

12th Conference Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

Herausgeber/Editor

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

Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL)

KTBL-Tagungsband

KTBL-Conference Proceedings

2015 VDI-MEG
KTBL

12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2015
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

A series of concentric circles in various shades of blue and purple, centered on the page, creating a target-like or ripple effect.

12. Tagung

Bau, Technik und Umwelt

in der landwirtschaftlichen
Nutztierhaltung

8.–10. September 2015 in Freising

12th Conference

**Construction, Engineering
and Environment**
in Livestock Farming

September 8th–10th, 2015 in Freising, Germany

Veranstalter / Presented by



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



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



Europäische Gesellschaft landwirtschaftlicher Ingenieure (EurAgEng)
Silsoe | Großbritannien
European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)
Silsoe | Great Britain



Ausrichter / Local Arrangements

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising
Bavarian State Research Center for Agriculture, Freising | Germany



Technische Universität München
Technical University of Munich | Germany

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderer / Financial Support

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

Programmausschuss

Scientific Committee

Dr. Georg Wendl | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL, Freising (Vorsitzender)
Prof. Dr. Thomas Jungbluth | Universität Hohenheim, Stuttgart (stellv. Vorsitzender)
Prof. Dr. Thomas Amon | Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Potsdam
Prof. Dr. Heinz Bernhardt | Technische Universität München, TUM, München
Prof. Dr. Wolfgang Büscher | Universität Bonn, Bonn
Dipl.-Ing. Gerd Franke | Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, LLH, Kassel
Prof. Dr. Andreas Gronauer | Universität für Bodenkultur, BOKU, Wien, Österreich
Prof. Dr. Ir. Peter Groot Koerkamp | Wageningen University, Wageningen, Niederlande
Prof. Dr. Eberhard Hartung | Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
Prof. Dr. Engel Hessel | Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen
Ing. Agr. (ETH) Robert Kaufmann | Agroscope Tänikon, ART, Ettenhausen, Schweiz
Prof. Dr. Ir. Bart Sonck | Institute for Agricultural and Fisheries Research, ILVO, Merelbeke, Belgien
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.

© 2015

Herausgeber und Vertrieb

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon +49 6151 7001-0 | Fax +49 6151 7001-123 | 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

Ulrike Bauer, LfL, Poing-Grub | Anja Gräff, TUM, Freising | Dr. Georg Wendl, LfL, Freising

Satz

Team Herstellung | KTBL, Darmstadt

Titelfoto

KTBL | Darmstadt

Druck und Bindung

Silber Druck oHG | Niestetal

Printed in Germany

ISBN 978-3-945088-09-8

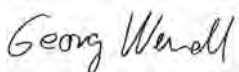
Vorwort

Die landwirtschaftliche Nutztierhaltung hat für die Landwirtschaft eine enorme wirtschaftliche Bedeutung. Mehr als 70 % aller Betriebe in Deutschland, in der EU etwa 55 %, halten Nutztiere und ein großer Teil unserer Kulturlandschaft kann nur mit Wiederkäuern genutzt werden. Trotz dieser Bedeutung und trotz der großen Fortschritte in den letzten Jahrzehnten im Bereich der Wettbewerbsfähigkeit, der Ressourceneffizienz und der Produktqualität steht die moderne Tierhaltung zunehmend in der gesellschaftlichen Diskussion und wird von mehr oder weniger großen Teilen der Bevölkerung kritisch bis ablehnend gesehen. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, das Tierwohl in der landwirtschaftlichen Tierhaltung weiter zu verbessern und dabei auch die wirtschaftliche Realität im Auge zu haben.

Der gesellschaftliche und mediale Druck war Anlass dafür, dass der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (WBA) diese Thematik aufgegriffen und sein viel beachtetes Gutachten „Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung“ verfasst hat. Der Programmausschuss und die Ausrichter freuen sich sehr, dass der Vorsitzende des WBA, Herr Prof. Dr. Harald Grethe, den Plenarvortrag zu dieser Thematik übernommen hat. Das Spannungsfeld, in dem die Tierhaltung zwischen Wettbewerbsfähigkeit, Tierschutz, Umweltschutz und Verbrauchererwartungen steht, fordert Wissenschaft und Praxis ständig heraus, einerseits die bestehenden Haltungsverfahren kontinuierlich weiter zu optimieren, aber andererseits auch völlig neue Haltungskonzepte und Strategien für die Tierhaltung zu entwickeln.

Die 12. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2015“ in Freising-Weihenstephan bietet mit Blick auf aktuelle und zukünftige Anforderungen ein wichtiges Forum für die Diskussion des wissenschaftlichen und empirischen Erkenntnisfortschritts und für die Präsentation innovativer Produktentwicklungen durch die Hersteller. In Vorträgen und Postern werden neue Ergebnisse und Produkte zu den Themenbereichen tiergerechte Haltungsverfahren, Indikatoren zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit, Smart Farming Anwendungen mit sensorgestützter Tierüberwachung und Automatisierungslösungen, Verfahrenstechniken zum Füttern, Melken und Entmisten, Stallklimaaspekte, effizienter Energieeinsatz und Emissionsminderungsmaßnahmen vorgestellt.

Wir als Veranstalter und Ausrichter freuen uns, Sie als Teilnehmer aus der Wissenschaft, der Beratung, der Politik, der Administration, den Verbänden und den Herstellern im Wissenschafts- und Forschungscampus Weihenstephan begrüßen zu dürfen. Wir hoffen, dass die Tagung eine gute Plattform für den Austausch von Ergebnissen und Ideen bietet und wichtige Impulse für eine nachhaltige Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung gibt, um den Erwartungen und Ansprüchen der Gesellschaft und der Tierhalter gerecht werden zu können.



DR. GEORG WENDL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung



PROF. DR. HEINZ BERNHARDT

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der
Technischen Universität München

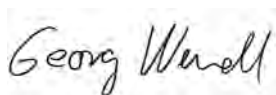
Introduction

Farm animal husbandry has enormous economic importance in agriculture. More than 70 % of all farms in Germany and around 55 % in the EU keep livestock and a large proportion of our agricultural landscape can only be used through farming ruminants. Despite this importance and despite the great advances made in recent decades in the fields of competitiveness, resource efficiency and product quality, modern farm animal husbandry is increasingly in contention within our society, seen in a critical or even negative light by more or less large sections of the population. A central challenge hereby is a further improvement of animal welfare in husbandry systems without overlooking the economic conditions.

Pressure from society and the media was a reason for the Scientific Advisory Board on Agricultural Policy (WBA) at the Federal Ministry of Food and Agriculture (WBA) addressing this topic via its highly regarded expert report "Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung" (Ways towards socially acceptable farm animal production). The program committee and the organizers are very pleased that WBA chairman Prof. Dr. Harald Grethe will give the plenary speech about this subject. The conflict area between competitiveness, animal welfare, environmental protection and consumer expectations in which farm animal production finds itself presents continual challenges for both science and farmers. On the one hand, there is the requirement to optimize existing husbandry systems, on the other hand, completely new husbandry concepts and strategies for farm animal production have to be developed.

The 12th International Conference "Construction, Technology and Environment in Farm Animal Husbandry 2015" at Freising-Weihenstephan offers, with its focus of current and future challenges, an important forum for discussing scientific and empirical advances in knowledge and for showing innovative product developments by manufacturers. Oral and poster presentations will highlight new results and products applying to welfare-based husbandry systems, indicators for animal welfare assessment and smart farming applications with sensor-based monitoring of livestock. Also technical solutions for feeding, milking and manure removal, climate control, more efficient energy applications and emission reduction methods will be presented.

We as presenters and organizers are delighted to be able to welcome you as participants from science, advisory services, politics, administration, agricultural organizations and manufacturers to the Science and Research Campus at Weihenstephan. We hope the conference offers a good platform for exchange of results and ideas and gives important impulses for a sustainable development of farm animal husbandry to meet expectations and demands from both society and farmers.



DR. GEORG WENDL

Bavarian State Research Center for Agriculture
Institute for Agricultural Engineering and
Animal Husbandry



PROF. DR. HEINZ BERNHARDT

Technical University Munich
Chair of Agricultural Systems Engineering

Inhalt / Contents

Tiergerechte Haltungsverfahren / Animal welfare husbandry systems

Tierwohl in der Nutztierhaltung: Wichtigkeit und Umsetzbarkeit verschiedener Tierwohlmaßnahmen aus Sicht deutscher Landwirte <i>Animal welfare in livestock production systems: Importance and feasibility of various animal welfare measures from German farmers' point of view</i> HEINKE HEISE, LUDWIG THEUVSEN.	17
Erhebung von tierbezogenen Indikatoren in Schweinegruppen zur Bewertung von Verhaltensabweichungen <i>Investigation of animal-based indicators in pig groups for the assessment of abnormal behaviours</i> DIRK SCHÄFFER	23
Auswirkungen einer technischen Ferkelamme auf das Verhalten früh abgesetzter Saugferkel <i>Impact of an artificial piglet rearing system on the behaviour of early weaned piglets</i> ROLAND WEBER, MAGDALENA RZECNICZEK, BEAT WECHSLER.	29
Bewertung von Bewegungsbuchten zur Haltung säugender Sauen hinsichtlich Handhabung, Funktionalität, Dimensionierung und Tierverhalten <i>Evaluation of motion pens for piglet production in terms of handling, functionality, dimensioning and animal behaviour</i> FRANK SCHNEIDER, CHRISTINA JAIS	35
Einfluss der Buchtengestaltung und des Platzangebots auf das Auftreten und die Entwicklung von Schwanzbeißen bei Aufzuchtferkeln <i>Influence of pen design and space allowance on tail biting in weaning piglets</i> MIRIAM ABRIEL, CHRISTINA JAIS, HEINZ BERNHARDT	41
Untersuchung zur Eignung von Bewertungsmethoden zur Tiergerechtigkeit der Mastschweinehaltung im Stall und auf dem Schlachthof unter Praxisbedingungen <i>Investigation on suitability for assessment methods for animal welfare of fattening pigs in the barn and in the slaughterhouse under practical conditions</i> SONJA DONICHT, URBAN HELLMUTH, EBERHARD HARTUNG	47

Der Einfluss erhöhter Fressstände auf das Fressverhalten von Milchkühen <i>The influence of elevated feed stalls on feeding behaviour of lactating dairy cows</i> BARBARA BENZ, SILKE EHLMANN, THOMAS RICHTER	52
Indikatoren zur Beurteilung der Tiergerechtheit – Einsatzzweck „betriebliche Eigenkontrolle“ <i>Indicators for assessing animal welfare – self-monitoring on farms</i> UTE SCHULTHEISS, RITA ZAPF	58
Entwicklung eines Bewertungskonzepts zur Beurteilung des Tierwohl- beitrags deutscher Labeling-Initiativen <i>Development of an evaluation concept to assess the animal welfare contribution of German labeling initiatives</i> WIEBKE PIRSICH, LUDWIG THEUVSEN	62
Einfluss des Beschäftigungsmaterials und der Besatzdichte auf das Sozial- und Aktivitätsverhalten von unkupierten Absetzferkeln im konventionellen Betrieb <i>Influence of enrichment objects and stocking density on social and activity behaviour of undocked weaned piglets in conventional farms</i> KAROLINE SCHRÄMM, ENGEL F. HESSEL, MIRIAM ABRIEL, CHRISTINA JAIS	68
Vergleich zwischen Stroh-Mist-Matratze und einer kombinierten Tiefboxvariante mit Gummiunterlage <i>Comparison between straw-manure-mattress and a combined flooring system for cubicles</i> ELFRIEDE OFNER-SCHRÖCK, GREGOR HUBER, THOMAS GUGGENBERGER	74
Validierung des Bewertungssystems „Cows and more“ zur Aufdeckung von haltungs- und managementbezogenen Schwachstellen in Liegeboxenlaufställen für Milchkühe <i>Validation of on-farm assessment system “Cows and more” to detect weak-points in husbandry and management in free-stall barns for dairy cows</i> KATHARINA DAHLHOFF, ANDREAS PELZER, WOLFGANG BÜSCHER, ANNA-LENA AHRING	80
Untersuchungen zum Zusammenhang von Nutzungsdauer und Tierwohl bei Milchkühen <i>Investigations on the relationship between longevity and animal welfare in dairy cattle</i> DANIEL GIESEKE, CHRISTIAN LAMBERTZ, MATTHIAS GAULY	86

Smart Farming Anwendungen / Smart farming applications

Individuelle Prognose der Dauer bis zum Abferkelbeginn bei Sauen mithilfe von Lichtschranken <i>Light barrier based quantitative prediction of the parturition onset in sows</i>	
CHRISTIAN MANTEUFFEL, EBERHARD HARTUNG, MARIANA SCHMIDT, GUNDULA HOFFMANN, PETER CHRISTIAN SCHÖN	92
Messung des Einflusses von Schweineohren und Gewebeimitaten auf Erkennungsfeld und Signalstärke von UHF-RFID Ohrmarken <i>Measurement of the influence of pig's ears and tissue imitations on detection area and signal strength of UHF-RFID ear tags</i>	
FELIX ADRIEN, NORA HAMMER, PAUL LOEB, EVA GALLMANN	98
Classification of nest-building behavior in sows on the basis of accelerometer data <i>Detektion des Nestbaurhaltens von Sauen mittels Beschleunigungsdaten</i>	
MACIEJ OCZAK, KRISTINA MASCHAT, DANIEL BERCKMANS, ERIK VRANKEN, JOHANNES BAUMGARTNER	104
Treiberversuche zur simultanen Einzeltiererkennung von Rindern mithilfe eines UHF RFID-Systems <i>Driving experiments for the simultaneous individual animal identification of cattle using an UHF RFID system</i>	
NORA HAMMER, FELIX ADRIEN, EVA HOLLAND, MAX STAIGER, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH	110
Energieverbrauch automatischer Fütterungssysteme in Praxisbetrieben <i>Energy consumption of automatic feeding systems in farms under practical conditions</i>	
ROSEMARIE OBERSCHÄTZL, BERNHARD HAIDN, JOSEF NEIBER, STEFAN NESER . . .	116
Restlos – Kamergesteuerte Fischfütterung <i>Restlos – Camera-controlled fish-feeding</i>	
EIKO THIESSEN, EBERHARD HARTUNG	122
Application of a neck-collar mounted sensor for recording feeding and grazing behaviour <i>Anwendung eines Halsbandsensors zur Erfassung von Fress- und Grasverhalten</i>	
BERT IPEMA	128

Kann durch die kontinuierliche Messung der Vormagentemperatur bei Milchkühen das Bestehen einer Brunst oder einer Abkalbung erkannt werden? <i>Diagnostic validity of real time measurement of reticular temperature for the prediction of parturition and estrus in dairy cows</i> JOHANN GASTEINER, JOSEF WOLFTHALER, WOLFGANG ZOLLITSCH, MARCO HORN, ANDREAS STEINWIDDER	134
Nutzung der automatisch gemessenen Rumination bei Kühen für Brunst-, Gesundheits- und Abkalbemonitoring <i>Use of automatically measured rumination in cows for heat, health and calving monitoring</i> STEFFEN HOY	140
Anwendbarkeit der automatisierten Messung der reticulo-ruminalen Temperatur bei Bullenkälbern zur Fieberfrüherkennung unter Praxisbedingungen <i>Applicability of an automated measurement of the reticulo-ruminal temperature in male calves for early fever detection under practical conditions</i> BIRTE TIETGEN, HANS-JOACHIM LAUE, MARTINA HOEDEMAKER, STEFFI WIEDEMANN	146
A novel pedometer algorithm to quantify the walking behavior of dairy cows <i>Innovativer Pedometer Algorithmus zur Erfassung des Laufverhaltens bei Milchkühen</i> MAHER ALSAAD, JOËL NIEDERHAUSER, GIAN BEER, GERTRAUD SCHUEPBACH-REGULA, ADRIAN STEINER	152
Automatisierte Erkennung von Klauenhorndefekten einhergehend mit Lahmheit bei Milchkühen <i>Automated detection of claw horn lesions associated with lameness in dairy cows</i> KATHRIN NECHANITZKY, ALEXANDER STARKE, HENDRIK MÜLLER, MARIA RECKHARDT, BEATRIZ VIDONDO, ADRIAN STEINER	155
Früherkennung von Klauenerkrankungen durch automatische Aktivitäts- und Leistungsanalyse bei Milchkühen <i>Early detection of lameness through automatic activity and performance analysis in dairy cows</i> KATHARINA SCHINDHELM, BERNHARD HAIDN, SVEN REESE	158
Systemischer Forschungsansatz zur Entwicklung von Haltungssystemen für die Nutztierhaltung aus der Sicht eines Ingenieurbüros <i>Integrative approach for the development of livestock husbandry housing systems from an engineering company's point of view</i> WILFRIED ECKHOF	164

Herzfrequenzvariabilität von Milchkühen in einem frei gelüfteten Stall bei unterschiedlichen Temperaturen <i>Heart rate variability of dairy cows kept in a naturally ventilated barn at different ambient temperatures</i> OLAF TOBER, CHRISTIANE LOEBSIN	170
Softwarebasierte Routineüberprüfung und Erstkalibration von Milchmengenmessgeräten mithilfe eines ICAR anerkannten Softwaremoduls der Firma DeLaval <i>Milk meter calibration for routine analysis and installation check with the help of an ICAR approved software based calibration module from DeLaval</i> ANDREAS MELFSEN, MARTIN WIEDEMANN, OLLE SELANDER, HENRIK IDENSJÖ	176
Automatisierte Erkennung der Trinkmengen und Trinkphasen bei Kälbern anhand mittels Ohrmarken erfasster Beschleunigungsdaten <i>Automated detection of amount and period of drinking for calves equipped with ear tags producing acceleration data</i> SANDRA BREITENBERGER, DMITRY EFROSININ, WOLFGANG AUER, ANDREAS DEININGER, RALF WASSMUTH	182
Realisierbare Genauigkeit bei der automatisierten Erfassung von Aufenthaltszeiten von Milchkühen im Boxenlaufstall mit dem Real Time Location System Ubisense Series 7000 <i>Achievable accuracy in automated detection of abidance times of dairy cows in free stall barns using the real time location system Ubisense series 7000</i> TOBIAS ROSE, IMKE TRAULSEN, URBAN HELLMUTH, HEIKO GEORG, JOACHIM KRIETER	188
Erprobung des Pedometersystems „Track a Cow“ der Firma ENGS zur Bestimmung der Liegezeiten bei Milchkühen <i>Testing of the cow movement monitoring system “Track a Cow” of the company ENGS to determine lying times in dairy cows</i> STEPHANIE GEISCHEDER, BERNHARD HAIDN, RUDOLF PEIS, JAN HARMS, EYAL MISHA	194
Analyse der Bewegungsprofile und des Tierverhaltens von Rindern in alpinen Regionen basierend auf Daten von GPS-Ortungssystemen <i>Analyses of movement patterns and behaviour of cattle in Alpine regions based on data from GPS tracking systems</i> JAN MAXA, STEFAN THURNER, HUBERT WIRL, GEORG WENDL.	200
Sensorgestützte Analyse und Modellierung des Fress- und Wiederkauverhaltens von Milchrindern <i>Sensor-based analysis and modelling of feeding and ruminating behaviour of dairy cows</i> ANNABELL WOBSCHALL, OTTO KAUFMANN	206

Reaktionen von liegenden Milchkühen beim Einsatz eines Spaltenroboters <i>Reactions of lying dairy cows during the operation of a robotic slat cleaner</i>	
ANNA STÜLPNER, STEFANIE ADEILI, BERNHARD Haidn, RENATE DÖRFLER, HEINZ BERNHARDT	212
Entwicklung eines Steuerungsmoduls zur autonomen Führung eines Selbstfahrer-Futtermischwagens <i>Development of a control unit for the autonomous guidance of an automotive fodder mixing vehicle</i>	
STEFANIE ADEILI, BERNHARD Haidn, MARKUS ROBERT	218
DeLaval LED-Beleuchtung für Milchviehställe <i>DeLaval LED illumination for dairy barns</i>	
ALFRED KRÖGER, MICHAEL ENGEL	224
Zukunftsorientiertes Herden- und Betriebsmanagement <i>Future-oriented herd and farm management</i>	
BEATE MAASSEN-FRANCKE, ALESSA RATHER	228
DeLaval Body Condition Scoring (BCS) - Automatisches System zur Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen <i>DeLaval Body condition score (BCS) – automatic system for dairy cows integrated into DelPro Herd management system</i>	
SUSANNE GRANZ	234
Evaluation of a NIRS sensor for determining forage moisture concentration on a round baler-wrapper combination <i>Untersuchung eines NIRS-Sensors zur Bestimmung des Feuchtegehalts von Anwelkgut in einer Rundballenpresse-Wickel-Kombination</i>	
MEHMET EVRENOSGLU, HAMDI BILGEN	240

Melksysteme und Eutergesundheit / Milking systems and udder health

Auswirkungen eines Zitzengummis mit neuartiger Schaftform auf Merkmale der Zitzenkondition und der Eutergesundheit <i>Effects of a liner with a new barrel design on teat condition and udder health</i>	
ANGELIKA HAEUSSERMANN, CHRISTIAN PAHL, EBERHARD HARTUNG	246
Entwicklung eines neuen Melkbeckers für sanftes Melken <i>Development of a new teat cup for gentle milking</i>	
ULRICH STRÖBEL, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER, TONI LUHDO, REINER BRUNSCH	252

Leitfaden zur Verbesserung der Eutergesundheit in Betrieben mit automatischen Melksystemen <i>Code of practice for improvement of udder health on farms using automatic milking systems</i> HEIKE DIEZ, HEINZ BERNHARDT	258
Analyse der Zwischenmelkzeiten in automatischen Melksystemen – Vorstellung eines Beratungstools <i>Analysis of milking intervals in robotic milking systems – Presentation of an advisory tool</i> JAN HARMS, ANNA EMBACHER, CORNELIA WIESNER, RUPERT M. BRUCKMAIER	264
Rückstandsverhalten von quartären Ammoniumverbindungen bei der Desinfektion von Melkanlagen <i>Residue behavior of quaternary ammonium compounds used in the disinfection of milking installations</i> MARTIN KÜHBERGER, MICHAEL KUTZOB, JAN HARMS	270
Arbeitsbedarf für das Melken in Abhängigkeit von Milchleistung und Milchfluss in verschiedenen Melkstandtypen und Melkstandgrößen <i>Labour requirement for milking in dependence on milk production level and milk flow in different type and size of milking parlour</i> JULIANA MAČUHOVÁ, VERONIKA PATZELT, BERNHARD HAIDN	276
Optimizing the performance of automatic milking systems – influences and indicators to increase productivity and efficiency <i>Optimierung der Leistung automatischer Melksysteme – Einflüsse und Kennzahlen zur Steigerung von Produktivität und Effizienz</i> DANIEL HERD, ARJEN VAN DER KAMP	282
Einsatz des vollautomatischen Melkkarussells AMR™ in der Praxis: Erfahrungen und Untersuchungen in der Umstellungszeit <i>Automatic Milking Rotary AMR™ in practical use – First investigations and experiences during change-over period</i> MARTIN WIEDEMANN, ANDREAS MELFSEN, BERIT FÜLLNER, HEIKO SCHOLZ	288
Auswirkungen eines Energieausfalls beim Melkroboter auf das Tierwohl und die Milchleistung <i>Effects of a simulated power cut in AMS on animal welfare and milk yield</i> ANJA GRÄFF, MANFRED HÖLD, JÖRN STUMPENHAUSEN, HEINZ BERNHARDT . . .	294

Emissionen / Emissions

Stickstoffdeposition im Umfeld eines Außenklimastalls für Milchvieh <i>Nitrogen deposition around an outdoor climate house for dairy cattle</i> KATJA BONKOSS, STEFAN NESER	300
Untersuchung klimarelevanter Gase in einem planbefestigten Milchviehstall und der anschließenden Flüssigmistlagerung <i>Investigation of climate relevant gases in a dairy house with slatted floor and the following slurry storage</i> ALEXANDER SCHMITHAUSEN, MANFRED TRIMBORN, WOLFGANG BÜSCHER	306
Bioscrubber for removal of NH_3 , CH_4 , N_2O , CO_2 emissions from intensive livestock house exhaust air <i>Biowäscher zur Reduzierung von NH_3-, CH_4-, N_2O- und CO_2-Emissionen aus der Abluft aus intensiver Nutztierhaltung</i> FANG LIU, CLAUDIA FIENCKE, CINDY WIENKE, CARSTEN CUHLS, NGUYEN THANH PHONG, CHRISTIAN RADAU, RENJIE DONG, EVA-MARIA PFEIFFER	312
Bioaerosole aus Legehennenanlagen – Emissions- und Immissionsmessungen <i>Bioaerosols from poultry farms – emission and immission measurements</i> JENNIFER DEICHMANN	318
Untersuchungen zum Stand der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung in Bayern <i>Investigations of the use of exhaust air purification in animal husbandry in Bavaria</i> KARIN PÖHLMANN, STEFAN NESER.	323
Der Auslauf in der ökologischen Schweinemast: Punktuelle Messung von Ammoniakemissionen mit einer dynamischen Haube <i>The outdoor run in organic pig fattening: Measurement of ammonia emissions in a grid with a dynamic chamber</i> GESA MIELKE, RALF BUSSEMAS, MARCUS CLAUSS, STEFAN LINKE, HEIKO GEORG.	329
Emissionsminderung aus Geflügelställen durch kombinierte Abluftreinigung <i>Reduction of emissions from poultry housing by combined exhaust air treatment systems</i> CAROLINA STROHMAIER, GERD-CHRISTIAN MAACK, RALF KOSCH, SVEN KÜNNEN, EHAB MOSTAFA, WOLFGANG BÜSCHER	335

Investigation of gas emissions and spreading inside and outside of a naturally ventilated poultry house using a 3D CFD model <i>Untersuchung von Gasemissionen und deren Ausbreitung innerhalb und außerhalb eines natürlich belüfteten Stalls mit einem 3-D-CFD-Modell</i> FERNANDO ROJANO, PIERRE-EMMANUEL BOURNET, PAUL ROBIN, MELYNDA HASSOUNA, CHRISTOPHER Y. CHOI, MURAT KACIRA	340

Stallklima und Energie / Barn climate and energy

Determine the flow characteristics of naturally ventilated dairy barns to optimize barn climate <i>Bestimmung der Durchströmungscharakteristik frei gelüfteter Milchviehställe zur Optimierung des Stallklimas</i> SABRINA HEMPEL, LINA WIEDEMANN, CHRISTIAN AMMON, MERIKE FIEDLER, CHAYAN SAHA, DAVID JANKE, CHRISTIANE LOEBISIN, JOST FISCHER, BARBARA AMON, GUNDULA HOFFMANN, CHRISTOPH MENZ, GUOQIANG ZHANG, ILAN HALACHMI, AGUSTIN DEL PRADO, FERNANDO ESTELLES, WERNER BERG, REINER BRUNSCH, THOMAS AMON	346
Nutzung von Synergieeffekten in der Abluftreinigung durch Integration eines Luft-Luft-Wärmetauschers <i>Utilization of synergy effects in exhaust air treatment by integration of an air-to-air heat exchanger</i> MANUEL S. KROMMWEH, WOLFGANG BÜSCHER	352
Analysis of the dynamics of heat and mass transfer in a naturally ventilated poultry house using CFD <i>Analyse der Dynamik von Wärme- und Stoffübertragung in einer natürlich belüfteten Stall mit CFD</i> FERNANDO ROJANO, PIERRE-EMMANUEL BOURNET, PAUL ROBIN, MELYNDA HASSOUNA, CHRISTOPHER Y. CHOI, MURAT KACIRA	358
Solarstromspeicher in Form von Eiswasser zur Milchkühlung <i>Solar electricity storage in the form of ice water for the milk cooling</i> JOSEF NEIBER, STEFAN NESER.	364
Heat transfer into stable environment through the various types of roofing <i>Wärmeeintrag in den Stallraum durch verschiedene Dachkonstruktionen</i> JOSEF ŠIMON, JIŘÍ VEGRICHT, MÁRIA FABIANOVÁ	370
Optimale Lüftung im Boxenlaufstall in extremen Klimaregionen <i>Optimal ventilation for free stall dairy barns in extreme climates</i> HUBERTUS HEITMÜLLER	376

Entwicklung eines ARV (Animal Response Ventilation) Klima- computers zur Vermeidung von Hitze- und Kältestress bei Schweinen und zum Nachweis des thermischen Wohlbefindens der Tiere <i>Development of an ARV (animal response ventilation) controller to avoid heat- and cold-stress for pigs and to document their thermal well-being</i> HORST SCHIERBAUM, JULIA HOECK, GERD-CHRISTIAN MAACK, WOLFGANG BÜSCHER.	382
Untersuchungen zur Effizienz von Grundwasser-Wärmepumpen zur Ferkelnestbeheizung <i>Investigations on efficiency of groundwater heat pumps to piglet nest heating systems</i> HANNAH LICHARZ, PETER RÖSMANN, WOLFGANG BÜSCHER.	386

Futter- und Wasserversorgung, Entmistung / Feed- and water supply, manure removal

Indikatorgestütztes Gesundheitsmonitoring bei tragenden Zuchtsauen <i>Indicator based health monitoring of pregnant sows</i> EVA GALLMANN, MELANIE JUNGE, DAGMAR JEZIERNY, THOMAS JUNGBLUTH. . .	392
Tränkwasserhygiene in der Schweineaufzucht: Bewertung der Tränk- wasserqualität und Biofilmbildung nach Tränkwassedesinfektion <i>Hygiene of drinking water in piglet rearing: evaluation of drinking water quality and biofilm growth after drinking water disinfection</i> NICOLE KEMPER, REGINA BÖGER, JOCHEN SCHULZ.	398
Untersuchungen zur Tauglichkeit eines Spaltenreinigungsroboters in der Sauenhaltung <i>Studies on the suitability of a scraper robot in sow keeping</i> PETER EBERTZ, FELIX AUSTERMAN, REINHARD SCHULTE-SUTRUM, WOLFGANG BÜSCHER.	402
Entwicklung und Validierung einer Messmethode zur Quantifizierung der Restverschmutzung nach der Entmistung von planbefestigten Laufflächen <i>Development and validation of a measuring method for quantifying the residual soiling mass after the removal of dung from solid exercise aisles</i> JERNEJ POTEKO, SABINE SCHRADER, BEAT STEINER, MICHAEL ZÄHNER.	408
Kostenvergleich von Pressschneckenseparatoren bei der Separation von Rindergülle <i>Cost comparison of screw press separators for cattle slurry separation</i> RHENA KRÖGER, LUDWIG THEUVSEN.	414

