesteten Verdickungsmittel waren Johannisbrotkernmehl (E410), Guarkernmehl (E412), Gummi Arabicum (E414), Xanthan (E415) und Carboxymethylcellulose (CMC, E466). Für die Messungen wurden die Verdicker in unterschiedlichen Konzentrationen mit Wasser gemischt und in einem Rotationsviskosimeter (Physica RHEOLAB MC1, Anton Paar GmbH) auf die rheologischen Eigenschaften untersucht. Es wurden 10 Versuche mit je 3 Wiederholungen pro Verdickungsmittel durchgeführt. Mit jedem Teilversuch erhöhte sich die Konzentration von 1 g/l auf bis zu 10 g/l. Die Messreihen wurden 3-mal mit unterschiedlich temperierten Proben (10, 20 und 30 °C) wiederholt. Der Messbereich des Viskosimeters erstreckte sich über eine Schergeschwindigkeit von 0 bis 100 1/s.

Als Referenz wurden Gülleproben an verschiedenen Entnahmepunkten aus den Flüssigmistkanälen des Bildungs- und Wissenszentrums Boxberg (Landesanstalt für Schweinezucht, LSZ) gezogen und ebenfalls rheologisch analysiert. Die Parameter blieben identisch mit den Messreihen der Verdickungsmittel. Zusätzlich wurde der Trockensubstanz- (TS), der organische Trockensubstanz- (oTS) und der Aschegehalt der Gülleproben bestimmt. Die Ergebnisse zeigten eine hohe Varianz in den TS-Gehalten, schwankend zwischen 3,5 und 25 %. Da die Gülle vor der Probenahme bewusst nicht homogenisiert wurden, wiesen die Proben unter den Kotbereichen durchgehend erhöhte TS- und oTS-Gehalte auf. Im Mittel lagen die TS-Gehalte der Gülleproben unter den Kotbereichen bei 23 % (± 1,6 %) und unter den Liegeflächen bei 11 % (± 6,5 %). Ähnlich der Unterschied der oTS-Gehalte unter den Kotbereichen von 19 % (± 1,3 %) und unter den Liegeflächen von 6,7 % (± 3,5 %). Diese heterogene Verteilung konnte mit Viskositätsmessungen der Gülleproben bestätigt werden. Je dünnflüssiger die Probe, desto größer war der Einfluss von Ausgasung und Faserpartikeln in der Gülle auf das Messergebnis. Dünngülle mit niedriger Viskosität ist somit nicht exakt durch ein Modellfluid zu ersetzen. Die Fließeigenschaften müssen approximiert werden. Für das Modellfluid wurde der Verdicker CMC gewählt. CMC bleibt in der Mischung mit Wasser transparent und stellt das Fließverhalten von (dicker) Schweinegülle präzise nach. Weitere Versuchsreihen zeigten auch, dass sich die Viskosität des Modellfluids - bei einer Temperaturerhöhung von 10 °C auf 30 °C – um bis zu 30 % reduziert.

3 Entmistungsmodule

Die ersten Versuchsreihen im Versuchsstand fokussieren sich auf kompakte Entmistungsmodule. Ziel ist es, funktionssichere Lösungen zu finden, welche im Realmaßstab die Abmessungen eines Betonliegeflächenelementes aufweisen und vollständig in die Flüssigmistkanäle integriert werden können. Hierzu wurde im Modellmaßstab eine modulare Antriebs- und Montageeinheit konstruiert. Dieses Modul wird am Beckenrand des Versuchsstandes fixiert und kann mit Komponenten und Apparaturen für die Schwimmschichtauflösung bestückt werden (Abb. 2).

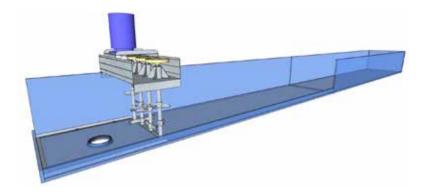


Abb. 2: Entmistungsmodul mit Getriebe, Elektromotor sowie einer Komponente für die Schwimmschichtauflösung in Form von vier gekoppelten Rührelementen (© Kolb)

Fig. 2: Manure removal module with gearbox, electric motor and an attachment of four linked agitators for the disintegration of floating layers (© Kolb)

Die zu testenden Entmistungsmodule werden im laufenden Versuchszeitraum iterativ in drei Stufen erprobt und weiterentwickelt. Die Hauptfunktion des Moduls ist es, die abfließende Schwimmschicht vor dem Auslass aufzuhalten, aufzulösen und in den Güllestrom portionsweise unterzumischen. Dies soll ein Verstopfen des Rohrsystems verhindern und wurde in der ersten Version mit dem Modulaufsatz in Abbildung 2 realisiert. Die Funktionsweise orientiert sich an einem Miststreuer mit vier gegenläufigen Rotoren für den Auswurf. Die abgeführte Menge an organischem Material wird über die Drehzahl des Antriebmotors geregelt. Der Motor liefert eine Leistung von 0,55 kW bei einer maximalen Drehzahl von 1.370 1/min. Das Übersetzungsverhältnis des Getriebes reduziert die Drehzahl zusätzlich auf 411 1/min oder 6,9 1/s. Um die Schadgasemissionen im realen Einsatz zu reduzieren, ist eine Ausgangsdrehzahl von 1 bis 3 1/s geplant, deutlich unter der Drehzahl von Spaltenrührwerken für Schweinegülle mit circa 24 1/s. Die mögliche Drehzahl wird zusätzlich von der maximalen Aufnahmemenge des Rohrsystems an organischem Material begrenzt.

Die zweite Stufe der Erprobung und Entwicklung beschäftigt sich mit der Verbesserung der Zuführung des organischen Materials in den Auslass. Erste Testläufe haben gezeigt, dass im Besonderen lose und trockene Schwimmschichten aus Häckselstroh, wie sie unter minimal eingestreuten Liegeflächen zu finden sind, nur in einem schmalen Füllstandfenster vom Sog des Auslasses erfasst werden. Um den Entmistungserfolg zu beschleunigen, wird der Einsatz einer Walze (Abb. 3) erprobt. In Kombination mit dem Modul zur Schwimmschichtsauflösung (Abb. 2) wird ein deutlich kontrollierbarerer und schnellerer Entmistungsvorgang erwartet.

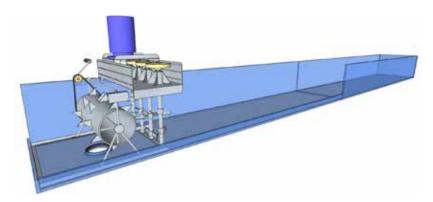


Abb. 3: Entmistungsmodul für Schichtauflösung in Kombination mit handbetriebener Walze für die Zuführung des organischen Materials in den Auslaufsog (© Kolb)

Fig. 3: Manure removal module for layer disintegration in combination with a manually operated drum for the feeding of organic material into the outlet vortex (© Kolb)

Entmistungen in Versuch und Praxis haben gezeigt, dass der Pegelstand der Gülle um bis zu 2/3 abfällt, bevor die erste Schwimmschicht am Auslass ankommt. Den kompletten Entmistungsvorgang zu automatisieren erfordert somit eine Füllstandregelung in Kombination mit einer Spülpumpe im Kanal als die letzte Stufe der Weiterentwicklung. Ziel ist es, schrittweise den Handlungs- und Zeitbedarf des Operators zu reduzieren bei gleichzeitiger Verbesserung des Entmistungsverlaufes. Bei einer Implementation im Flüssigmistkanal unter der Betonliegefläche könnte das Entmistungsmodul über eine Kotklappe mittels einer Klauenkupplung durch ein Spaltenrührwerk angetrieben werden. Der Einfluss auf den Arbeitsablauf wäre somit vernachlässigbar.

4 Funktionstest und Ausblick

Der Versuchsstand wurde bereits erfolgreich in Betrieb genommen. Systemtests des Versuchsstandes zeigen, dass die Entmistungsproblematik realitätsnah reproduziert werden kann (Abb. 4). Diese Ergebnisse werden als Ausgangslage für die Bewertung des Entmistungserfolges der einzelnen Lösungsansätze verwendet. Für jede Erhöhung der Verdickungskonzentration wird ein neuer Entmistungsversuch ohne Modul gestartet. Dies dient jeweils als Referenzwert, sowohl innerhalb der Versuchsreihen einer Viskositätsstufe als auch zwischen den Versuchsreihen (dünnflüssig zu dickflüssig). Mit der Durchführung des Funktionstestes ist die Konstruktion des Versuchsstandes abgeschlossen.





Abb. 4: Verstopfung des Rohres (links), Restmaterial im Kanal (rechts) (© Kolb) Fig. 4: Blockage in the piping system (left), residues in the channel (right) (© Kolb)

Für die Versuchsdurchführung am Versuchsstand können verschiedene Parameter variiert werden. Der Pegelstand des Modellfluids innerhalb des Kanalbeckens orientiert sich an den realen Werten am Ende einer Mastperiode am Versuchsbetrieb LSZ Boxberg. Die Füllhöhe beträgt 21 cm – ausgehend von 41 cm im Realmaßstab – umgerechnet auf eine standardisierte Kanalbreite. Die Menge an organischem Beschäftigungsmaterial orientiert sich ebenfalls an den Strohmengen der LSZ Boxberg, ausgehend von der Annahme, dass das gesamte eingestreute Stroh im Flüssigmistkanal verbleibt und nicht gefressen wird. Dies entspricht einer Strohmenge (trocken) von 2,7 kg bei einer theoretischen Einbringmenge von 30 g pro Tier und Tag über einen Mastverlauf von 120 Tagen. Des Weiteren kann die Spülpumpe mit variablen Durchflüssen zugeschaltet werden. Ein Versuchsdurchgang startet mit dem Ziehen des Auslassstopfens und endet entweder mit der kompletten Entmistung des organischen Materials oder einem Systemversagen. Der komplette Versuchsvorgang wird mit mehreren Kameras aufgezeichnet. Eine Validierung der Ergebnisse aus dem Modellmaßstab anhand eines Pilotversuchs unter realen Bedingungen ist ab Mitte 2019 vorgesehen.

Danksagung

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 des Programms zur Innovationsförderung. Wir danken unseren Projektpartnern, dem Bildungs- und Wissenszentrum LSZ Boxberg, dem Deutschen Tierschutzbund, dem Friedrich-Loeffler-Institut in Celle und der Vion Food Group.

Die Wirkung einer Sprühkühlung in Schweineausläufen ermittelt durch Oberflächentemperaturmessungen mit einer Wärmebildkamera

The effect of spray cooling in pig spouts determined by surface temperature measurements with a thermal imaging camera

ANTONIA NETTE, THOMAS PAULKE

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Referat Tierzucht, Fischerei, Dorfstraße 1, 14513 Teltow; antonia.nette@lelf.brandenburg.de

Zusammenfassung

Fest installierte und vor Sonne schützende Bauelemente, die als Abkühlungselemente dienen, sind im Außenbereich in der ökologischen Schweinehaltung verboten. In diesen Bereichen wäre der Einsatz von intervallgesteuerten Sprühnebelanlagen eine kostengünstige Alternative. Wie hoch der Abkühlungseffekt einer solchen Anlage im Außenbereich bei hoher Sonneneinstrahlung ist, wurde in einem umgebauten Schweinestall in Brandenburg getestet. Die auf der Haut- und Auslauffläche erzielte Temperaturabsenkung wurde mithilfe einer Wärmebildkamera erfasst. Auf der Auslauffläche zeigte sich schon nach kürzester Zeit ein Abkühlungseffekt. Die Temperatur der Hautoberfläche der Schweine sank innerhalb des Versuches im Durchschnitt um 4,4 °C. Daher könnten Sprühnebelanlagen einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung von Hitzestress leisten und das Wohlbefinden der Tiere steigern.

Summary

Fixed structures and elements, which are supposed to protect animals from the sun, are not allowed in organic pig breeding. Therefore, a cost-effective alternative could be the use of interval-controlled spray systems. The cooling effect of such a system was tested in a transformed pigsty in Brandenburg. The temperature reduction on the pigskin and the outdoor area were measured by a thermal imaging camera. The cooling effect on the outdoor area was verifiable within a very short time. The temperature of the pigskin decreased up to 4.4 degrees within the experiment. For that reason, spray systems could contribute importantly to the reduction of heat stress and thus increase the animal welfare.

1 Allgemeines

Heiße Sommermonate stellen Schweinehalter vor große Herausforderungen. Durch die gut isolierende subkutane Fettschicht und das Fehlen von Schweißdrüsen sind Schweine besonders an heißen Tagen einer hohen Belastung ausgesetzt. Häufig ist die Thermoregulation über die Schleimhäute im Nasen- und Rachenbereich nicht mehr ausreichend (KTBL 2006). Im Stall eingebaute Abkühlungsmöglichkeiten sollen Hitzestress und damit häufig verbundene Leistungsdepressionen vorbeugen. Der Einsatz von Kühlsystemen wie Erdwärmetauscher, Gebäudewärmetauscher oder Verdunstungskühlung im geschlossenen System ermöglichen Temperaturabsenkungen von bis zu 8 °C und haben sich schon in einigen Ställen bewährt (primus 2009). Die Schaffung von Abkühlungsmöglichkeiten im Außenbereich ist dagegen oftmals nur bedingt möglich. Der Anbau von fest installierten Abschattungselementen ist im Biobereich nicht gestattet. Infolgedessen nutzen die Mastschweine bei hohen Außentemperaturen vorhandene Auslaufbereiche seltener. Um den Tieren hier eine Abkühlungsmöglichkeit zu bieten, kann eine Sprüh- oder Tropfbewässerung zum Einsatz kommen. Doch automatisierte kostengünstige Intervallsteuerungen sind derzeit noch nicht im Angebot der Stallausrüster zu finden.