Vergleich praxisrelevanter Verfahren zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern <i>Comparison of slurry separation techniques with practical relevance</i> FLORIAN EBERTSEDER, JOSEF SCHOBER, FABIAN LICHTI	420
Die Kombination Biogas-Kleinanlage und Milchviehbetrieb – Effizienz und Passfähigkeit am Beispiel eines Praxisbetriebs <i>The combination of a small biogas plant and dairy farm – Efficiency and strategic fit at a practice example</i> FRAUKE P. C. MÜLLER, GERD-CHRISTIAN MAACK, WOLFGANG BÜSCHER	426

Emissionsminderung, Bauwesen / Reducing emissions, construction

Vergleich von Emissionsminderungsmaßnahmen bei unterflur gelagertem Flüssigmist im Mastschweinestall <i>Comparison of emission mitigation strategies in a deep pit system in a piggery</i> STEPHANIE GRONOW-SCHUBERT, EVA GALLMANN, ANIKA SCHLAMEUSS	432
Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung <i>Control of exhaust air treatment operations in animal husbandry</i> JOCHEN HAHNE, HARTMUT GÜNSTER	438
Landwirtschaftliches Bauen mit Holz oder Stahl – Vergleich des Investitionsbedarfs sowie des Primärenergiebedarfs und Treibhauspotenzials <i>Farm construction with wood or steel – A comparison of investment requirements, primary energy consumption and global warming potential</i> JOCHEN SIMON, CHRISTINE BIERMANSKI, HANNES DIETL, SABINE HELM, CHRISTEL LUBENAU, KLAUS RICHTER, GABRIELE WEBER-BLASCHKE	444
Versuchsstall zur Entwicklung und Quantifizierung von Maßnahmen zur Minderung von Emissionen <i>Experimental housing for developing and quantifying emission abatement measures</i> SABINE SCHRADER, MICHAEL ZÄHNER, JERNEJ POTEKO, BEAT STEINER, MARGRET KECK, MARKUS SAX, DANIEL HERZOG, MATTHIAS SCHICK	450
Chemische Stickstoff-Elimination zur Prozesswasserbehandlung in Abluftreinigungsanlagen <i>Chemical nitrogen elimination for process water treatment of exhaust air cleaning systems</i> ANDREAS ROTH, SVEN KÜNNEN, RALF KOSCH, JOCHEN HAHNE	456

Perspektiven der Masthähnchenhaltung beim Einsatz einer DLG-zertifizierten Abluftreinigungsanlage <i>Perspectives of broilers posture while using a DLG-certified air purification system</i>	
MARTIN ZWOLL	462

Anhang / Annex

Anschriften der Autoren <i>Addresses of authors</i>	468
Autorenindex <i>Index of authors</i>	480
Schlüsselwörter	483
Keywords	487
Chronik <i>Chronicle</i>	491

Tierwohl in der Nutztierhaltung: Wichtigkeit und Umsetzbarkeit verschiedener Tierwohlmaßnahmen aus Sicht deutscher Landwirte

Animal welfare in livestock production systems: Importance and feasibility of various animal welfare measures from German farmers' point of view

HEINKE HEISE, LUDWIG THEUVSEN

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Lehrstuhl Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen; heinke.heise@agr.uni-goettingen.de

Schlüsselwörter: Tierwohl, Tierwohlmaßnahmen, Wichtigkeit, Umsetzbarkeit, Landwirte
Keywords: animal welfare, animal welfare measures, importance, feasibility, farmers

Zusammenfassung

Die Tierwohlstandards in der modernen Nutztierhaltung stehen seit einigen Jahren vermehrt im kritischen Fokus von Politik, Medien und der breiten Öffentlichkeit. Daraus entsteht nach verbreiteter Auffassung ein beachtliches Absatzpotenzial für Produkte aus tiergerechteren Haltungsformen. Die Etablierung von Tierwohlprogrammen ist aber außer von der Kauf- und Zahlungsbereitschaft der Verbraucher entscheidend von der Akzeptanz der Landwirte abhängig. Diese Akzeptanz hängt maßgeblich davon ab, welche Tierwohlmaßnahmen in einem Programm gefordert werden und inwieweit diese von den Landwirten als wichtig für die Verbesserung des Tierwohls und als praktisch umsetzbar eingestuft werden. Die Ergebnisse einer Landwirtebefragung zeigen, dass verschiedene Tierwohlmaßnahmen von den Landwirten sehr unterschiedlich eingeschätzt werden und zwischen konventionell und ökologisch wirtschaftenden Landwirten erhebliche Unterschiede bestehen.

Summary

In recent years, the animal welfare standards of modern livestock production systems have been increasingly in the critical focus of politicians, media and the broader public. There is hope that this will cause market potential for programs that require higher animal welfare standards. The successful implementation of these programs depends on consumers' willingness to pay but also on farmers' acceptance. The latter is dependent on the animal welfare measures required by the program, their importance for the improvement of animal welfare and their practical feasibility. The results of a farmer survey show, that farmers classify several animal welfare measures quite different and that the opinions of conventional farmers differ very much from those of organic farmers.

1 Einleitung

Das Thema Tierwohl hat in jüngerer Vergangenheit an medialer und gesellschaftlicher sowie politischer Relevanz gewonnen. Verschiedene Studien zeigen ein beachtliches Absatzpotenzial für Produkte aus artgerechterer Haltung (WITTIG et al. 2010). Allerdings ist die erfolgreiche Etablierung eines Tierwohlprogramms nicht nur von der Kauf- und Zahlungsbereitschaft der Verbraucher, sondern auch der Akzeptanz der Akteure entlang der Wertschöpfungskette (Landwirtschaft, Handel, NGOs, Wissenschaft u. a.) abhängig (GOLAN et al. 2000, HARPER und HENSON 2001). Landwirte gelten als eine zentrale Stakeholder-Gruppe bei der Implementierung höherer Tierwohlstandards, da sie – mit Ausnahme der Geflügelproduktion – in Deutschland größtenteils nicht vertraglich an nachgelagerte Produktionsstufen gebunden sind (DEIMEL et al. 2010). Es ist daher schwierig, neue Produktions- oder Qualitätsprogramme erfolgreich umzusetzen, solange ein Großteil der Landwirte nicht von dem System überzeugt ist. Die Akzeptanz von Tierwohlprogrammen hängt entscheidend davon ab, welche Tierwohlmaßnahmen in den Programmen gefordert werden und ob Landwirte diese als wichtig für die Verbesserung des Tierwohls einschätzen und sie als umsetzbar und preislich angemessen honoriert empfinden. Um die Akzeptanz verschiedener Tierwohlmaßnahmen durch deutsche Landwirte abschätzen zu können, soll im Rahmen dieses Beitrags herausgefunden werden, welche Maßnahmen Landwirte als wichtig und umsetzbar wahrnehmen. Darüber hinaus sollen ökologisch und konventionell wirtschaftende Landwirte verglichen werden.

2 Material und Methoden

Im Frühsommer 2014 wurde eine empirische Erhebung online unter 1.032 deutschen Landwirten durchgeführt. Die Probanden wurden mithilfe verschiedener Verteiler rekrutiert. Viele Unternehmen aus der Wirtschaft unterstützten die Umfrage. Die uni- und bivariate Analyse der erhobenen Daten wurde mit dem Statistikprogramm IBM Statistics 22 durchgeführt. Es wurde ein Ranking der in die Untersuchung einbezogenen Tierwohlmaßnahmen erstellt sowie ein Mittelwertvergleich für getrennte Stichproben (ökologische vs. konventionelle Betriebsführung) durchgeführt (BACKHAUS et al. 2011).

Die Charakterisierung der Stichprobe zeigt, dass an der Umfrage sowohl konventionell (64,2 %) als auch ökologisch wirtschaftende (35,8 %) Landwirte teilnahmen. Damit liegt der Anteil der ökologisch wirtschaftenden Landwirte in dieser Stichprobe deutlich oberhalb des bundesdeutschen Durchschnitts (8,2 %) (BMEL 2014). Die befragten Betriebe sind mit durchschnittlich 181,7 ha und 126,2 Großvieheinheiten erheblich größer als der Durchschnittsbetrieb in Deutschland (STATISTISCHES BUNDESAMT 2010). Der überwiegende Teil der Befragungsteilnehmer kommt aus Bayern (28,0 %), Niedersachsen (14,9 %), Nordrhein-Westfalen (13,5 %) und Baden-Württemberg (12,7 %). Dies sind die Bundesländer, in denen die meisten Nutztiere gehalten werden (STATISTISCHES BUNDESAMT 2014). Das Durchschnittsalter der Befragten liegt bei 46 Jahren und es ist ein hoher Bildungs- und Ausbildungsstand zu verzeichnen. Aufgrund der Vorauswahl der Probanden, der Befragungsmethode sowie der Stichprobengröße sind die Ergebnisse

nicht repräsentativ für alle landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland. Allerdings ist die Befragung mit 1.032 Probanden recht groß; aus den Daten lassen sich daher belastbare Tendenzen für große, nutztierhaltende Betriebe in Deutschland ableiten.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen (vgl. Tab. 1), dass Landwirte verschiedene Maßnahmen als unterschiedlich wichtig für die Verbesserung des Tierwohls in der Nutztierhaltung einschätzen. Zudem variiert die Einschätzung der Umsetzbarkeit der verschiedenen Tierwohlmaßnahmen stark.

Tab. 1: Wichtigkeit und Umsetzbarkeit verschiedener Tierwohlmaßnahmen

Tab. 1: Importance and feasibility of various animal welfare measures

Tierwohlmaßnahme	Wichtigkeit μ	Rang	Umsetzbarkeit μ	Rang
Verbesserung Gesundheitszustand	1,47	1	1,22	2
Tierfreundlicherer Umgang	1,35	2	1,50	1
Größeres Platzangebot	0,88	3	0,49	7
Verringerung Antibiotikaeinsatz	0,78	4	0,81	4
Verschiedene Funktionsbereiche	0,55	5	0,30	8
Beschäftigungsmaterial	0,51	6	1,04	3
Auslauf	0,43	7	0,11	13
Zusätzliche Einstreu	0,42	8	0,51	6
Außenklimastall	0,29	9	0,07	14
Verzicht Eingriffe am Tier	0,26	10	0,28	9
Verzicht Gentechnik	0,21	11	0,60	5
Kleinere Gruppengrößen	0,20	12	0,27	10
Umstellung der Genetik	0,14	13	0,23	12
Verlängerung der Mastdauer	-0,10	14	0,27	10

Skalierung der Variablen von -2 = überhaupt nicht wichtig für die Verbesserung des Tierwohls / überhaupt nicht umsetzbar bis +2 = sehr wichtig für die Verbesserung des Tierwohls / umsetzbar.

Aus der Tabelle lässt sich ableiten, dass Landwirte die Verbesserung des allgemeinen Gesundheitszustandes der Tiere als besonders bedeutsam für die Verbesserung des Tierwohls einstufen. Auch der tierfreundlichere Umgang durch das Personal und ein erhöhtes Platzangebot werden als wichtig angesehen. Insgesamt bewerten die Landwirte 6 der 14 Tierwohlmaßnahmen als sehr wichtig oder eher wichtig für die Verbesserung des Tierwohls, bei 8 Maßnahmen haben sie eine geteilte Meinung.

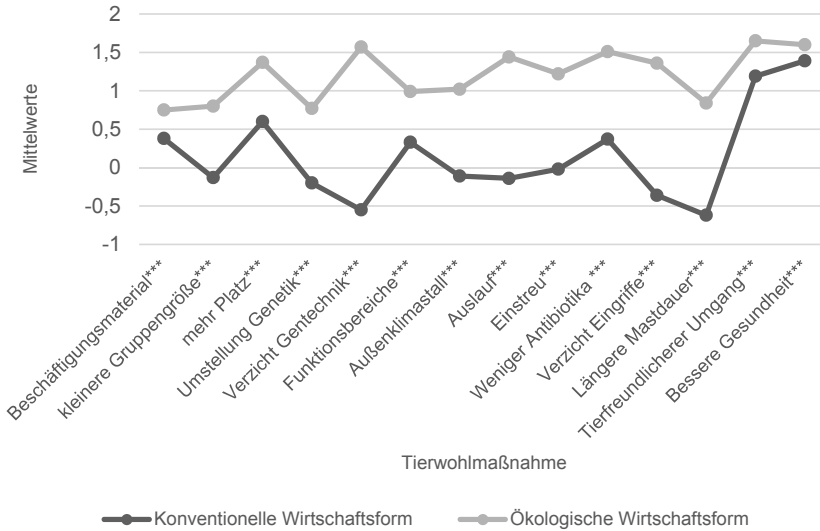


Abb. 1: Wichtigkeit verschiedener Tierwohlmaßnahmen; Signifikanzniveau: * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$.

Fig. 1: Importance of several animal welfare measures

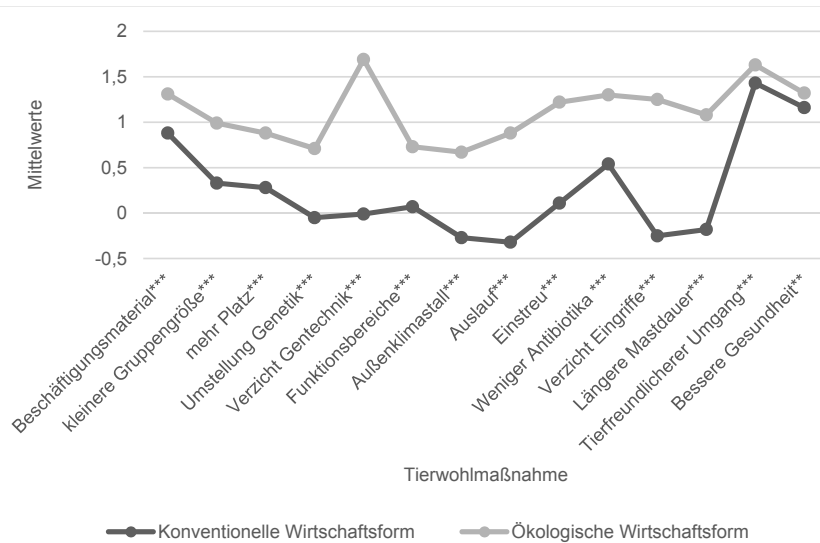


Abb. 2: Umsetzbarkeit verschiedener Tierwohlmaßnahmen; Signifikanzniveau: * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$

Fig. 2: Feasibility of various animal welfare measures

Hinsichtlich der praktischen Umsetzbarkeit sehen die Landwirte vor allem einen tierfreundlicheren Umgang als machbar an, gefolgt von der Verbesserung des allgemeinen Gesundheitszustandes sowie dem Angebot von zusätzlichem Beschäftigungsmaterial. Insgesamt werden 6 Maßnahmen als eher umsetzbar oder umsetzbar eingestuft. Allerdings gibt es einige Abweichungen in der Rangierung zwischen Wichtigkeit und Umsetzbarkeit. Die Ergebnisse verdeutlichen daher, dass noch nicht alle Tierwohlmaßnahmen, die für die Verbesserung des Tierwohls von Bedeutung sind, zum jetzigen Zeitpunkt so weit ausgereift sind, dass sie auch problemlos in der Praxis realisiert werden können.

Der Mittelwertvergleich zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Landwirten zeigt, dass sich die Einschätzungen je nach Wirtschaftsform teils erheblich unterscheiden (Abb. 1). Ähnliches gilt für die Einschätzung der praktischen Umsetzbarkeit der verschiedenen Tierwohlmaßnahmen (Abb. 2). In beiden Fällen unterscheiden sich die Einstellungen der Landwirte auf höchst signifikantem bzw. hoch signifikantem Niveau.

4 Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse der Studie geben erste wichtige Hinweise zur Einschätzung der Wichtigkeit und Umsetzbarkeit viel diskutierter Tierwohlmaßnahmen durch deutsche Landwirte. Gleichwohl muss beachtet werden, dass die Stichprobenverteilung nicht der Grundgesamtheit deutscher Landwirte entspricht und daher nur vorsichtig Schlussfolgerungen gezogen werden dürfen. Da sich die Einstellungen je nach Wirtschaftsform erheblich unterscheiden, müssen für beide Zielgruppen differenzierte Tierwohlprogramme entwickelt werden. Insgesamt zeigt sich, dass ökologisch wirtschaftende Landwirte sowohl die Wichtigkeit verschiedener Tierwohlmaßnahmen als auch deren praktische Umsetzbarkeit in allen Fällen höher einschätzen als konventionell wirtschaftende Landwirte. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass höhere Tierwohlstandards in den verschiedenen Öko-Richtlinien teilweise bereits verankert sind und die Verbesserung des Tierwohls im ökologischen Landbau daher bereits praktiziert wird. Diesen Landwirten fällt es daher naturgemäß leichter, erhöhte Tierwohlstandard in ihrem Betrieb zu etablieren (RUSCHE und WIRTHS 2008).

Weitere Auswertungen könnten untersuchen, ob es auch hinsichtlich der unterschiedlichen Nutztierarten Differenzen im Antwortverhalten gibt. So könnten aus den Ergebnissen differenzierte Empfehlungen je nach Nutztierart abgeleitet und eine erfolgreiche Entwicklung und Etablierung von Tierwohlprogrammen gefördert werden.

Literatur

- Backhaus, K.; Erichson, E.; Plinke, W.; Weiber, R. (2011): Multivariate Analysemethoden – Eine anwenderorientierte Einführung. 13. Auflage, Springer, Berlin/Heidelberg
- BMEL (2014): Ökologischer Landbau in Deutschland. http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachhaltige-Landnutzung/Oekolandbau/_Texte/OekologischerLandbauDeutschland.html#doc377838bodyText6, Zugriff am 04.03.2015

- Deimel, I.; Franz, A.; Frentrup, M.; von Meyer, M.; Spiller, A.; Theuvsen, L. (2010): Perspektiven für ein Europäisches Tierschutzlabel. <http://download.ble.de/08HS010.pdf>, Zugriff am 13.03.2015
- Golan, E.; Kuchler, E.; Mitchell, L. (2000): Economic of Food Labeling. In: Agricultural Economic Report, No. 793, Economic Research Service; U.S. Department of Agriculture
- Harper, G.; Henson, S. (2001): Consumer concerns about animal welfare and the impact on food choice. EU-Project EU-FAIR-CT-98-3678. Final Report. Centre for Food Economics Research, Department of Agriculture and Food Economics. The University of Reading, Reading, United Kingdom
- Rusche, B.; Wirths, F. (2008): Tierschutzsiegel: Eine neue Chance für den Tierschutz. In: Der kritische Agrarbericht 2008, 214-219
- Statistisches Bundesamt (2010): Landwirtschaftszählung 2010. Landwirtschaftliche Betriebe und landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche 2010. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Landwirtschaftszaehlung2010/Tabellen/1_2_LandwirtschaftlicheBetriebeGenutzteFlaeche_end.html, Zugriff am 20.03.2015
- Statistisches Bundesamt (2014): Publikation - Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehhaltung der Betriebe. Agrarstrukturhebung 2013. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/Viehhaltung2030213139004.pdf?__blob=publicationFile, Zugriff am 19.01.2015
- Wittig, F.; Eisinger-Watzl, M.; Heuer, T.; Claupein, E.; Pfau, C.; Hoffmann, I.; Cordts, A.; Schulze, B.; Padilla Bravo, C.A.; Spiller, A. (2010): Auswertung der Daten der nationalen Verzehrsstudie II (NVS II): Eine integrierte verhaltens-und lebensstilbasierte Analyse des Bio-Konsums. Studie im Auftrag des Bundesprogramms ökologischer Landbau (BÖL). http://orgprints.org/18055/1/18055-080E056_080E069-MRI_uni-goettingen-hoffmann_spiller-2010-verzehrsstudie.pdf, Zugriff am 17.03.2015

Erhebung von tierbezogenen Indikatoren in Schweinegruppen zur Bewertung von Verhaltensabweichungen

Investigation of animal-based indicators in pig groups for the assessment of abnormal behaviours

DIRK SCHÄFFER

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Theodor-Lieser-Str. 11, 06120 Halle (Saale); dirk.schaeffer@landw.uni-halle.de

Schlüsselwörter: Tierbezogene Indikatoren, Bewertung, Verhaltensabweichungen
Keywords: animal-based indicators, welfare assessment, abnormal behaviour

Zusammenfassung

Im nachfolgenden Beitrag werden Beispiele für tierbezogene Indikatoren vorgestellt, anhand derer der Verlauf von Verhaltensabweichungen direkt am Tier erhoben werden können. Dafür wurden in einem Zuchtbetrieb (n = 650 Sauen) definierte Tiergruppen bis zum Ausscheiden aus der Produktion bzw. Verkauf der Jungsauen über alle Haltungsstufen fortlaufend bonitiert.

Erfasst wurden die am Integument der Zuchtläufer und Jungsauen feststellbaren Verletzungen und Schäden an Schultern, Flanken, Hinterhand, Kopf, Ohren, Vulva und Schwanz.

Es war festzustellen, dass alle Befunde an Ferkeln und Läufern sowohl durch das Haltungsverfahren als auch durch das Management direkt beeinflusst werden und damit für eine Bewertung der Tiergerechtheit hinzugezogen werden können.

Summary

The following paper exemplifies animal-based indicators that are directly influenced by abnormal behaviour of pigs. In a pig breeding farm (n = 650 sows) definite groups of female piglets were scored during different production stages.

Assessment of the pigs' integument included lesions and damages of head, ears, shoulders, flank, hind quarter, vulva and tail.

It was obvious that all diagnostic findings were directly influenced by housing system and management and therefore suited for animal welfare assessment.

1 Einleitung und Problemstellung

Das Zusammenwirken verschiedener Umwelt- und Haltungsbedingungen und der Mangel an Ressourcen (Beschäftigungsmaterial, Mineralstoffe und Strukturfutter) führen dazu, dass viele Schweine einerseits in ihrer Anpassungsfähigkeit an das Halteverfahren überfordert werden (MOINARD et al. 2003) und andererseits verschiedene arttypische Verhaltensweisen (z.B. Exploration) nicht oder nur unvollständig ausführen können. Innerhalb dieses Konfliktes bleibt für viele Schweine letztendlich nur der Artgenosse als Ersatzobjekt übrig, um entsprechende Verhaltensdefizite abzubauen. Bei Untersuchungen, die speziell auf die Ursachen von Verhaltensabweichungen (z.B. Ohren- und Schwanzbeißen) fokussieren, sollte deshalb die Komplexität des Beißens (BRUNBERG et al. 2011) berücksichtigt werden. So verändern sich die Art und Weise der aggressiven Auseinandersetzungen um Ressourcen und in der Rangfolge, da sich das individuelle Kampfverhalten mit der Ontogenese der Tiere und durch Umstellungen verändert (FRASER 1984, TAYLOR et al. 2010). Daher ist es sinnvoll, neben den Körperanhangorganen (Ohren und Schwanz) auch weitere Integumentabschnitte des Körpers (Kopf, Schultern, Rumpf, Hinterhand und Vulva) in die Bewertung mit einzubeziehen und diese an ausgewählten Tiergruppen in den verschiedenen Altersklassen des Tierbestandes durchzuführen.

Nachfolgende Ergebnisse stammen aus einem Zuchtbetrieb mit 660 Stammsauen (dänische Genetik), in dem das massive Auftreten von Flanken-, Schwanz- und Ohrenbeißen zum vorzeitigen Ausscheiden von Zuchtläufern und erheblichen Qualitätseinbußen beim Verkauf von Jungsauen führte. Die Erhebungen dienten zur Quantifizierung der Integumentschäden in den einzelnen Produktionsstufen. Darauf aufbauend erfolgte eine Ursachenanalyse, aus der Maßnahmen zur Verminderung der festgestellten Verhaltensabweichungen abgeleitet wurden.

2 Haltungsbedingungen und Umfang der Erhebungen

In Tabelle 1 werden die Abteilgrößen und die Halteverfahren in den einzelnen Produktionsstufen des Zuchtbetriebes beschrieben, in denen Erhebungen an Tiergruppen stattfanden.

Die beiden ausgewählten Tiergruppen ($n = 20$; $n = 17$) verringerten sich – aufgrund von Tierverlusten und der Separierung mit Frühvermarktung von Einzeltieren zur Mast – fortlaufend in der Gesamtanzahl. Die Ursachen stellten Integumentschäden dar, die einen Verkauf der Tiere zur Zucht ausschlossen.

Die Schwänze wurden entsprechend den Zielvorgaben der Zuchtorganisation für Zuchtsauen am 2. Lebenstag (LT) zu einem Drittel kupiert. Das Absetzen der Saugferkel erfolgte am 25./26. Lebenstag. Alle Versuchstiere waren durch nummerierte Ohrmarken über den gesamten Versuch individuell gekennzeichnet.

Tab. 1: Haltungsbedingungen in den einzelnen Produktionsstufen

Tab. 1: *Housing conditions*

Produktionsstufen	Abteilgrößen	Haltungsverfahren
Saugferkel	30 Abferkelbuchten	Kastenstand (gerade Aufstallung): Schulterplatte und Kotbereich aus Gussrost; Lochspaltenboden und beheizbares Ferkelnest (Metallboden); 3 x täglich Trockenfütterung; Trogprüher; 4,42 m ² ; Metallkette
Aufzuchtferkel	6 Aufzuchtbuchten	Dreiflächenbucht: planbefestigter Liegebereich (Beton); Betonspalten- und Gussrostboden; 2 Trockenfutterautomaten; ad libitum; Nippeltränken; 20 Tiere/Bucht; 9,76 m ² ; Metallkette an Wippe
Zuchtläufer	14 Läufer- + 2 Kranknbuchten	Einflächbucht: Betonspalten; 2 Langtröge; Trockenfütterung rationiert; Nippeltränken; 24 Tiere/Bucht; 21,85 m ² ; Metallkette

3 Methoden

Jeder Indikator wird mit einem Bilderschema erfasst. Innerhalb des Schemas entspricht jedes Bild einer Schadens- bzw. Verletzungsausprägung am Integument (z.B. Kratzer oder Wunde) des Tieres und wird durch eine Note entsprechend bewertet. Aufgrund der möglichen Ausprägungen von Verletzungen und Wunden sind bis zu 6 Noten je Indikator möglich. Berücksichtigt wurden in dieser Erhebung folgende Körperbereiche und Körperanhangorgane:

- Kopf, Schultern, Flanken, Hinterhand (Score s. SCHÄFFER et al. 2014)
- Ohren unterteilt in oberer und unterer Hälfte (Score s. Tabelle 2)
- Vulva (Score s. SCHÄFFER 2015)
- Schwanz (Score s. SCHÄFFER et al. 2014)

Tab. 2: Bewertungsschema für Ohrenverletzungen und -schäden

Tab. 2: *Mark system for scoring ear lesions*

Note	Bewertung
0	keine Veränderungen/Verletzungen
1	Kratzer (frisch/alt) bis 2 cm und punktförmige Wunden
2	flächige Wunden (verschorft)
3	flächige Wunden (blutig)
4	Teilverluste am Ohrrand

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummentest.

4 Ergebnisse

Beispielhaft wird in Tabelle 3 der Verlauf der Integumentschäden einer Gruppe von 20 weiblichen Aufzuchtferkeln, die bis zum Erreichen des Verkaufsalters in einer Gruppe zusammen blieben, dargestellt. Aufgrund der erheblichen Integumentschäden, die vor allem im Aufzuchtbereich und noch häufiger im Läuferstall (maximale mittlere Boniturnote 3,33 für linke obere Ohrhälften) festgestellt wurden, erfolgten im gesamten Betrieb eine Optimierung des Stallklimas und eine Verringerung der Besatzdichten.

Tab. 3: Mittlere Boniturnoten für Integumentschäden von weiblichen Aufzuchtferkeln

Tab. 3: Average marks of integument lesions in female weaning pigs

Lebenstag (Anzahl Tiere)	Linke Ohrhälften		Rechte Ohrhälften		Schwanz	Vulva
	untere	obere	untere	obere		
30. (n = 20)	1,60	1,80	1,40	1,20	1,10	0,50
70. (n = 17)	1,65	1,71	1,12	1,47	1,06	0,65
91. (n = 3)	2,00	3,33	1,67	1,33	1,33	0

In einer nachfolgenden Erhebung wurden aus drei Würfen die weiblichen Saugferkel am 23. Lebenstag ausgewählt und diese bis zur verkaufsfähigen Jungsau (147. LT) auf Integumentschäden bewertet. Diese Fokustiere waren mit anderen weiblichen Tieren im Flatdeck und im Läuferstall in je zwei Buchten verteilt.

Am 23. LT waren noch keine Bissverletzungen an Ohren, Schultern, Flanken und Hinterhand bonitierbar (Tab. 4 und 5). Allerdings traten aggressive Auseinandersetzungen auf, die sich ausschließlich gegen den Kopf, die Vulva und gegen den Schwanz richteten (Tab. 6). Mit der Umstallung der Tiere in das Flatdeck kam es zum Beißen der Artgenossen, das am gesamten Integument aller Versuchstiere dokumentiert werden konnte. Ab dem 86. LT war ein fortlaufendes Beißen der Tiere untereinander, das mit zunehmendem Alter – mit Ausnahme der Verletzungen an Flanken und Schultern – beständig anstieg, feststellbar (Tab. 4 und 5).

Tab. 4: Mittlere Boniturnoten für Integumentschäden (linke Körperhälfte) von weiblichen Zuchtläufnern

Tab. 4: Average marks of integument lesions (left half of body) in female weaning pigs

Lebenstag (Anzahl Tiere)	Untere Ohrhälfte	Obere Ohrhälfte	Schulter	Flanke	Hinterhand
23. (n = 17)	0	0	0	0	0
86. (n = 11)	1,91	1,27	0,64	0,55	0,36
126. (n = 12)	1,92	1,33	1,08	1,25	1,00
147. (n = 8)	1,60	1,60	1,25	1,00	0,88

Tab. 5: Mittlere Boniturnoten für Integumentschäden (rechte Körperhälfte) von weiblichen Zuchtläufnern
Tab. 5: Average marks of integument lesions (right half of body) in female weaning pigs

Lebenstag (Anzahl Tiere)	Untere Ohrhälfte	Obere Ohrhälfte	Schulter	Flanke	Hinterhand
23. (n = 17)	0	0	0,06	0	0
86. (n = 11)	1,55	1,36	0,82	0,91	0,45
126. (n = 12)	1,75	1,33	1,08	1,17	1,08
147. (n = 8)	1,80	1,40	1,63	0,88	0,88

Das vorrangige Ziel des Beißens stellten dabei vor allem die Ohren dar. Unterschiede zwischen einzelnen Körperseiten traten bei dieser Tiergruppe nicht auf. Während das Beißen der Vulva bis zum 126. Lebenstag kontinuierlich zunahm, hörte es bis zum 147. Lebenstag auf, da dann keine Verletzungen feststellbar waren. Die Vulva war der Bereich mit den signifikant geringsten Integumentverletzungen.

Schwanzbeißen trat hingegen in beiden Tiergruppen in allen Altersstadien auf. Das Ausmaß der Verletzungen am Kopf und am Schwanz stieg zudem mit zunehmendem Lebensalter an.

Tab. 6: Mittlere Boniturnoten für Kopf, Vulva und Schwanz von weiblichen Zuchtläufnern
Tab. 6: Average marks of integument lesions (head, vulva and tail) in female weaning pigs

Lebenstag (Anzahl Tiere)	Kopf	Vulva	Schwanz
23. (n = 17)	0,41	0,06	0,35
86. (n = 11)	1,00	0,18	0,82
126. (n = 12)	1,08	0,67	1,00
147. (n = 8)	1,25	0	1,50

Zwischen dem 126. und 147. Lebenstag der Tiere aus der Versuchsgruppe wurden im Aufzuchtstall in allen Buchten Beißhölzer und im Läuferstall in allen Buchten Strohraufen angeboten. Aufgrund der geringen Tierzahl am 147. LT konnte ein Effekt in der Versuchsgruppe nicht mehr nachgewiesen werden. Bestandsbeobachtungen und ein gestiegener Anteil an vermarktungsfähigen Zuchttieren zeigten aber insgesamt den positiven Einfluss des Beschäftigungsangebotes.

5 Schlussfolgerungen

Mit den angewandten Bewertungsmethoden, in Form von Bildtafeln für einzelne Indikatoren, können Verletzungen und Schäden bei Schweinen, die durch Verhaltensabweichungen entstehen, in allen Altersstadien ausreichend quantifiziert und in ihrem Ausprägungsgrad detailliert erfasst werden.

In allen Altersstadien des Tierbestandes im Zuchtbetrieb waren nicht unerhebliche Verletzungen am Integument der Versuchstiere festzustellen. Vor allem das Ohren- und Schwanzbeißen trat in entsprechender Variation immer wieder auf und führte zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Wohlbefindens einzelner Tiere, die von Teilverlusten an Ohren und Schwanz betroffen waren. Diese Tiere hatten teilweise derartige Verletzungen, dass sie weder als Zucht- noch als Mastschwein mit der entsprechenden Qualität vermarktet werden konnten.

Die eingeleiteten Gegenmaßnahmen, wie Optimierung des Stallklimas, Angebot an organischen Beschäftigungsmaterialien und verringerte Besatzdichten, führten vorerst nur zu weniger ausgeprägten Integumentschäden. Das Schwanz- und Ohrenbeißen war auch weiterhin an einzelnen Tieren nachweisbar.

Literatur

- Brunberg, E.; Wallenbeck, A.; Keeling, L.J. (2011): Tail biting in fattening pigs: Associations between frequency of tail biting and other abnormal behaviours. *Applied Animal Behaviour Science* 133, pp. 18-25
- Fraser, D. (1984): The role of behavior in swine production: A review of research. *Applied Animal Ethology* 11, pp. 317-339
- Moinard, C.; Mendl, M.; Nicol, C.J.; Green, L.E. (2003): A case control study of on-farm risk factors for tail biting in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 81, pp. 333-355
- Schäffer, D.; Schmidt, N.; Brösel, F.; Willnat, J.; von Borell, E. (2014): Auftreten und Verlauf des Schwanzbeißens bei einer Schweinegruppe mit intakten Schwänzen und Beschäftigungsangebot. In: 19. Internationale Fachtagung zum Thema Tierschutz der DVG-Fachgruppe „Tierschutz“, München, 20./21. Februar 2014, S. 228-244
- Schäffer, D. (2015): Halt geben – Technopathien bei Saugferkeln vermeiden. Serie „Technopathien in der Schweinehaltung“. *dlz primus Schwein* 11(1), S. 38-41
- Taylor, N.R.; Main, D.C.J.; Mendl, M.; Edwards, S.A. (2010): Tail-biting: A new perspective. *The Veterinary Journal* 186, pp. 137-147

Auswirkungen einer technischen Ferkelamme auf das Verhalten früh abgesetzter Saugferkel

Impact of an artificial piglet rearing system on the behaviour of early weaned piglets

ROLAND WEBER¹, MAGDALENA RZEZNICZEK², BEAT WECHSLER²

¹ Agroscope, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz; roland.weber@agroscope.admin.ch

² Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Saugferkel, Ammenferkel, technische Amme, Verhalten, Verhaltensstörung
Keywords: piglet, early weaning, artificial rearing system, behaviour, abnormal behaviour

Zusammenfassung

In der Untersuchung sollte geklärt werden, wie sich die Aufzucht von ab dem dritten Lebenstag in der technischen Ferkelamme „Rescue Deck“ aufgezogenen Ferkeln auf das Verhalten der Tiere auswirkt. Die Verhaltensbeobachtungen erfolgten während 7 Umtrieben jeweils am 4., 11. und 18. Tag nach dem Einstellen. Als Kontrolle dienten jeweils Ferkeltiere aus Würfen, die bei der Muttersau in freien Abferkelbuchten verblieben. Als Verhaltensparameter erfasst wurden Belly nosing und Ruhen. Während Belly nosing in den Abferkelbuchten mit einer Ausnahme nicht beobachtet werden konnte, trat es in der technischen Ferkelamme im Laufe der Aufzucht zunehmend häufiger und länger auf. Bei den Ferkeln in den Abferkelbuchten stieg die Ruhedauer von Tag 4 zu Tag 18 an, wohingegen in der technischen Amme eine Abnahme der Ruhedauer zu verzeichnen war.

Summary

This study aimed at measuring the effect of the artificial rearing system ‘Rescue Deck’ on the behaviour of piglets removed from the sow three days after birth. Behavioural observations were performed during seven batches on days 4, 11 and 18 after introduction of the piglets to the artificial rearing system. Two litters per batch served as a control and were reared by the mother sow in a loose farrowing pen. Belly nosing and resting were evaluated as behavioural patterns. Belly nosing was observed in the farrowing pens only once, whereas this behaviour increased in artificially raised piglets in frequency and duration from day 4 to day 18. The duration of resting increased from day 4 to day 18 in piglets reared by the sow and decreased in artificially raised piglets.

1 Einleitung

Die Anzahl der abgesetzten Ferkel ist in den letzten Jahren stark angestiegen und es werden Leistungen von über 26 abgesetzten Ferkeln pro Sau und Jahr erreicht (SUISAG 2014). Die Zahl der lebend geborenen Ferkel pro Wurf übertrifft bei solchen Leistungen die Zahl der vorhandenen Zitzen, weshalb für die überzähligen Ferkel, zusätzlich zum Wurfausgleich zwischen gleichzeitig abferkelnden Sauen, neue Formen der Aufzucht gefunden werden müssen (BAXTER et al. 2013). Dabei werden die Ferkel ab dem zweiten Lebenstag in solche Systeme verbracht und künstlich aufgezogen.

Die bisher wenigen Untersuchungen zu den Auswirkungen der technischen Ferkelammen auf das Verhalten frühabgesetzter Ferkel zeigten, dass es bei dieser Form der Aufzucht zu Belly nosing kommen kann. So trat Belly nosing bei Ferkeln, die durchschnittlich am 3. Tag abgesetzt wurden, in 2,4 % der beobachteten Zeit auf (WIDOWSKI et al., 2005). In einer Untersuchung von LI und GONYOU (2002) zeigten 81 % der Ferkel, die zwischen dem 12. und 14. Tag abgesetzt wurden, Belly nosing.

Das Projekt hatte zum Ziel, das Ausmaß der Unterschiede im Verhalten von früh abgesetzten Ferkeln bei der Aufzucht in einer technischen Ferkelamme im Vergleich zu Ferkeln, die bei der Mutter verblieben, aufzuzeigen.

2 Material und Methoden

Untersucht wurde die technische Ferkelamme „Rescue Deck“ (1,34 m x 0,82 m), in der maximal 7 Ferkel aufgezogen werden können. Die Untersuchung wurde im Versuchsstall von Agroscope am Standort Tänikon durchgeführt. Verglichen wurde das Verhalten von 98 Ferkeln, die in der technischen Amme gehalten wurden (7 Umtriebe mit 2 „Rescue Decks“), mit demjenigen von 82 Ferkeln (6 Umtriebe mit 2 Abferkelbuchten), die von der Muttersau in einer Abferkelbucht ohne Kastenstand (Fläche 7,4 m²) aufgezogen wurden (7 Fokustiere pro Wurf). In jedem Umtrieb wurden von 3–5 Sauen je 3–5 schwerere Ferkel im Alter von 3–6 Tagen möglichst geschlechts- und gewichtsausgeglichen in die beiden „Rescue Decks“ umgestellt. Durchschnittlich 14,2 Tage nach dem Einstellen in die technischen Ferkelammen wurde die Kunstmilch durch Festfutter ersetzt.

Die Verhaltensbeobachtungen fanden am Tag 4 und 18 nach dem Einstellen statt. An denselben Tagen wurden die von der Muttersau aufgezogenen Ferkel beobachtet. Ab dem vierten Umtrieb gab es in der technischen Ferkelamme eine zusätzliche Beobachtung am Tag 11, um durch den Vergleich von Tag 11 und Tag 18 zu prüfen, ob die Umstellung von Kunstmilch auf Festfutter einen Einfluss auf das Verhalten der Ferkel hat.

Die Datenerhebung erfolgte mittels Videoaufnahmen. Ausgewertet wurden die Verhaltensweisen Belly nosing (wiederholte, rhythmische Auf- und Abwärtsbewegung der Rüsselscheibe am Bauch eines Buchtgenossen; FRASER 1978) und Ruhen.

Jeder Beobachtungstag bestand aus Blöcken am Vormittag und Nachmittag, in denen einzelne Ferkel als Fokustiere während 15 Minuten kontinuierlich beobachtet wurden. Die Reihenfolge der Ferkel wurde bei jedem Beobachtungsblock anders und zufällig gewählt. Pro Halbtage wurde jedes Ferkel dreimal je 15 Minuten beobachtet. Die Beob-

achtungsdauer pro Ferkel und Tag betrug somit 90 Minuten. Das Verhalten der Fokustiere in den Würfen, die von der Muttersau aufgezogen wurden, wurde in identischen Beobachtungsböcken erfasst.

Die Auswertung erfolgte mit linearen gemischte-Effekte-Modellen. Zufällige Effekte waren das Einzeltier geschachtelt in der Bucht und geschachtelt im Umtrieb. Fixe Effekte waren das System (technische Ferkelamme und Abferkelbucht) und der Tag der Beobachtung (Tag 4, 11 und 18) sowie die Interaktion dieser beiden Effekte.

3 Ergebnisse

Belly nosing war in den Abferkelbuchten nur bei einem Ferkel am Tag 18 zweimal zu beobachten. Bei den Ferkeln in der technischen Ferkelamme stieg sowohl die Dauer (Interaktion System · Beobachtungstag: $p < 0,001$) als auch die Häufigkeit (Interaktion System · Beobachtungstag: $p < 0,001$) kontinuierlich vom 4. über den 11. bis zum 18. Tag an (Abb. 1).

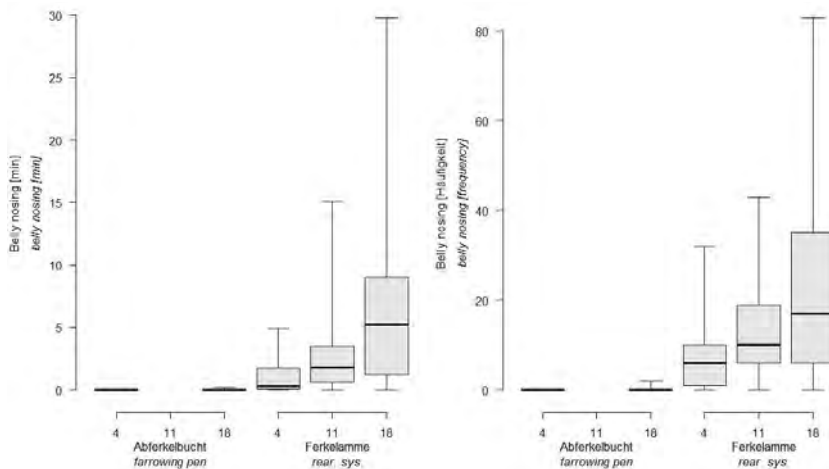


Abb. 1: Boxplots der Dauer (links) und Häufigkeit (rechts) von Belly nosing pro Ferkel und 90 Minuten an den Tagen 4, 11 und 18 in der Abferkelbucht und in der technischen Ferkelamme

Fig. 1: Boxplots showing the duration (on the left) and frequency (on the right) of belly nosing per piglet and 90 minutes on days 4, 11 and 18 in the farrowing pen and in the artificial rearing system

Bei den Ferkeln in der Abferkelbucht stieg die Ruhedauer vom Tag 4 zum Tag 18 an, wohingegen sie in der technischen Ferkelamme abnahm und am Tag 18 geringer war als bei den Tieren in der Abferkelbucht (Interaktion System · Beobachtungstag: $p < 0,001$; Abb. 2). Die durchschnittliche Dauer der Liegeperioden war in beiden Systemen über die Zeit konstant, lag aber in der technischen Ferkelamme auf einem tieferen Niveau ($p < 0,001$).

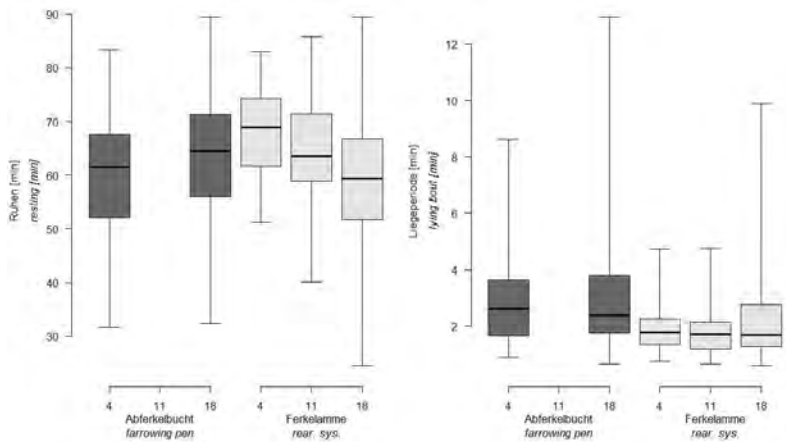


Abb. 2: Boxplots der Dauer des Ruhens (links) und der durchschnittlichen Dauer einer Liegeperiode (rechts) pro Ferkel und 90 Minuten an den Tagen 4, 11 und 18 in der Abferkelbucht und in der technischen Ferkelamme

Fig. 2: Boxplots showing the duration of resting (on the left) and the average length of lying bouts (on the right) per piglet and 90 minutes on days 4, 11 and 18 in the farrowing pen and in the artificial rearing system

4 Diskussion

Während Belly nosing in den Abferkelbuchten mit einer Ausnahme nicht beobachtet werden konnte, nahm dieses Verhalten bei den Ferkeln in der technischen Ferkelamme in der Dauer und der Häufigkeit über die Zeit, die die Tiere im System waren, zu.

Das Bedürfnis, Massage- und Saugverhalten ausführen zu können, ist bei Ferkeln sehr groß (VAN PUTTEN und DAMMERS 1976). Die Verhaltensweisen werden auf warmes und weiches Gewebe ausgerichtet (WELCH und BAXTER 1986). Das Saugverhalten der Ferkel an der Sau gliedert sich in eine Vormassage des Gesäuges, eine kurze Phase der Milchejektion und eine längere, aber in der Zeit variable Nachmassage (FRASER 1980). Es ist davon auszugehen, dass die Motivation früh abgesetzter Ferkel zum Belly nosing eng mit der Motivation zum natürlichen Saugverhalten am Gesäuge der Sau verknüpft ist (FRASER 1978, WEARY et al. 1999). Belly nosing ähnelt den Bewegungen, die die Ferkel während der Vor- und Nachmassage am Gesäuge der Sau ausführen (WOROBEC et al. 1999, LI und GONYOU 2002). Frühere Untersuchungen konnten zeigen, dass Belly

nosing nicht durch die Dauer der Kunstmilchfütterung (BENCH und GONYOU 2007) oder die Futterzusammensetzung (GARDNER et al. 2001a) beeinflusst ist. In mehreren Untersuchungen wurde auch festgestellt, dass Belly nosing umso stärker auftrat, je früher die Ferkel von der Muttersau getrennt wurden (METZ und GONYOU 1990, WEARY et al. 1999, WOROBEK et al. 1999, JARVIS et al. 2008). In der Fachliteratur wird Belly nosing als eine Verhaltensstörung bezeichnet, bei der die Ferkel ihr hochmotiviertes Massageverhalten an ein nicht natürliches Objekt, den Bauch von Altersgenossen, umorientieren (VAN PUTTEN und DAMMERS 1976, DYBKJAER 1992).

In der technischen Ferkelamme ruhten die Tiere am Tag 4 länger als in den Abferkelbuchten. Während die Ruhedauer in den Abferkelbuchten bis zum Tag 18 zunahm, verkürzte sie sich in der technischen Ferkelamme. Die Dauer einer Liegeperiode blieb hingegen in beiden Systemen über die Zeit konstant. Sie war in der technischen Ferkelamme aber auf einem niedrigeren Niveau als in den Abferkelbuchten. Die kürzeren Ruhezeiten in den technischen Ferkelammen könnten zum Teil auf das Belly nosing zurückzuführen sein. LI und GONYOU (2002) fanden eine negative Korrelation zwischen Ruhen und Belly nosing, d.h. je mehr Belly nosing gezeigt wurde, desto weniger lang ruhten die Ferkel. In der technischen Ferkelamme dürften auch die engen Platzverhältnisse dafür verantwortlich gewesen sein, dass die Dauer der Liegeperioden kürzer war als in den Abferkelbuchten, da schlafende Ferkel durch andere gestört wurden, die zirkulierten. GARDNER et al. (2001b) beobachteten, dass mit 12 bis 14 Tagen abgesetzte Ferkel, die in Buchten mit 0,4 m² pro Tier gehalten wurden, länger ruhten als solche, die nur 0,15 m² pro Tier zur Verfügung hatten. Die Gesamtfläche betrug in der technischen Ferkelamme 1,1 m², wohingegen die Ferkel zusammen mit der Muttersau in den Abferkelbuchten 7,4 m² zur Verfügung hatten.

5 Schlussfolgerung

Aus dem Vergleich des Verhaltens der Ferkel in der technischen Ferkelamme sowie in Abferkelbuchten lässt sich schlussfolgern, dass Ferkel, die früh von der Muttersau abgesetzt werden und in einer technischen Ferkelamme aufwachsen, wegen der fehlenden Massagemöglichkeit am Gesäuge die Verhaltensstörung Belly nosing entwickeln und durch die limitierten Platzverhältnisse beim Ruhen eingeschränkt sind.

Literatur

- Baxter, E.M.; Rutherford, K.M.D.; D'Eath, R.B.; Arnott, G.; Turner, S.P.; Sandøe, P.; Moustsen, V.A.; Thorup, F.; Edwards, S.A.; Lawrence, A.B. (2013): The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: management factors. *Animal Welfare*, 22, 219-238
- Bench, C.J.; Gonyou, H.W. (2007): Effect of environmental enrichment and breed line on the incidence of belly nosing in piglets weaned at 7 and 14 days-of-age. *Applied Animal Behaviour Science*, 105, 26-41
- Dybkjaer, L. (1992): The identification of behavioural indicators of 'stress' in early weaned piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, 35, 135-147

- Fraser, D. (1978): Observations on the behavioural development of suckling and early-weaned piglets during the first six weeks after birth. *Animal Behaviour*, 26, 22-30
- Fraser, D. (1980): A review of the behavioural mechanism of milk ejection of the domestic pig. *Applied Animal Ethology*, 6, 247-255
- Gardner, J.M.; de Lange, C.F.M.; Widowski, T.M. (2001a): Belly-nosing in early-weaned piglets is not influenced by diet quality or the presence of milk in the diet. *Journal of Animal Science*, 79, 73-80
- Gardner, J.M.; Duncan, I.J.H.; Widowski, T.M. (2001b): Effects of social "stressors" on belly-nosing behaviour in early-weaned piglets: is belly-nosing an indicator of stress?. *Applied Animal Behaviour Science* 74, 135-152
- Jarvis, S.; Moinard, C.; Robson, S.K.; Sumner, B.E.H.; Douglas, A.J.; Seckl, J.R.; Russell, J.A.; Lawrence, A.B. (2008): Effects of weaning age on the behavioural and neuro-endocrine development of piglets: Early Weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 110, 166-181
- Li, Y.; Gonyou, H.W. (2002): Analysis of belly nosing and associated behaviour among pigs weaned at 12-14 days of age. *Applied Animal Behaviour Science*, 77, 285-294
- Metz, J.H.M.; Gonyou, H.W. (1990): Effect of age and housing conditions on the behavioural and haemolytic reaction of piglets to weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 27, 299-309
- SUISAG (2014): 2013 Zahlen und Projekte. Aktiengesellschaft für Dienstleistungen in der Schweineproduktion, SUISAG AG, Sempach, <http://www.suisag.ch/Dokumente/tab-id/111/Default.aspx>, Zugriff am 13.01.2015
- van Putten, G.; Dammers, J. (1976): A comparative study of the well-being of piglets reared conventionally and in cages. *Applied Animal Ethology*, 2, 339-356
- Weary, D.M.; Appleby, M.; Fraser, D. (1999): Responses of piglets to early separation from the sow. *Applied Animal Behaviour Science*, 63, 289-300
- Welch, A.R.; Baxter, M.R. (1986): Responses of newborn piglets to thermal and tactile properties of their environment. *Applied Animal Behaviour Science*, 15, 203-215
- Widowski, T.M.; Yuan, Y.; Gardner, J.M. (2005): Effect of accomodating sucking and nosing on the behaviour of artificially reared piglets. *Laboratory Animals*, 39, 240-250
- Worobec, E.K.; Duncan, I.J.H., Widowski, T.M. (1999): The effects of weaning at 7, 14 and 28 days on piglet behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 62, 173-182

Bewertung von Bewegungsbuchten zur Haltung säugender Sauen hinsichtlich Handhabung, Funktionalität, Dimensionierung und Tierverhalten

Evaluation of motion pens for piglet production in terms of handling, functionality, dimensioning and animal behaviour

FRANK SCHNEIDER, CHRISTINA JAIS

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Prof.-Dürnwächter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; frank.schneider@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter: Haltung säugender Sauen, Bewegungsbucht, Praktikabilität, Erdrückungsverluste, Tierverhalten
Keywords: husbandry of lactating sows, motion pen, practicability, losses by crushing, animal behaviour

Zusammenfassung

Im Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung Schwarzenau der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurden sechs Bewegungsbuchtypen (insgesamt 12 Buchten, zwei je System) in den vorhandenen Abferkelbereich eingebaut. Alle Buchten verfügen über einen Ferkelschuttkorb. In diesem werden die Sauen vom Einstallen bis sieben Tage post partum fixiert gehalten, ebenso zur Impfung der Ferkel in der dritten Säugeweche.

Seit Oktober 2014 werden die Buchten nach Kriterien wie praktischer Handhabung, Funktionalität, Gestaltung, Dimensionierung, Produktionsleistung und Tierverhalten untersucht.

Im Beitrag werden die Buchten beschrieben und es wird über erste Erfahrungen zu Konstruktion und Stabilität berichtet.

Summary

At the Expertise Center for pig production of the Bavarian State Research Center of Agriculture in Schwarzenau, six types of motion pens (a total of 12 pens, two per system) have been installed. All pens are equipped with farrowing crates in which the sows are fixed from stabling day in the farrowing unit until day seven post partum, and also on the day when piglets are vaccinated (week three pp).

The pens are being evaluated according to criteria as handling, functionality, design, dimensioning, production performance and animal behaviour since October 2014.

In this article the pens are described and first experiences concerning their construction and stability are reported.

1 Einleitung und Problemstellung

Die in der konventionellen Ferkelerzeugung praktizierte Haltung säugender Sauen in Ferkelschutzkörben mit durchgehender Fixierung steht wegen der eingeschränkten Bewegungsfreiheit der Muttersauen seit langem in der Kritik. Eine Alternative zu dieser Haltungsform bieten sogenannte Bewegungsbuchten (EFSA 2007, TIERSCHUTZNUTZTV 2014).

Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen der einzelbetrieblichen Investitionsförderung (Premiumstufe) wird der Einbau von Bewegungsbuchten mit einer Größe von 6 m² seit 2015 gesondert gefördert (EIF Richtlinie 2015). Zusätzlich sind Bewegungsbuchten ebenfalls ein Wahlkriterium im Rahmen der Initiative Tierwohl (INITIATIVE TIERWOHL 2015).

Kurzfristig müssen deshalb Empfehlungen zu praktikablen Systemen für Ferkelerzeuger und Fachberatung erarbeitet und zur Verfügung gestellt werden, um die Praxis bei der Einführung dieser Systeme zu unterstützen.

2 Zielsetzung

Begründet durch die zuvor beschriebene Problematik soll eine Auswahl verschiedener Bewegungsbuchten im Hinblick auf ihre Handhabung und die erforderlichen Arbeitsabläufe im praktischen Einsatz getestet und beurteilt werden.

Neben arbeitswirtschaftlichen Aspekten wie der technischen Bedienbarkeit, Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit zum Tier sowie der Buchtensauberkeit sollen Aussagen zur Produktionsleistung, zu Ferkelverlusten und Verletzungsrisiken für Sau und Ferkel sowie zum Tierverhalten erarbeitet werden. Es werden Empfehlungen zu Gestaltungsmerkmalen wie Außenabmessungen, grundsätzliche Ausrichtung der Buchten sowie zur Gestaltung und Anordnung der Einbauten und Aufstallungstechnik formuliert. Erklärtes Ziel dieser Untersuchungen ist, den praktischen Einsatz dieser Systeme, orientiert an den Vorgaben der investiven Förderung entsprechend vorzubereiten und gegebenenfalls voranzutreiben.

3 Tiere, Material und Methode

3.1 Allgemeine Beschreibung des Versuchsaufbaus

Im Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung in Schwarzenau, wurden in zwei Abferkelabteilen sechs unterschiedliche Systeme von strohlosen Bewegungsbuchten mit insgesamt 12 Buchten (jeweils zwei Buchten je System) eingerichtet, wovon einige Neuentwicklungen sind (Abb. 1–7).

Alle Buchten verfügen über eine Fixiermöglichkeit der Muttersau in Form eines Ferkelschutzkorbs. Die jeweiligen Buchtentypen unterscheiden sich v. a. in der Anordnung ihrer Einbauten (Ferkelschutzkorb diagonal oder gerade, Sauentrog zur Abteilmwand oder zum Betreuungsgang bzw. parallel zum Gang) sowie in den Außenabmessungen der Bucht. Der Bewegungsbereich der Sau entsteht einheitlich durch das Öffnen, respektive das Auseinanderklappen der Seitenteile des Ferkelschutzkorbs um die Drehpunkte am

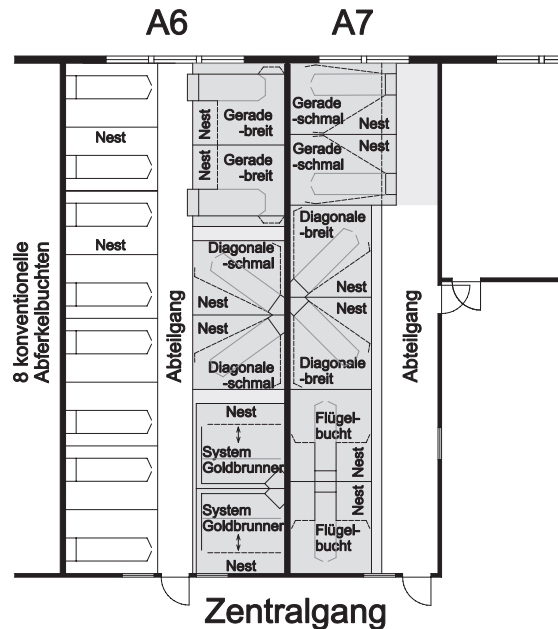


Abb. 1: Grundriss der Abferkelabteile mit Bewegungsbuchten
 Fig. 1: Layout of farrowing section with motion pens

Vorderbock der Körbe. Lediglich bei einem System wird ein Seitenteil des Ferkelschutzkorbs parallel verschoben.