In dem nachfolgend beschriebenen Versuch sollten, unter Zuhilfenahme einer Wärmebildkamera, die mit der Sprüheinrichtung im Außenbereich und auf der Schweinehaut erzielten Abkühleffekte ermittelt werden. Zusätzlich sollte ein effektives Zeitintervall für den Einsatz der Sprühkühlung bestimmt werden. Für genaue Messungen ist laut Knížková et al. (2007) darauf zu achten, dass die Hautoberfläche der Tiere nicht zu stark verschmutzt ist und die Wind- und Lichtverhältnisse berücksichtigt werden. In der Veterinärmedizin kommen Wärmebildkameras bereits bei der Diagnose von Gelenksentzündungen oder Trächtigkeitsuntersuchungen zum Einsatz (Zentner 2005).

2 Material und Methode

Die Untersuchung erfolgte in einem umgebauten Schweinestall in Brandenburg. Die Tiere konnten über selbst schließende Türen zwischen dem Innen- und Außenbereich wählen. In der zu beobachtenden Bucht waren zehn Mastschweine mit einem durchschnittlichen Gewicht von 60 kg eingestallt. Als Wasseranschluss für die Sprüheinrichtung wurden die Anschlüsse des Tränksystems im Außenbereich genutzt. Pro Buchtenfläche wurden zwei feine Sprühdüsen (Gardena Microdripsystem 180° Düse) mit einer Zuleitung von 19 mm und einem Druck von 2 bar verbaut. Der von den zwei Düsen erzeugte Wasserfilm befeuchtete ca. 75 % der insgesamt 16 m² großen Auslauffläche. Der geschätzte durchschnittliche Wasserausstoß lag bei 0,3 l/min (Abb. 1).

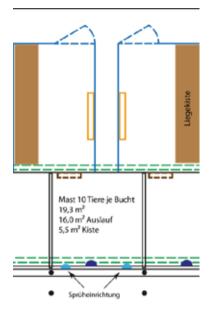


Abb. 1: Grundriss Schweinebucht mit Innen- und Außenbereich (© Paulke) Fig. 1: Floor plan of the pigsty with indoor and outdoor areas (© Paulke)

Mithilfe einer auf die Messbedingungen kalibrierten Wärmebildkamera des Typs Testo 875-1i galt es, den durch die Sprühkühlung erzeugten Abkühleffekt zu ermitteln. Hierfür wurden ab 12:59 Uhr Infrarotbilder im Auslaufbereich in einem Zeitraster von insgesamt 42 Minuten aufgenommen. Neben der Erzeugung von Wärmebildern erfolgte durch die integrierte Digitalkamera eine Aufnahme von Tageslichtbildern der gleichen Szene.

Zunächst erfolgte eine fünfminütige Messung ohne eingeschaltete Sprühkühlung. Im Anschluss lief die Kühlung für genau 25 Minuten, wobei pro Minute ein Wärmebild von der Außenfläche und den Tieren erzeugt wurde. Nach Ablauf der Zeit erfolgte eine weitere Bilddokumentation von 12 Minuten. Parallel zu den Bildaufzeichnungen wurden die Messpunkte durch Stichprobenmessungen mit einem Laserthermometer (Typ TFA Scantemp 333 Dostmann) verifiziert.

Eine anschließende Bildauswertung wurde mit der testo IRSoft Software 3.1 durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Für die Datenauswertung wurden 46 Wärmebilder, auf denen die Bodenfläche und die Tiere gut sichtbar waren, herangezogen. Mithilfe der Software erfolgte eine Markierung von Messpunkten auf den Tieren und der Bodenfläche. Auf Grund der Tierkörperverteilung und der damit verbundenen sichtbaren Fläche kam es zu einer unterschiedlichen Anzahl an Messpunkten pro Bild. Im Durchschnitt ergaben sich für die Messung der Temperatur auf den Mastschweinen 14 Messpunkte. Für die Flächenmessung konnten hingegen durchschnittlich 6 Messpunkte bestimmt werden (Abb. 2).

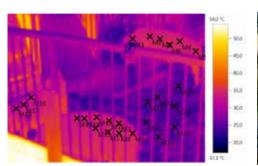




Abb. 2: Eingestreuter Auslaufbereich während des Sprühvorganges in der 8. Minute; links: Wärmebild, rechts: Tageslichtbild (© Nette)

Fig. 2: Bedded outdoor area during the spray cooling processes, 8^{th} minute; left: thermal image, right: daylight image ($^{\circ}$ Nette)

Das in Abbildung 2 dargestellte Wärmebild (Thermogramm) zeigt die unterschiedliche Wärmeverteilung auf den von der Kamera aufgenommenen Oberflächen. Die von den Objekten abgegebenen Temperaturen werden durch Farben auf dem Thermogramm sichtbar gemacht. Es konnten Temperaturen von 17,1 °C (dunkelster Farbton) bis 54 °C (hellster Farbton) erfasst werden. In der achten Minute lag die durchschnittliche Temperatur der Hautoberfläche bei 34,06 °C und die der Bodenoberfläche bei 25,31 °C.

Am Versuchstag standen vom Deutschen Wetterdienst (2018) folgende Wetterdaten zur Verfügung: durchschnittliche Tagestemperatur 22,4 °C, Maximaltemperatur 30,1 °C, Minimaltemperatur 15,7 °C, Sonnenscheindauer 13,6 Stunden, kein Regen, maximale Böen 5 Bft. Die am Stallgebäude angebrachten Datenlogger der Firma HOBO zeigten zum Zeitpunkt der Datenerhebung eine Außentemperatur von 27,2 °C und eine Stallinnentemperatur von 24,1 °C an.

Im Diagramm ist der zeitliche Verlauf der Oberflächentemperaturen auf den Tierkörpern und den Auslaufböden vor, während und nach der Besprühung dargestellt (Abb. 3).

Zu Beginn der Messung betrug die bei den Schweinen ermittelte Temperatur der Hautoberfläche im Mittel 37,2 °C und die Bodentemperatur 38,3 °C. Kurz nach dem Einschalten der Sprühanlage trat im Bodenbereich der größte Abkühleffekt auf. Nach Ablauf der ersten fünf Minuten Sprühkühlung wurde ein Durchschnittswert von 27,2 °C ermittelt. Nach weiteren 20 Minuten lag die Durchschnittstemperatur bei 27,3 °C.

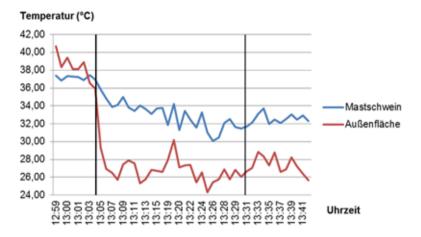


Abb. 3: Oberflächentemperaturen im zeitlichen Verlauf bei Einwirkung des Sprühwassers (© Paulke) Fig. 3: Surface temperatures over time when sprayed water is applied (© Paulke)

Die Hautoberfläche der Mastschweine hingegen kühlte wesentlich langsamer ab. Nach einer fünfminütigen Kühlung konnte eine Temperaturdifferenz von 2,71 °C erreicht werden. Im weiteren Verlauf war kein gravierender Kühleffekt mehr erkennbar.

Die Wirksamkeit der Abkühlung nach dem Ausschalten der Sprühanlage wurde anhand der fortführenden Bildaufzeichnung getestet. Dafür wurden in den darauffolgenden 12 Minuten weitere Wärmebilder erzeugt und ausgewertet. Es kam sowohl im Bereich der Hautoberfläche als auch auf der Bodenoberfläche zu einem leichten Temperaturanstieg, dennoch lagen diese mit einer Temperatur von 25,7 °C (Temperatur Außenfläche) und 32,3 °C (Temperatur Hautoberfläche) deutlich unter den zu Beginn ermittelten Werten. Der Anstieg kann auch durch Messfehler, der Messpunktauswahl und in der Größe der Stichprobe bedingt sein. Mit der Bildmethode können nicht immer genau die gleichen Messpunkte analysiert werden. Um diese Fehlerquelle zu minimieren, wurden möglichst viele Messpunkte je Bild verwendet. Zwischen den Aufnahmen der Bilder kann z. B. ein starker Windstoß einen stärkeren Temperaturabfall zur Folge haben. Neben der Auswertung der Körperoberflächentemperatur erfolgte eine Auswertung der Nutzung des Außenbereiches kurz vor, während und nach dem Einschalten der Sprühkühlung. Dies geschah anhand der, zur Wärmeaufzeichnung, parallel aufgenommenen Bilder. Vor dem Einschalten der Sprühkühlung waren im Durchschnitt vier von zehn Tieren im Außenbereich zu sehen. Während der 25-minütigen Anlagenlaufzeit befanden sich durchschnittlich sechs Mastschweine auf der Außenfläche. Nach Abschaltung der Anlage bis zum Ende der Aufzeichnung konnten im Durchschnitt acht Tiere registriert werden.

4 Schlussfolgerung

Die Tiere meiden bei hohen Außentemperaturen aufgeheizte Bereiche im Auslauf. Sie verlegen ihre Außenaktivitäten in die frühen Morgen- und späten Abendstunden sowie in die Nachtstunden, wodurch es tagsüber zu einer geringeren Nutzung der Außenflächen kommt. Der Einsatz einer Wassersprühanlage kann bei großer Hitzeeinwirkung zur Temperaturverringerung in nicht beschatteten Außenausläufen eingesetzt werden und somit zum Wohlbefinden der Mastschweine beitragen. Anhand der Messwerte ist ersichtlich, dass auf der Bodenoberfläche schon nach kurzer Zeit der größte Abkühleffekt auftrat, wohingegen die Hautoberflächentemperatur aufgrund der physiologischen Thermoregulation verzögert reagierte. Aus diesem Grund scheint eine Abkühlung von Flächen wesentlich effektiver, als sich ausschließlich auf die Tiere zu konzentrieren. Zum Herunterkühlen der Flächen wäre eine Sprühdauer von 10 Minuten demnach völlig ausreichend, da sich die Bodentemperatur im weiteren Verlauf nur noch minimal verringerte. Die Intervalldauer zwischen den einzelnen Sprühabständen ist vornehmlich an der Außentemperatur und der Tageszeit festzulegen. Für eine Intervallregelung spricht zusätzlich die Vermeidung eines zu hohen Wasserverbrauches und die Vermeidung von Kotauswaschungen bzw. Verdünnungen. Bei starker Hitze empfiehlt sich eine deutlich kürzere Intervalleinstellung.

Literatur

Deutscher Wetterdienst (2018): Wetterkontor.de; Station Thyrow

Knížková, I.; Kunc, P.; Gürdil, G. A. K.; Pinar, Y.; Selvi, K. C. (2007). Applications of infrared thermography in animal production. Journal of the Faculty of Agriculture, 22(3), pp. 329–336

KTBL (2006): Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren, KTBL-Schrift 446, S. 25

Primus (2009): Schweineställe effektiv kühlen. Stallklimagestaltung 7, S. 40-43

Zentner (2005): Neue Möglichkeiten zur Evaluierung des Stallklimas und Optimierung des Lüftungsmanagements mittels Thermografie, S. 7–11

Datenmanagement und Visualisierung der Energieflüsse am Beispiel des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums für Milchviehhaltung Almesbach

Data management and visualization of energy flows using the example of the teaching, experimental and specialist Centre for dairy farming in Almesbach

JOSEF NEIBER, STEFAN NESER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT), Vöttinger Straße 36, 85354 Freising; josef.neiber@LfL.bayern.de

Zusammenfassung

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sind essentielle Bestandteile, um eine dezentrale und intelligente Energieverteilung gerade im Hinblick auf eine verbesserte Integration erneuerbarer Energien zu realisieren.

Die informationstechnische Vernetzung ermöglicht die Feststellung des Energiebedarfs und bildet die Grundlage für die Steuerung der Energieverteilung von Verbrauchern, Erzeugern und Speichersystemen. Mit digitalem Energiemanagement können Verfahrensparameter ausgewertet und Energieflüsse dargestellt werden.

Die optimale Ausnutzung von Energieträgern bei minimalen Emissionen und der Einsatz erneuerbarer Energien sind ein wesentlicher Bestandteil für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung.

Summary

Information and communication technologies (ICT) are essential components to realize a decentralized and intelligent energy distribution, especially with regard to an improved integration of renewable energies.

Information technology networking makes it possible to determine the energy demand and forms the basis for controlling the energy distribution of consumers, generators and storage systems. With digital energy management, process parameters can be evaluated and energy flows can be displayed.