In allen Buchten verfügen die Ferkelnester über die gleiche Größe und sind zum Betreuungsgang hin angeordnet. Sie können von hieraus einheitlich über eine niedrige (50 cm hohe) Trennwand erreicht werden, ohne dass der Bewegungsbereich der Sau betreten werden muss, was nach Aspekten der Arbeitssicherheit für das betreuende Personal als durchaus sinnvoll anzusehen ist. Die Fußböden aller Buchten bestehen aus herstellergleichen Kunststoffrosten, Gusseisenrosten und perforierten Betonelementen.

Während dieser ersten Versuchsreihe werden die Sauen bis eine Woche nach dem Hauptabferkeltag in Fixierung gehalten. Für die verbleibenden drei Wochen Säugezeit werden die Ferkelschutzkörbe geöffnet und somit Bewegungsbereiche für die Sauen geschaffen. Lediglich zu anstehenden Tierbehandlungen (z.B. Impfen der Ferkel in der dritten Lebenswoche) werden die Sauen kurzzeitig aus Sicherheitsgründen fixiert. Zwei konventionelle Buchten (gerade Anordnung des Ferkelschutzkorbs) mit durchgängiger Fixierung der Muttersau, dienen als Vergleich.

Um im Hinblick auf die Leistungsdaten vergleichbare Bedingungen zu erreichen, werden nur Sauen mit Wurfzahl zwei bis fünf und gleichzeitig gutem Fundament in die Versuchsbuchten eingestallt.

3.2 Beschreibung der Buchtentypen

In den Buchten „Diagonal-breit“ (Abb. 5) und „Diagonal-schmal“ (Abb. 4) befindet sich der Trog der Sauen an der Abteilmwand. Während der Phase der fixierten Haltung ist die Sau mit dem Kopf zur Wand und mit dem Geburtsbereich zum Betreuungsgang orientiert, was der üblichen Ausrichtung von Abferkelbuchten entspricht. Die „Diagonale-breit“ misst 2,30 m Tiefe zwischen Gang und Abteilmwand und 2,60 m Breite. Die „Diagonale-schmal“ misst 2,60 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2,10 m Breite. Diese Bucht unterschreitet als einzige Bucht die Größe von 6 m², kann aber durchaus auf 2,30 m Breite vergrößert werden.

In den Buchten „Gerade-schmal“ (Abb. 3) und „Gerade-breit“ (Abb. 2) wurde der Trog der Sau zum Betreuungsgang hin angeordnet und der Geburtsbereich zur Wand orientiert. Die „Gerade-schmal“ misst 3 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2 m Breite. Die „Gerade-breit“ misst 2,60 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2,30 m Breite. Der Trog ragt bei dieser Variante ca. 15 cm in den Gang hinein.

In der „Flügelbucht“ (Abb. 7) wurde eine parallel zum Betreuungsgang ausgerichtete Anordnung des Ferkelschutzkorbs realisiert. Sie misst 2,30 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2,60 m Breite. Der Bewegungsbereich der Muttersau entsteht durch das rechtwinklige Abknicken der Ferkelschutzkorbseiten auf etwa halber Länge.

Im System „Goldbrunner“ (Abb. 6) wurde eine gerade Ausrichtung des Sauenstands mit Orientierung des Trogs zur Wand umgesetzt. Der Bewegungsbereich der Sau entsteht durch das parallele, seitliche Verschieben einer Seite des Ferkelschutzkorbs. Diese Bucht verfügt über eine Tiefe von 2,60 m zwischen Gang und Wand und eine Breite von 2,40 m.

3.3 Datenerhebung

Zur Bewertung der Handhabung, Funktionalität und Sicherheit der Stalleinrichtung der unterschiedlichen Systeme werden im Anschluss an die einzelnen Arbeitsschritte (Einstellen, Abferkeln, Öffnen der Ferkelschutzkörbe etc.) regelmäßig Interviews mit den betreuenden Personen durchgeführt. Die Daten der Produktionsleistung werden kontinuierlich aufgezeichnet, Buchtensauberkeit und Verletzungen der Tiere werden durch Bonitur an Stichtagen erfasst. Zur Analyse des Tierverhaltens werden Videoaufzeichnungen ebenfalls an Stichtagen durchgeführt.

4 Ergebnisse

Während Aussagen zur Wirkung auf die Leistungs- und Boniturstichdaten sowie auf die Arbeitserledigung noch nicht möglich sind, können bereits erste Erfahrungen zur Stabilität der Aufstallung dargestellt werden.



Abb. 2: Buchtentyp „Gerade-breit“
Abmessungen: 2,3 x 2,6 m
Fig. 2: Type of pen "straight-wide"
dimensions: 2,3 x 2,6 m



Abb. 3: Buchtentyp „Gerade-schmal“
Abmessungen: 2 x 3 m
Fig. 3: Type of pen "straight-narrow"
dimensions: 2 x 3 m



Abb. 4: Buchtentyp „Diagonale-schmal“
Abmessungen: 2,1 x 2,6 m
Fig. 4: Type of pen "diagonal-narrow"
dimensions: 2,1 x 2,6 m



Abb. 5: Buchtentyp „Diagonale-breit“
Abmessungen: 2,6 x 2,3 m
Fig. 5: Type of pen "diagonal-wide"
dimensions: 2,6 x 2,3 m



Abb. 6: Buchtentyp „System Goldbrunner“
Abmessungen: 2,4 x 2,5 m
Fig. 6: Type of pen "system Goldbrunner"
dimensions: 2,4 x 2,5 m



Abb. 7: Buchtentyp „Flügelbucht“
Abmessungen: 2,6 x 2,3 m
Fig. 7: Type of pen "wing-pen"
dimensions: 2,6 x 2,3 m

Die Bewegungsmöglichkeit der Muttersauen stellt besondere Anforderungen u. a. an die Stabilität des Buchtenbodens. Das Erkundungsverhalten der Sauen und der im Umfeld der Geburt auftretende Nestbautrieb führen zu einer intensiven Bearbeitung von Aufstallung und Bodenelementen. In den Versuchsbuchten wurden lose verlegte, nicht mit dem Boden verzahnte Betonplatten von den Sauen angehoben und aufgeworfen. Durch die so entstandene Öffnung brachen dann Sau und Ferkel in den Güllekanal ein. In einem anderen Fall wurde eine Betonplatte von einer mit dem Beschäftigungsobjekt spielenden Sau ausgehoben, da sich die Kette des Spielzeugs in einem Schlitz der perforierten Betonplatte verklemmt hatte.

Als Konsequenz ist bei der Beschaffenheit der Fußböden darauf zu achten, dass alle Elemente fest verankert sein sollten. Gegebenenfalls müssen zunächst lose verlegte Platten, z. B. eingebaute Betonelemente, unmittelbar an der Unterkonstruktion des Bodens bspw. mittels zusätzlicher Spaltenanker gesichert werden.

Ebenso scheint es erforderlich zu sein, dass bei den Spannweiten der Unterzüge das Maß von 40 cm nicht überschritten werden sollte, da im gesamten Buchtenbereich (Bewegungsbereich der Sau) mit größeren Gewichtsbelastungen und dadurch mit einer höheren Materialbeanspruchung zu rechnen ist. Der Einbau der Unterzüge sollte so ausgeführt sein, dass diese möglichst stabil verlegt sind und gegen ein seitliches Umkippen gesichert sind. Deshalb wurden die Unterzüge in Teilbereichen des Versuchsstalls durch zusätzliche, querlaufend montierte Gewindestangen miteinander verbunden und im Auflagerbereich mit Stahlwinkeln an den Stahlbetonwänden der Güllekanäle verschraubt.

Die Interviews zur Bewertung der Handhabung Funktionalität und Sicherheit der Technik wurden zunächst während der ersten drei Durchgänge praktiziert. Um eventuelle Veränderungen der Beurteilungen im Verlauf der Einsatzzeit erfassen zu können, werden sie zu einem späteren Zeitpunkt (geplant sechster bis achter Durchgang) wiederholt.

Literatur

- EIF Richtlinie (2015): Merkblatt zu den baulichen Anforderungen an eine besonders tiergerechte Haltung, Anlage 1 zur Richtlinie Einzelbetriebliche Investitionsförderung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten
- Initiative Tierwohl (2015): Gesellschaft zur Förderung des Tierwohls in der Nutztierhaltung mbH. Bonn, <http://initiative-tierwohl.de/faq/>, Zugriff am 23.03.2015
- EFSA (European Food Safety Authority) (2007): Food safety aspects of different pig housing and husbandry systems 613, pp. 1–20
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2014): TierSchutzNutzV in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94) geändert wurde. Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, Berlin

Einfluss der Buchtengestaltung und des Platzangebots auf das Auftreten und die Entwicklung von Schwanzbeißen bei Aufzuchtferkeln

Influence of pen design and space allowance on tail biting in weaning piglets

MIRIAM ABRIEL¹, CHRISTINA JAIS¹, HEINZ BERNHARDT²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürnwächter-Platz 2, 85586 Poing Grub; miriam.abriel@lfl.bayern.de

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Ferkel, Schwanzbeißen, Buchtengestaltung, Platzangebot
Keywords: piglets, tail biting, pen enrichment, stocking density

Zusammenfassung

Die Ausstattung von konventionellen Buchten mit Beschäftigungsobjekten und -materialien und einer offenen Tränke bei gleichzeitig reduzierter Besatzdichte vermindert die Verhaltensstörung Schwanzbeißen bei unkupierten Aufzuchtferkeln deutlich, wie in vorangegangenen Versuchen gezeigt werden konnte.

Nun sollte die Wirkung der Faktoren Besatzdichte und Beschäftigung getrennt voneinander untersucht werden. Hierfür wurden Standardbuchten (1 Beschäftigungsobjekt, 0,35 m² pro Tier) mit vielfältig ausgestalteten Buchten, sowohl mit 0,5 m² als auch mit 0,35 m² pro Tier getestet. Die Ergebnisse bestätigen die positive Wirkung der Ausgestaltung der Bucht auf das Schwanzbeißen. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Besatzdichten in den ausgestalteten Buchten erwies sich als gering. Ein weiterer Durchgang enthielt die Variante der Standardbucht mit reduzierter Besatzdichte.

Summary

Previous trial setups already demonstrated the efficacy of enrichment materials and objects and an open water trough, installed in conventional pens for undocked weaners with simultaneously reduced stocking density. The behavioural disorder tail biting was significantly reduced by these measures.

Now the impact of space allowance on the occurrence of tail biting should be tested. In this experimental setup, conventional pens (one enrichment object, 0.35 m² per animal) were compared to affluent enriched pens with 0.5 m² and 0.35 m² per animal. The results confirmed the positive effect of various enrichments on the development of tail biting. The differences of the frequencies of tail lesions between the enriched pens with normal and reduced stocking density proved to be low. A further trial run includes the experimental setup in conventional pens with reduced stocking density.

1 Einleitung und Zielstellung

Der Mangel an Beschäftigung in den modernen Haltungssystemen wird als die Hauptursache für Schwanzbeißen angesehen, was durch zahlreiche Untersuchungen bestätigt wird (CAGIENARD et al. 2005, VAN DE WEERD et al. 2005, BRACKE et al. 2007, EFSA 2007, ZONDERLAND 2008, TAYLOR et al. 2012, SCOLLO et al. 2013, URSINUS et al. 2014). Ein weiterer Kritikpunkt und möglicher Auslöser für Schwanzbeißen ist die Besatzdichte, wobei hier widersprüchliche Versuchsergebnisse in der Literatur vorliegen (JERICHO und CHURCH 1972, SCHMOLKE et al. 2003, KRITAS und MORRISON 2004).

Vorangegangene Versuche der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zeigten bereits die Wirksamkeit einer Ausgestaltung von konventionellen Buchten mit Beschäftigungsgegenständen und –materialien und einer offenen Tränke mit gleichzeitig reduzierter Besatzdichte auf eine Verminderung der Verhaltensstörung Schwanzbeißen bei unkupierten Aufzuchtferkeln (ABRIEL und JAIS 2013). Da die Reduzierung der Besatzdichte besonders für den Ferkelerzeuger teuer und schwer umzusetzen ist, sollte nun herausgefunden werden, welchen Einfluss das Platzangebot auf das Auftreten von Schwanzbeißen hat.

Hierfür wurden zunächst (Durchgänge 1 und 2) Standardbuchten (1 Beschäftigungsobjekt, 0,35 m² pro Tier) mit vielfältig ausgestalteten „Tierwohl“-Buchten sowohl mit 0,5 m² als auch mit 0,35 m² pro Tier verglichen. In einem weiteren Ansatz (Durchgänge 3 und 4) wurde zusätzlich die Variante Standardbucht mit reduzierter Besatzdichte geprüft.

2 Material und Methoden

Die Tiere waren mit Transponderohrmarken gekennzeichnet, um individuelle Daten erfassen zu können. Gleichzeitig mit der Kennzeichnung im Alter von 3 Wochen wurden die Ferkel im Abferkelstall einzeln gewogen und registriert, um aus diesen Daten die Gruppeneinteilung erstellen zu können. Zusätzlich wurden die Tiere beim Einstallen in die Ferkelaufzucht (im Alter von 4 Wochen) und beim Ausstallen (10 Wochen) einzeln gewogen, um die Gewichtsentwicklung in der Ferkelaufzucht zu dokumentieren. Während der 6-wöchigen Versuchsphase in der Ferkelaufzucht wurden die Ferkel zweimal wöchentlich individuell nach dem Schwarzenauer Boniturschema auf ihre Schwanzverletzungen und Schwanzteilverluste bewertet (Tab. 1).

Tab. 1: Bewertungsschema der Schwanzverletzungen und Teilverluste

Tab. 1: Scoring scheme for tail lesions and partial losses

Schwanzverletzungen		Teilverluste	
0	keine Verletzung erkennbar	0	kein Teilverlust
1	Kratzer, leichte Bisssspuren	1	bis zu 1/3 Teilverlust
2	kleinflächige Verletzungen	2	bis zu 2/3 Teilverlust
3	großflächige Verletzungen	3	mehr als 2/3 Teilverlust

Tabelle 2 zeigt, welche Versuchsvarianten durchgeführt wurden sowie die Zahl der Wiederholungen (Buchten). Die Durchgänge 3 und 4 waren zum Zeitpunkt der Manuskriptabfassung noch nicht abgeschlossen.

Tab. 2: Übersicht über die Durchgänge und die Wiederholungen der Versuchsvarianten

Tab. 2: Survey about the trial runs and the repetitions of the trial versions

Versuchsvariante/Durchgang	Standard 0,35 m ²	Standard 0,5 m ²	Tierwohl 0,35 m ²	Tierwohl 0,5 m ²
DG 1	2	-	3	3
DG 2	2	-	3	3
DG 3	2	2	2	2
DG 4	2	2	2	2

In allen Durchgängen wurden zusätzlich zu den Bonituren und Wiegungen einmal wöchentlich der Futter- und Wasserverbrauch von jeweils zwei aneinanderliegenden Buchten mit der gleichen Versuchsvariante notiert.

3 Ergebnisse

3.1 Bonitur der Schwanzverletzungen

Die Ergebnisse der Versuche bestätigten wiederholt die positive Wirkung der Ausgestaltung der Tierwohlbucht auf das Schwanzbeißgeschehen.

In den Standardbuchten (Durchgang 1 und 2) begannen die Tiere bereits in der zweiten Woche nach dem Absetzen mit starkem Schwanzbeißen (Abb. 1), in den beiden Varianten der Tierwohlbuchten dagegen trat die Verhaltensstörung deutlich später auf und die Verletzungen blieben geringer (Abb. 2 und 3) (Chi²-Test, $p < 0,001$). Der Unterschied zwischen den verschiedenen Besatzdichten in den ausgestalteten Buchten war ebenfalls signifikant, wenn auch nominal gering ($p < 0,001$).

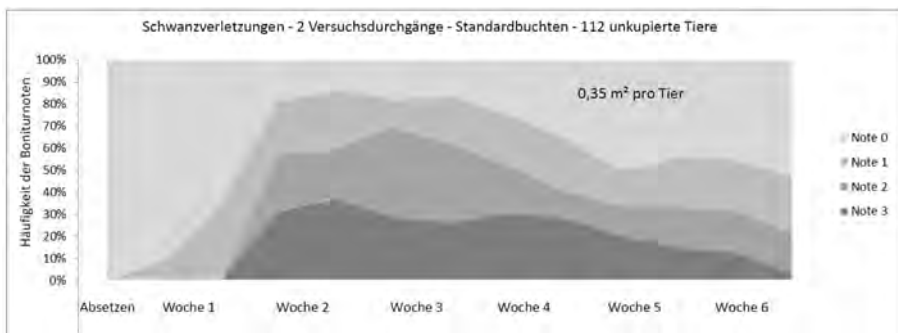


Abb. 1: Schwanzverletzungen von unkupierten Tieren in Standardbuchten mit 0,35 m²/Tier in zwei Versuchsdurchgängen (Durchgänge 1 und 2)

Fig. 1: Tail lesions of undocked weaners in conventional pens with 0.35 m²/piglet in two trial runs (trial runs 1 and 2)

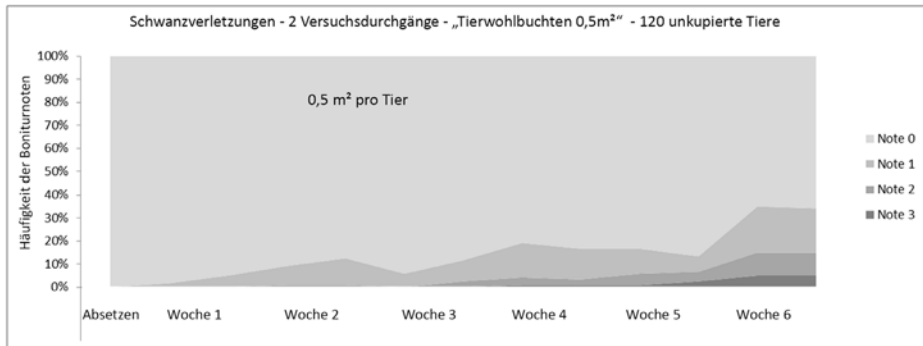


Abb. 2: Schwanzverletzungen von unkupierten Tieren in Tierwohlbuchten mit 0,5 m² Fläche/Tier in zwei Versuchsdurchgängen (Durchgänge 1 und 2)

Fig. 2: Tail lesions of undocked weaners in enriched pens with 0.5 m²/piglet in two trial runs (trial runs 1 and 2)

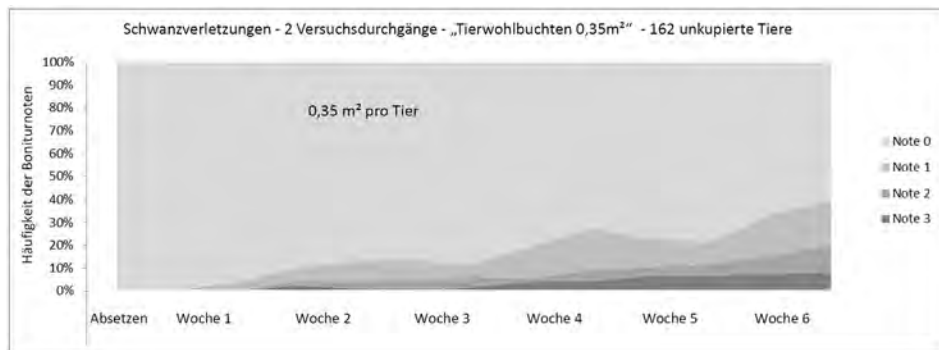


Abb. 3: Schwanzverletzungen von unkupierten Tieren in Tierwohlbuchten mit 0,35 m² Fläche/Tier in zwei Versuchsdurchgängen (Durchgänge 1 und 2)

Fig. 3: Tail lesions of undocked weaners in enriched pens with 0.35 m²/piglet in two trial runs (trial runs 1 and 2)

Die ersten Eindrücke aus den Durchgängen 3 und 4 bestätigen erneut die positive Wirkung der Tierwohlbucht. Die ausschließliche Erhöhung des Flächenangebots von 0,35 m² auf 0,5 m² je Tier scheint dagegen deutlich weniger wirksam.

3.2 Gewichtsentwicklung

Die Gewichtsentwicklung der Tiere zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen. Die Tiere in den Standardbuchten erreichten die niedrigsten täglichen Zunahmen mit 477 g, in den Tierwohlbuchten mit normaler Besatzdichte waren es 498 g und in den Tierwohlbuchten mit reduzierter Besatzdichte erreichten die Tiere im Durchschnitt 536 g Tageszunahmen (Tab. 3).

Tab. 3: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum der täglichen Zunahmen aus den Durchgängen 1 und 2

Tab. 3: Arithmetic mean, standard deviation, minimum and maximum of the daily weight gains in the trial runs 1 and 2

Behandlung	N	Mittelwert kg	Std.abw. kg	Minimum kg	Maximum kg
Standard	107	0,477 ^a	0,082	0,255	0,681
Tierwohl 0,5 m ²	117	0,536 ^b	0,0796	0,255	0,745
Tierwohl 0,35 m ²	162	0,498 ^c	0,0751	0,309	0,702

a, b, c: Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen

3.3 Futter- und Wasserverbrauch

Die Tiere verbrauchten in der ersten Woche etwa 0,4 kg Futter pro Tier und Tag. Zur zweiten Woche ist ein deutlicher Sprung zu erkennen, hier wurden bereits 0,6 bis 0,7 kg Futter pro Tier und Tag verbraucht. Anschließend fand eine kontinuierliche Steigerung statt auf etwa 1,1 kg pro Tier und Tag. Die Tiere in den Tierwohlbuchten mit reduzierter Besatzdichte (0,5 m²) wiesen mit durchschnittlich 0,85 kg pro Tier und Tag den höchsten Futterverbrauch auf, gefolgt von den Tieren in den Tierwohlbuchten mit Standardbesatzdichte (0,35 m²) und einem Verbrauch von 0,81 kg pro Tier und Tag. Den geringsten Futterverbrauch hatten die Tiere in den Standardbuchten mit durchschnittlich 0,79 kg pro Tier und Tag.

Der Wasserverbrauch zeigte einen ähnlichen Verlauf. In der ersten Woche verbrauchten die Tiere etwa 1,5 l Wasser, zum Ende der Aufzucht waren es bis zu 6 l. Auch hier lagen die Tiere in den Tierwohlbuchten mit reduzierter Besatzdichte im Verbrauch um durchschnittlich 0,8 l pro Tier und Tag höher als in den Standardbuchten und um 0,7 l pro Tier und Tag höher als in den Tierwohlbuchten mit normaler Besatzdichte.

4 Diskussion

Die Versuche zeigen mit beachtlicher Wiederholbarkeit das große Risiko für ein Auftreten von Schwanzbeißen auf, wenn unkupierte Ferkel in konventionellen Standardbuchten gehalten werden. Desgleichen bestätigen sie die vorbeugende Wirkung des Angebots von Rau- bzw. Grundfutter, welches das entscheidende Element der Tierwohlbuchten darstellt. Eine zusätzliche Erhöhung des Flächenangebots selbst um 50 % hatte dagegen nur eine geringe weitere Wirkung auf das Ausmaß von Schwanzbeißen.

In Bezug auf die Tageszunahmen und die Kraftfutteraufnahme hatte sowohl die reduzierte Besatzdichte als auch das Angebot von Raufutter eine positive Wirkung. Damit bestätigen die vorliegenden Daten die Ergebnisse von HAHN et al. (2014), die ebenfalls herausfanden, dass die Bereitstellung von Raufutter (Luzerneheu und Grascobs) nicht zu einer Verdrängung von Kraftfutter führt.

Literatur

- Abriel, M.; Jais, C. (2013): Einfluss der Haltungsbedingungen auf das Auftreten von Kannibalismus bei Aufzuchtferkeln. *Landtechnik* 68(6), S. 295–300
- Bracke, M.B.M.; Zonderland, J.J.; Bleumer, E.J.B. (2007): Expert consultation on weighting factors of criteria for assessing environmental enrichment materials for pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 104, pp. 14–23
- Cagienard, A.; Regula, G.; Danuser, J. (2005): The impact of different housing systems on health and welfare of grower and finisher pigs in Switzerland; *Preventive Veterinary Medicine* 68, pp. 49–61
- Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit, EFSA (2007): Scientific Report on 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. *The EFSA Journal*. 611, pp. 1–98
- Hahn, E.; Preissinger, W.; Lindermeier, H. und Propstmeier, G. (2014): Luzerneheu, Grascobs und Maissilage in der Ferkelfütterung-Auswirkungen auf Futteraufnahme, Kotbeschaffenheit und Leistung. www.lfl.bayern.de/ite/schwein/084481/index.php, Zugriff am 23.03.2015
- Jericho, K.W.F.; Church, T.L (1972): Cannibalism in pigs. *Canadian Veterinary Journal* 13, pp. 156–159
- Kritas, S.K.; Morrison, R.B. (2004): An observational study on tail biting in commercial grower-finisher barns. *Journal of Swine Health and Production*; 12(1), pp. 17–22
- Schmolke, S.A.; Li, Y.Z.; Gonyou, H.W. (2003): Effect of group size on performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 81, pp. 874–878
- Scollo, A.; Di Martino, G.; Bonfanti, L.; Stefani, A.L.; Schiavon, E.; Marangon, S.; Gottardo, F. (2013): Tail docking and the rearing of heavy pigs: The role played by gender and the presence of straw in the control of tail biting. Blood parameters, behaviour and skin lesions. *Research in Veterinary Science* 95, pp. 825–830
- Taylor, N.R.; Parker, R.M.A.; Mendl, M.; Edwards, S.; Main, D.C.J. (2012): Prevalence of risk factors for tail biting on commercial farms and intervention strategies. *The Veterinary Journal* 194, pp. 77–83
- Ursinus, W.W.; Van Reenen, C.B.; Kemp, B.; Bolhuis, J.E. (2014): Tail biting behaviour and tail damage in pigs and the relationship with general behaviour: Predicting the inevitable? *Applied Animal Behaviour Science* 156, pp. 22–36
- Van de Weerd, H.A.; Docking, C.M.; Day, J.E.L.; Edwards, S.A. (2005): The development of harmful social behaviour in pigs with intact tails and different enrichment backgrounds in two housing systems. *Animal Science* 80, pp. 289–298
- Zonderland, J.J.; Wolthuis-Fillerup, M.; van Reenen, C.G.; Bracke, M.B.M.; Kemp, B.; den Hartog, L.A.; Spoolder, H.A.M. (2008): Prevention and treatment of tail biting in weaned piglets. *Applied Animal Behaviour Science* 110, S. 269–281

Untersuchung zur Eignung von Bewertungsmethoden zur Tiergerechtigkeit der Mastschweinehaltung im Stall und auf dem Schlachthof unter Praxisbedingungen

Investigation on suitability for assessment methods for animal welfare of fattening pigs in the barn and in the slaughterhouse under practical conditions

SONJA DONICHT¹, URBAN HELLMUTH¹, EBERHARD HARTUNG²

¹ Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Grüner Kamp 11, 24783 Osterröndfeld; sonja.donicht@fh-kiel.de

² Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel

Schlüsselwörter: Tiergerechtigkeit, Bewertungsmethoden, Mastschweinehaltung

Keywords: animal welfare, assessment methods, fattening pig housing

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung ist festzustellen, ob ausgewählte vorhandene Methoden zur Bewertung der Tiergerechtigkeit (nBR, TGI200, WQAP) in der Praxis anwendbar sind. Drei Haltungsvarianten wurden in drei Gewichtsbereichen (40–50 kg, 90–100 kg, >110 kg) und an einem Termin während der Lieferung zum Schlachthof (Tierverhalten und Schlachtbefunde) geprüft.

Zwischenergebnisse: 1. Einige Haltungssysteme lassen die Bewertung nach vorgegebenen Methoden nicht zu, 2. Anwesenheit der Bewertungsperson kann einen Einfluss auf das Tierverhalten haben, 3. Schweine haben unterschiedliche „Charaktere“ – folglich entstehen Gruppen mit unterschiedlichem Verhalten, unabhängig vom Haltungssystem, 4. Baulich bedingt erlebt jede Schweinegruppe eine eigene Lebensumwelt (Tageslichteinfall, Temperatur, Luftströme), trotz gleichartiger Gestaltung der Buchten.

Summary

The aim of the investigation is to proof the suitability of assessment methods under practical conditions. Three methods for assessing animal welfare (nBR, TGI200, WQAP) were checked in three types of housing systems, on three stages of pig weight (40–50 kg, 90–100 kg, > 110 kg), and on one date for monitoring the way from the farm to the slaughterhouse (behavior and meat inspection). Intermediate results: 1. Some types of housing systems do not allow to conduct the given assessment procedure. 2. The presence of the assessor can change the behavior of the pigs. 3. Pigs have distinct „characters“ which results in animal groups with different behavior, independent of the housing system. 4. Despite the same configuration of the pen, each pig group experiences its own environment given by day light, temperature, airflow, etc.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die tiergerechte Haltung von Mastschweinen ist ein aktuelles Thema, mit dem sich verschiedene Forschergruppen, Institutionen und Organisationen seit Jahren intensiv beschäftigen. Für die Bewertung eines Haltungssystems hinsichtlich der Tiergerechtigkeit und dem Wohlbefinden von Mastschweinen liegen unterschiedliche Methoden vor, deren Kriterien entweder im Stallbetrieb oder auf dem Schlachthof erhoben werden können. Teils beschränkt sich die Bewertung rein auf die baulichen Gegebenheiten, teils wird das Verhalten der Mastschweine berücksichtigt. Es stellt sich jedoch zum einen die Frage, inwieweit sich die verschiedenen Methoden hinsichtlich ihrer Eignung zur Erhebung im realen Stall-/Schlachthofbetrieb und bezüglich ihrer aus den Erhebungen abgeleiteten Bewertungsergebnisse voneinander unterscheiden. Zum anderen ist zu klären, inwieweit die Bewertung auf Stall- und Schlachthofebenen einander entsprechen bzw. wie kongruent belastbar diese sind.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher festzustellen, inwieweit bestehende Bewertungsmethoden (Welfare Quality® Assessment Protocol for Pigs (WQAP) (WELFARE QUALITY® 2009), Tiergerechtheitsindex 200 (TGI200) (SUNDRUM et al. 1994), Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren (nBR) (KTBL 2006) sowie erweiterte Einzelkriterien sich in der Praxis eignen, um vergleich- und belastbare Aussagen bezüglich der Tiergerechtigkeit eines Haltungssystems zu erhalten. Hierzu werden das Haltungssystem und die Mastschweine von Betrieben unterschiedlicher Kategorie zu verschiedenen Zeitpunkten nach technischen und ethologischen Aspekten bewertet. Neben den vorgegebenen Bewertungskriterien werden weitere Bewertungskriterien verwandt und auf ihre Tauglichkeit untersucht. Die Erhebungen und Bewertungen der Lebendtierbeschau auf dem Schlachthof und der Schlachtbefunden dienen zur Überprüfung, inwieweit „kurz“ vor dem Ausstallen der Tiere auf Stallebene erhobene Daten und Bewertungen mit denen auf dem Schlachthof identisch sind bzw. ähnliche Bewertungsmuster ergeben.

2 Material und Methode

Zur Durchführung der praktischen Untersuchungen wurden geeignete Betriebe in Schleswig-Holstein ausgewählt und in drei Cluster eingeteilt: 1. konventionelle Haltung (Vollspaltenboden), 2. ökologische Haltung (mit Stroh), 3. Haltung über gesetzliche Vorgaben hinaus sowie sonstige Haltungssysteme. Hierbei waren betriebliche Voraussetzungen für die Teilnahme an der Untersuchung: mind. 200 Schweine einer Altersgruppe (Gewichtsklasse), keine bauliche Veränderung während des Untersuchungszeitraumes, keine Veränderung des Managements und Ferkel von möglichst einem Ferkellieferant (keine Veränderungen der Herkunft/Genetik). Im Einzelnen handelt es sich bei den Betrieben im Cluster 1 (konventionell) um mittelgroße bis große Unternehmen, deren Betriebsschwerpunkt auf der Schweinemast liegt. Die Bestandsgröße liegt zwischen 2.000 und 3.800 Mastplätzen. Es handelt sich um zwangsbelüftete Ställe mit Vollspaltenboden. Die Ställe sind mit einer Flüssigfütterung am Langtrog, bzw. mit Breifutterautomaten ausgestattet. Die Anzahl der Schweine pro Bucht liegt zwischen 11 und 18. Die Betriebe im Cluster 2 (ökologisch) haben neben der Schweinemast noch weitere Betriebs-

schwerpunkte. Die Haltungssysteme unterscheiden sich stark voneinander hinsichtlich Stallgebäude und Gruppengröße. Zum Teil wurden alte Ställe und Gebäude umgebaut. Die Gruppengröße variiert zwischen 15 und 120 Schweinen. Den Tieren steht teilweise mehr Platz als vorgegeben zur Verfügung und alle haben einen Auslauf. Bei den Betrieben im Cluster 3 handelt es sich ebenfalls um zwangsbelüftete Ställe, die dem Einzeltier allerdings mehr Platz zur Verfügung stellen (20–30 % mehr). Ein Betrieb bietet zudem Strohraufen und eine Komfortliegefläche an.

Die Datenerhebung erfolgt in allen selektierten Mastschweineställen über mindestens zwei Durchgänge je Betrieb, während eines Durchganges mit jeweils drei Besuchen. Es wird je Besuch eine Anzahl von ca. 150 Schweinen bzw. 10 Buchten anhand aller der o.g. Bewertungsmethoden bzw. Kriterien bewertet. Der Zeitpunkt der Erhebung richtet sich nach der Gewichtsentwicklung (40–50 kg, 90–100 kg, >110 kg). Ein vierter Besuch erfolgt, wenn eine maximale Anzahl an Mastschweinen an den Schlachthof geliefert wird. Die Schweine werden vom Ausstallen auf dem Betrieb bis zum Schlachthof begleitet und dort ebenfalls beim Abladen und im Wartebereich bewertet. Die Schweine werden vom Ausstallen an der LKW Rampe auf dem Betrieb bis zum Schlachthof begleitet und dort ebenfalls beim Abladen und im Wartebereich bewertet. Es erfolgt aufgrund der hohen hygienischen Anforderungen am Schlachthof keine Bewertung der Schlachtkörper am Schlachtband. Hier werden die vom Schlachthof überlieferten Befunde genutzt. Auch der Bereich, in den die Schweine nach der Wartezeit kurz vor der Betäubung und Schlachtung gelangen, wird nicht in der Untersuchung berücksichtigt. Durch verschiedene Anliefer- und Schlachtzeiten wäre hier eine Bewertung aus zeitlichen Gründen nicht praxisgerecht.

Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich über die Zeit von Ende Juli 2014 bis voraussichtlich September 2015.

Um eine ordnungsgemäße Bewertung nach den vorgegebenen Methoden durchführen zu können, wurden Voruntersuchungen im Frühjahr 2014 durchgeführt. Hierbei wurde auch eine Methode entwickelt, die von den ursprünglich vorgegebenen Methoden nicht zu stark abweicht, ein schnelles Erfassen der Daten sicherstellt und auch die Beeinflussung der Tiere durch eine lange Bewertungsdauer minimiert. Erst als eine gute Wiederholbarkeit bei der Bewertung sichergestellt war, wurde mit der Datenerhebung begonnen.

Es wurde bewusst darauf verzichtet, an einer Schulung bezüglich des WQAP teilzunehmen, obwohl dies für eine Bewertung empfohlen wird. Der Schwerpunkt wurde auf die Erfassung von Einzelkriterien gelegt, die in den einzelnen benannten Methoden genannt wurden, sowie zusätzliche Einzelkriterien, die für eine Bewertung notwendig erschienen.

Trotz einer geringen Anpassung des Bewertungsschemas für die praktische Anwendung wurde stets darauf geachtet, dass die Bewertung genauso erfolgte, wie sie in den Bewertungsvorgaben der einzelnen Methode angegeben sind. War eine Bewertung nach dem Schema nicht möglich, so wurden die Ursachen dokumentiert und mit den vorhandenen Möglichkeiten die Bewertung angepasst.

Alle Einzelkriterien wurden mittels PC im Stall erfasst. Über einen Tablet-PC konnten die Daten in ein erstelltes Programm eingegeben werden. Die Daten wurden direkt in der Datenbank gespeichert und stehen für weitere Auswertungen zur Verfügung (über die kostenlose Software MySQL, phpMyAdmin, XAMPP).

Teilweise wurden einige Kriterien zusammengefasst, da sie allen drei Bewertungsmethoden angegeben sind. Zur späteren Analyse erfolgt die Betrachtung wieder gesondert.

3 Ergebnisse

3.1 Ausgewählte Beobachtungen zu vorgegebenen Methodik

Da der Schwerpunkt auf der Praxistauglichkeit der ausgewählten Bewertungsmethoden liegt, wurde zunächst untersucht, inwieweit die Methoden in den ausgewählten Betrieben anzuwenden waren. Ausgewählte Beobachtungen:

- Die Anwesenheit der bewertenden Person kann einen Einfluss auf das Verhalten der Tiere haben.
- 150 Tiere (Vorgabe WQAP) eines Stalles können nicht den Durchschnitt der Herde wiedergeben, da nicht genau festgelegt ist, wie die Auswahl erfolgen soll. Der Anteil an der Gesamtherde variiert von Betrieb zu Betrieb.
- Die Auswahl der Tiere soll zufällig erfolgen, wobei durch unterschiedliche Buchensituationen der Zustand einer Bucht nicht dem Zustand aller Buchten entspricht (z. B. Krankenbucht).
- Baulich bedingt erlebt jede Schweinegruppe eine eigene Lebensumwelt (Tageslichteinfall, Temperatur, Luftströme), trotz gleichartiger Gestaltung der Buchten.
- Die Bewertung des Verhaltens soll nach WQAP außerhalb der Bucht erfolgen. Es gibt allerdings Ställe, in denen eine Beobachtung von außen nicht möglich ist.
- Bei Buchten, die einen Auslauf haben, ist es baulich bedingt nicht möglich, alle Tiere gleichzeitig zu sehen und zu bewerten.
- Schweine haben unterschiedliche „Charaktere“. Es entstehen folglich Gruppen mit unterschiedlichem Verhalten, unabhängig vom Haltungssystem.
- Die Bewertung des Verhaltens soll nach WQAP an drei Beobachtungspunkten mit jeweils 50–60 Tieren erfolgen, welches bei Kleingruppen baulich bedingt nicht möglich ist. Bei Buchten mit Auslauf ist es meist nicht möglich, alle Tiere einer Bucht zu sehen.
- Die Betrachtung des Einzeltieres nach z. B. Verletzungen soll innerhalb der Bucht erfolgen. Bei Buchten mit ca. 18 Tieren herrscht allein durch die Anwesenheit einer Person eine Unruhe, die die Betrachtung nur eines Tieres von der Seite fast unmöglich macht. Zudem müssten bereits bewertete Schweine markiert werden, um keine doppelte Bewertung vorzunehmen.

3.2 Beispiele zur Bewertung eines Betriebes

Anhand eines Betriebes wird in diesem Beispiel gezeigt, inwieweit sich ein verändertes Platzangebot auf die Bewertung innerhalb eines Haltungssystems auswirkt. Aufgrund eines erhöhten Platzangebotes in einem Durchgang wurde der Betrieb in zwei Cluster eingeteilt. Für diese Bewertung wurde der TGI200 und der nBR angewandt.

Die Tabelle 1 zeigt den Anteil der erreichten Punktzahl an der Gesamtpunktzahl zu den drei genannten Bewertungszeitpunkten auf dem Betrieb. Deutlich wird in diesem Beispiel, dass eine Erhöhung des Platzangebotes nicht zu einer tiergerechteren Bewertung des Haltungssystems in diesem Betrieb führt. Zwischen den drei Gewichtsbereichen ist ebenfalls nur einer geringer Unterschied feststellbar. Der Anteil der erreichten Punkte

von der Gesamtpunktzahl fällt bei dem nBR geringer aus. Die angegebene Bewertung entspricht beim nBR den Kategorien B und C in der zusammenfassenden Bewertung des Verhaltens. Eine Bewertung nach WQAP erfolgte bisher noch nicht.

Tab. 1: Bewertung eines Betriebes nach TGI200 und nBR in drei Gewichtsabschnitten

Tab. 1: Assessment on one farm with TGI200 and nBR on three dates of different pigweights

	Gewichts- bereich	n	Ø m ² /Tier	Anteil erreichte Punkte TGI200 [%]	Anteil erreichte Punkte nBR [%], Kategorie
Betrieb im Cluster 1	40–50 kg	20	0.83	56.86	45.80, C
	90–100 kg	14	0.84	52.54	45.43, C
	> 110 kg	19	1.49	58.81	51.37, B
	Gesamt	53	1.07	56.42	47.70, C
Betrieb im Cluster 3	40–50 kg	10	1.00	55.45	46.00, C
	90–100 kg	10	1.02	54.38	45.60, C
	> 110 kg	10	1.95	60.33	51.60, B
	Gesamt	30	1.32	56.72	47.73, C

4 Ausblick

Nach Ende der Datenerhebung im Sommer 2015 erfolgt die statistische Analyse. Dabei geht es neben der deskriptiven Statistik um die möglichen Unterschiede und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Bewertungsmethoden und einzelnen Kriterien, den drei beschriebenen Clustern, den Betrieben innerhalb der Cluster, zwischen allen Betrieben und Buchten sowie zwischen den Erhebungszeitpunkten und den Durchgängen. Abschließend soll ein möglicher Zusammenhang zu den Befunddaten am Schlachthof ermittelt werden.

Literatur

- KTBL (2006): Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- Sundrum, A.; Andersson, R.; Postler, G. (1994): Tiergerechtheitsindex – 200, Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn
- Welfare Quality® (2009): Welfare Quality® Assessment protocol for pigs (growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands

Förderung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte durch die CLAAS- Stiftung.

Der Einfluss erhöhter Fressstände auf das Fressverhalten von Milchkühen

The influence of elevated feed stalls on feeding behaviour of lactating dairy cows

BARBARA BENZ, SILKE EHLMANN, THOMAS RICHTER

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt in Nürtingen-Geislingen, Neckarsteige 6–10, 72622 Nürtingen;
barbara.benz@hfwu.de

Schlüsselwörter: Laufstallhaltung, Milchviehhaltung, Fressverhalten, Fressstand, erhöhter
Keywords: loose-housing barn, dairy farming, feeding behaviour, elevated feed stall

Zusammenfassung

Das Leistungsniveau der Hochleistungskuh ist nur durch hochwertiges Grundfutter und eine hohe Futteraufnahme zu gewährleisten. Ein gegenüber der Lauffläche um circa 15–20 cm erhöhter und 160 cm langer Fressstand mit Gummimattenbelag bietet Ruhe beim Fressen sowie eine verformbare und trockene Standfläche.

In einem Praxisbetrieb mit 130 Milchkühen der Rasse Fleckvieh wurde der Fressbereich nachträglich mit erhöhten Fressständen ausgestattet.

Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass die Tiere nach dem Umbau weniger oft zum Fressen kamen und sich dafür die einzelnen Fressperioden bzw. Mahlzeiten der Tiere verlängerten. Die Ausprägung der Verhaltensänderungen war in Abhängigkeit vom Milchleistungsniveau oder der Laktationsnummer unterschiedlich.

Summary

The performance level of high yielding cows can only be guaranteed by high quality forage and high feed intake.

An about 15–20 cm elevated and 160 cm long feed stall with rubber flooring doesn't only offer undisturbed meals but also a yielding and dry standing surface. In a pilot stable with 130 dairy cows (German Simmental) the feeding alley was subsequently equipped with elevated feed stalls.

The results show that animals frequented the feeding barn less often while the duration of single meals prolonged. The specific behavioural changes differed depending on milk yield and number of lactation.

1 Einleitung und Zielstellung

Hochleistungskühe müssen das Futter zu jeder Zeit erreichen können und dürfen dabei nicht durch Artgenossen, den Mistschieber oder eine ungünstige Fressplatzgestaltung gestört werden (BUCK et al. 2012, UDE et al. 2002, HUZZEY et al. 2006). 4 bis 7 Stunden

pro Tag verbringen die Tiere mit der Futteraufnahme (HOY 2009). Neben der Verfügbarkeit von Futter am Futtertisch spielt die Mobilität des Tieres eine entscheidende Rolle. Sie wird durch unzureichende Klauengesundheit begrenzt und nimmt damit wiederum entscheidend Einfluss auf die Futteraufnahme (UDE et al. 2002). Die Konfrontation der Klauen mit Exkrementen und der meist harte Untergrund der Lauf- und Fressgänge strapazieren den Bewegungsapparat (MÜLLING et al. 1998, BENZ, 2002). Um sowohl eine ungestörte Futteraufnahme als auch eine klauenfreundliche Standfläche zu gewährleisten, wurde in Anlehnung an das Konzept der Liegebox der erhöhte Fressstand entwickelt, bei dem die Standfläche mit einer weichen Unterlage und jeder zweite Fressstand mit einem Trennbügel versehen wurde. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollte geprüft werden, wie eine veränderte Fressplatzgestaltung die Gesamtfresszeit und die Anzahl und Dauer der Fressperioden der Kühe beeinflusst. Dazu wurden in einem Praxisbetrieb nachträglich erhöhte Fressstände installiert, ohne dass dabei die Fressplatzbreite verändert wurde.

2 Material und Methoden

Die Untersuchung war als Vorher-Nachher-Vergleich aufgebaut und wurde von Juli 2013 bis November 2013 auf einem Milchviehbetrieb bei Göppingen durchgeführt. Der Tierbestand umfasste 130 Fleckviehkühe und Nachzucht. Der Offenfrontstall wurde 2009 als dreireihiger Liegeboxenlaufstall mit planbefestigten Laufgängen aus Beton und Tiefboxen mit Strohmattatze gebaut. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis lag bei 1,5 : 1. Die Kühe erhielten während der gesamten Untersuchungsdauer eine Teil-Mischration, ausgelegt auf 24 kg Milchleistung. Die Futtervorlage erfolgte morgens um 9 Uhr. Das Futter wurde um 7:00, 13:30, 17:30, 19:30 und 22:30 Uhr nachgeschoben. Die Ration bestand aus Maissilage, Grassilage, Heu, Gerstenstroh, Rapsextraktionsschrot, Getreidemischung, Mineralfutter und Viehsalz. Kraftfutter wurde über zwei Kraftfutterabrufstationen tierindividuell verabreicht. Der automatische Kombischieber lief vor der Installation der erhöhten Fressstände neunmal am Tag: um 5:00, 6:30, 11:00, 14:00, 16:00, 17:30, 21:00, 24:00 und 3:00 Uhr. Nach Einbau der erhöhten Fressstände wurde auf stündliche Entmistung umgestellt. Die Fressstände wurden nachträglich durch selbstkonstruierte Fertigbetonbauteile (Höhe ca. 9 cm) erhöht. Die Betonelemente hatten eine Länge von 120 cm und ein Gefälle von 2 %. Zusammen mit dem bereits vorhandenen 40 cm langen Antritt hatten die Fressstände eine Gesamtlänge von 160 cm. Die Breite der einzelnen Fressplätze betrug 75 cm. Die Fressstände waren mit einer 3 cm dicken Gummiauflage (Gummimatte Lenta, Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH & Co. KG) belegt. Gegenüber dem Laufgang waren die Fressstände insgesamt um 12 cm erhöht. Nach jedem zweiten Fressplatz wurden freitragende Trennbügel (Fa. DeLaval GmbH) angebracht, die ein Querlaufen und Umdrehen der Tiere verhindern sollten. Für die Untersuchung des Fressverhaltens wurden 12 Fokustiere mit den vorher festgelegten Parametern Laktationsstadium (80.–120. Laktationstag), positive Trächtigkeitsuntersuchung und unauffälliger Gesundheitszustand zufällig ausgewählt. Sechs Kühe waren in der ersten oder zweiten Laktation, sechs Kühe in der dritten bis fünften Laktation. Die Kühe hatten eine durchschnittliche 305-Tage-Milchleistung von 7.656 kg. Die Beobachtung

des Fressverhaltens erfolgte mittels Videokamera (T/N-IR-Farbkuppelkamera mit LED-Leuchten, Typ: VFKUP-600/3-11IR, Firma VC). Es wurden drei Tage der Vorher- und, nach einer Eingewöhnungszeit von 11 Tagen, drei Tage der Nachher-Situation im Scan-Sampling-Verfahren ausgewertet. Der Vorher-Zeitraum war vom 22.7. bis 4.8.2013, die durchschnittliche Außentemperatur der Beobachtungstage lag bei 23 °C. Der Nachher-Zeitraum erstreckte sich bei einer Durchschnittstemperatur von 13 °C vom 17.9. bis 6.10.2013. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm Ri 386 3.01. Die Daten wurden mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung und Varianzhomogenität geprüft. Die Voraussetzungen für Varianzanalysen waren jederzeit gegeben. Die Mittelwertvergleiche wurden mittels t-Test für verbundene Stichproben errechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ (signifikant *), $p < 0,01$ (sehr signifikant **) und $p < 0,001$ (hoch signifikant ***) festgelegt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Für die Untersuchung des Fressverhaltens waren ursprünglich 12 Tiere vorgesehen. Zwei Tiere mussten aufgrund von Erkrankungen aus der Untersuchung ausscheiden. Da insbesondere die Laktationsnummer (FRANCKE 1990) und das Milchleistungsniveau (HUZZEY et al. 2006) das Fressverhalten beeinflussen, sollen diese beiden Parameter im Folgenden berücksichtigt werden. In den folgenden Abbildungen sind jeweils die Ergebnisse für die gesamte Untersuchungsgruppe (Total, $n = 10$) und für die Untergruppen (Laktationsnummer (Lak) $\leq 2/\geq 3$ und Milchleistungsniveau (ML) $< 25 \text{ kg}/> 25 \text{ kg}$) mit einer Stichprobengröße von $n = 5$ aufgeführt.

3.1 Gesamtfressdauer

Unter Weidehaltungsbedingungen grasen Rinder etwa 8–12 Stunden (480–720 min) pro Tag (HOY 2009). Diese Gesamtfresszeiten werden unter Stallhaltungsbedingungen nicht erreicht, sondern liegen hier zwischen 201 und 420 min (HOY 2009, VASILATOS et. al. 1980, KAUFMANN et al. 2007, DeVRIES et al. 2004). Die durchschnittliche Gesamtfressdauer pro Tag und Tier steigerte sich nach dem Einbau der erhöhten Fressstände von 277,5 (Standardabweichung $SD \pm 78,5$) auf 316,1 min ($SD \pm 73,4$). Der Unterschied von 15 % ist nicht signifikant ($p = 0,1411$). Aufgrund des Untersuchungsdesigns als Vorher-Nachher-Untersuchung war die Außentemperatur in den beiden Untersuchungsabschnitten unterschiedlich. Die Durchschnittstemperatur von 23 °C im Vorher-Zeitraum Juli/August könnte bei den Tieren bereits leichte Hitzestresssymptome hervorgerufen haben. Typisch dafür wäre eine reduzierte Futteraufnahme verbunden mit einem Milchleistungsrückgang. Die durchschnittliche Herdenleistung lag im Juli/August (Vorher-Zeitraum) bei 25,8 kg und damit um 1,2 kg höher als im September/Oktober (Nachher-Zeitraum) mit 24,6 kg. Daher wird davon ausgegangen, dass die unterschiedlichen Temperaturen in den beiden Untersuchungszeiträumen keinen relevanten Einfluss auf das Fressverhalten hatten.

3.2 Fressperioden

Die Tiere reduzierten nach dem Einbau der erhöhten Fressstände die Anzahl ihrer täglichen Fressperioden hoch signifikant ($p = 0,000$) um 29 % von 38,5 Perioden ($SD \pm 13,3/VK 0,35$) auf 27,4 Perioden ($SD \pm 11,5/VK 0,42$) (Abb. 1). Die Analyse der durchschnittlichen Länge einer Fressperiode ergab eine Steigerung von 8,5 min ($SD \pm 2,6/VK 0,28$) auf 13,3 min ($SD \pm 4,7/VK 0,35$) pro Periode. Der Unterschied von +57 % ist statistisch hoch signifikant ($p = 0,000$). Literaturangaben variieren zwischen 4 min (VASILATOS et al. 1980) und 6,8 min (FRANCKE 1990) pro Periode. Die Laktationsnummer und das Milchleistungsniveau hatten einen deutlich ausgeprägten Einfluss auf das Fressverhalten.

Nachdem sich die Fressperiodenanzahl bei fast allen untersuchten Tiergruppen signi-

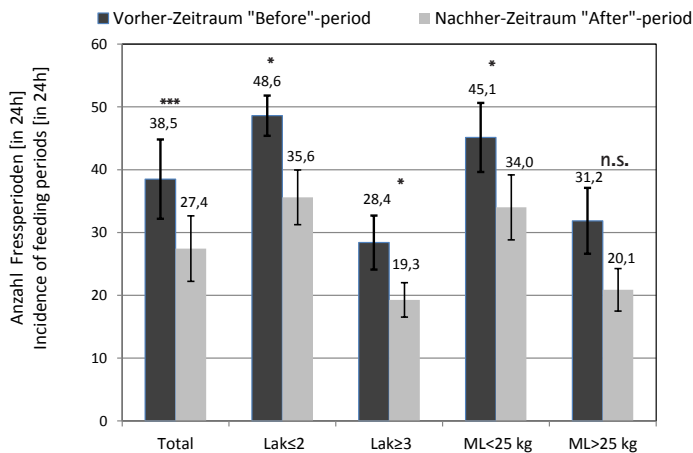


Abb. 1: Mittlere Anzahl der Fressperioden in Abhängigkeit von Laktationsnummer und Milchleistung (Total $n = 10$, Vorher-Zeitraum $n = 5$, Nachher-Zeitraum $n = 5$; $p < 0,05$ signifikant *, $p < 0,01$ sehr signifikant **, $p < 0,001$ hoch signifikant ***, $p > 0,05$ nicht signifikant n.s.)

Fig. 1: Average number of feeding periods depending on the number of lactation and the milk yield (Total $n = 10$, before $n = 5$, after $n = 5$; $p < 0,05$ significant *, $p < 0,01$ very significant **, $p < 0,001$ most significant ***, $p > 0,05$ not significant n.s.)

fikant reduzierte, kann davon ausgegangen werden, dass es mit dem Einbau der erhöhten Fressstände seltener zu Verdrängungen am Fressplatz kam. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass rangniedere Tiere (≤ 2 Laktationen) in der Vorher-Situation die höchste Fressperiodenanzahl hatten, folglich häufiger verdrängt wurden als ranghohe. Die Aufteilung der Tiere in Leistungsgruppen mit einer Milchleistung unter bzw. über 25 kg zeigte ein ähnliches Bild. Die Tiere mit niedriger Milchleistung fraßen insgesamt häufiger als diejenigen mit hoher Milchleistung, reduzierten aber ihre Fressperiodenanzahl im Nachher-Zeitraum. Hierfür könnte ebenfalls ein tendenziell niedriger Rangstatus respektive die Verdrängungshäufigkeit und nicht der Leistungsbedarf verantwortlich sein, welcher sich eher auf die Gesamtfresszeit auswirken würde.

3.3 Fressperiodenlänge

Über alle untersuchten Tiergruppen reduzierten sich die Fressperiodenlängen mit dem Einbau der erhöhten Fressstände signifikant (Abb. 2). Die Veränderungen des Fressverhaltens sind bei den Tieren mit höherer Milchleistung und höherer Laktationsnummer deutlich ausgeprägter. Mit der Steigerung ihrer Fressperiodenlängen nach Installation der erhöhten Fressstände erreichen die Tiere mit niedriger Laktationsnummer und Milchleistung jedoch ungefähr die Größenordnung der Ausgangssituation der Tiere mit höherer Laktationsnummer und Milchleistung.

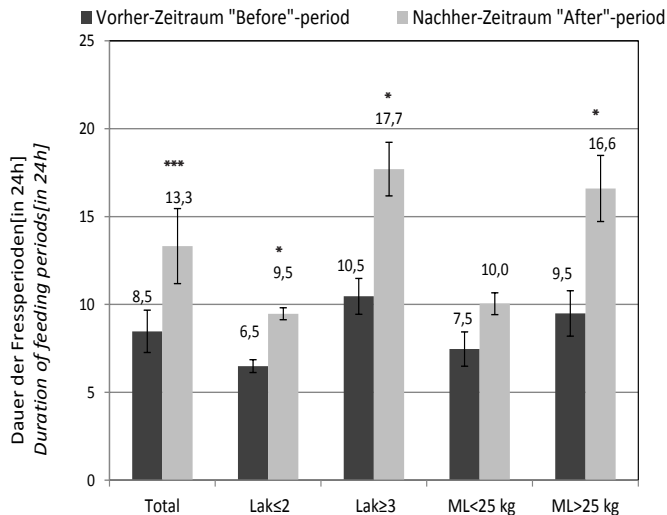


Abb. 2: Mittlere Dauer der Fressperioden in Abhängigkeit von Laktationsnummer und Milchleistung (Total n = 10, Vorher-Zeitraum n = 5, Nachher-Zeitraum n = 5; p < 0,05 signifikant *, p < 0,01 sehr signifikant **, p < 0,001 hoch signifikant ***, p > 0,05 nicht signifikant n.s.)

Fig. 2: Average duration of feeding periods depending on the number of lactation and the milk yield (Total n = 10, before n = 5, after period n = 5; p < 0.05 significant *, p < 0.01 very significant **, p < 0.001 most significant ***, p > 0.05 not significant n.s.)

4 Schlussfolgerungen

Erhöhte Fressstände wurden entwickelt, um für eine ungestörtere Futteraufnahme zu sorgen. Die Reduktion der Fressperiodenanzahl nach Installation der erhöhten Fressstände ging mit einer Verlängerung der einzelnen Fressperiodenlängen einher. Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass die Tiere weniger häufig beim Fressen gestört wurden. In der Laufstallhaltung kommt dem Fressbereich eine Schlüsselrolle zu. Uneingeschränkte Futteraufnahme ist die Voraussetzung für den funktionierenden Stoffwechsel und die

Leistungsfähigkeit der Hochleistungskuh. Durch den Einbau der erhöhten Fressstände wurde im Untersuchungsbetrieb die Anzahl der Fressperioden signifikant verringert, während die Länge einer Fressperiode signifikant anstieg. Die Steigerung der Gesamtfressdauer war nicht signifikant, zeigte jedoch einen klaren Trend. Je häufiger der Fressgang bei Fressunterbrechungen frequentiert werden muss, desto intensiver ist die mechanische, chemische und bakterielle Belastung der Klauen. Die Laufganghygiene ist im Fressgang einem Zielkonflikt unterworfen. Einerseits ist in diesem Bereich regelmäßige Reinigung notwendig, andererseits führt der Schieber zu Störungen bei der Futteraufnahme, wenn er innerhalb von zwei Stunden nach Futtervorlage eingesetzt wird (BUCK et al. 2012). Im Untersuchungsbetrieb konnte nach Einbau der erhöhten Fressstände die Schieberfrequenz erhöht werden, um die Laufganghygiene zu optimieren. Dadurch kam es offensichtlich zu keinerlei negativen Beeinträchtigungen der fressenden Kühe, denn die Anzahl der Fressperioden sank, während sich deren Länge erhöhte.