The optimal use of energy sources with minimum emissions and the use of renewable energies are an important component for an environmentally friendly, reliable and affordable energy supply.

1 Einleitung

Im Vordergrund des gesamtbetrieblichen Energiekonzepts des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums (LVFZ) für Milchviehhaltung Almesbach steht der nachhaltige Einsatz heimischer Ressourcen. In allen drei Energiesektoren (Wärme, Kraftstoff und Strom) soll der Umbau auf regenerative Energiequellen und energetische Autarkie angestrebt werden (LfL 2018).

Ziel des Forschungs- und Innovationsprojektes ist die gesamtbetriebliche Erfassung, Darstellung und Optimierung der Energieflüsse der gesamten Liegenschaft.

2 Material und Methode

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden im Wesentlichen die Energiedaten des Sektors "elektrische Energie" durch informationstechnische Vernetzung abgebildet und untersucht. Für die Signalverarbeitung werden Komponenten zur dezentralen Erfassung und Speicherung von Impulsen eingebaut. Energiemessgeräte werden zur automatischen Erfassung und Dokumentation energietechnischer Daten in der Trafostation und den einzelnen Gebäuden sowie Verbrauchszähler auf Einzelverbraucherebene in den Elektroverteilerschränken der Biogasanlage installiert. Die bereits bestehenden Messstellen in den Milchvieh- und Rinderstallungen werden mit systemkompatiblen Zählern umgebaut. Ebenfalls werden zur Einbindung der Solarstromerzeugung der Photovoltaikanlagen und den Leistungsdaten der Batteriespeichersysteme kompatible Schnittstellen für die Datenübertragung in das Gesamtnetzwerk nachgerüstet.

Die einzelnen Arbeits- bzw. Verfahrensschritte für die Erfassung der Energieerzeugung und Energieverwendung sowie der Visualisierung der Energiedaten für den Wissenstransfer sind:

- Messtechnische Ausstattung zur Energiedatenerfassung;
- Festlegung der Datenstruktur und Integration der einzelnen Zählpunkte in die Nutzeroberfläche der Analyse- und Visualisierungssoftware des Energie-Monitoring-Systems;
- Analyse des Stromverbrauchs der Einzelverbraucher, zeitlich aufgelöste und nach Verbrauchern aufgeschlüsselte Messung, Datenauswertung und Bewertung des Stromverbrauchs und -ertrags;
- Entwicklung von Energieverbrauchskennzahlen für güllebasierte 75-kW-Biogasanlagen (BGA);
- Entwicklung und Bewertung möglicher Optimierungsmöglichkeiten;
- Integration des Last- und Leistungsprofils der BGA in das Gesamtlastprofil der Liegenschaft, um am Betrieb eigenerzeugte Energie bestmöglich zu nutzen;
- Visualisierung der Ertrags- und Verbrauchsdaten des landwirtschaftlichen Betriebes, der Biogasanlage und der Photovoltaikanlage sowie der Speicherdaten der Li-Ionen und Blei-Säure Batterien.

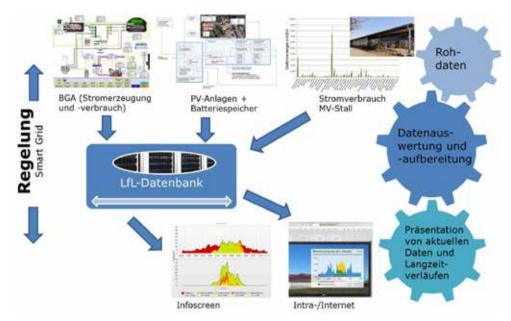


Abb. 1: Daten- und Energieflüsse des Lehr-,Versuchs- und Fachzentrums für Milchviehhaltung Almesbach (® Neiber)

Fig. 1: Data and energy flows of the teaching, experimental and specialist Centre for dairy farming in Almesbach (© Neiber)

In Abbildung 1 sind die sind die Energieflüsse für das Datenmanagement und der Visualisierung sowie deren Einbindung in die Datenflussstruktur der gesamten Liegenschaft des LVFZ Almesbach dargestellt. Im Einzelnen sind das die Energieerzeugungsdaten der BGA, der Photovoltaikanlagen (PV) inklusive Batteriespeicher und den Energieverbrauchswerten der Stallungen (Milchvieh-, Trockensteher- und Kälberstall), den Verwaltungs-, Schul- und Betriebsgebäuden.

3 Ergebnisse

Die gesamtbetriebliche Erfassung der Daten- und Energieflüsse dient als Grundlage für eine künftige Steuerung der Energiebereitstellung einerseits und der Energieverteilung andererseits. Mit einem entsprechend digitalisierten Lastmanagementsystem kann das Energiebezugsverhalten angeschlossener Verbraucher überwacht und optimiert werden. Im Tageslastprofil in Abbildung 2 ist beispielhaft die Energiebereitstellung der Energieverwendung des LVFZ am 01.09.2018 gegenübergestellt. Der Stromverbrauch kann zu 99,6 % aus der Stromerzeugung der PV-Anlage mit 126 kWh und der Biogasanlage mit 1.547 kWh gedeckt werden. Zusätzlich werden 870 kWh in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Aufgrund der hohen Eigenstromproduktion können auch die Lastspitzen zu den Melkzeiten fast komplett abgedeckt werden. Die Ladung der Batteriespeicher erfolgt

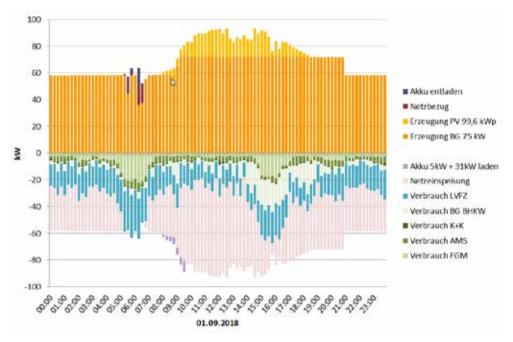


Abb. 2: Tageslastprofil der Stromerzeugung und -verwendung am 01.09.2018 des Lehr-,Versuchs- und Fachzentrums für Milchviehhaltung Almesbach (© Neiber)

Fig. 2: Daily load profile of power generation and use on 01.09.2018 of the teaching, experimental and specialist Centre for dairy farming in Almesbach (© Neiber)

gegenwärtig dann, wenn die PV-Anlage Solarstrom erzeugt, und die Entladung, wenn der Stromverbrauch höher wie die Erzeugung ist. Die Erzeugung, der Verbrauch und die Speicherung sollen jedoch zukünftig tarif- (Kappung von Lastspitzen) bzw. netzdienlich geregelt werden.

Literatur

LfL (2018): Energiewendeprojekt der LfL – Konzept LVFZ Almesbach. Freistaat Bayern, Körperschaft des öffentlichen Rechts, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), https://www.lfl.bayern.de/lvfz/almesbach/025691/index.php, Zugriff am 01.04.2019

Entwicklungsstufen zur Nachhaltigkeit – Lely Astronaut Melkrobotersystem

Developmental stages of sustainability – Lely Astronaut Milking Robot

THERESA LEINWEBER¹, RIK AUKES², CAROLIN HOHMANN¹

Zusammenfassung

Das Unternehmen Lely bemüht sich seit Jahren um eine Weiterentwicklung seiner Melkrobotersysteme und damit auch um die Verbesserung der Energieeffizienz. Um diese Entwicklung darzustellen, wurde ein Datenblatt erstellt. Die Erhebung der Daten wurde für die Modelle Astronaut A3next, A4 und A5 durch die Ingenieure von Lely International in einem Prüfstand durchgeführt. Im Falle des A2 gehen die Energieverbräuche aus einer Untersuchung vom Danish Agricultural Advisory Service hervor. Seit dem A3next hat jeder Entwicklungsschritt zu einer Energieeinsparung geführt. Grund für den höheren Energieverbrauch des A3next im Vergleich zum A2 ist die Umstellung der elektrischen Armsteuerung auf eine pneumatische. Die Energieverbräuche des Astronaut A4, dessen Arm ebenfalls pneumatisch gesteuert wird, konnten bei Praxismessungen bestätigt sowie durch Wartung verbessert werden. Durch die Weiterentwicklung zum Astronaut A5 entstand jetzt ein sogenannter Hybridarm. Die Bewegung des Arms erfolgt hierbei durch Elektromotoren und lediglich ein Luftzylinder hält sein Gewicht. So entfällt der größte Teil der benötigten Druckluft, sodass der Energieverbrauch des Kompressors gesenkt werden konnte.

Summary

Lely strives for further development of their milking robots already for years and in the course of this also for a better energy efficiency. To show this development there was compiled a data sheet. The data collection for the robots Astronaut A3next, A4 and A5 was carried out by the engineers of Lely International in a testing bench. For the A2 a research from Danish Agricultural Advisory Service was used. Up to the Astronaut A3next every development step led to energy savings. You can explain the higher energy consumption of the A3next compared to the A2 with the change in the arm technology: the electrically operated arm has been changed into a pneumatic one. The energy consumption of the A4, that has also a pneumatic arm, could be verified in measurements on a farm and even improved by maintenance. The further development of the A5 resulted now in a hybrid arm. The movements of the arm are operated by electric motors whereas the weight of the arm is carried by a pneumatic cylinder. For this reason the energy consumption of the compressor could be reduced.

¹ Lely Deutschland GmbH, Industriestraße 8–10, 89367 Waldstetten; tleinweber@lely.com

² Lely International N.V., Cornelis van der Lelylaan 1, 3147 PB, Maassluis, The Netherlands

1 Hintergrund und Ziel

Die Themen Nachhaltigkeit und Energieeffizienz sind in aller Munde und gewinnen gerade in der Landwirtschaft immer mehr an Bedeutung. Um die Entwicklung der Energieeffizienz der Lely-Melkroboter-Systeme darzustellen, wurde eine Übersicht in Form eines Datenblattes erstellt, um sowohl bestehenden Kunden als auch anderen interessierten Personen, die Möglichkeit zu geben, sich über die Stromverbräuche eines Lely-Astronaut-Melkrobotersystems zu informieren. Praktischen Nutzen hat dieses Datenblatt ebenfalls für die Energieberater der Landwirtschaftsämter. Ihnen will das Unternehmen Zahlen und Fakten an die Hand geben, die es ermöglichen, im Rahmen des "Bundesprogramms zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau" eine Vergleichsrechnung durchzuführen. Diese soll Landwirten die Förderung ihres Projekts durch den Bund ermöglichen.

Das Ende 2015 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ins Leben gerufene "Bundesprogramm zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau" fördert die Optimierung von Teil- oder Gesamtsystemen in landwirtschaftlichen Gebäuden, wie z.B. Melk- und Kühlanlagen mit geringerem Energieverbrauch. Die erste Förderperiode startete im August 2016 und endete im Dezember 2018. In dieser Zeit wurden bereits 65 Millionen Euro in energieeffiziente Systeme investiert. In der laufenden Förderperiode 2019 bis 2021 stehen noch einmal jährlich 25 Millionen Euro zur Verfügung (BMEL 2018).

Gefördert werden Kleinunternehmen im Sinne des Anhangs I der Verordnung (EU) Nr. 702/2014, die landwirtschaftliche Primärerzeugnisse produzieren, die der Innenwirtschaft zugerechnet werden können. Des Weiteren muss ein betriebsindividuelles Energieeinsparkonzept durch einen vom BLE zugelassenen Berater erstellt und vorgelegt werden, um am Förderprogramm teilzunehmen. Die Zuwendungshöhe ist abhängig von den realisierten Energieeinsparungen. Bei einer Einsparung von mindestens 25 % gegenüber dem Ist-Zustand werden 20 % des Investitionsvolumens bezuschusst, bei einer Energieeinsparung von mindestens 35 % gegenüber dem Ist-Zustand sogar 30 % des Investitionsvolumens. Das zuwendungsfähige Investitionsvolumen muss mindesten 3.000 Euro betragen und ist auf 2,5 Millionen Euro begrenzt (BMEL 2016).

2 Material und Methoden

Die Erhebung der Daten wurde für die Modelle Astronaut A3next, A4 und A5 durch die Ingenieure von Lely International in einem Prüfstand durchgeführt und in den jeweiligen Service- und Benutzerhandbüchern veröffentlicht. Für die Messungen wurden 160 bis 170 Melkungen pro Tag durchgeführt, bei einem standardisierten durchschnittlichen Milchfluss von 2,5 kg pro Minute und einer Milchmenge von 10 kg pro Melkung. Des Weiteren wurden jeweils 3 Hauptreinigungen pro Tag durchgeführt und damit auch der Stromverbrauch für die Erhitzung des zur Reinigung benötigten Wassers berücksichtigt. Gemessen wurde der Stromverbrauch der folgenden Komponenten: Vakuumpumpe,

Robotereinheit, System zur Dampfdesinfektion (Pura), Druckluftkompressor, Zentraleinheit und Boiler. Errechnet wurde daraus der Stromverbrauch pro Melkung (Lely Industries N.V. 2017a, 2017b und 2018).

Im Falle des A2 gehen die angegebenen Energieverbräuche aus einer dänischen Untersuchung hervor, die vom Danish Agricultural Advisory Service im Jahr 2004 durchgeführt wurde. Bei diesen Messungen wurde ebenfalls der Stromverbrauch pro Tag gemessen und dann pro Melkung sowie pro Tonne Milch und pro Kuh umgerechnet. Hier wurden durchschnittlich 160 Melkungen pro Tag durchgeführt. Bei dieser Messung wurde nicht zwischen den einzelnen Komponenten unterschieden, sondern nur Angaben zum Verbrauch der kompletten Melkeinheit sowie zum Kompressor gemacht (Danish Agricultural Advisory Service 2004).

3 Ergebnisse

Die auf dem Datenblatt "Lely Astronaut Melkroboter-System – Entwicklungsstufen zur Nachhaltigkeit" dargestellten Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Sie beziehen sich auf die kWh Strom pro Melkung und sind jeweils einmal mit dem Verbrauch des Boilers und einmal ohne den Verbrauch des Boilers angegeben. Die angegebenen Stromverbräuche des Boilers beziehen sich auf eine Wassereingangstemperatur von 12 °C. In der Praxis können die Werte abweichen, je nach Wassertemperatur oder z.B. der Nutzung einer Wärmerückgewinnung. Außerdem wird bei den Modellen A4 und A5 unterschieden, ob ein Dampfdesinfektionssystem (Pura) verbaut wurde oder nicht.

Der niedrigste Stromverbrauch wurde beim neuesten Astronaut-Modell, dem Astronaut A5 gemessen. Exklusive Boiler liegt der Verbrauch hier bei 0,126 kWh pro Melkung, also pro 10 kg Milch. Für den Astronaut A4 wurden 0,171 kWh pro Melkung gemessen und beim Astronaut A3next betrug der Stromverbrauch pro Melkung 0,227 kWh (Lely Industries N.V. 2017a, 2017b und 2018).

Die in Dänemark durchgeführte Messung ergab 0,243 kWh inklusive Heißwasserbereitung durch den Boiler (Danish Agricultural Service 2004).

Zur besseren Beurteilung der Stromverbräuche wurden die Werte in Tabelle 2 pro Kilogramm Milch, pro Tonne Milch und pro Tag umgerechnet. Daraus resultiert ein täglicher Stromverbrauch von 29,92 kWh für einen Astronaut A2, von 38,59 kWh für den A3next, von 29,7 kWh für den A4 und von 21,42 kWh für den A5. Unter Einbeziehung des Boiler-Verbrauchs (bei 12 °C Wassereingangstemperatur) liegen die täglichen Stromverbräuche bei 38,88 kWh (A2), 48,79 kWh (A3next), 41,82 kWh (A4) und 35,02 kWh (A5) (Tab. 3).

Tab. 1: Energieverbrauch der Lely Astronaut Melkrobotor-Systeme
Tab. 1: Energy consumption of the Lely Astronaut milking robot systems

	A2	A3next	A4		A5	
	kWh pro Melkung	kWh pro Melkung	kWh pro Melkung	kWh pro Melkung (ohne Pura)	kWh pro Melkung	kWh pro Melkung (ohne Pura)
Vakuumpumpe	-	0,051	0,054	0,054	0,041	0,041
Robotereinheit	-	0,018	0,033	0,033	0,039	0,039
Pura	-	0,038	0,024	-	0,024	-
Kompressor	-	0,12	0,058	0,058	0,02	0,02
Zentraleinheit (24 V)	-	-	0,002	0,002	0,002	0,002
Gesamt	0,187	0,227	0,171	0,147	0,126	0,102
Boiler	0,056	0,060	0,075	0,075	0,080	0,080
Gesamt mit Boiler	0,243	0,287	0,246	0,222	0,206	0,182

Tab. 2: Energieverbrauch pro Kilogramm Milch, pro Tonne Milch und pro Tag (exklusive Boiler) Tab. 2: Energy consumption per kilogram milk, per ton Milk and per day (excluding Boiler)

	A2	A3next	A4	A5 mit Pura	A5 ohne Pura
kWh/kg Milch	0,0187	0,0227	0,0171	0,0126	0,0102
kWh/t Milch	18,7	22,7	17,1	12,6	10,2
kWh/Tag	29,92	38,59	29,7	21,42	17,34

Somit können bei einem Austausch eines Astronaut-A2-Roboters gegen einen Astronaut A5 (mit Pura, ohne Boiler) 32,6 % Energie eingespart werden. Da ein Astronaut A2 keine Dampfdesinfektion (Pura) besitzt, sollte hier ebenfalls mit einem A5 ohne Pura verglichen werden. Die Einsparung von A2 zu A5 liegt so bei 45 %.

Tab. 3: Energieverbräuche pro Kilogramm Milch, pro Tonne Milch und pro Tag (inklusive Boiler) Tab. 3: Energy consumption per kilogram milk, per ton milk and per day (including Boiler)

	A2	A3next	A4	A5 mit Pura
kWh/kg Milch	0,0243	0,0287	0,0246	0,0206
kWh/t Milch	24,3	28,7	24,6	20,6
kWh/Tag	38,88	48,79	41,82	35,02

Zu beachten ist aber außerdem die Tatsache, dass der in 2004 untersuchte Astronaut A2 eine Neumaschine war. In diesem Zustand sind die Roboter, die heute noch in Betrieben laufen, nicht mehr, sodass ihr Stromverbrauch voraussichtlich höher ist. Daraus ergibt sich in der Praxis eine höhere Energieeinsparung von A2 zu A5. Der Tausch von A3next zu A5 realisiert eine Energieeinsparung von (mit Pura, ohne Boiler) 44,5 %. Ein Wechsel von A4 zu A5 bringt einen um 26,3 % niedrigeren Stromverbrauch (mit Pura, ohne Boiler).

4 Diskussion und Zusammenfassung

Im Folgenden sollen die genannten Ergebnisse im Hinblick auf die Möglichkeit der Förderung durch das BMEL geprüft sowie die gemessenen Werte beurteilt werden.

Die geforderten 25 % Energieeinsparung können, sofern eine Wärmerückgewinnung genutzt wird, für alle Modelle erreicht werden. Beim Tausch eines A3next gegen einen A5 kann sogar die 35-%-Hürde und somit die 30-%-Förderung des Bauvorhabens erreicht werden. Generell ist allerdings anzumerken, dass jeder Betrieb individuell ist und es immer auf die genaue Prüfung der Ist-Situation durch den Energieberater ankommt. Schon allein durch die Anschaffung eines Systems zur Wärmerückgewinnung kann der Energieverbrauch oft drastisch gesenkt werden. Liegt schon in der Ist-Situation eine Wärmerückgewinnung vor, sind die Einsparungen dementsprechend geringer. Des Weiteren können die Verbrauchswerte des Astronaut A2 aus dem oben genannten Grund des Alters der Maschine heute höher sein. Auch die im Jahr 2000 von der DLG durchgeführten Labormessungen kamen zu dem etwas höheren Ergebnis von 0,03 kWh pro kg Milch (DLG 2000).

Des Weiteren ist zu bedenken, dass die vorliegenden Stromverbräuche der A3next, A4 und A5 zunächst Labormessungen auf dem Prüfstand sind und nicht in einem landwirtschaftlichen Betrieb durchgeführt wurden. Aus diesem Grund liegen mittlerweile auch Messungen zum Astronaut A4 vor, die durch die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) durchgeführt und in der Fachzeitschrift profi veröffentlich wurden (DLG 2019). Hintergrund dieses Beitrags war die Frage, ob die in 2014 ebenfalls von der DLG durchgeführten und in der profi veröffentlichten Labormessungen (DLG 2014) auch in der Praxis standhalten können. Eine weitere Fragestellung betraf die Wartung der Melkroboteranlage. So sollte ermittelt werden, inwieweit sich die Verbrauchswerte der Maschine verändern, wenn eine fachgerechte Wartung durch einen Techniker der Firma Lely durchgeführt wurde. Der von der DLG gemessene Stromverbrauch vor der Wartung lag bei 2,42 kWh pro 100 Liter Milch. Umgerechnet sind das bei einer Milchleistung von 1.700 kg Milch 41,14 kWh pro Tag. Diese Zahl ist nahezu identisch mit dem von den Ingenieuren von Lely gemessenen Wert. Durch die Wartung des A4-Praxisroboters konnte der Stromverbrauch noch einmal gesenkt werden und zwar auf 2,26 kWh pro 100 Liter Milch. Umgerechnet sind das 38,4 kWh pro Tag, was 6 % weniger ist als vor der Wartung und sogar 8 % weniger als unter Laborbedingungen gemessen. Realisiert wurde diese Einsparung durch verschiedene Wartungsschritte. Neben der Aktualisierung auf die neueste Softwareversion wurde die Frequenz der Vakuumpumpe von der maximalen Frequenz von 70 Hz auf für den Betrieb ausreichende 60 Hz reduziert. Des Weiteren half es, den Laser zu reinigen und neu zu kalibrieren, um ein schnelleres Ansetzen zu erzielen. Auch Kleinigkeiten, wie zum Beispiel die Entfernung von Tierhaaren aus den Reinigungsbürsten, bringen eine Stromeinsparung (DLG 2019). Man kann also festhalten, dass nicht nur durch den Austausch des Melkrobotersystems Energie eingespart werden kann, sondern auch durch regelmäßige Pflege und Wartung der Maschine eine Verbesserung der Energieeffizienz erreicht werden kann.

Die auf dem Datenblatt "Lely Astronaut Melkroboter-System – Entwicklungsstufen zur Nachhaltigkeit" dargestellten Werte dienen Landwirten und Energieberatern als Anhaltspunkt für die Berechnung und Beantragung einer Energieförderung und verdeutlichen die Transparenz des Unternehmens Lely. Das Förderprogramm ist eine große Chance für alle zukunftsorientierten Landwirte in Deutschland und Lely möchte mit dem zur Verfügung stellen dieser Daten dazu beitragen, dass möglichst viele Landwirte die Möglichkeit haben, ihre Betriebe energieeffizient und nachhaltig zu gestalten.

Literatur

BMEL (2018): Energieeffizienz ist Klimaschutz, Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau, Berlin, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

BMEL (2016): Merkblatt "Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau" vom 22. August 2016, Berlin, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Danish Agricultural Advisory Service (2004): Electricity and Water Consumption at Milking, Farmtest Cattle no. 17, Aarhus

DLG (2000): Melkroboter Lely Astronaut, Prüfbericht 4916, Groß-Umstadt

DLG (2019): Eine Punktlandung in der Praxis, Praxistest Lely Astronaut A4. In: profi 3, S. 68–71

DLG (2014): Lelys Astronaut A4 legt vor. In: profi 11, S. 88-91

Lely Industries N.V. (2018): Operatormanual Astronaut A5, Maassluis, pp. 3-4

Lely Industries N.V. (2017a): Servicemanual Astronaut A3next zum Softwareupdate, Maassluis

Lely Industries N.V. (2017b) Servicemanual Astronaut A4, Maassluis, pp. 3-45

Verfahrensvergleich moderner Heutrocknungssysteme

Comparison of state of the art barn hay drying systems

MARKUS HOFMANN, STEFAN THURNER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising; Markus.Hofmann@LfL.Bayern.de

Zusammenfassung

Hochwertiges Grünfutter ist für die Milcherzeugung entscheidend. Aufgrund guter Vermarktungschancen für "Heumilcherzeugnisse" und aktueller Verbesserungen bei der Heutrocknungstechnik stellt Belüftungsheu wieder eine Alternative zu Silage dar. Das Ziel dieses Versuchs war es, Daten zur Effizienz einiger der neuen Belüftungstechniken bei einer Heubelüftungsversuchsanlage zu erfassen. Das geerntete Material wurde hierzu zu gleichen Teilen in zwei identische Boxen (30 m²) (c.p.), jede mit dem gleichen Radialventilator und vergleichbaren Luftführungssystemen, gefüllt. In einer Box wird das Heu mithilfe eines Entfeuchters getrocknet. In der zweiten Box wird das Heu mithilfe von Abwärme und einer Wärmerückgewinnungsanlage, mit der die Zuluft (Außenluft) über die warme Abluft angewärmt wird, getrocknet. Mithilfe einer umfangreichen Messtechnikausstattung wurde i.a. der Energieverbrauch gemessen. Der gemessene Gesamtenergieverbrauch in der Box mit Entfeuchter lag in zwei Versuchen bei 0,65 bzw. 0,51 kWh pro Kilogramm Wasserverlust, verglichen mit 1,18 kWh pro Kilogramm Wasserverlust in der Box mit Abwärmenutzung plus Wärmerückgewinnungsanlage bei einem Versuch.

Summary

High quality roughage is crucial for milk production. Driven i.a. by good marketing opportunities for 'hay milk products' and current improvements in hay drying technology, barn dried hay becomes an alternative to silage again. The aim of this study was to analyse state-of-the-art barn hay drying systems at an experimental plant. The harvested material was filled in equal shares into two identical boxes (c. p.) each with 30 m², identical centrifugal fans and comparable air distribution systems. In one box a dehumidifier in recirculation mode was used for drying. In the second box a heat exchanger with a heat recovery unit in the exhaust air was used to warm up the atmospheric air in two steps for drying. Collected data were i.a. energy consumption using adequate sensors. The measured energy requirement for drying hay with the dehumidifier was in two trials 0.65 and 0.51 kWh per kilogram water loss compared to 1.18 kWh per kilogram water loss for the heat exchanger and heat recovery unit during one trial.