Literatur

- Benz, B. (2002): Elastische Beläge für Betonspaltenböden in Liegeboxenlaufställen. Dissertation, Universität Hohenheim
- Buck, M.; Wechsler, B.; Gygax, L.; Steiner, B.; Steiner, A.; Friedli, K. (2012): Wie reagieren Kühe auf den Entmistungsschieber? Untersuchung zum Verhalten und zur Herzaktivität. ART-Bericht 750, Agroscope
- DeVries, T.J.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M. (2004): Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87, pp.1432–1438
- Francke, H. (1990): Nutzung ethologischer Parameter zur Schätzung der Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- Hoy, S. (2009): Nutztierethologie. Stuttgart, Eugen Ulmer KG
- Huzzey, J.M.; DeVries, T.J.; Valois, P.; von Keyserlingk, M.A.G. (2006): Stocking density and feeding barrier designs affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 89, pp. 126–133
- Kaufmann, O.; Azizi, O.; Hasselmann, L. (2007): Untersuchung zum Fressverhalten hochleistender Milchkühe in der Früh lactation. *Züchtungskunde* 79, S. 219–230
- Mülling, Ch.; Budras, K.-D. (1998): Der Interzellularkitt (Membrane Coating Material, MCM) in der Rinderklaue. *Tierärztliche Mschr.* 85, S. 216–223
- Ude, G.; Georg, H. (2002): Tiergerechte Fressplatzgestaltung für Milchkühe in Laufställen. *Landtechnik* 57(1), S. 48–49
- Vasilatos, R.; Wangsness, P.J. (1980): Feeding behavior of lactating dairy cows as measured by time-lapse photography. *Journal of Dairy Science* 63, pp. 412–416

Danksagungen

Ein besonderer Dank gilt den Firmen Kraiburg Elastik GmbH & Co KG und Delaval GmbH für die Bereitstellung der Gummibeläge und der Trennbügel.

Indikatoren zur Beurteilung der Tiergerechtheit – Einsatzzweck „betriebliche Eigenkontrolle“

Indicators for assessing animal welfare – self-monitoring on farms

UTE SCHULTHEISS, RITA ZAPF

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt;
u.schultheiss@ktbl.de

Schlüsselwörter: Indikator, Tiergerechtheit, Tierwohl, Tierschutz, betriebliche Eigenkontrolle, Nutztierhaltung
Keywords: indicator, animal welfare, animal protection, self-monitoring, animal husbandry

Zusammenfassung

Mit der Änderung des Tierschutzgesetzes (TierSchG 2006) müssen Nutztierhalter seit Februar 2014 eine betriebliche Eigenkontrolle durchführen. Ziel der Eigenkontrolle mittels tierschutzbezogener Indikatoren ist, eine Einschätzung des Wohlergehens der Tiere vornehmen zu können, um gegebenenfalls Maßnahmen zur Verbesserung zu ergreifen.

In zwei KTBL-Fachgesprächen haben ca. 45 Experten Indikatoren zusammengestellt, welche sich für die betriebliche Eigenkontrolle eignen. Dabei wurden Indikatoren ausgewählt, die hinreichend praktikabel, valide und reliabel sind und mit denen relevante Tierschutzprobleme identifiziert werden können.

Summary

With the modification of the German Law of Animal Protection (TierSchG 2006) livestock farmers have to perform a self-monitoring of their animal husbandry using indicators. The aim of this self-monitoring is to assess the animal welfare on the farm and if necessary to introduce measures of improvement.

In two successive conferences 45 experts selected indicators for the self-monitoring. Indicators are chosen to identify relevant problems concerning animal welfare. Indicators have to be sufficiently practical, valid and reliable.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren hat sich die Tierhaltung in Deutschland kontinuierlich weiterentwickelt. Auf wissenschaftlicher Ebene wird seit längerer Zeit sowohl national als auch international daran gearbeitet, die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Tierhaltung auf Verhalten, Gesundheit und Wohlbefinden von Nutztieren zu beschreiben und dafür geeignete Indikatoren zu entwickeln. Tierhalter benötigen diese Indikatoren, um die Tiergerechtheit in ihrem Betrieb einschätzen und gegebenenfalls verbessern zu können.

Der Tierschutz ist seit 2002 als Staatsziel im Grundgesetz verankert. Bei der Haltung von Nutztieren sind das Tierschutzgesetz (TierSchG 2006) und die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutztV 2006) zu beachten mit dem Ziel, das Leben und Wohlbefinden des Tieres zu schützen. Seit Februar 2014 müssen Nutztierhalter aufgrund der Änderung des Tierschutzgesetzes (§ 11 Abs. 8) eine tierschutzbezogene Eigenkontrolle in ihrem Betrieb durchführen und damit sicherstellen, dass die Anforderungen des § 2 TierSchG eingehalten werden. Dabei sind geeignete tierbezogene Merkmale (Tierschutzindikatoren) zu erheben und zu bewerten. Tierbezogene Indikatoren, z.B. das Auftreten von Krankheiten, beschreiben das Tierverhalten bzw. die Tiergesundheit und lassen damit direkt Schlüsse auf das Wohlbefinden zu. Demgegenüber erfassen ressourcenbezogene Indikatoren die Haltungsbedingungen oder das Management, z.B. das Platzangebot, und ermöglichen so indirekt Rückschlüsse auf die Situation der Nutztiere.

Im Rahmen von zwei KTBL-Fachgesprächen haben ca. 45 Experten Indikatoren für verschiedene Tierkategorien ausgewählt, die der Nutztierhalter zur betrieblichen Eigenkontrolle heranziehen kann. Im Rahmen des Beitrages werden empfohlene, für die Eigenkontrolle als sinnvoll eingeschätzte Indikatoren dargestellt.

2 Aspekte bei der Auswahl geeigneter Indikatoren

Um die für eine betriebliche Eigenkontrolle geforderte „Erhebung und Bewertung geeigneter tierbezogener Merkmale“ vorzunehmen, müssen aus der Vielzahl vorhandener Indikatoren jene ausgewählt werden, die sich für eine routinemäßige Eigenkontrolle der Tiergerechtigkeit für die jeweiligen Tierkategorien besonders eignen.

Die Indikatoren sollten die wichtigsten möglichen Tierschutzprobleme identifizieren, mit vertretbarem Aufwand zu erheben, hinreichend praktikabel, valide und reliabel sein sowie folgende in § 2 TierSchG genannten Anforderungen abdecken:

- art- und bedürfnisgerechte Ernährung und Pflege
- verhaltensgerechte Unterbringung
- keine Zufügung von Schmerzen, vermeidbaren Leiden oder Schäden durch die Bewegungseinschränkung
- erforderliche Kenntnisse und Fähigkeiten der Tierhalter für eine angemessene Ernährung, Pflege und verhaltensgerechte Unterbringung der Tiere

Zur Bewertung der Tiergerechtigkeit liegen verschiedene Indikatorensysteme vor (KTBL 2014a); aus diesen wählten die beteiligten Experten Indikatoren aus, die für die betriebliche Eigenkontrolle geeignet erschienen. Letztendlich wurden Indikatoren für Rinder (Produktionsrichtung Milch- und Masttrind, Aufzuchtalb), Schweine (Zuchtsauen, Saug- und Aufzuchtferkel, Mastschweine) und Geflügel (Masthuhn, Mastpute, Jung- und Legehennen) zusammengestellt (KTBL 2015).

Die Indikatoren sollen dem Tierhalter ggf. Schwachstellen aufzeigen, sodass er, falls notwendig, Maßnahmen zur Managementverbesserung ergreifen kann. Ein wesentliches Ziel der Eigenkontrolle ist, eine Sensibilisierung bzw. Stärkung der Eigenverantwortung des Tierhalters zu erreichen. Die im Betrieb bereits vorliegenden Daten, z.B. aus der Milchleistungsprüfung, tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelegen, Schlachthofbefunden, sind für die Eigenkontrolle aus Praktikabilitätsgründen, d.h. im Hinblick auf

eine Minimierung von Erhebungs- und Dokumentationsaufwand, besonders gut geeignet und sollten somit bevorzugt berücksichtigt werden.

3 Indikatoren für die betriebliche Eigenkontrolle – Beispiel Mastputen

In der Geflügelhaltung werden viele Indikatoren standardmäßig auf Schlachthöfen erhoben und dokumentiert. Für die betriebliche Eigenkontrolle sind diese Schlachthofdaten wichtig und stellen eine hilfreiche Bewertungsgrundlage dar.

Bei der Haltung von Mastputen werden von den Experten nachfolgende Indikatoren (Tab. 1) für die betriebliche Eigenkontrolle empfohlen.

Tab. 1: Indikatoren zur Erfassung wichtiger Tierschutzprobleme – Produktionsrichtung Mastpute (KTBL 2014b, verändert)

Tab. 1: Indicators to assess relevant problems in animal welfare – example turkey

Mögliche Tierschutzprobleme	Indikator
Federpicken	Vollständigkeit Gefieder
Kannibalismus/Verletzungen	Hautverletzungen
Eingeschränkte Gehfähigkeit	Gehfähigkeit/Lahmheit
Entzündliche Hautveränderungen	Fußballenveränderungen Brusthautveränderungen (nur bei Hähnen)
Erhöhte Erkrankungsrate	Verwürfe (nicht schlachtfähige und genussuntaugliche Tiere) und Ursachen ¹⁾ Arzneimiteleinsatz
Schlechter Ernährungszustand	Gewichtsentwicklung Uniformität
Unzureichende Wasserversorgung	Wasserverbrauch
Nicht-kurative Eingriffe am Tier	Ausmaß und Qualität des Schnabelkürzens (sofern erfolgt)
Erhöhte Mortalität	Tierverluste und vermutete Ursachen Merzungen und vermutete Ursachen
Schmerzen und Schäden durch Fangen/Transport	Verletzte und tot angelieferte Tiere (Schlachthof)
Aspekte bei der Zusammenstellung: Die Indikatoren sollen primär den Tierhalter bei der betrieblichen Schwachstellenanalyse unterstützen. Eine Dokumentation der Ergebnisse der betrieblichen Eigenkontrolle ist nicht vorgeschrieben, wird aber für die betriebsinterne Auswertung empfohlen. Wesentliche Auswahlkriterien der Indikatoren sind deren Praktikabilität, Validität und Reliabilität. Die Bewertungsmaßstäbe müssen noch erarbeitet werden.	

¹⁾ Schlachthofbefunde; bundesweit einheitliche Erhebung und Dokumentation von Daten auf Schlachthöfen notwendig. Verwurfsursachen aufgrund mangelnder Standardisierung der Schlachthofdaten derzeit nicht nutzbar.

4 Fazit

Die betriebliche Eigenkontrolle kann dem Tierhalter wichtige Hinweise geben, ob in seinem Betrieb Tierschutzprobleme auftreten und ob die Anforderungen nach § 2 des Tierschutzgesetzes eingehalten werden. Der Tierhalter wird durch die betriebliche Eigenkontrolle in Tierschutzfragen sensibilisiert, um seiner hohen Eigenverantwortung für seine Tiere nachkommen zu können.

Derzeit existieren keine rechtlichen Vorgaben zur Dokumentation der Ergebnisse der betrieblichen Eigenkontrolle. Im Hinblick auf die Auswertung der erhobenen Daten und Umsetzung von möglichen Managementmaßnahmen wird eine betriebsinterne Dokumentation allerdings empfohlen. Dies gilt auch für die Einbindung der ausgewählten Indikatoren in umfassende Managementhilfen.

Die erzielten Ergebnisse sollten in weitere Abstimmungsprozesse einfließen. Methoden zur Erhebung der Indikatoren sowie Bewertungsmöglichkeiten, z.B. Grenzwerte, Benchmarking, müssen noch genauer spezifiziert werden.

Literatur

KTBL (2014a): Tiergerechtheit bewerten. Sonderveröffentlichung, Darmstadt

KTBL (2014b): Empfehlungen für tierbezogene Indikatoren zur Nutzung für die betriebliche Eigenkontrolle. Ergebnisse des KTBL-Fachgespräches, 07.-08.05.2014, Kassel-Wilhelmshöhe, Darmstadt

KTBL (2015): Tierschutzindikatoren – Vorschläge für die betriebliche Eigenkontrolle, KTBL-Schrift 507, Darmstadt

TierSchG (2006): Tierschutzgesetz vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2014 (BGBl. I S. 1308). <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>, Zugriff am 10.03.2015

TierSchNutzV (2006): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung) vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94). <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutzv/BJNR275800001.html>, Zugriff am 10.03.2015

Entwicklung eines Bewertungskonzepts zur Beurteilung des Tierwohlbeitrags deutscher Labeling-Initiativen

Development of an evaluation concept to assess the animal welfare contribution of German labeling initiatives

WIEBKE PIRSICH, LUDWIG THEUVSEN

Georg-August-Universität Göttingen; Departement für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen; wiebke.pirsich@agr.uni-goettingen.de

Schlüsselwörter: Tierwohl, Tierwohl-Label, Broiler, Bewertung
Keywords: animal welfare, evaluation, broiler, animal welfare label

Zusammenfassung

Die Geflügelwirtschaft steht bereits seit einiger Zeit bedeutenden Imageproblemen gegenüber, da Verbraucher insbesondere die modernen Haltungsbedingungen von Broilern kritisch hinterfragen. Als Reaktion kann unter anderem die Etablierung sogenannter Tierwohl-Labels für Hähnchenfleisch-Produkte durch private Standardsetzer beobachtet werden. Ein Vergleich der Richtlinien verschiedener Labeling-Initiativen lässt zum Teil deutliche Unterschiede in Bezug auf die Tierwohlstandards erkennen. Für Verbraucher ist nur schwer nachvollziehbar, inwieweit diese Labels zu einer Verbesserung des Tierwohls in der Produktion führen. Dieses Informationsdefizit kann mithilfe eines Bewertungskonzepts zur objektivierten Beurteilung der Label-Standards reduziert werden. In dem folgenden Beitrag wird die Ausgangssituation für die Entwicklung eines solchen Konzepts dargestellt.

Summary

The poultry industry has been facing significant image problems for some time especially as consumers critically question the modern housing conditions of broilers. As a reaction the establishment of so-called animal welfare labels for chicken meat products through private standard setters can be observed in the meat market. A comparison of the regulations of various labeling initiatives shows some significant differences between the respective animal welfare standards. Therefore, for consumers it is difficult to see how these labels lead to an improvement of animal welfare in the production systems. This information deficit could be reduced by an evaluation concept through which an objective assessment of the label standards would be possible. The following paper presents the initial situation for the development of such an approach.

1 Ausgangssituation

Die modernen Produktionssysteme in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung verlieren in der Gesellschaft zunehmend an Akzeptanz (HEYDER und THEUVSEN 2009). Auch die Broilermast ist verstärkt in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung gerückt. Insbesondere die Größe der Betriebe, die kurze Mastdauer und das geringe Platzangebot werden von Verbrauchern kritisiert und führen zu bedeutenden Imageproblemen der Geflügelwirtschaft (KAYSER et al. 2012).

Verbraucherstudien der Universität Göttingen konnten eine Kernzielgruppe für Fleisch aus artgerechterer Haltung ausmachen, die rund 20 % der Fleischkäufer umfasst (SCHULZE et al. 2008). Dieses nicht unbedeutende Absatzpotenzial zeigt einen Markt für sogenannte „Tierwohl-Produkte“ auf, der bisher hauptsächlich durch den ökologischen Landbau bedient wurde. Neben den verschiedenen Bio-Labels werden zunehmend aber auch sogenannte Tierwohl-Labels im Markt etabliert, die allein das Tierwohl in den Mittelpunkt stellen. Im Gegensatz zu den Begriffen „Bio“ und „Öko“ ist der Begriff „Tierwohl“ nicht gesetzlich geschützt; es gibt somit keine Mindeststandards, die eingehalten werden müssen, um Produkte als Tierwohlprodukte zu kennzeichnen. Für Verbraucher ist daher anhand eines Labels nicht ohne Weiteres zu erkennen, in welchem Maß durch eine bestimmte Labeling-Initiative Verbesserungen der Tierwohlstandards in der Produktion erzielt wurden.

An dieser Stelle könnte ein Bewertungskonzept, welches die Verbesserungen der Label-Richtlinien gegenüber den gesetzlichen Mindestanforderungen im Bereich der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung bewertet und als Tierwohlbeitrag in einem Punktesystem zum Ausdruck bringt, dem Verbraucher als Entscheidungshilfe beim Einkauf dienen. Die Ausgangssituation für die Entwicklung eines solchen Konzepts soll im Folgenden dargestellt werden.

2 Zentrale Tierwohlprobleme in der Broilermast

Bei der Beurteilung des Tierwohls landwirtschaftlicher Nutztiere gilt grundsätzlich, dass eine niedrige Sterblichkeitsrate, eine geringe Morbidität und Verletzungsrate, eine gute körperliche Verfassung, die Fähigkeit arttypisches Sozial-, Erkundungs- und Spielverhalten zu zeigen, sowie das Fehlen von Verhaltensstörungen und physiologischen Anzeichen von Stress darauf schließen lassen, dass keine gravierenden Tierwohlprobleme in der Herde vorliegen (AHAW 2000).

In Bezug auf den Status quo des Tierwohlniveaus in der Broilermast eine allgemeine Aussage zu treffen, ist schwierig; dass es einige zentrale Problembereiche gibt, gilt aber als unstrittig (DEIMEL et al. 2010). Als größtes Tierwohlproblem bei Masthähnchen beschreibt das AHAW Panel die verschiedenen Nebeneffekte der intensiven Selektion auf Wachstum und Futterverwertung (AHAW 2000). Diese züchterischen Veränderungen führen jedoch zu leistungsbedingten Gesundheitsproblemen, da die inneren Organe und das Skelett mit dem rapiden Wachstum der Muskulatur nicht mithalten können. Tierwohlprobleme, die direkt auf die hohen Wachstumsraten zurückzuführen sind, sind Stoffwechselstörungen, die vor allem Aszites und den plötzlichen Herztod hervorrufen

und entsprechend hohe Mortalitätsraten nach sich ziehen. Des Weiteren werden Fehlstellungen und Lahmheiten beobachtet, die durch Skelett- und Muskelerkrankungen hervorgerufen werden. Die hohen Wachstumsraten führen aber auch zu Verhaltensproblemen, insbesondere haben sie eine Verringerung der Bewegungsaktivität zur Folge, sodass Broiler die meiste Zeit tierartuntypisch im Sitzen oder Liegen verbringen (HÖRNING 2008). Das lange Sitzen auf nasser, ammoniakhaltiger Einstreu verursacht wiederum Kontaktdermatitiden an der Brust und den Beinen (BESSEI 2006). Auch Erkrankungen des respiratorischen Trakts werden auf eine schlechte Einstreuqualität zurückgeführt, die durch hohe Besatzdichten, ungeeignetes Einstreumaterial sowie ein schlechtes Management des Stallklimas und der Fütterung hervorgerufen werden (AHAW 2000).

Neben den Tierwohlproblemen in der Mast beschreibt das AHAW Panel (2010) zusätzlich massive Probleme auf den Zuchtbetrieben als auch beim Transport und der Schlachtung der Tiere. Tabelle 1 fasst die wesentlichen Einflussfaktoren auf das Tierwohl in verschiedenen Kategorien zusammen.

Tab. 1: Einflussfaktoren verschiedener Kategorien auf das Tierwohl von Broilern (AHAW 2010, verändert)
Tab. 1: Influencing factors of different categories on the animal welfare of broilers

Zucht/Genetik	Haltungsumwelt	Managementpraxis	Transport/Schlachtung
Ungeeignete Gewichtung von Selektionsmerkmalen	Hohe Besatzdichte	Unzureichende Qualifikation des Personals im Mastbetrieb	Unsachgemäßes Fangen der Tiere
Hohe Wachstumsraten	Mangelnde Einstreuqualität	Schlechtes Management des Stallklimas	Lange Transportzeiten
Hohes Körpergewicht	Ungeeignete Tränketechnik	Ungeeignete Futterzusammensetzung	Lange Wartezeiten am Schlachthof
Nicht ausbalancierte Körperproportionen	Ungeeignete Lüftungstechnik	Schlechtes Fütterungsmanagement	Ungeeignete Betäubungsverfahren
Eingeschränktes Bewegungsvermögen	Unnatürliches Lichtspektrum	Schlechtes Management der Lichtprogramme	Mangelnde Qualifikation des Schlachthofpersonals
Ungeeignete Brutmethoden bzw. mangelnde Bruthygiene	Unstrukturierte Haltungsumwelt	Unzureichende Bestandsinspektion	

3 Labeling-Initiativen in der Broilermast

Labels mit Tierwohlbezug können im Fleischmarkt als Qualitätssignal fungieren, indem sie die Konsumenten über die Ausprägung einer wichtigen Prozessqualität, der Tiergerechtigkeit, informieren (HEYDER und THEUVSEN 2009). Verbraucher erhalten durch solche Labels die Möglichkeit, sich beim Einkauf bewusst für Produkte tierischen Ursprungs zu entscheiden, die in der Produktion höheren Tierwohlstandards genügen. In den vergangenen Jahren sind in Deutschland einige sogenannte Tierwohl-Labels durch private Standardsetzer auf dem Fleischmarkt etabliert worden. Die bedeutendsten der im Markt für Hähnchenfleisch präsenten Tierwohl-Labels werden im Folgenden kurz vorgestellt:

Das „Neuland“-Label wurde durch den Neuland-Verein initiiert, der bereits 1988 durch verschiedene zivilgesellschaftliche Organisationen gegründet wurde. Lange Zeit galt „Neuland“ als das einzige originäre Tierschutz-Label in Deutschland (NEULAND 2013).

Das Tierwohl-Label „Für mehr Tierschutz“ wird seit 2009 vom Deutschen Tierschutzbund in Zusammenarbeit mit Vertretern aus Wissenschaft und Praxis entwickelt; 2012 wurde es in den Schweine- und Geflügelfleischmarkt eingeführt. Es umfasst eine Einstiegs- und eine Premiumstufe, denen jeweils verbindliche Anforderungen an die Tierhaltung, den Tiertransport und die Schlachtung zugrunde liegen (DEUTSCHER TIER-SCHUTZBUND 2013).

Dem „Tierschutz-Kontrolliert“-Label der Tierschutzorganisation Vier Pfoten liegt ein sehr ähnliches Konzept wie dem des Deutschen Tierschutzbundes zugrunde. Auch bei diesem Label handelt es sich um ein zweistufiges Label-System mit Richtlinien für die Mast, den Transport und die Schlachtung. Entsprechende Tierwohlprodukte sind seit 2013 in einigen Supermärkten erhältlich (VIER PFOTEN 2015).

Auch Bio-Produkte nach der EU-Öko-Verordnung sowie die auf dieser Verordnung aufbauenden Bio-Labels der privaten ökologischen Anbauverbände können aufgrund ihrer höheren Tierwohlstandards zu den Labeling-Initiativen mit Tierwohlbezug gezählt werden.

In Tabelle 2 werden die wichtigsten Label-Standards der am Markt präsenten Tierwohl-Labels für Hähnchenfleisch den gesetzlichen Mindeststandards der konventionellen Broilermast vergleichend gegenübergestellt.

Tab. 2: Darstellung der Tierwohlstandards ausgewählter Labeling-Initiativen

Tab. 2: Representation of the animal welfare standards of selected labeling initiatives

Kriterien	Deutsche Gesetzgebung	Neuland	Tierschutzbund Premiumstufe	Tierschutzbund Einstiegsstufe	Vier Pfoten Einstiegsstufe	EU-Öko-Verordnung
Bestands-obergrenze	keine Vorgaben	max. 16.000 Tiere	max. 16.000 Tiere	max. 60.000 Tiere	keine Vorgaben	max. 16.000 Tiere
Genetik	keine Vorgaben	Verbot unorganisch schnellwachsender Rassen	extensive bis mittelextensive Rassen	extensive bis mittelextensive Rassen	langsam wachsende Rassen	vitale und widerstandsfähige Rassen
Mastdauer	keine Vorgaben	keine Vorgaben	56 Tage	keine Vorgaben	56 Tage	81 Tage (konv. Rassen)
Tägliche Zunahme	keine Vorgaben	keine Vorgaben	max. 45 g/Tag	max. 45 g/Tag	max. 42 g/Tag	keine Vorgaben
Platzangebot	max. 39 kg/m ²	max. 21 kg/m ²	max. 21 kg/m ²	max. 25 kg/m ²	max. 25 kg/m ²	max. 21 kg/m ²
Beschäftigung	keine Vorgaben	keine Vorgaben	Picksteine, Rau-/Saftfutter	Picksteine	Picksteine, Pickkörner	Raufutter
Strukturierung der Stallfläche	keine Vorgaben	Strohballen	Strohballen und Sitzstangen	Strohballen und Sitzstangen	Strohballen und/oder Sitzstangen	keine Vorgaben
Auslauf/Weide	keine Vorgaben	4 m ² pro Tier	4 m ² pro Tier	keine Vorgaben	keine Vorgaben	4 m ² pro Tier
Kaltscharr-raum	keine Vorgaben	min. 1/3 der Stallgrundfläche	min. 20 % der Stallgrundfläche	min. 20 % der Stallgrundfläche	min. 20 % der Stallgrundfläche	keine Vorgaben
Lichtprogramm	min. 6 Std. Dunkelphase	min. 8 Std. Dunkelphase	min. 8 Std. Dunkelphase	min. 8 Std. Dunkelphase	min. 8 Std. Dunkelphase	min. 8 Std. Dunkelphase
Transportzeit	max. 12 Std.	max. 4 Std.	max. 4 Std.	max. 4 Std.	max. 4 Std.	max. 12 Std.

Fortsetzung der Tabelle siehe nächste Seite

Kriterien	Deutsche Gesetzgebung	Neuland	Tierschutzbund Premiumstufe	Tierschutzbund Einstiegsstufe	Vier Pfoten Einstiegsstufe	EU-Öko-Verordnung
Betäubung	Elektrobetäubung oder Gasbetäubung	Elektrobetäubung	2-Phasen-Gasbetäubung (CO ₂)	2-Phasen-Gasbetäubung (CO ₂)	2-Phasen-Gasbetäubung (CO ₂)	Elektrobetäubung oder Gasbetäubung
Auswertung und Nutzung von Schlachtbefunddaten	gesetzlicher Mindeststandard	gesetzlicher Mindeststandard	speziell tierbezogene Parameter	spezielle tierbezogene Parameter	spezielle tierbezogene Parameter	gesetzlicher Mindeststandard

Der Vergleich der Standards zeigt, dass zwar alle Labels in ähnlichen Bereichen über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen, dennoch sind zum Teil deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Label-Standards zu erkennen. Die Bedeutung dieser Unterschiede für das Tierwohl ist für den Verbraucher jedoch nicht ohne Weiteres ersichtlich. Eine objektivierte, expertenbasierte Bewertung dieser Standards hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Verbesserung des Tierwohls könnte an dieser Stelle mehr Transparenz im Marktsegment für Tierwohlprodukte schaffen.

4 Forschungsdesign

Das grundlegende Ziel der Autoren ist es, am Beispiel der Broilermast ein Konzept zur objektivierten Bewertung der Produktionsrichtlinien von Labeling-Initiativen zu entwickeln. Mithilfe dieses Konzepts soll auf Grundlage der jeweiligen Richtlinien für jedes Label ein sogenannter Tierwohlbeitrag ermittelt werden, der Auskunft über das Maß der Verbesserung der Tierwohlstandards im Vergleich zu den gesetzlichen Mindestanforderungen gibt. Ein solcher Tierwohlbeitrag könnten die bestehenden Informationsdefizite reduzieren und dem Verbraucher als Entscheidungshilfe beim Einkauf von Lebensmitteln tierischen Ursprungs dienen.

Für die Entwicklung des Bewertungskonzepts müssen zunächst geeignete Tierwohlkriterien ausgewählt und entsprechend ihres Einflusses auf das Tierwohl gewichtet werden. Die getroffene Kriterienauswahl und -gewichtung sollte dabei die Zustimmung einer möglichst großen Expertengruppe erfahren, um die Übereinstimmung mit dem Stand der Forschung zu gewährleisten. Um dieses Vorhaben zu realisieren, soll mit der Delphi-Methode eine Expertenbefragung durchgeführt werden. Diese Methode ist unter anderem dazu geeignet, verschiedene Expertenmeinungen durch eine mehrstufige strukturierte Befragung zu einem Konsens zu führen (GEENEN et al. 2009).

Auf diese Weise soll anhand der Ergebnisse der ersten Befragung zunächst ein allgemeingültiger Kriterienkatalog erarbeitet werden. Des Weiteren sollen die Experten in den folgenden Befragungsrunden die verschiedenen Kategorien und Tierwohlkriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Tierwohl einschätzen und entsprechend gewichten. Gleichzeitig sollen die Experten die verschiedenen Label-Richtlinien anhand der Ausprägungen der als relevant erachteten Tierwohlkriterien hinsichtlich ihres Beitrags zur Verbesserung des Tierwohls bewerten. Die Ergebnisse der Befragungsreihe sollen es schließlich ermöglichen, für jedes Label einen sogenannten Tierwohlbeitrag zu berechnen.

5 Fazit

Das beschriebene Bewertungskonzept erscheint geeignet, die Voraussetzungen, die durch die jeweiligen Label-Standards zur Verbesserung des Tierwohls geschaffen werden, in objektiver Weise zu beurteilen. Es muss jedoch explizit darauf hingewiesen werden, dass es sich um eine Bewertung von Richtlinien handelt. Die Vorgabe höherer Tierwohlstandards allein kann noch kein entsprechend höheres Tierwohlniveau in einer Herde garantieren. Dieses ist zu einem großen Teil immer auch abhängig von den Managementfähigkeiten des involvierten Personals. Bestimmen lässt sich die Höhe des erreichten Tierwohlniveaus am Ende nur an den Tieren bzw. der Herde selbst. Da es bisher aber aufgrund einer zu geringen Zahl zuverlässig messbarer Tierwohl-Parameter keine Möglichkeit gibt, exakte Aussagen über das Tierwohl zu treffen, kann die Bewertung der Richtlinien durchaus als geeignete Alternative angesehen werden.