1 Einleitung und Zielsetzung

Hochwertiges Grünfutter ist für die Milcherzeugung von entscheidender Relevanz, weshalb die meisten Betriebe auf Silage setzen. Mit Silage erzeugte Milch ist jedoch für bestimmte Hartkäseprodukte nicht geeignet. Aufgrund guter Vermarktungschancen für "Heumilcherzeugnisse" und aktueller Verbesserungen bei der Heutrocknungstechnik stellt Belüftungsheu wieder eine Alternative zu Silage dar. Dafür stehen heute neue, schlagkräftige Techniken zur Verfügung, mit deren Hilfe angewelktes Material mit circa 60 % Trockenmasse(TM-)Gehalt in kurzer Zeit bis zur Lagerfähigkeit fertig getrocknet werden kann. Zur Effizienz (Energieverbrauch, Trocknungsdauer usw.) dieser neuen Techniken stehen bis auf wenige Ausnahmen (Pöllinger 2014) derzeit nur Firmenangaben zur Verfügung. Ziel ist es daher, mit einer Heubelüftungsversuchsanlage und auf Praxisbetrieben Daten zur Effizienz dieser neuen Belüftungstechniken zu erfassen und die Steuerung des Belüftungsprozesses zu analysieren sowie zu optimieren. Dazu werden vergleichende Untersuchungen an der Heubelüftungsversuchsanlage in Hübschenried mit den zwei aktuell vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Rahmen der Energieeffizienzförderung geförderten Techniken, der Entfeuchtertrocknung mit Umluftverfahren und der Warmlufttrocknung mit Wärmerückgewinnungsanlage, durchgeführt. Weiterhin werden auf Praxisbetrieben mit vergleichbaren Techniken Daten zum Energieverbrauch sowie zur Futterqualität erhoben. Resultierend aus diesen Ergebnissen sollen Richtlinien für die Praxis erarbeitet werden, um z. B. Hilfestellung zu Fragen der nötigen Schlagkraft und Effizienz zu geben. Darüber hinaus sollen sozioökonomische Kennzahlen der Praxisbetriebe untersucht und anhand der erhobenen Daten zu Investitionsvolumina i.a. bezüglich des Risikos für den Betriebszweig Milchproduktion eingeordnet werden.

2 Material und Methoden

Am LVFZ Achselschwang (Betriebsteil Hübschenried) wurde zur Analyse der Effizienz verschiedener Heubelüftungstechniken eine Versuchsanlage (c.p.) mit zwei identischen Boxen (30 m²) auf je vier Wiegezellen, vergleichbaren Luftführungssystemen und identischen Radialventilatoren (Typ RVN 630-35/10, 7,5 kW, Hersteller/Vertrieb Fa. Gerätebau Birk GmbH) konstruiert. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten vor Ort konnte bis dato für keine der beiden Boxen eine solare Erwärmung der Luft über eine Unterdachabsaugung realisiert werden, weshalb an Schönwettertagen nur die Außenluft unter einem südlich ausgerichteten Vordach zur Trocknung genutzt werden kann. In einer Box wird das Heu mithilfe eines Entfeuchters (Typ Agrifrigor HT 60, 12 kW, Hersteller/Vertrieb Fa. FrigorTec GmbH) im Umluftverfahren getrocknet. In der zweiten Box wird das Heu mithilfe von Abwärme (simuliert mittels Heizmobil-Kofferanhänger, 300 kW, Hersteller/Vertrieb Fa. Mobiheat, Warmwasserheizregister 380 kW, Hersteller/Vertrieb Fa. Heribert Waltinger GmbH) getrocknet. Dabei steht zusätzlich eine Wärmerückgewinnungsanlage

(WRG; Typ ERC-T 30/56, Hersteller/Vertrieb Fa. Arwego – Armin Schneider e.K.) zur Verfügung, mit der die Zuluft über die warme Abluft angewärmt wird.

Die Box mit Entfeuchter wurde im Rahmen zweier Versuche im Juli und Oktober 2018 zur Trocknung des dritten und fünften Schnitts Grünland (Bergung am 13.07.2018 und 11.10.2018) eingesetzt. Die Box mit Abwärmenutzung und WRG wurde bisher nur im Juli 2018 (Bergung am 13.07.2018) getestet. Bei allen Versuchen wurde nur während der Beschickung der Heuboxen mit "unbehandelter" Außenluft belüftet. Anschließend wurden auf beide Boxen speziell angefertigte Hauben gesetzt, um einen Luftmasseaustausch der unterschiedlichen Trocknungssysteme zu verhindern, und um eine effiziente Luftumwälzung durch den Luftentfeuchter und die WRG zu gewährleisten. Fortan wurde in der Box mit Entfeuchter im Dauerumluftbetrieb sowie in der Box mit Wärmetauscher und WRG im Dauer-WRG-Betrieb weitergetrocknet. Mithilfe einer umfangreichen Messtechnikausstattung wurden dabei der Energieverbrauch und der Trocknungsverlauf erfasst. Beim ersten Versuch im Juli lag der Ausgangs-TM-Gehalt in der Box mit Entfeuchter bei 71,3 % TM-Gehalt und damit etwas niedriger als in der Box mit Abwärmenutzung und WRG (73,5 % TM-Gehalt). Beim zweiten Versuch lag der Ausgangs-TM-Gehalt in der Box mit Entfeuchter bei 70,7 % TM-Gehalt. Für die befüllten Boxen wurde der Trocknungsverlauf und Energieverbrauch bis zu einem Ziel-TM-Gehalt von mindestens 86 % TM-Gehalt dargestellt bzw. ermittelt. Der Energieverbrauch für die in der Praxis notwendige Nachbelüftung wurde in allen Fällen nicht berücksichtigt, da in der Praxis dafür i. d. R. die solar angewärmte Luft aus der Unterdachabsaugung verwendet wird und dadurch nur ein geringer, im Vergleich zum Gesamtenergieverbrauch vernachlässigbarer Energieverbrauch nur für den Radialventilator anfällt. In der Box mit Entfeuchter wurden im Juli rund 4.990 kg und im Oktober rund 3.190 kg Grasanwelkgut getrocknet und in der Box mit Abwärmenutzung und WRG waren es im Juli rund 4.760 kg Grasanwelkgut. Die eingefüllte Menge entsprach somit einem "Wasserdeckel" von 47,7 und 31,2 kg Wasser pro Quadratmeter Boxenfläche in der Box mit Entfeuchter sowie 42,1 kg Wasser pro Quadratmeter in der Box mit Abwärmenutzung und WRG. Alle Werte lagen auf einem sehr niedrigen Niveau, da für die Praxis je nach zu trocknendem Material ein "Wasserdeckel" von 70 bis 100 kg Wasser pro Quadratmeter Boxenfläche empfohlen wird (Pöllinger 2014).

Neben den ersten Versuchen zum direkten Vergleich der Techniken in der Heubelüftungsversuchsanlage wurden drei Praxisbetriebe mit vergleichbaren Techniken wie in der Versuchsanlage und einem Entfeuchter kombiniert mit Kreuzstromplattenwärmetauscher (Hersteller Fa. Arwego – Armin Schneider e.K.) ausgewählt. Die Praxisbetriebe werden derzeit mit vergleichbarer Messtechnik ausgestattet, sodass ab dem 1. Schnitt 2019 Daten zur Effizienz dieser Anlagen erfasst werden können (Abb. 1).

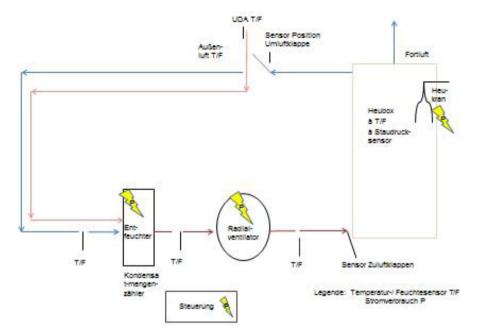


Abb. 1: Messsensoren und Messzähler bei Betrieb A (© Hofmann) Fig. 1: Sensors and measuring counters at farm A (© Hofmann)

3 Erste Ergebnisse und Diskussion

Es konnte in beiden Boxen beim Einfahren das witterungsbedingt relativ trockene Material in Kürze auf den Ziel-TM-Gehalt von weniger als 86 % getrocknet werden. Bei beiden Verfahren konnte der (vernachlässigbare) Energieverbrauch für die Nachbelüftung, wie erwähnt, nicht berücksichtigt werden. Der Energieeinsatz für die Trocknung mittels Abwärmenutzung und Wärmerückgewinnung lag unter den spezifischen Bedingungen im Juli 2018 bei etwa 1,18 kWh pro kg Wasserentzug. Entsprechend dem Dauer-WRG-Betriebszustand wurde letztendlich eine 100 % Trocknung über Abwärme in 19 h generiert. Im Vergleich zur Energieeffizienzförderung (BLE 2017) lag der Energieverbrauch dabei etwas höher (Tab. 1). Die Trocknung mit Entfeuchter im Juli dauerte zwar länger, gleichzeitig wurde aber weniger Gesamtenergie, nämlich 0,65 kWh pro kg Wasserentzug, aufgewandt. Beim Vergleich mit der Energieeffizienzförderung (BLE 2017, BMEL 2016) lag dieser um rund ein Drittel über dem angestrebten Zielwert. Bei der Trocknung im Oktober 2018 ergab sich ein nochmals niedriger Energiebedarf in Höhe von 0,51 kWh pro kg Wasserentzug bei 100 %iger technischer Trocknung. Beim Vergleich mit der Energieeffizienzförderung (BLE 2017, BMEL 2016) und umgerechnet auf den Anteil des Energieeintrags über die Unterdachabsaugung plus den Einsatz des Entfeuchters zeigt sich indessen, dass der Zielwert erreicht werden konnte.

Tab. 1: Vergleich des Energiebedarfs der Heubelüftungsversuchsanlage Hübschenried zur Energieeffizienzförderung (BLE 2017, BMEL 2016) und zur Heubelüftungsanlage mit Entfeuchter und Unterdachabsaugung (UDA) an der HBLFA in Raumberg-Gumpenstein (Pöllinger 2014, Werte umgerechnet auf 50 % UDA mit 50 % technischer Trocknung anhand der Tageslängen) (Thurner et al. 2018) Tab. 1: Comparison of the energy demand of the experimental plant to the energy efficiency promotion program (BLE 2017, BMEL 2016) and a barn hay drying system with a dehumidifier heat pump and the possibility of using warm air from the "roof suction" at AREC Raumberg-Gumpenstein (Pöllinger 2014, values converted to 50% roof suction with 50% technical drying based the day lenghts) (Thurner et al. 2018)

Energieverbrauch bei der Heutrock- nung in kWh/kg Wasserentzug	Energie- effizienz- förderung (BMEL/BLE)	HÜB Abwärme– nutzung Juli 2018	HÜB Entfeuchter Juli 2018	HÜB Entfeuchter Oktober 2018	HBLFA Entfeuchter alle Schnitte 2011/12 (umgerechnet)
100 % technische Trocknung	1,04	1,18	0,65	0,51	-
Circa 50 % UDA + circa 50 % techni- sche Trocknung	0,52	0,63	-		-
Circa 50 % UDA + circa 50 % energie- effiziente Technik	0,31	-	0,41	0,32	Minimum-Maximum: 0,17-0,79; Mittel- wert: 0,51

Vergleicht man die von Pöllinger (2014) gemessenen Werte bei einer Entfeuchtertrocknung mit den Vorgaben der Energieeffizienzförderung (BLE 2017, BMEL 2016), so liegt der Energieverbrauch im Mittel trotz energieeffizienter Technik beim erwarteten Wert für die Trocknung z.B. mit Abwärme. Die Spanne vom minimalen Energieverbrauch bis zum maximalen Energieverbrauch zeigt jedoch, dass je nach Einsatzbedingungen sehr große Unterschiede möglich sind (Tab. 1). Deswegen zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass der tatsächliche Energieverbrauch mit den neuen Techniken für die Heutrocknung in einer Heubelüftungsanlage von vielen Faktoren abhängt. Neben den Eigenschaften des zu trocknenden Materials und der Witterung an den Tagen nach dem Einfahren, die vom Landwirt nur teilweise beeinflusst werden können, spielt die Anlagensteuerung, also mit welcher Luftmenge und -temperatur sowie -feuchte getrocknet wird und der Zeitpunkt, ab dem auf Umluftbetrieb bzw. WRG-Betrieb umgeschaltet wird, neben einer möglichst effizienten Abluft- bzw. Umluftführung die entscheidende Rolle beim Energieverbrauch (Thurner et al. 2018). Dazu kommt das Management durch den Landwirt vom Einlagern bis zum Ende der Trocknung. Nur durch eine regelmäßige Kontrolle des Stocks kann er schnell auf z.B. Kaminbildung durch Umschichten reagieren und so den gleichmäßigen Trocknungsfortschritt begünstigen.