Literatur

- AHAW (Panel of Animal Health and Welfare) (2010): Scientific report updating the EFSA opinions on the welfare of broilers and broiler breeders. <http://www.efsa.europa.eu/de/search/doc/295e.pdf>, Zugriff am 31.03.2015
- AHAW (Panel of Animal Health and Welfare) (2000): The Welfare of Chickens kept for Meat Production (Broilers). Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare. In: European Commission Health & Consumer Protection Directorate-General (Hrsg.): Directorate B - Scientific Health Opinions
- Bessei, W. (2006): Welfare of broilers: a review. *World's Poultry Science Journal*, 62(3), pp. 455-466
- Deimel, I.; Franz, A.; Frentrup, M.; von Meyer, M.; Spiller, A.; Theuvsen, L. (2010): Perspektiven für ein Europäisches Tierschutzlabel. Göttingen. <http://download.ble.de/08HS010.pdf>, Zugriff am 18.10.2013
- Deutscher Tierschutzbund e.V. (2013): Tierschutzlabel. <http://www.tierschutzlabel.info/tierschutzlabel/>, Zugriff am 23.10.13
- Development of new integrated strategies for prevention, control, and monitoring of epizootic poultry diseases (Contract No. SSPE-CT-2004-513737 HEALTHY POULTRY). Final report for the European Commission
- Geenen, P.L.; Grabowsky, B.; Saatkamp, H.W.; Windhorst, H-W. (2009): Explorative study on avian influenza risk factors in the EU-27: literature study and expert opinion
- Heyder, M.; Theuvsen, L. (2009): Corporate Social Responsibility im Agribusiness. In: Böhm, J.; Albersmeier, F.; Spiller, A. (Hrsg.): Die Ernährungswirtschaft im Scheinwerferlicht der Öffentlichkeit. Lohmar, Eul Verlag, S. 47-73
- Hörning, B. (2008): Auswirkungen der Zucht auf das Verhalten von Nutztieren. Kassel, Kassel university press
- Kayser, M.; Schlieker, K.; Spiller, A. (2012): Die Wahrnehmung des Begriffs „Massentierhaltung“ aus Sicht der Gesellschaft. *Berichte über Landwirtschaft* 90(3), S. 417-428
- Neuland (2013): Die Geschichte des NEULAND-Vereins. <http://www.neuland-fleisch.de/verein/geschichte.html>, Zugriff am 23.10.2013
- Schulze, B.; Spiller, A.; Lemke, D. (2008): Glücksschwein oder arme Sau? Die Einstellung der Verbraucher zur modernen Tierhaltung. In: Spiller, A.; Schulze, B. (Hrsg.): Zukunftsperspektiven der Fleischwirtschaft. Universitätsverlag Göttingen, S. 465-488
- Vier Pfoten (2015): Tierschutz-Gütesiegel. <http://www.vier-pfoten.de/themen/weitere/guetesiegel/>, Zugriff am 31.03.2015

Einfluss des Beschäftigungsmaterials und der Besatzdichte auf das Sozial- und Aktivitätsverhalten von unkupierten Absetzferkeln im konventionellen Betrieb

Influence of enrichment objects and stocking density on social and activity behaviour of undocked weaned piglets in conventional farms

KAROLINE SCHRAMM¹, ENGEL F. HESSEL², MIRIAM ABRIEL¹, CHRISTINA JAIS¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; karoline.schramm@lfl.bayern.de

² Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen

Schlüsselwörter: Ferkel, Schwanzbeißen, Beschäftigung, Besatzdichte

Keywords: piglets, tail biting, enrichment, stocking density

Zusammenfassung

Das Schwanzbeißen bei Schweinen ist ein bekanntes Problem in der Schweinehaltung. Es tritt bereits bei Absetzferkeln auf. Der Einfluss des Beschäftigungsmaterials und der Besatzdichte auf das Aktivitäts- und Sozialverhalten nicht kupierter Absetzferkel in konventioneller, strohloser Haltung sollte in einem Versuch erfasst werden. Dazu wurden 150 Ferkel in drei verschiedenen Buchtentypen mit normaler bzw. reduzierter Besatzdichte aufgestellt. Je ein Typ mit normaler und reduzierter Besatzdichte verfügte zusätzlich über deutlich angereicherte Beschäftigungsmöglichkeiten. Das Verhalten der Tiere wurde mithilfe von Videoaufzeichnungen ausgewertet. Es wurden 48 Ferkel ausgewählt und ein Kodierungsschema für 16 verschiedene Verhaltensweisen erstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial, Stroh- und Luzernefütterung positiv auf das Tierverhalten auswirkt.

Summary

Tail biting in pigs is a well-known problem in pig production. It already occurs in weaning piglets. In the study, the influence of stocking density and enrichment objects on the activity and social behavior of undocked weaners kept in litterless, conventional husbandry, should be proofed. For this purpose a trial with 150 piglets in three different types of housing conditions with normal, respectively reduced stocking density was carried out. For each stocking density at least one pen type was additionally equipped with a variety of enrichment objects. The behavior of the weaning piglets was recorded in each group. For the analysis 48 piglets were focused and 16 different behavioral patterns were defined. The results show, that the addition of enrichment objects, the feeding of straw and chopped Alfalfa hay affect the animal's behavior positively.

1 Einleitung und Zielstellung

Das Schwanzbeißen bei Schweinen ist ein lange bekanntes Problem in der Schweinehaltung (PENNY und HILL 1974, MOINARD 2000). Schwanzbeißen tritt bereits in der Ferkelaufzucht auf (ABRIEL und JAIS 2013, JAEGER 2013). Seine Ursachen sind vielfältig. Um dem Schwanzbeißen vorzubeugen, wird einem Großteil der Ferkel die Schwanzspitze kupiert. Routinemäßiges Kupieren der Schwänze ist nach EU-Richtlinie 2001/93/EG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen jedoch nicht erlaubt.

Mit vorliegender Arbeit sollte geprüft werden, inwieweit ein qualitativ und quantitativ reicheres Angebot an Beschäftigungsmaterialien, einschließlich der Gabe von Raufutter, sowie eine zusätzliche Erhöhung des Flächenangebots das Sozial- und Aktivitätsverhalten von Aufzuchtferkeln beeinflussen kann. Hierbei wurde insbesondere ein Fokus auf die Verhaltensunterschiede zwischen „Beißern“ und „Nicht-Beißern“ gelegt.

2 Tiere, Material und Methode

Im Versuchsstall der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Schwarzenau wurden insgesamt 150 Ferkel vom Absetzen über 7 Wochen Versuchsdauer bis zum Umstallen in die Mast in drei verschiedenen Buchtenvarianten gehalten. Die Schwänze aller Tiere waren nicht kupiert worden. 56 Ferkel wurden in zwei Buchten zu je 28 Tieren eingestallt. Diese Buchten entsprachen einer konventionellen Standardbucht und dienten als Kontrollvariante. Sie waren mit einem Kunststoffrostboden mit geschlossener Heizfläche ausgestattet sowie mit vier Fressplätzen an Breiautomaten, drei Tränkenippeln und einem Kunststoffobjekt an einer Kette als Beschäftigungsobjekt. Je Ferkel standen 0,35 m² uneingeschränkt nutzbare Bodenfläche zur Verfügung (Standard 28). 40 Ferkel wurden in zwei gleichgroße Buchten zu je 20 Tieren mit angereicherten Beschäftigungsmöglichkeiten, Raufutter und Schalentränke eingestallt (Tierwohl 20). Das Flächenangebot betrug hier 0,5 m² je Tier. 54 Ferkel standen in zwei Buchten zu je 27 Tieren (Tierwohl 27). Diese entsprachen in ihrer Ausstattung mit Beschäftigungsobjekten, Raufutter und Schalentränke den Tierwohl-20-Buchten und wiesen je Tier das gleiche Flächenangebot wie die Standard-28-Buchten auf.

Zweimal wöchentlich wurden alle Ferkel einzeln auf Verletzungen an Schwanz, Ohren und Flanken sowie auf Teilstückverluste an Schwanz und Ohren untersucht (vier bzw. drei Schweregrade).

An insgesamt drei Beobachtungstagen in der ersten, vierten und letzten Versuchswoche wurde das Verhalten von 8 Ferkeln je Bucht (insgesamt 48 Tiere) detailliert anhand von Videoaufzeichnungen analysiert im Hinblick auf Ruhe und Aktivitätsverhalten sowie Beschäftigung mit Buchtengenossen, angebotenen Beschäftigungsobjekten bzw. Futter einschließlich Raufutter. Insgesamt wurden 16 verschiedene Verhaltensweisen erfasst und in fünf *Verhaltensgruppen* zusammengefasst: *Passiv* (Liegen), *Futteraufnahme* (Luzerne, Strohraufe, Fressen am Trog, Tränkenippel, Schalentränke), *Aktiv* (Stehen, Laufen), *Beschäftigung mit Spielmaterial* (Standardspielzeug, Hanfseil, Bite Rite, Holzstück), *Beschäftigung mit Buchtengenossen* (leichtes Beißen = Tier beißt auf Schwanzspitze, betroffenes Tier schreit nicht; schweres Beißen = Tier beißt fest auf die

Schwanzspitze, betroffenes Tier schreit; Belly Nosing; Kampf). Tiere mit nicht erkennbaren Verhaltensweisen wurden mit „Außer Sicht“ bewertet. Es wurde zusätzlich zwischen Tieren unterschieden, die Schwanzbeißverhalten zeigten (Beißer) und solchen, die nicht an den Schwänzen ihrer Buchtenpartner bissen (Nicht-Beißer).

3 Ergebnisse

Die Ferkel der Gruppe Standard 28 wiesen signifikant mehr und schwerwiegendere Schwanzverletzungen auf als die Tiere der Tierwohlbuchten. Zwischen den Tierwohlbuchten konnte jedoch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Das Schwanzbeißen entwickelte sich im Laufe der Ferkelaufzucht je nach Aufstallungsvariante unterschiedlich. Die Tiere der Standard-28-Gruppe begannen in der zweiten Woche zu beißen, in den Tierwohlbuchten begann das Beißen deutlich später (Ergänzend zu diesem Beitrag werden die Ergebnisse zu den Schwanzverletzungen der Tiere im Beitrag von ABRIEL et al. in diesem Tagungsband berichtet.)

3.1 Verhalten der Tiergruppen

Die folgenden Ergebnisse geben die Häufigkeit der jeweiligen Verhaltensweisen im Mittel der drei Beobachtungstage wieder. Der Auswertung liegen Aufzeichnungen von jeweils 13–18 Uhr zugrunde.

In der Aufstallungsvariante Standard 28 waren die Tiere in 42 % der ausgewerteten Zeit „Passiv“ und zu 32 % der Zeit mit „Futteraufnahme“ beschäftigt. „Aktiv“ waren sie 18 % der Zeit, „Beschäftigung mit dem Buchtenpartner“ fiel mit (5 %) und „Nutzung des Beschäftigungsmaterials“ mit (3 %) an. Im Rahmen der Futteraufnahme verbrachten die Tiere mit 79 % die meiste Zeit mit „Fressen am Trog“, 11 % entfiel auf „Luzerne“ und 10 % auf „Tränkenippel“. Mit dem Buchtenpartner beschäftigten sich die Tiere am häufigsten durch „Belly Nosing“ (49 %). Am zweithäufigsten kam es mit 42 % zum „Kampf“, gefolgt von „leichtem Beißen“ (8 %) und „schwerem Beißen“ (1 %). Bei der Beschäftigung mit dem Spielmaterial wurde das „Standardspielzeug“ mit 53 % am häufigsten genutzt, gefolgt von „Hanfseil“ (47 %).

Die Schweine der Gruppe Tierwohl 20 verbrachten durchschnittlich 41 % der ausgewerteten Zeit mit der „Futteraufnahme“, 36 % „Passiv“, 11 % mit der „Nutzung des Beschäftigungsmaterials“, 9 % mit aktiven Verhaltensweisen und 3 % der Zeit beschäftigten sich die Tiere mit ihren Buchtengenossen. Im Rahmen der Futteraufnahme verbrachten die Tiere mit 50 % die meiste Zeit mit „Fressen am Trog“, 21 % an der „Strohraufe“, 18 % an der „Schalentränke“, 10 % mit „Luzerne“ und 1 % am „Tränkenippel“. Bei der Beschäftigung mit dem Buchtenpartner wurde mit 52 % die Verhaltensweise „Kampf“ am häufigsten durchgeführt. Am zweithäufigsten kam es mit 40 % zu „Belly Nosing“, gefolgt von „leichtem Beißen“ (7 %) und „schwerem Beißen“ (1 %). Bei der Beschäftigung mit dem Spielmaterial wurde das „Bite Rite“ mit 59 % am häufigsten genutzt, gefolgt von „Holzstück“ (32 %), „Standardspielzeug“ (5 %) und „Hanfseil“ (4 %).

Die Fokustiere der Aufstallungsvariante Tierwohl 27 verbrachten 47 % der ausgewerteten Zeit mit der „Futteraufnahme“, 32 % „Passiv“, 12 % mit der „Nutzung des Beschäftigungsmaterials“, 8 % „Aktiv“ und 1 % mit „Beschäftigung mit dem Buchtenpartner“.

Bei der „Futterraufnahme“ verbrachten die Tiere mit 56 % durchschnittlich die meiste Zeit mit „Fressen am Trog“, 18 % an der „Strohraufe“, 15 % an der „Schalentränke“, 10 % mit „Luzerne“ und 1 % am „Tränkenippel“. Bei der Beschäftigung mit dem Buchtenpartner wurde mit 74 % die Verhaltensweise „Belly Nosing“ am häufigsten durchgeführt. Am zweithäufigsten kam es mit 16 % zum „leichten Beißen“, gefolgt von „Kampf“ (10 %). Beim Spielmaterial wurde das „Bite Rite“ mit 64 % am häufigsten genutzt, gefolgt von „Holzstück“ (24 %), Hanfseil (9 %) und Standardspielzeug (3 %).

3.2 Durchschnittliches Verhalten der „Beißer“ und „Nicht-Beißer“

Insgesamt wurden elf der 48 Fokustiere als „Beißer“ identifiziert. Bei 37 Fokustieren konnte keine Verhaltensweise, die dem „leichten“ oder „schweren Beißen“ entspricht, zugeordnet werden. Die „Beißer“ zeigten im Allgemeinen deutlich mehr Aktivität als die „Nicht-Beißer“. Dies zeigt sich auch in der vergleichenden Darstellung der einzelnen Verhaltensweisen von „Beißern“ und „Nicht-Beißern“ in Abbildung 1.

Vor allem die „Beschäftigung mit dem Buchtenpartner“ war bei den „Beißern“ deutlich ausgeprägter als bei den „Nicht-Beißern“. Auch die Verhaltensgruppen „Futterraufnahme“ und „Beschäftigung mit dem Spielmaterial“ wurde von den „Beißern“ häufiger durchgeführt. Lediglich bei der Verhaltensgruppe „Aktiv“, die „Laufen“ und „Stehen“ beinhaltet, war die Häufigkeit der Verhaltensweise zwischen „Beißern“ und „Nicht-Beißern“ gleichmäßig verteilt (Abb. 1).

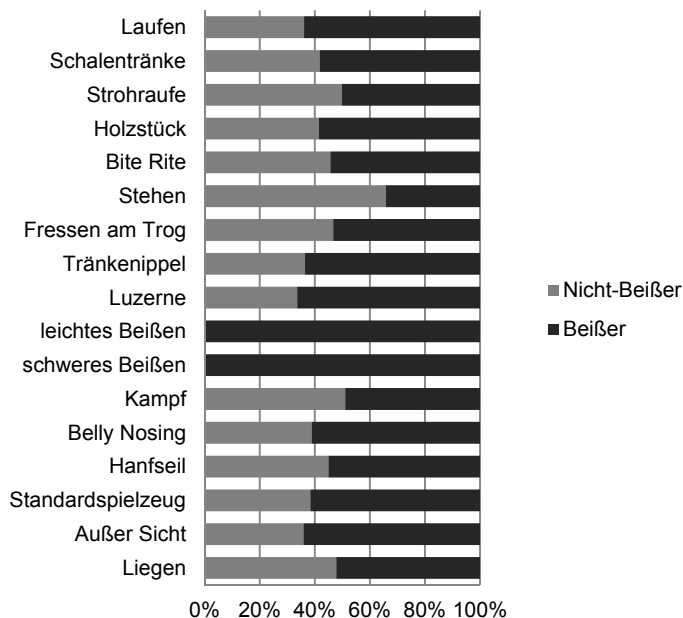


Abb. 1: Verhalten der „Beißer“ und „Nicht-Beißer“, n = 48

Fig. 1: Behavior of „tail-biters“ and „non-tail-biters“, n = 48

3.3 Veränderungen der Verhaltensweisen

Über die Dauer des Versuchszeitraumes veränderte sich das Verhalten der Tiere teilweise stark. Die Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der Verhaltensweisen der Fokustiere in den jeweiligen Tiergruppen sind deutlich.

Bei den Fokustieren der Gruppe „Tierwohl 20“, nahm die „Beschäftigung mit dem Buchtenpartner“ im Laufe des Versuchs deutlich zu. Vor allem das „schwere Beißen“ trat erst am letzten Auswertungstermin also gegen Ende der Ferkelaufzucht auf. Die „Beschäftigung mit dem Spielmaterial“ ging im Laufe der Aufzucht deutlich zurück, das „Hanfseil“, welches als Gegenmaßnahme zum Schwanzbeißen eingesetzt worden war, wurde dagegen stark genutzt. Die Tiere waren am dritten Auswertungstermin weniger „Passiv“ als am ersten Termin, allerdings änderte sich die Dauer der jeweiligen Verhaltensweise deutlich. So lagen die Tiere in der ersten Versuchswoche häufiger (43 %) aber kürzer (08:00 min) als in der letzten Versuchswoche (30 %, 18:00 min). Ähnlich verhielt es sich auch bei der Verhaltensgruppe „Futteraufnahme“. Auch hier verringerte sich die Häufigkeit zum Ende der Aufzucht, dafür stieg die Dauer der jeweiligen Verhaltensweise an. Bei den Fokustieren der Gruppe „Tierwohl 27“ nahm die „Beschäftigung mit dem Buchtenpartner“ ebenfalls im Laufe des Versuchs zu. Lediglich die Verhaltensweise „Kampf“ wurde zu Beginn der Aufzucht deutlich häufiger durchgeführt als am Ende. Auch bei dieser Gruppe trat das Beißen gehäuft gegen Ende des Versuchs auf. Die „Beschäftigung mit dem Spielmaterial“ ließ im Laufe des Versuchs deutlich nach. Das „Hanfseil“ wurde auch hier als Gegenmaßnahme eingesetzt und gut angenommen. Die „Futteraufnahme“ veränderte sich bei dieser Tiergruppe im Laufe des Versuchs kaum. Lediglich der Tränkenippel wurde gegen Ende der Aufzucht häufiger und auch länger genutzt. Bei der Gruppe „Standard 28“ trat die Beschäftigung mit dem Buchtenpartner am häufigsten in der Mitte des Versuchs auf. Das „schwere Beißen“ kam jedoch auch in der letzten Woche noch sehr häufig vor. Die „Beschäftigung mit dem Spielmaterial“ ließ wie bei den anderen Tiergruppen gegen Ende der Aufzucht deutlich nach, einzig das eingesetzte Hanfseil, weckte das Interesse der Tiere. Nachdem die Häufigkeit der „Futteraufnahme“ in der Mitte der Aufzucht zurückgegangen war, suchten die Tiere am letzten Auswertungstermin den Breiautomat wieder deutlich häufiger auf. Auch die als Gegenmaßnahme zum Schwanzbeißen eingesetzte Luzerne fand am Ende des Versuchs den meisten Anklang.

4 Diskussion

Begleitend zu den Auswertungen zum Tierverhalten wurden in den Versuchen auch die Verletzungen und Teilstückverluste an den Schwänzen der Ferkel erhoben (Siehe Beitrag von ABRIEL et al. 2015). In den Tierwohlbuchten (Tierwohl 20 und Tierwohl 27) wurden Verletzungen an den Ferkelschwänzen erst zum Ende der Aufzucht hin beobachtet, während sie in den Standardbuchten bereits in der zweiten Woche der Aufzucht zu beobachten waren. Außerdem erlitten wesentlich weniger Ferkel aus den Tierwohlbuchten einen Teilstückverlust am Schwanz (ca. 5 % im Vergleich zu 30 % in den Standardbuchten). Diese Beobachtungen stimmen überein mit den Ergebnissen der Verhaltensauswertungen. In beiden Tierwohlbuchten fand starkes Schwanzbeißen in einem deutlich gerin-

geren Umfang statt als in den Standardbuchten. Zudem trat es erst in der Endphase der Aufzucht auf, während es in der Standardbucht bereits in der zweiten Woche der Aufzucht zu beobachten war. Ein Vergleich der beiden Tierwohlvarianten zeigt, dass bereits das alleinige Angebot angereicherter Beschäftigungsmöglichkeiten einen Großteil der positiven Wirkungen erzielte. Die zusätzliche Verringerung der Besatzdichte von 27 auf 20 Tiere je Bucht, entsprechend einer Steigerung des Flächenangebots von $0,35 \text{ m}^2/\text{Tier}$ auf $0,5 \text{ m}^2/\text{Tier}$, brachte nur noch eine geringfügige Verringerung der Verletzungen. Dieser Unterschied ließ sich im Verhalten der Tiere bzw. Fokustiere jedoch nicht darstellen.

Die bei Auftreten des Schwanzbeißen ergriffenen Gegenmaßnahmen zeigten eine positive Wirkung. Die Anzahl der Verhaltensweisen „leichtes Beißen“ und „schweres Beißen“ ging zurück, stattdessen wurden das „Hanfseil“ sowie die „Luzerne“ intensiv genutzt. Jedoch konnte das Schwanzbeißen durch eine präventive Luzernefütterung und Bereitstellung der Beschäftigungsmaterialien nicht verhindert werden.

Insgesamt war das Interesse der Tiere an den Beschäftigungsmaterialien im Laufe des Versuchs rückläufig. Dennoch zeigte sich eine positive Wirkung des Beschäftigungsmaterials in den Gruppen Tierwohl 20 und Tierwohl 27 auf das Sozial- und Aktivitätsverhalten der Tiere. Sie nutzten häufiger das Spielmaterial anstelle ihrer Buchtenpartner zur Beschäftigung.

Literatur

- Abriel, M.; Jais, C. (2013): Einfluss der Haltungsbedingungen auf das Auftreten von Kannibalismus bei Aufzuchtferkeln. *Landtechnik* 68(6), S. 295-300
- Abriel, M.; Jais, C.; Bernhardt, H. (2015): Einfluss der Buchtengestaltung und des Platzangebots auf das Auftreten und die Entwicklung von Schwanzbeißen bei Aufzuchtferkeln. BTU-Tagungsband 12. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Nutztierhaltung in Weihenstephan 08.–10.09.2015, KTBL, Darmstadt
- Jaeger, F. (2013): Das Projekt „intakter Ringelschwanz“ bei Schwein – stehen wir vor dem Durchbruch? *Tierärztliche Umschau* 68, S. 3-11
- Moinard, C. (2000): Investigation into risk factors for tail-biting in pigs on commercial farms in England, UK. *Proceedings of the 9th International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics*, Breckenridge, Colorado, USA
- Penny, R.; Hill, F. (1974): Observations of some conditions in pigs at the abattoir with particular reference to tail biting. *Veterinary Record* 94, p. 174-180

Vergleich zwischen Stroh-Mist-Matratze und einer kombinierten Tiefboxvariante mit Gummiunterlage

Comparison between straw-manure-mattress and a combined flooring system for cubicles

ELFRIEDE OFNER-SCHRÖCK, GREGOR HUBER, THOMAS GUGGENBERGER

HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, 8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich; elfriede.ofner-schroeck@raumberg-gumpenstein.at

Schlüsselwörter: Rind, Liegebox, maxiBox®, Liegeverhalten, Strohbedarf, Arbeitszeitbedarf
Keywords: cattle, cubicle, maxiBox®, lying behaviour, demand of straw, working time

Zusammenfassung

Ziel des vorliegenden Projektes war es, einen Vergleich zwischen der herkömmlichen Stroh-Mist-Matratze und einer kombinierten Tiefboxvariante mit Gummiunterlage (maxiBox®) hinsichtlich Liegeverhalten der Tiere, Strohbedarf, Arbeitszeitbedarf und Matratzenzustand durchzuführen. Die Untersuchungen wurden im Rinderforschungsstall der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit 63 Milchkühen in zwei Versuchsdurchgängen durchgeführt. Nach einer Angewöhnungszeit von einem Monat zeigte sich, dass die Stroh-Mist-Matratzen im Durchschnitt in 45,1 % des Beobachtungstages und die maxi-Boxen® in 17,5 % des Beobachtungstages zum Liegen genutzt wurden ($p < 0,0001$). Nach einer Angewöhnungszeit von einem Jahr lagen die Werte bei 34,0 % bzw. 20,9 %. Hinsichtlich Strohverbrauch und Arbeitszeitbedarf wies die kombinierte Tiefboxvariante Vorteile auf. Dem Management jedes Liegeboxensystems kommt eine maßgebliche Bedeutung zu.

Summary

The aim of this project was to compare the conventional straw-manure-mattress and a combined cubicle flooring system with a rubber mat and straw bedding (maxiBox®) regarding lying behaviour of animals, demand of straw, working time and mattresses state. The investigations were carried out in the cattle housing system of HBLFA Raumberg-Gumpenstein with 63 dairy cows in two experimental periods. After an adaptation time of one month the straw-manure-mattresses were used for lying on average in 45.1 % of the observed day and the combined system in 17.5 % of the observed day ($p < 0.0001$). After an adaptation time of one year, the values were 34.0 % respectively 20.9 %. Regarding demand of straw and working time, the combined system showed advantages. The management of each cubicle system plays a crucial role.

1 Einleitung und Problemstellung

Eine Reihe von Wahlversuchen zwischen verschiedenen Bodenbelägen zeigen, dass Rinder weiche Liegeflächen gegenüber harten klar bevorzugen. Für Tiefboxen haben sich kompakte Stroh-Mist-Matratzen in der Praxis sehr gut bewährt. In letzter Zeit kommen auch neue Kombi-Systeme auf den Markt, die die Vorteile von Tief- und Hochboxen zu verbinden versuchen. Dabei werden Matten aus Kunststoffen und/oder Gummi mit Einstreu als Tiefbox geführt. Ein solches Kombi-System stellt die sogenannte maxiBox® der Firma Kraiburg dar.

Die maxiBox® wird auf ein 10 cm hohes Beton-Plateau gebaut. Sie besteht aus drei Bauteilen – einer Liegematte, einer Bugschwelle und einem hinteren Streuschwellenprofil – die allesamt komplett aus Gummi gefertigt sind. An der Unterseite weist die Liegematte ein Luftpolsterprofil auf. Die Oberseite ist mit einem U-Profil gestaltet, das Einstreu besonders gut auf der Matte halten soll, denn die Gummimatte wird mit einer 3–5 cm hohen Einstreuschicht versehen.

Einzelne bisher durchgeführte Vergleichsuntersuchungen liefern erste Ergebnisse zu den neuen Kombi-Liegeboxensystemen (BOISSON 2012, EILERS 2013). Verschiedene Einflussfaktoren konnten aber noch nicht vollständig abgeklärt werden.

In dem Versuch von EILERS (2013) wurden unterschiedlich gestaltete Tiefboxen, Hochboxen und Kombi-Systeme (PackMat und maxiBox®) hinsichtlich Akzeptanz und Nutzung durch die Tiere verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Tiefboxensysteme von den Tieren eindeutig am besten angenommen wurden. Es wurden Boxenbelegungsraten von 72–76 % erzielt. Die neuen Kombi-Systeme wurden etwas besser angenommen (56–63 %) als die Hochboxen (49–62 %) und zeigten diesen gegenüber Verbesserungen im Liegekomfort. Die maxiBoxen® mit Neckrail-Boxenabtrennung wiesen eine Belegungsrate von 56 % auf. Es muss jedoch erwähnt werden, dass sich die getesteten Liegeboxen in mehreren Faktoren unterschieden (Matratze, Boxentrennbügel, Liegelänge, Nackenriegel), sodass die Ursachen für die unterschiedliche Nutzung nicht genau geklärt werden konnten.

Bei BOISSON (2012) wurde das Liegeverhalten und die Präferenzen bei Milchkühen für Tiefboxen, Hochboxen und maxiBoxen® untersucht. Auch hier zeigte sich, dass die Tiefboxen von den Kühen am häufigsten belegt wurden. Dies bestätigte, was bereits viele internationale Studien aufgezeigt hatten. Die Belegung der maxiBox® war in diesem Versuch am geringsten, was jedoch durch den Versuchsaufbau begründet sein könnte. Zum einen war die Lage der maxiBoxen® im Stall eher ungünstig und zum anderen waren an diesen Stellen vorher Wasserbetten eingebaut gewesen, die die Kühe ungern aufgesucht hatten. Positiv wurde vermerkt, dass die maxiBoxen® zügige Aufsteh- und Abliegevorgänge ermöglichten und vergleichsweise sauber blieben. Um die Akzeptanz der maxiBoxen® nach einer längeren Angewöhnungszeit zu erfassen, wurden weitere Studien angeregt.

Ziel des vorliegenden Projektes der HBLFA Raumberg-Gumpenstein war es, über einen längeren Versuchszeitraum unter Ausschluss möglichst vieler Einflussfaktoren einen Vergleich zwischen der herkömmlichen Stroh-Mist-Matratze und der kombinierten Tiefboxvariante mit Gummiunterlage (maxiBox®) durchzuführen. Als Teilziele sollten das Liegeverhalten der Tiere, der Stroh- und Arbeitszeitbedarf sowie der Matratzenzustand untersucht werden.