4 Fazit

Der Einsatz der neuen Techniken zur Heutrocknung in Heubelüftungsboxen erfordert einiges an Know-how von Seiten des Anlagenbetreibers. Genauso wichtig ist hierbei auch die exakte Steuerung mittels Temperatur- und Feuchtesensoren, um mit möglichst geringem Energieaufwand qualitativ hochwertiges Belüftungsheu zu produzieren. Bei richtigem Einsatz der Technik kann der angestrebte Wert bei der Nutzung von energie-effizienter Trocknungstechnik von 0,31 kWh pro kg Wasserentzug erreicht und teilweise sogar unterschritten werden. Der Einbau eines Wärmeregisters im Jahr 2019 zwecks Simulation der Unterdachabsaugung sollte die Vergleichbarkeit der Versuchsanlage mit den Praxisbetrieben verbessern.

Literatur

- BLE (2017): Referenz für Niedrigenergie-Trocknungsanlagen. https://www.ble.de/ SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Bundesprogramm-Energieeffizienz/ BerechnungEnergieeinsparungTrocknungsanlagen.pdf?__blob=publicationFile&tv=3, Zugriff am 30.10.2018
- BMEL (2016): Energieeffizienz lohnt sich. Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Energieeffizienz-lohnt-sich.pdf?__blob=publicationFile, Zugriff am 30.10.2018
- Pöllinger, A. (2014): Heutrocknungsverfahren im Vergleich. In: Tagungsband 19. Alpenländisches Expertenforum 2014 am 3. April 2014 in Raumberg-Gumpenstein, S. 35–44
- Thurner S.; Mačuhová J.; Hofmann M.; Haidn, B. (2018): Heubelüftung Verfahrenstechnik und Ergebnisse zur Arbeitswirtschaft. In: Hg. Wendl, G.: Milchviehhaltung Lösungen für die Zukunft. Baverische Landesanstalt für Landwirtschaft. LfL-Schriftenreihe. S. 41–59

Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung des Forschungsprojektes (A18/06).

Labour input for production of barn dried hay and grass silage and for feeding of cows on Bavarian dairy farms

Arbeitszeitaufwand für die Produktion von Belüftungsheu und Silage und für die Fütterung von Kühen auf bayerischen Milchviehbetrieben

Juliana Mačuhová, Bernhard Haidn, Stefan Thurner

Bavarian State Research Center for Agriculture, Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, Germany; juliana.macuhova@lfl.bayern.de

Summary

The aim of this study was to evaluate the labour input for barn dried hay production and for the feeding of cows fed predominantly with barn dried hay on dairy farms because only less information is available for recently applied processes. For comparison, also dairy farms with grass silage production and predominantly silage feeding were included in the study. Working dairies were used to record the labour input at all on sixteen Bavarian dairy farms. For barn dried hay and grass silage production, the data should be recorded during all cuts within one year; for feeding, data recording should be done for fourteen days during one summer and for another fourteen days during one winter feeding period. On average for all cuts, the labour input for barn dried hay production was higher than for silage production. For feeding of cows, no differences were observed between farms with predominantly barn dried hay feeding and with predominantly silage feeding.

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war es, den Arbeitszeitaufwand für die Belüftungsheuproduktion und für die Fütterung der Kühe mit vorwiegend Belüftungsheu an Milchviehbetrieben zu untersuchen, da es nur wenige Informationen zu aktuell angewendeten Verfahren gibt. Um einen Vergleich durchführen zu können, wurden auch Betriebe mit Grassilageproduktion und vorwiegend Silagefütterung in die Studie miteinbezogen. Die Datenerfassung erfolgte mittels Arbeitstagebüchern an insgesamt sechzehn bayerischen Milchviehbetrieben. Bei der Belüftungsheu- und Silageproduktion sollte die Datenerfassung während aller Schnitte innerhalb eines Jahres und bei der Fütterung jeweils während zwei Wochen im Sommer sowie im Winter durchgeführt werden. Im Durchschnitt aller Schnitte war der Arbeitszeitaufwand für die Belüftungsheuproduktion höher als bei der Silageproduktion. Bei der Fütterung der Kühe wurden keine Unterschiede zwischen Betrieben mit überwiegend Belüftungsheufütterung und Betrieben mit überwiegend Silagefütterung beobachtet.

1 Introduction

The feeding of dairy cows with hay has become again an interesting alternative for dairy farmers. However, the quality of field dried hay can be strongly affected by weather conditions. Therefore, the interest of farmers in barn hay drying techniques increases. For barn hay drying, it is enough to reduce the hay moisture content to 40 % during the field drying process (Wirleitner et al. 2014). This reduces not only the time needed for hay drying on the field but also the number of working steps during the field period, and so the losses due to disintegration of the material. Thereby, hay of high quality can be produced using barn drying techniques.

In the last years, new processes for barn dried hay production were introduced to farmers enabling barn hay drying to be more effective. However, the farmers have to calculate with higher investments and energy costs when producing barn dried hay. Moreover, the labour requirement for production and feeding of barn dried hay is another important economic point to be considered. There is only less information available regarding the labour input or requirement for barn dried hay production and feeding with recently used processes. According to available studies, a higher labour requirement can be awaited for the production of barn dried hay in comparison to silage production (Schick and Stark 2002, Ammann and Wyss 2007). On the other hand, the potential for lower labour requirement could be expected for feeding of dried hay compared to silage feeding (Over and Kümmel 2006, Grothmann et al. 2010, Neuhofer 2010, Eilers et al. 2013, Mačuhová and Haidn 2013).

Barn drying of hay can be performed in loose or baled form. The capacity of systems drying the hay in loose form is mostly higher than for those in baled form. However, also by loose barn hay drying systems, commonly not the complete grassland farm area can be dried at once. Mostly, the barn dried hay harvesting is performed in two or three time-delayed batches per cut.

The aim of this study was to evaluate the labour input for the barn dried hay production in loose form by currently applied processes in comparison to the production of grass silage on Bavarian dairy farms. Furthermore, the labour input for feeding of cows should be considered on these farms, i.e. when feeding was performed predominantly with barn dried hay or predominantly with silage.

2 Material and Methods

At all, 16 Bavarian dairy farms – 8 with predominantly barn dried hay production and feeding (barn drying hay farms) and 8 with predominantly grass silage production and feeding (silage farms) – were included in the study. As in common practice, the mowing and harvesting of the barn dried hay was performed in several batches per cut also on the farms examined in this study. After drying, the hay had to be restored from drying boxes to other boxes or other storing places for some charges. By the silage production, the mowing and harvesting of the pre-wilted material for grass silage production were

mostly performed in one batch or with one day difference. On two farms, the harvesting varied between one up to three batches. The storing of silage was performed in bunker silos (n = 6) or in deep silos (n = 2).

The size of the mowed area per batch for barn dried hay production varied among the farms from 3.00 to 21.17 ha (average for all farms 8.90 \pm 5.20 ha). By the grass silage production, the average grassland area mowed varied among the farms from 0.95 to 40.27 ha (average for all farms 23.14 \pm 14.30 ha). The herd size of the farms ranged between 12 and 102 dairy cows.

By the barn dried hay production, a loader wagon (for harvesting and transport) and a hay crane (for filling up and emptying of drying boxes and also for picking up the hay from the storage place before feeding) were used. The hay distribution on the feed table was performed manually, using a crane or a loader wagon.

On the farms producing predominantly silage, the loader wagon or forage harvester was used for harvesting and a loader wagon, a tipper or a push-off-trailer for transport. The feeding was performed manually, using a silage cutter, a mixer feeder, and on one farm using an automatic feeding system.

Work diaries were used to record the labour input for barn dried hay and grass silage production and also for feeding. All farm operators included in the evaluated processes recorded the time needed to perform the tasks of interest. For the production of barn dried hay and silage, the labour input should be recorded during all cuts within one year. Due to the fact that the cows were grazing during summer and fed in the barn during winter on some farms, the recording of labour input for feeding and other tasks connected with feeding (e.g. supplying the animals with water on the pasture) should be performed daily for 14 days during these two periods.

The statistical data evaluation was performed with SigmaPlot software Version 11.0. To calculate mean values for all cuts, the mean values per farm over all cuts were included in the calculations. An unpaired t-test or a Mann Whitney rank sum test was used for statistical data evaluation. All data are presented as means with standard deviation (SD).

3 Results and Discussion

The obtained data from the farms varied from one to six cuts per farm during recording of grassland harvesting. Regarding the barn dried hay production, at this time data from 5 barn drying hay farms could be included in the analysis.

The labour input for production of barn dried hay and grass silage according to number of cut (with several batches during this cut for barn dried hay production and usually one batch for silage production) is shown in Figure 1. The results obtained by grass silage production were comparable or rather on lower levels as observed in other studies (Eichhorn 1999, BWagrar 2015, Schick and Stark 2002, LfL 2011). By barn dried hay production, the labour input was slightly lower than observed in the study of Ammann and Wyss (2007).

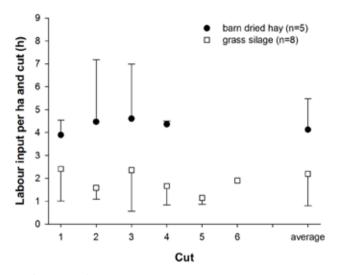


Fig. 1: Labour input (mean \pm SD) for the production of barn dried hay and silage according to number of cut and average across all cuts ($^{\circ}$ Mačuhová)

Abb. 1: Arbeitszeitaufwand (Mittelwert ± SD) für die Belüftungsheu- und Silageproduktion für die einzelnen Schnitte sowie über alle Schnitte (© Mačuhová)

On average for all cuts, the labour input per hectare and cut was higher for barn dried hay production than for production of grass silage (4.13 \pm 1.34 h and 2.20 \pm 1.40 h, respectively; P = 0.032).

The reasons for higher labour input for barn dried hay production were not only the labour input for additional tasks needed for this process (e.g. work done during the drying process and for restoring of hay from the drying box to other storing boxes or places), but also as a result of a higher labour input for the other tasks as tedding and turning (Fig. 2).

The labour input per cow and year for feeding the cows is shown in Figure 3. By feeding, data could be obtained from all farms; however, not from all of them for both periods.

There was no significant difference (P = 0.442) in labour input for feeding between the farms with predominantly barn dried hay feeding and farms with predominantly silage feeding. The labour input per cow and year for feeding varied between 4.47 and 32.64 h and between 3.13 and 30.71 h on the barn drying hay farms and silage farms, respectively.

In conclusion, the farms needed more time per hectare and cut for the production of barn dried hay than for silage production. For feeding of cows, no differences were observed in labour input between farms feeding mainly barn dried hay or mainly silage.

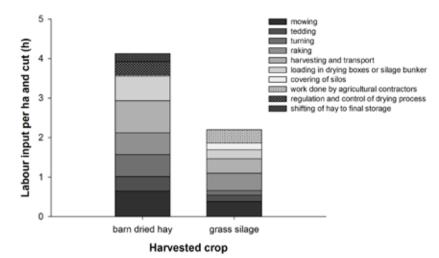


Fig. 2: Mean labour input for single tasks performed during the production of barn dried hay and silage (© Mačuhová)

Abb. 2: Durchschnittlicher Arbeitszeitaufwand für einzelne Tätigkeiten bei der Belüftungsheu- und Silageproduktion (© Mačuhová)

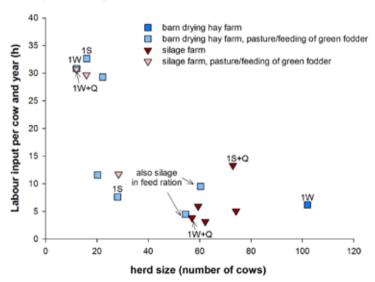


Fig. 3: Labour input for feeding of cows on farms with predominantly barn dried hay or predominantly silage feeding (if data only from one recording period were available on a farm, then the value is labelled with 1W for only one winter period and 1S for only one summer period; if labeled additionally with Q, the data could be completed by a query) (© Mačuhová)

Abb. 3: Arbeitszeitaufwand für die Fütterung der Kühe bei Betrieben mit vorwiegend Belüftungsheufütterung und bei Betrieben mit vorwiegend Silagefütterung (falls Ergebnisse nur von einer Aufzeichnungsperiode vorhanden waren, ist der Wert mit 1W für nur eine Winterperiode und 1S für nur eine Sommerperiode gezeichnet; wenn die Daten zusätzlich mit Q gekennzeichnet sind, wurden sie über eine Umfrage vervollständigt) (© Mačuhová)

References

- Ammann, H.; Wyss, U. (2007): Feuchtheu als mögliche Konservierungsart für Raufutter. ATB-Berichte, Nr. 685
- BWagrar (2015): Verfahrenskosten für die Grassilagebereitung. http://www.bwagrar.de/ Aktuelles/Verfahrenskosten-fuer-die-Grassilagebereitung,L0lNR19aT09NP0FJRD0yNDEz MiI4JkZJRD0vNDEzMiMwJk1JRD01MTY0NA.html
- LfL (2011): Verbesserung der Arbeitsorganisation in bayerischen Michviehbetrieben durch Analyse, vergleichende Bewertung und Optimierung verschiedener Bewirtschaftungsformen. Unpublished
- Eichhorn, H. (Hg.) (1999): Landtechnik. Stuttgart, Ulmer, 7. Ed.
- Eilers, U.; von Reyher, A.; von Korn, S. (2013): Weniger Kraftfutter, mehr Erfolg. Milch ökologisch und mit wenig Kraftfutter zu erzeugen bietet vielerlei Vorteile. Beitrag zum Kritischen Agrarbericht 2013, pp. 19–23, https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR. Landwirtschaft,Lde/Startseite/Tierhaltung+_+Tierzucht/Milch
- Grothmann, A.; Nydegger, F.; Häussermann, A.; Hartung, E. (2010): Automatische Fütterungssysteme (AFS) Optimierungspotenzial im Milchviehstall. Landtechnik 2, pp. 129–131
- Mačuhová, J.; Haidn, B. (2013): Zeit ist Geld. Zukunfts-Strategien für bayerische Milchviehbetriebe. Bayerische Landwirtschaftliche Wochenblatt 39, pp. 52–54
- Neuhofer, K. (2010): Heumilch-Produktion Eine echte Chance? In: Physiologie und Verdauung, Mineralstoffversorgung, Milchproduktion, Gesundheitsmonitoring Rind, Rindfleischproduktion, Heumilch. 37. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2010, 13.–14.04.2010, LFZ Raumberg-Gumpenstein, pp. 69–70
- Over, R.; Kümmel, A. (2006): Erst Effizienz, dann Mitarbeiter. DLG-Mitteilungen 7, pp. 20–23
- Schick, M.; Stark, R. (2002): Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufutterernte. FAT-Berichte Nr. 588
- 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, pp. 17–27

Acknowledgment

The authors would like to thank all farmers who participated in the study. The study was financially supported by the Bavarian Ministry for Nutrition, Agriculture and Forestry under the grant (A/18/06).

Automatisiertes Trockenstellen – Einfluss auf Milchproduktion, Eutergesundheit und innere Zitzenmorphologie

Automated drying off – Influence on milk production, udder health and inner teat morphology

LISETT MARIE MARTIN¹, UTE MÜLLER¹, WOLFGANG BÜSCHER², HELGA SAUERWEIN¹

Zusammenfassung

Das erfolgreiche Trockenstellen von hochleistenden Milchkühen erfordert umsichtige Managementmaßnahmen. Um den Euterinnendruck vor dem Trockenstellen zu verringern, wurde von der Universität Bonn zusammen mit der GEA Farm Technologies GmbH ein Softwaremodul zur automatisierten Milchmengenreduktion entwickelt. Durch diese innovative Möglichkeit, das Melkzeug nach absolut gemolkener Milchmenge und nicht nach Milchfluss abzunehmen, ist eine sukzessive Reduzierung des Ausmelkgrades unter Beibehaltung des zweimal täglichen Spüleffekts des Euters und des Zitzenkanals möglich. Im Rahmen der entsprechenden Studie erzielte die Software nicht nur eine effektive Verringerung der Milchleistung der Kühe vor dem Trockenstellen. Es wurde zudem kein Fall von Mastitis verzeichnet und die durchschnittliche Zellzahl lag weit unter dem Grenzwert. Diese automatisierte Leistungsreduktion kann somit optimale Voraussetzungen für ein tierschonendes und antibiotikafreies Trockenstellen von hochleistenden, gesunden Milchkühen schaffen.

Summary

Drying off high yielding cows requires cautious management techniques. In order to reduce the udder pressure before drying, the University of Bonn, together with GEA Farm Technologies GmbH, developed a software module for automated milk quantity reduction. This innovative possibility to remove the cluster after absolute milking amonunt and not after milk flow allows a successive reduction of the degree of udder emptying while maintaining the twice daily rinsing effect. In the corresponding study, the software not only achieved an effective reduction in the milk yield of the cows before drying. In addition, no case of mastitis was recorded and the average cell count was well below the limit. This automated power reduction can thus create optimal conditions for animal-friendly and antibiotic-free drying of high-performance, healthy dairy cows.

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Physiologie und Hygiene, Katzenburgweg 7–9, 53115 Bonn; ute-mueller@uni-bonn.de

² Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn

1 Einleitung

Das erfolgreiche Trockenstellen von hochleistenden Milchkühen erfordert umsichtige Managementmaßnahmen. Ein erhöhter Euterinnendruck nach abrupter Beendigung des Melkens kann zu negativen Beeinträchtigungen von Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere führen. Das Überspringen einzelner Melkzeiten und die drastische Reduktion der Energiezufuhr sind aktuelle Lösungsansätze der Praxis, um eine angebrachte Milchmengenreduktion in der Spätlaktation zu erreichen. Diese Vorgehensweisen bergen jedoch ebenso wie das abrupte Abmelken einige Risiken. Bedingt unter anderem durch den ausbleibenden Spüleffekt des Melkens oder Stoffwechselbelastungen aufgrund der Rationsumstellungen.

2 Material und Methoden

Um eine neuartige Möglichkeit zur tierschonenden Vorbereitung auf die Trockenstehphase zu bieten, wurde von der GEA Farm Technologies (Bönen, Deutschland) und der Universität Bonn (Deutschland) ein Softwaremodul zur automatisierten Milchmengenreduktion entwickelt. Durch die innovative Fähigkeit, das Melkzeug nach absolut gemolkener Menge und nicht nach Durchflussmenge abzunehmen, ermöglicht die Software eine sukzessive Reduzierung des Ausmelkgrades unter Beibehaltung des zweimal täglichen Spüleffekts. Das Belassen von Restmilch im Euter soll so den physiologischen Anreiz zur Leistungsdepression und frühzeitigen Einleitung der Involution bieten. Weitere Hypothesen des Forschungsansatzes sind zudem, dass dieses Verfahren bei eutergesunden Tieren den Gesundheitsstatus nicht negativ beeinflusst und durch den mechanischen Milchentzug induzierte Veränderungen der inneren Zitzenmorphologie (mit 18 MHz-Ultraschall-Sonde vermessen) durch den schonenderen Melkvorgang geringer ausfallen.

Aus der Holstein-Herde der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst wurden 59 eutergesunde Tiere ausgewählt (Zellzahl < 100.000 Zellen/ml und negativer bakteriologischer Befund). Neunundzwanzig wurden über 10,5 ± 1,8 Tage vor dem Trockenstellen durch Anwendung der Software einem Programm sukzessive reduzierter Ausmelkung unterzogen. Die übrigen 30 Tiere dienten als gesunde Kontrollkühe. Ausgehend von der tierindividuellen Startmilchmenge wurde die tägliche Zielmilchmenge der Versuchstiere um 5 % der Startmilchmenge verringert.

3 Ergebnisse

Durch das stufenweise intensivierte Belassen von Restmilch im Euter konnte bei allen Tieren eine Reduktion der Milchleistung, berechnet durch die Milchmenge der letzten beiden Melkzeiten vor dem Trockenstellen, verzeichnet werden (im Mittel 34 % \pm 13 % im Verhältnis der Startmilchmenge). Die Milchmengenreduktion in der letzten Laktationsphase wurde so durch die Software bei den Versuchstieren auf das 10-Fache dessen erhöht, was bei den Kontrolltieren als Leistungsdepression während der Untersuchungsphase beobachtet werden konnte.

Zur Analyse des Milchflusses im Melksystem zum Zeitpunkt der vorzeitigen Abnahme der Melkzeuge wurde der zuletzt von dem Milchmengenmessgerät (Metatron®) gemessene Wert für die Versuchsgruppe festgehalten. Im Durchschnitt der Versuchstage lag der Milchfluss zum Zeitpunkt der Abnahmen bei 3,4 ± 1,5 kg/min (Minimum: 0,4 kg/min, Maximum: 6,5 kg/min).

Bezüglich der Eutergesundheit wurde kein Fall von Mastitis verzeichnet und die durchschnittliche Zellzahl lag bei beiden Gruppen weit unter dem Grenzwert von 100.000 Zellen/ml.

Zur Beurteilung der Auswirkungen des Melkprozesses auf die innere Zitzenmorphologie wurden neu etablierte Ultraschall-Parameter (zum Teil im Rahmen der BTU-Tagung 2017 vorgestellt) erhoben. Durch die geringere Melkdauer waren die verschiedenen Zitzenmorphologiemaße erwartungsgemäß bei den Zitzen der Versuchstiere weniger vergrößert als bei denen der Kontrolltiere (z.B. signifikanter Unterschied in der Breite der Zitzenkanalöffnung nach dem Melken bei den Versuchstieren mit 1,9 \pm 0,6 mm im Vergleich zu den Kontrolltieren: 2,6 \pm 0,7 mm).

4 Schlussfolgerung

Das GEA-Softwareprogramm erzielte nicht nur eine effektive Verringerung der Milchleistung vor dem Trockenstellen. Die Milchleistungssenkung konnte zudem ohne negative Konsequenzen für die Eutergesundheit durchgeführt werden bei gleichzeitig verringerter Veränderung der Zitzenmorphologiemaße durch die vorzeitige Melkzeugabnahme. Die automatisierte Leistungsreduktion kann somit optimale Voraussetzungen für ein tier-/euterschonendes und antibiotikafreies Trockenstellen von hochleistenden, gesunden Milchkühen schaffen.

Förderung

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 des Programms zur Innovationsförderung.

The mechanical effect of different components in the automatic milking systems on the content of free fatty acids in milk

Die mechanische Wirkung verschiedener Komponenten in den automatischen Melksystemen auf die freien Fettsäuren in der Milch

Fadi Alhomoch¹, Christian Ammon¹, Susanne Demba¹, Sandra Rose², Reiner Brunsch¹

Summary

There is an increasing trend in the number of automatic milking systems (AMS) installed worldwide. Various quality milk problems have been linked with AMS. New technologies use sophisticated sensor technology than ever before. The robots use sensor technology to find the teats, clean them, and attach the teat cups. The content of FFA in the milk is affected when milking with AMS leading to an accumulation of FFA. The experimental designs were set for sampling from the bulk milk of the AMS, and the bulk milk came from 70 cows. The experiments were done at two different flow rates, 1 kg/min and 3 kg/min, four types of teat cups, and three levels of pulsation ratio. The aim was to determine potential factors inside the AMS, which significantly influence the FFA content. The experiments conducted based on the International Committee on Animal Recording instructions for milk-quantity measuring devices. Moreover, the results showed that there was a trend of increasing FFA during the flow rate of 3 kg/min.

Zusammenfassung

Die Anzahl der weltweit installierten automatischen Melksysteme (AMS) nimmt weiterhin zu. Mit AMS werden verschiedene Qualitätsprobleme bei Milch verbunden. Um die Zitzen zu finden, sie zu reinigen und die Melkbecher anzubringen, werden Sensoren eingesetzt. Der Gehalt an Milch-FFA wird beeinflusst, wenn mit AMS gemolken wird, was zu einer Ansammlung freier Fettsäuren (FFA) führt. Die Versuchsanordnungen wurden für Milchproben aus der Milchvollmilch von AMS von 70 Kühen mit zwei verschiedenen Durchflussraten (1 kg/min und 3 kg/min), drei Arten von Zitzenbechern und drei Pulsationsverhältnissen festgelegt. Ziel war es, potenzielle Faktoren innerhalb des AMS zu ermitteln, die den FFA-Gehalt maßgeblich beeinflussen. Die Versuche wurden auf der Grundlage der ICAR-Anweisungen für Milchmengenmessgeräte durchgeführt. Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse, dass die FFA bei einer Durchflussrate von 3 kg/min tendenziell zunahm.

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB),
 Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; falhomoch@atb-potsdam.de
 Hochschule Neubrandenburg, Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften,
 Brodaer Straße 2, 17033 Neubrandenburg

1 Objective

This study aimed to determine potential factors inside the AMS, which significantly influence the FFA content, such as the teat cups design, pulsation ratio, flow meter, and tubes layout.

2 Material and methods

2.1 Milking system

Milking with an AMS is a fully automated process, in which visual control of the milk is not possible as with other milking systems like a conventional milking system. Therefore, two milking systems have been prepared to simulate the original AMS, the first milk stand was simulating Lely Astronaut A4 (Fig. 1), and the second milk stand was simulating GEA MIone. The investigations were carried out in the milking laboratory of the International Committee for Animal Recording (ICAR) in Groß Kreutz, Brandenburg, Germany. The laboratory was equipped with different components of the chosen AMS. All investigated components were installed in the milking system simulator, in order to be tested in different settings and layouts.

2.2 Sampling and milk analysis

Bulk milk was taken to test the influence of different AMS components on FFA. The milk samples were regularly obtained (four to five times per month from February 2018 to February 2019) from the dairy herds.

The milk quality determination was carried out by the State Control Associations (LKV) Berlin Brandenburg and LKV Weser-Ems e.V. in Leer. The analysis was conducted into two stages: the first day was a farm day, where the samples were collected based on ICAR section 11 Appendix 2 – test method for effect on FFA. The second stage was a Laboratory day, where the FFA were analyzed in the first experiment according to Deeth (Greiling 2000). For titration first, and then for milk components (fat, protein, and lactose) by MilcoScan FT 6000 method. Therefore, samples for analyzes were transported under cooled conditions preserved with Bronopol and usually reached the lab within 24 hours and then analyzed on the same day of arrival.

2.3 First experiment

The first phase of the experiment was carried out between the period of February 2018 till July 2018. Only one milking system (Lely) was used to test the pulsation ratio; the experiment contains a three-factorial (24 runs), the pulsation ratio was set at three settings 60:40 ratio, 65:35 ratio, and 70:30 ratio, and with four repetitions. Milk samples were taken at flow rates of 1 kg/min and 3 kg/min. The raw milk in the first milk tank of the milking laboratory was kept at a temperature of 30 °C. The milk was taken from the tank into a reservoir before entering the milking system and after passing from the milking system. The samples were cooled to 10–12 °C in a running water bath for one



Fig. 1: One of the investigated experimental setups (Lely) to test the effect of several components of an automatic milking system on the free fatty acids content in milk (© Alhomoch)

Abb. 1: Eine der untersuchten Versuchsanordnungen (Lely) zum Testen der Wirkung mehrerer Komponenten eines automatischen Melksystems auf den Gehalt an freien Fettsäuren in der Milch (© Alhomoch)

hour. After transport to a laboratory, they were stored at 4° C for 24 h before analysis. For the determination of FFA, the method according to Deeth (Greiling 2000) was used. The FFA concentration is given as mmol per 100 g fat.

Tab. 1: Experimental design of the first farm tests *Tab. 1: Versuchsaufbau der ersten Untersuchung*

Factors	Levels	Repetitions	
AMS	1		
Pulsation ratio	3	4	
Flow meter	2		
Σ: 3	6	4	runs

2.4 Second experiment

The second phase of the experiment was carried out between the period of December 2018 untill February 2019, benchmarking were done this time in LKV Leer laboratory, by MilcoScan TM7 method.

Tab. 2: Experimental design of the second farm tests

Tab. 2: Versuchsaufbau der zweiten Untersuchung

Factors	Levels	Repetitions	
AMS	2		
Teat cups	4	4	
Flow meter	2		
Σ: 3	16	4	64 runs

3 Results and discussion

In the experiment, the FFA values in Figure 2 tended to be high in flow rates of 3 kg/min versus flow rates of 1 kg/min, the influence of the AMS on FFA values appears statistically significant. On the first experiment, the average means of FFA content of the 1 kg/min flow rate stands at 2.2 mmol/100 g, while the average means of FFA content of the 3 kg/min flow rate sample is near 4.6 mmol/100 g.

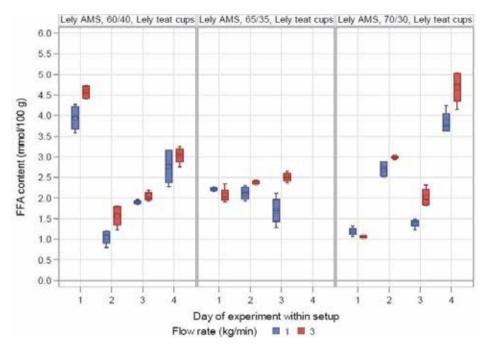


Fig. 2: FFA effect by different pulsation ratio during the first experiment (© Alhomoch) Abb. 2: FFA-Effekt durch unterschiedliches Pulsationsverhältnis im ersten Experiment (© Alhomoch)

Figure 3 shows that the average FFA difference of 1 kg/min to 3 kg/min rates of the Lely AMS ranged from 0.25 mmol/100 g to 0.39 mmol/100 g, while the average difference of the GEA AMS ranged from 0.33 mmol/100 g to 0.29 mmol/100 g. This is a statistically significant difference and can be directly attributed to the flow rates of the different samples. The variation in the differences depended on the teat cup. However, despite the variability in teat cups, the FFA values tended overall to be higher in flow rates of 3 kg/min in Lely AMS versus flow rates of 1 kg/min. In contrast, the FFA values tended overall to be higher in flow rates of 1 kg/min in GEA AMS versus flow rates of 3 kg/min.

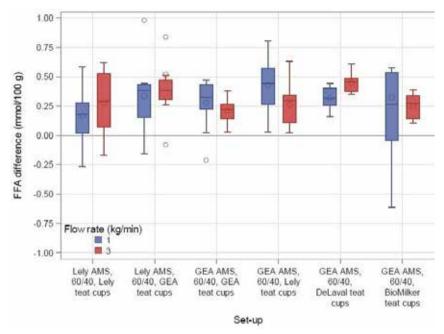


Fig. 3: FFA effect by different AMS setting during the second experiment (© Alhomoch) Abb. 3: FFA-Effekt durch unterschiedliche AMS-Einstellungen während des zweiten Experiment (© Alhomoch)

Other studies have reported higher FFA values as a result of the AMS system settings. A study focused on the increased air intake that resulted during AMS milkings found specifically that the milk yield per milking as a result of the AMS settings was the most significant factor influencing FFA values (Rasmussen et al. 2006). This milk yield was directly correlated to the AMS flow rate, and therefore partially responsible for the increased FFA values seen. De Koning's study focused on the shorter milk intervals that resulted from the AMS system and contrasted two- and three-day intervals in an attempt to explain the differences. However, his work conceded that not all the difference could be explained by the shorter interval times, and that some of it was likely to the higher air intake, which could be attributed to the higher settings of AMS flow rates (De Koning 2010).

The present study indicates that a higher flow rate for the AMS system in question results in higher FFA values, allowing for some variability due to teat cup. The fact of this seems to indicate that the higher FFA values in milk from cows on farms that utilize the AMS system cannot wholly be explained by milking intervals (Hu et al. 2017) or rough handling of the milk (Lanier and Corl 2015) as was previously believed. Furthermore, as the data was consistently higher regardless of milking day, which has been known to impact the FFA values of milk (De Marchi et al. 2017), this cannot be the sole factor responsible.

References

- De Koning, C. J. A. M. (2010): Automatic Milking Common Practice on Dairy Farms. Proceedings The First North Amercian Conference on Precision Dairy Management, http://www.precisiondairy.com/proceedings/s3dekoning.pdf, accessed April 1st, 2019
- De Marchi, M.; Penasa, M.; Cassandro, M. (2017): Comparison between automatic and conventional milking systems for milk coagulation properties and fatty acid composition in commercial dairy herds. Italian Journal of Animal Science 16(3), 363–370
- Greiling, A. (2000): Bestimmung der freien Fettsäuren Methode nach Deeth. In: Das VDLUFA Methodenbuch, Band VI Milch. Chemische, physikalische und mikrobiologische Untersuchungsverfahren für Milch, Milchprodukte und Molkereihilfsstoffe, 5. Ergänzung: 1 4. VDLUFA (Hg.), Darmstadt
- Hu, W.; Boerman, J. P.; Aldrich, J. M. (2017): Production responses of Holstein dairy cows when fed supplemental fat containing saturated free fatty acids: a meta-analysis. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 30(8), 1105–1116
- Lanier, J. S.; Corl, B. A. (2015): Challenges in enriching milk fat with polyunsaturated fatty acids. Journal of Animal Science and Biotechnology 6(1), p. 26.
- Rasmussen, M. D.; Wiking, L.; Bjerring, M.; Larsen, H. C. (2006): Influence of air intake on the concentration of free fatty acids and vacuum fluctuations during automatic milking. Journal of Dairy Science 89(12), 4596–4605

Acknowledgment

The authors would like to thank the staff of the Teaching and Research Institute for Animal Breeding and Animal Husbandry (LVAT) e.V. in Groß Kreutz for their active support in carrying out the study.

Autorenindex / Index of authors

A	E
Adler, C. 32 Adrion, F. 184 Alhomoch, F. 324 Ambiel, R. 221	Ebertz, P. 281 Eicher, P. 256 Eilers, U. 256 Engels, C. 100, 154
Ammon, C. 38, 214, 324 Amon, B. 38	F
Amon, T. 38, 214 Aschenbrenner, J. 227 Asten, A. van 202 Aukes, R. 303	Farwick, A. 238 Fels, M. 244 Förschner, A. 142
Austermann, F. 202	G
В	Gallmann, E. 142, 178, 184, 190, 221, 232,
B Bauhofer, B. 269 Belik, V. 214 Bernhardt, H. 112, 275 Bierbaum, G. 57 Birkholz, F. 154 Böhm, C. 112 Bonkoß, K. 81 Bonkoß, W. 81 Brune, C. 238 Brunsch, R. 324 Burla, JB. 45 Büscher, W. 21, 32, 63, 100, 118, 154, 202, 238, 321 Büttner, K. 148, 250 C Cielejewski, H. 202 Clauß, M. 27	256, 287 Gerhardy, H. 244 Gertz, M. 124 Gonzalez, G. 130 Gordillo, W. 190 Grap, A. 21 Grimm, K. 112 Grimm, L. 166 große Beilage, E. 244 Große-Kleimann, J. 244 Guse, M. 238 H Häge, K. 178 Hahne, J. 15 Haidn, B. 112, 166, 315 Hansen, C. 172 Hartje, J. 75
Clemens, J. 63 Czycholl, I. 148, 250	Hayer, J.J. 238 Heinemann, C. 57, 238 Heinicke, J. 214
D	Hempel, S. 38 Hensel, O. 130
Dahlhoff, K. 202 Debus, T. 208 Demba, S. 324 Dittrich, I. 124	Hessel, E.F. 87, 196 Hildebrandt, F. 45, 148 Höcherl, S. 69 Hoffmann, C. 190, 232

Hofmann, M. 309	Maxa, T. 160
Hohmann, C. 303	Meyer, H. 244
Hölscher, P. 87	Misha, E. 166
Hölscher, R. 21	Mohn, J. 45, 51
Hörning, B. 136	Moritz, G. 232
Hoy, S. 208	Müller, N. 232
Huhne, T. 154	Müller, S. 130
_	Müller, U. 100, 118, 321
I	
Ibscher, S. 214	N
10001101, 0. 211	Nasirahmadi, A. 130
J	Neiber, J. 299
	Neser, S. 81, 299
Janke, D. 38	Nette, A. 293
Jasmund, N. von 202	Nienhoff, H. 244
Junge, W. 124	Nußbaum, H. 106
K	Tuisoudin, II. 100
K	O
Kaiser, A. 136	Obanhandt E 262 260
Kapun, A. 142, 184, 232	Oberhardt, F. 263, 269
Kemper, N. 244	Opderbeck, S. 190
Kessler, B. 190	Ostertag, T. 154
Klingbeil, P. 250	Overmeyer, V. 63
Knierim, U. 130	P
Kolb, B. 287	1
Krause, M. 256	Pache, S. 154
Kreienbrock, L. 244	Paulke, T. 293
Krieter, J. 124, 148, 250	Petersen, B. 57
Krommweh, M.S. 32	Pfeifer, M. 196
Krudewig, KH. 124	Plate, H. 244
č	Post, C. 118
L	
Lang, N. 221	R
Leinweber, T. 51, 303	Rahn-Farr, A. 208
Leubner, C. 57	Rauch, E. 160
Lichti, F. 69	Reckels, B. 21
Linke, S. 27, 75	Reinhardt-Hanisch, A. 178
Lorenzini, I. 166	Rohn, K. 244
Lorenzini, i. 100	Rose, S. 324
M	Rose, 3. 324
	S
Maassen-Francke, B. 124	
Mačuhová, J. 315	Salau, J. 148
Martin, L.M. 321	Sauerwein, H. 321
Maxa, J. 94	Savin, M. 57

Schäfer, S. 154 Schmeling, L. 160 Schmid, S.M. 238 Schmithausen, A.J. 32, 281 Schmithausen, R.M. 57 Schmitt, A.O. 196 Scholz, A. 221 Scholz, T. 202 Schrade, H. 221 Schrade, S. 45, 51 Schugt, A. 256 Schuler, J. 154 Schulze Dieckhoff, B.G. 238 Sib, E. 57 Simon, J. 263, 269 Spiekermeier, I. 244 Springorum, A.C. 27 Steinhoff-Wagner, J. 57, 238 Stumpenhausen, J. 275 Sturm, B. 130

T

Terkatz, C. 238 Thurner, S. 94, 160, 309, 315 Tiemann, I. 32 Tober, O. 172 Tomalla, M. 184, 287 Trei, G. 136 Trimborn, M. 63

V

Visscher, C. 21

W

Wegner, B. 244 Welte, L. 106 Wendl, G. 94 Wierig, M. 100 Willink, D. 38 Wokel, L. 178

\mathbf{Z}

Zacharias, B. 221 Zähner, M. 45, 51 Zeyer, K. 45, 51 Ziron, M. 227 Zoller, A. 178

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
	Rheinische Friedrich-Wilhelms- Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik	27 Vorträge 26 Poster zweizügige Veranstaltung	Bonn-Poppelsdorf 24.09. Methoden- workshops
14	in der Tierischen Erzeugung		24.09. Fach- exkursionen
			25./26.09.2019 Vortrags- veranstaltung