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen wurden im Rinderforschungsstall der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Dies ist ein Liegeboxenlaufstall in offener Cuccetten-Bauweise, in dem den 63 Milchkühen (12 FV, 51 HF) 33 Tiefboxen mit Stroh-Mist-Matratze und 33 Liegeboxen mit der maxiBox® angeboten werden (Abb. 1). In zwei Erhebungsdurchgängen mit unterschiedlich langer Angewöhnungsphase an die kombinierte Tiefboxvariante per Video wurde das Liegeverhalten der Tiere an sechs aufeinanderfolgenden Tagen von 05:00 h bis 20:00 h aufgezeichnet und jeder zweite Tag (Tag 1, 3 und 5) nach kontinuierlichem Verfahren mit dem Programm Mangold Interact 9 ausgewertet. Der erste Versuchsdurchgang fand nach einer Angewöhnungszeit von einem Monat und der zweite nach einer Angewöhnungszeit von einem Jahr statt. Um den Einfluss von Lahmheiten auf das Liegeverhalten berücksichtigen zu können, wurden alle Tiere nach einem fünfstufigen Schema beurteilt. Zusätzlich wurde der Strohbedarf mittels Wiegungen, der Matratzenzustand anhand eines Beurteilungsbogens und der Arbeitszeitbedarf durch zeitliche Erfassung der Arbeitsvorgänge im Vergleich zwischen den beiden Tiefboxvarianten an insgesamt 17 Tagen im Herbst morgens und abends zu den Stallarbeitszeiten erhoben. Im Zuge der statistischen Datenauswertung wurde für den Gruppenvergleich ein allgemeines lineares Modell (GLM) Typ III verwendet, welches in mehreren Konfigurationen zur Anwendung gelangte.

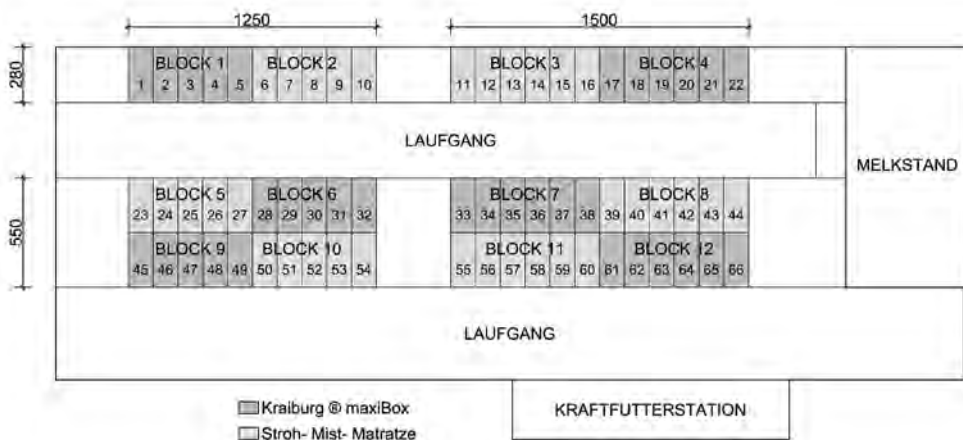


Abb. 1: Verteilung der beiden Liegeboxensysteme im Rinderforschungsstall der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Fig. 1: Overview of the two cubicle systems in the cattle housing system of HBLFA Raumberg-Gumpenstein

3 Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden die Ergebnisse zum Liegeverhalten, zu Strohverbrauch, Matratzenzustand und zum Arbeitszeitbedarf vergleichend dargestellt (OFNER-SCHRÖCK et al., 2015; ROHRER et al. 2013, EIBL 2015).

3.1 Liegeverhalten

Im ersten Versuchsdurchgang zeigte sich, dass die Stroh-Mist-Matratzen im Durchschnitt (LS-Means) in 45,1 % des Beobachtungstages und die maxiBoxen® in 17,5 % des Beobachtungstages zum Liegen genutzt wurden ($p < 0,0001$). Nach längerer Angewöhnungszeit im zweiten Versuchsdurchgang war eine gewisse Verschiebung dahingehend festzustellen, dass die Stroh-Mist-Matratzen in 34,0 % des Beobachtungstages und die maxiBoxen® in 20,9 % des Beobachtungstages zum Liegen genutzt wurden ($p < 0,0001$).

Die Lufttemperatur im ersten Versuchsdurchgang betrug im Durchschnitt 14,1 °C im zweiten Versuchsdurchgang 3,2 °C. Die Lahmheitsbeurteilung nach dem fünfstufigen Beurteilungsschema von WINCKLER und WILLEN (2001) zeigte eine sehr gute Lahmheits-situation in der Herde (39 Tiere mit Score 1; 23 Tiere mit Score 2; 1 Tier mit Score 3), sodass keine diesbezüglich Beeinflussung des Liegeverhaltens gegeben war.

Betrachtet man die einzelnen Liegeboxenblöcke (Abb. 1) zeigt sich das in Tabelle 1 (Angewöhnungszeit ein Monat) und Tabelle 2 (Angewöhnungszeit ein Jahr) dargestellte Bild. Die mit Stroh-Mist-Matratzen ausgestatteten Liegeboxenblöcke 2, 3, 5, 8, 10, und 11 wurden im Mittel in 43,0 bis 45,6 % bzw. in 28,3 bis 38,2 % des Beobachtungstages zum Liegen genutzt. In den mit maxiBoxen® ausgestatteten Liegeboxenblöcken 1, 4, 6, 7, 9 und 12 waren in 10,6 bis 24,3 % bzw. in 16,0 bis 29,0 % des Beobachtungstages liegende Tiere zu beobachten.

Bei Betrachtung der Liegedauern in den drei Liegeboxenreihen, ließ sich eine leichte Präferenz für die gegenständigen Boxen im Vergleich zur wandständigen Boxenreihe erkennen. Die geringere Liegedauer in Liegeboxenblock 12 könnte mit der geringeren Nutzung der Liegeboxen in der Nähe der stark frequentierten Kraftfutterstation zusammenhängen. Weitere Faktoren, die die Liegeplatzwahl und Liegedauer beeinflussen (z.B. Randbox, innenliegende Box, windexponiert), konnten analysiert und durch die gleichmäßig Aufteilung der beiden Liegeboxentypen im Stall über das Versuchsdesign ausgeglichen werden.

Insgesamt zeigte die Betrachtung des Liegeverhaltens im vorliegenden Versuch eine Bevorzugung der Tiefboxen, was auch in den Untersuchungen von EILERS (2013), BOISSON (2012), HÖRNING (2003), NORRINE et al. (2008), TUCKER et al. (2004) und PIESK (2011) zum Ausdruck kam.

Tab. 1: Liegezeiten je Liegeboxenblock nach 1 Monat Angewöhnungszeit ($p < 0,0001$)

Tab. 1: Lying time per cubicle block after an adaptation time of one month

Stroh-Mist-Matratze			maxiBox®		
Liegeboxen-block	Liegezeit LS-Means [%]	Standard-fehler	Liegeboxen-block	Liegezeit LS-Means [%]	Standard-fehler
2	43,9	3,57	1	10,6	3,57
3	43,0	2,66	4	11,7	3,40
5	-	-	6	20,2	3,02
8	43,2	2,82	7	20,1	3,40
10	45,6	3,02	9	24,3	4,61
11	45,0	2,66	12	12,08	2,92

Tab. 2: Liegezeiten je Liegeboxenblock nach 1 Jahr Angewöhnungszeit ($p < 0,0001$)

Tab. 2: Lying time per cubicle block after an adaptation time of one year

Stroh-Mist-Matratze			maxiBox®		
Liegeboxen-block	Liegezeit LS-Means [%]	Standard-fehler	Liegeboxen-block	Liegezeit LS-Means [%]	Standard-fehler
2	32,8	3,23	1	23,3	2,73
3	28,3	2,48	4	18,0	2,73
5	35,2	2,64	6	21,4	2,64
8	31,7	2,41	7	16,3	2,84
10	38,2	2,64	9	29,0	2,95
11	36,6	2,41	12	16,0	2,84

3.2 Strohbedarf und Matratzenzustand

Hinsichtlich des Strohverbrauches wies die maxiBox® einen deutlich niedrigeren Wert von 0,44 kg Stroh pro Tier und Tag gegenüber der Stroh-Mist-Matratze mit 1,32 kg Stroh pro Tier und Tag ($p < 0,0001$) auf, was sich auch in der Beurteilung des Matratzenzustandes widerspiegelte. Bei der Stroh-Mist-Matratze wurde immer wieder Stroh zum Auffüllen von entstandenen Löchern benötigt, während bei der maxiBox® lediglich das auf der gleichbleibenden Mattengrundlage vorhandene Stroh wieder gleichmäßig verteilt werden musste.

HEIDENREICH (2010) gibt einen Strohbedarf von umgerechnet 0,71 kg pro Kuh und Tag für Tiefboxen an. Bei Hochboxen nennt er 0,11 kg Strohmehl pro Kuh und Tag. JAKOB und OERTLI (1992) beschreiben, dass für das Nachstreuen bei einer Stroh-Mist-Matratze mit 0,3 bis 1,0 kg Stroh pro Tier und Tag zu rechnen ist, während bei einer Liegebox mit Gummimatte täglich 0,2 kg Stroh hacksel pro Tier benötigt werden. ZÄHNER et al. (2000) geben für Liegeboxenlaufställe mit zumindest einseitig offenem Liegebereich Mittelwerte von 1,0 kg Einstreu pro Tier und Tag für Strohmattentzen und 0,4 kg für weiche Matten an. FREIBERGER (2008) weist darauf hin, dass der Pflegezustand der Tiefboxen eine wichtige Rolle für die Akzeptanz durch das Tier spielt und zeigt bei gutem Pflegezustand eine Liegedauer von 13,3 h, bei mittlerem Pflegezustand 12,2 h und bei schlechtem Pflegezustand 10,9 h (jeweils pro 24 h).

3.3 Arbeitszeitbedarf

Der Arbeitszeitbedarf für die Pflege der maxiBox® lag mit 0,22 Minuten pro Tier und Tag ebenfalls unter jenem für die Stroh-Mist-Matratze mit 0,36 Minuten pro Tier und Tag ($p < 0,0001$). Der Arbeitsvorgang „Boxenpflege“ umfasste dabei das Reinigen der Box, das Einstreuen und Verteilen von Stroh sowie das Auffüllen etwaiger Löcher in der Stroh-Mist-Matratze.

SCHICK und MORIZ (2004) geben für das Reinigen von Tiefboxen 0,31 bis 0,60 AKmin pro Kuh und Tag und für Hochboxen 0,21 bis 0,45 AKmin pro Kuh und Tag an. Hinzu kommt ein Zeitbedarf von 0,04 bis 0,1 AKmin pro Tier und Tag für das Einstreuen von Liegeboxen (KTBL 2008). HEIDENREICH (2010) veranschlagt für Tiefboxen einen Zeitaufwand für Liegeboxenpflege und Einstreuen von umgerechnet 0,70 AKmin pro Kuh und Tag, für Hochboxen 0,22–0,30 AKmin pro Kuh und Tag. Bei ZÄHNER et al. (2000) wird für Liegeboxenlaufställe mit zumindest einseitig offenem Liegebereich ein Arbeitszeitbedarf von 0,7 AKmin für Strohmattentzen und 0,4 AKmin für weiche Matten genannt.

4 Schlussfolgerungen

Die kombinierte Tiefboxvariante maxiBox® weist hinsichtlich Strohverbrauch und Arbeitszeitbedarf Vorteile auf. Die Akzeptanz durch die Tiere ist jedoch geringer als bei der Stroh-Mist-Matratze. Eventuell könnten höhere Seitenprofile, die eine dickere Strohauflage gewährleisten, hier weitere Verbesserungen bringen. Die Wirkung der flexiblen Bug- und Streuschwelle der maxiBox® wurde in diesem Projekt nicht näher untersucht, erscheint aber für ein bequemes Liegen sinnvoll. Abschließend bleibt zu sagen, dass letztendlich das Management von ausschlaggebender Bedeutung für das optimale Funktionieren jedes Liegeboxensystems ist.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Validierung des Bewertungssystems „Cows and more“ zur Aufdeckung von haltungs- und managementbezogenen Schwachstellen in Liegeboxenlaufställen für Milchkühe

Validation of on-farm assessment system “Cows and more” to detect weak-points in husbandry and management in free-stall barns for dairy cows

KATHARINA DAHLHOFF¹, ANDREAS PELZER¹, WOLFGANG BÜSCHER², ANNA-LENA AHRING¹

¹ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Versuchs- und Bildungszentrum Haus Düsse, 59505 Bad Sassendorf; katharina.dahlhoff@lwknrw.de

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

Schlüsselwörter: Schwachstellenanalyse, Benchmarking, Liegeboxengestaltung, Liegeverhalten, Hygienescore, Haut- und Gelenksbonitierung

Keywords: weak-point analysis, benchmarking, cubicle design, lying behaviour, cows' cleanliness, cows' skin lesions

Zusammenfassung

Die tiergerechte Gestaltung von Liegeboxenlaufställen erfordert eine gezielte Anpassung der baulichen und produktionstechnischen Ausstattung sowie der betrieblichen Managementabläufe an die Ansprüche der Tiere. Um ungenutzte Reserven in den Bereichen Haltung und Management zu mobilisieren, wurde unter dem Namen „Cows and more“ ein tierbezogenes Bewertungssystem entwickelt, das potentielle Einflussfaktoren für Beeinträchtigungen der Kühe aufzeigt. Dadurch können konkrete Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen und des Managements abgeleitet werden. Zur Validierung dieses Beratungssystems wurden zwei Untersuchungsbetriebe nach Umsetzung der Beratungsempfehlungen erneut bonitiert und auf Veränderungen des Verhaltens und der Erscheinung ihrer Milchkühe überprüft. Durch die gezielte Optimierung der Liegebereiche konnten die haltungsbedingten Beeinträchtigungen der Tiere in erheblichen Umfang reduziert werden. Diese positiven Effekte lassen auf eine hohe Validität der abgeleiteten Handlungsempfehlungen sowie eine gute Zweckmäßigkeit des Bewertungssystems schließen.

Summary

For an animal-friendly design of free-stall barns for dairy cows, husbandry and management should be adapted on the needs of the cows. To activate hidden reserves, an animal-based on-farm welfare assessment named “cows and more” was developed which detect potential influencing factors on cows' behavior. Thereby it is possible to deduce specific recommendation for improving housing conditions. For validation of this weak-point analysis, two examined farms were analysed again after they have implemented selective measures for improving their housing conditions, especially in the lying area. As result, much less interferences on cows' behaviour and their appearance could be observed. These positive effects indicate a high validity and advisability of the weak-point analysis and their derived recommendations.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die ökonomischen Rahmenbedingungen erzeugen in Verbindung mit der öffentlichen Tierschutzdiskussion und den veränderten Verbraucheransprüchen einen hohen Anpassungsdruck auf die Milchviehhaltung in Deutschland. Eine tiergerechte Gestaltung von Milchviehställen bietet vielfältige Vorteile, die sich in einer erhöhten Leistungsbereitschaft der Tiere, einer möglichen Verbesserung der Tiergesundheit und des Wohlbefindens sowie einer höheren Verbraucherakzeptanz ausdrücken können (WINCKLER 2005). Daher sollten die bauliche und produktionstechnische Gestaltung der einzelnen Funktionsbereiche sowie deren Bewirtschaftungsweise gezielt auf die Bedürfnisse der Kühe ausgerichtet werden (JONES 1990).

Um Schwachstellen in den Bereichen Haltung und Management aufzudecken und somit ungenutzte Reserven in Liegeboxenlaufställen zu mobilisieren, wurde unter dem Namen „Cows and more“ ein Bewertungssystem entwickelt, das auf der Grundlage ausgewählter Verhaltens- und Erscheinungsmerkmale der Milchkühe eine standardisierte Bewertung der Haltungsbedingungen ermöglicht.

2 Material und Methoden

Als Grundlage für das Expertensystem wurde in einer Felderhebung ein Datenpool aus 66 nordrhein-westfälischen Milchviehbetrieben angelegt. Dieser enthielt neben umfassenden bautechnischen und managementspezifischen Kriterien vor allem ausgewählte tierbezogene Indikatoren zum Verhalten der Kühe sowie deren Erscheinung (Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht über die im Bewertungssystem „Cows and more“ verwendeten tierbezogenen Indikatoren (Quelle: Eigene Darstellung)

Tab. 1: Overview of applied animal-based indicators of on-farm welfare assessment system "cows and more" (source: own illustration)

Tierbezogene Kriterien	Indikatoren
Laufverhalten	Kopfhaltung (Hals-Widerristlinie $< / > 20^\circ$)
Abliegeverhalten	Abliededauer (Dauer nach Betreten der Box bis zum vollständigen Liegen): < 30 Sek., $30-60$ Sek., > 60 Sek.
Aufenthaltssorte	Anteil der Kühe liegend in Liegebox, stehend in Liegebox, im Fressgitter, im Fressgang, im Boxengang, liegend auf Lauffläche
Liegepostionen	Brustlage, Vorderbeinstreckung, Hinterbeinstreckung, Schlafposition, totale Seitenlage
Abkoten in Liegebox	Kotverschmutzung mittig in Box oder seitlich unter Boxenbügel
Sauberkeit der Kühe	Hygienescore 1-6: sauber/leicht verfärbt/stark verfärbt/Kotanhftung/Klutenbildung/starke Klutenbildung
Haut- und Gelenks-Veränderungen	7 Körperregionen: Hinterhand, Kreuz, Sitzbein, Euter-Bauch, Schwanz, Schwanzquast, Unterbein Schadensklassen 0-5: kein Befund/haarlose Stellen/hautlose Stellen/gedeckte Umfangsvermehrungen/offene Umfangsvermehrungen 6 Körperregionen: Tarsalgelenke, Karpalgelenke, Knie, Wirbelsäule, Widerrist, Wamme

2.1 Methodik

Die einzelbetriebliche Schwachstellenanalyse wird als dreistufiger Prozess durchgeführt (vgl. PELZER et al. 2007, RÜTZ 2010, DAHLHOFF 2014). Nach der Datenerfassung im Betrieb basiert der erste Schritt der Schwachstellenanalyse auf einem Vergleich der tierbezogenen Daten mit verschiedenen Referenzwerten. In diesem Benchmarking sind Ziel-, Richt- und Grenzwerte etabliert, die in Anlehnung an vergleichbare Angaben aus der Fachliteratur sowie anhand der eigenen Datenverteilungen (Betrachtung der Wertebereiche der Standardabweichung sowie unterschiedlicher Quantile) festgelegt wurden (DAHLHOFF 2014). Im Rahmen der statistischen Auswertung des Datenpools wurden zudem Zusammenhänge zwischen den Tieren, der Haltungsumwelt sowie den betrieblichen Managementmaßnahmen überprüft. So können im zweiten Schritt der Schwachstellenanalyse potentielle Risikofaktoren für die Beeinträchtigungen der Kühe identifiziert werden. Der dritte Schritt hat das Ziel, konkrete Handlungsempfehlungen abzuleiten und diese im Betrieb gezielt umzusetzen. Dadurch wird eine Verbesserung der Haltungsbedingungen im Sinne der Tiergerechtigkeit angestrebt.

Um die Validität der getätigten Beratungsaussagen und somit auch die Zweckmäßigkeit des gesamten Beratungsangebotes zu überprüfen, wurden in zwei Untersuchungsbetrieben Nachbonitierungen der tierbezogenen Indikatoren durchgeführt (vgl. DAHLHOFF 2014). Dabei wurde überprüft, ob nach Optimierung der bemängelten haltungs- und managementbezogenen Kriterien Verbesserungen bei den Verhaltens- und Erscheinungsparametern der Kühe erzielt werden konnten. Zur Bewertung der Veränderungen der tierbezogenen Merkmale wurde auf deren Referenz-Standardabweichungen aus dem Datenpool zurückgegriffen.

2.2 Untersuchungsbetriebe

Im ersten Untersuchungsbetrieb lag ein dreireihiger Offenfrontstall mit insgesamt 95 aufgestellten Milchkühen vor. Da seit der Errichtung des Stalls im Jahre 1995 keine Modernisierung der Produktionstechnik durchgeführt worden war, wurden in den Liegeboxen erwartungsgemäß veraltete, zu kleine Funktionsabmessungen vorgefunden (Länge der Liegefläche 175 cm, Höhe des Nackenriegels 110 cm, Boxenbreite 110 cm, keine Bugschwelle). Als Hochboxenbelag diente eine 13 Jahre alte Kuhmatratze, die bei Bedarf mit Kalk eingestreut wurde.

Im zweiten Untersuchungsbetrieb wurde die Schwachstellenanalyse in einem mit 80 Kühen belegten, vierreihigem Stallabteil durchgeführt. Als Boxensystem waren Hochboxen installiert, die sich durch den Einsatz eines flexiblen Nackenriegels (Nackenband) charakterisierten. Die Boxenabmessungen waren gemäß der damaligen Beratungsempfehlungen aus dem Baujahr 1999 eher restriktiv eingestellt (Länge der Liegefläche 180 cm, Höhe des Nackenbandes 114 cm, Boxenbreite 112 cm). Als Hochboxenbelag diente eine ebenfalls 1999 angeschaffte Kuhmatratze, die mit Strohmehl eingestreut wurde. Zudem waren die Boxen mit einer 9 cm hohe Bugschwelle sowie mit einem Kopfrohr (75 cm Höhe) ausgestattet. Im Gegensatz zum ersten Untersuchungsbetrieb führte die vierreihige Aufstallung zu einem sehr unausgeglichene Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1:0,6.

3 Ergebnisse

Anhand des Benchmarkings konnten in beiden Untersuchungsbetrieben im Rahmen der ersten Schwachstellenanalyse deutliche Schwachstellen im Liegebereich festgestellt werden. Diese spiegelten sich in einer unzureichenden Akzeptanz der Liegeboxen, verzögerten Abliegevorgängen sowie hohen Verletzungshäufigkeiten der Tarsalgelenke der Kühe wider.

Zur Verbesserung der Liegeflächenqualität wurde die Anschaffung neuer Hochboxenbeläge, verbunden mit einer Optimierung des Einstreumanagements in Form einer regelmäßigen Einstreu mit organischem Material, empfohlen. Dieser Forderung kamen beide Betriebe nach. Um die haltungsbedingten Beeinträchtigungen der Tiere im Liegebereich weiterhin zu reduzieren, sollte eine Anpassung der Boxenabmessungen an die Richtlinien des DLG-Merkblattes zur Liegeboxengestaltung (Länge der Liegefläche > 180 cm, Höhe des Nackenriegels 125–133 cm, Boxenbreite 120 cm, vgl. DLG 2012) erfolgen. Diese Empfehlung blieb im ersten Betrieb aufgrund eines anstehenden Neubaus aus. Im zweiten Betrieb blieben die alten Abmessungen ebenfalls bestehen, jedoch wurde das sehr niedrige Kopfrohr entfernt. Zudem stellte dieser Betrieb aufgrund seiner überbelegten Fressplätze von ein- auf zweimal tägliche Fütterung in Verbindung mit regelmäßigem Anschieben des Futters um.

In beiden Untersuchungsbetrieben machte sich die Optimierung der Liegeflächenqualität vor allem in der Dauer der Abliegevorgänge der Tiere bemerkbar. Zwischen dem ersten und zweiten Bonitierungstermin wurden sehr deutliche Verbesserungen in diesen Indikatoren erzielt. Wie Abbildung 1 zeigt, konnten in Untersuchungsbetrieb 1 während des ersten Termins lediglich 14,3 % der Tiere mit einer Abliegedauer von unter 30 Sek. beobachtet werden. Damit wurde der vorgegebene Grenzwert von ≤ 40 %, den etwa die Hälfte aller 66 Referenzbetriebe erfüllte, deutlich unterschritten. Dagegen wiesen im zweiten Termin 85,7 % der bonitierten Tiere schnelle Abliegevorgänge auf, so dass der Richtwert von ≤ 70 % sogar überschritten wurde.

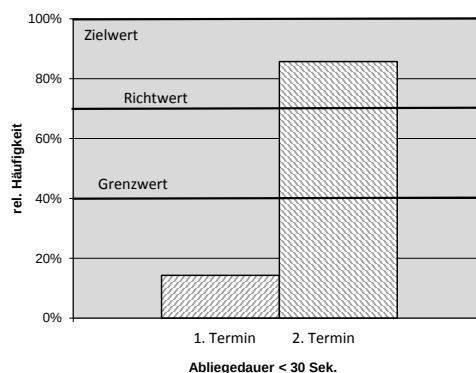


Abb. 1: Im ersten und zweiten Bonitierungstermin festgestellte rel. Häufigkeiten von schnellen Abliegevorgängen der Kühe des Untersuchungsbetriebes 1 im Vergleich zum vorgegebenen Ziel-, Richt- und Grenzwert

Fig. 1: Rel. frequencies of cows' fast lying down periods in comparison with defined target-, guide- and critical value determined in investigative farm 1 during first and second evaluation date

Im Untersuchungsbetrieb 2 wurden bei der ersten Bonitur keine Tiere mit schneller Abliegedauer festgestellt. Während rund 80 % der beobachteten Kühe länger als 60 Sekunden für ihren Abliegevorgang benötigten, stieg der Anteil der schnellen Abliegevorgänge im zweiten Termin auf 85,7 % an. In beiden Betrieben lassen die Veränderungen um die mehr als 2,5-fache Referenzstandardabweichung auf eine deutliche, nicht zufallsbedingte Verbesserung schließen.

Die Steigerung der Akzeptanz der Liegeboxen konnte auch in der Häufigkeitsverteilung der Aufenthaltsorte der Kühe drei Stunden nach der Fütterung beobachtet werden. Im ersten Untersuchungsbetrieb erhöhte sich der Anteil der in den Liegeboxen liegenden Tiere von 62,4 % auf 77,0 %, was einer Veränderung um die 1,3-fache Referenz-Standardabweichung entspricht. Bei den Indikatoren der in den Liegeboxen stehenden Tiere verringerten sich die Anteile um jeweils mehr als eine Referenz-Standardabweichung (Stehen mit zwei Beinen in der Box: 10,6 % zu 3,4 %; Stehen mit vier Beinen in der Box 7,1 % zu 0 %). Dabei weist vor allem das verringerte Stehen mit vier Beinen in den Liegeboxen auf einen positiven Einfluss der verbesserten Liegeflächenqualität hin.

Im zweiten Untersuchungsbetrieb wurden ähnliche Beobachtungen gemacht (vgl. Abb. 2). So wurde der Anteil der Kühe, die mit zwei Beinen in den Liegeboxen standen, leicht verringert. Der zunächst oberhalb des Richtwertes liegende Anteil der Kühe, die mit vier Beinen in den Liegeboxen standen, fiel um 1,5 Referenz-Standardabweichungen ab, so dass beide Indikatoren im zweiten Bonitieringstermin auf gleich niedrigem Niveau lagen. Zudem stieg der Anteil der liegenden Tiere um zwei Referenz-Standardabweichungen und kann somit als deutliche Veränderung gewertet werden.

Hinsichtlich der Aufenthaltsorte der Tiere bewirkte die Umstellung der Futtervorlagehäufigkeit im Untersuchungsbetrieb 2 eine Reduzierung der drei Stunden nach der Fütterung im Fressgitter stehenden Tiere. Während im ersten Termin knapp 29 % der Tiere trotz deren Hauptruhephase im Fressgitter standen, lag der Anteil im zweiten Termin bei 18,4 %. Die Reduzierung wird in diesem Fall aufgrund der Entzerrung des geringen Tier-Fressplatz-Verhältnisses durch mehrmalige Futtervorlage sowie der gesteigerten Liegeboxenakzeptanz mit gleichzeitig höherem Anteil an liegenden Tieren als Verbesserung gewertet.

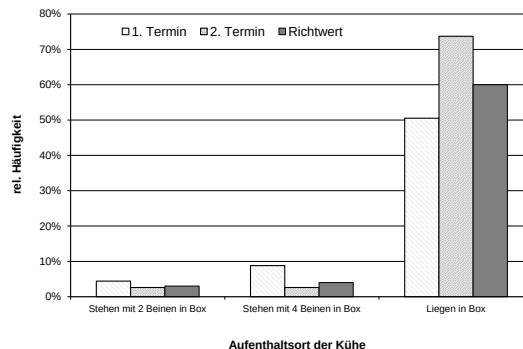


Abb. 2: Im ersten und zweiten Bonitieringstermin festgestellte rel. Häufigkeiten der Aufenthaltsorte der Kühe des Untersuchungsbetriebes 2 im Vergleich zum vorgegebenen Richtwert

Fig. 2: Rel. frequencies of cows' placement in comparison with defined guide value determined in investigative farm 2 during first and second evaluation date

Im Untersuchungsbetrieb 1 wurde im ersten Bonitieringstermin eine hohe Verschmutzung der Euter festgestellt ($\bar{x}$: 3,4), welche auch aus hygienischer Sicht ein besonderes Problem darstellt. Während damit der Grenzwert gerade erreicht werden konnte ($\leq 3,4$), wurde im zweiten Termin durch die Etablierung einer regelmäßigen Boxeneinstreu und -reinigung eine wesentliche Verbesserung ($\bar{x}$: 2,35) im definierten Zielwertbereich ($\leq 2,4$) erreicht. In beiden Betrieben stellte sich der Zustand der Tarsalgelenke im ersten Bonitieringstermin aufgrund der unzureichenden Liegeflächenqualität bezüglich der Weichheit und Elastizität der Boxenbeläge und aufgrund mangelnden Boxenmanagements als tierschutzrelevant heraus. Wie Tabelle 2 zeigt, konnte der Anteil an schweren Verletzungen der Tarsalgelenke der Kühe im zweiten Bonitieringstermin wesentlich reduziert werden. So wiesen in der Nachbonitierung im Untersuchungsbetrieb 2 die Hälfte der bonitierten Tarsalgelenke lediglich geringgradige Hautveränderungen wie haar- oder hautlose Stellen, aber keine Umfangsvermehrungen mehr auf. Somit konnte der Zielwert von 0 % in den tierschutzrelevanten Befundklassen erreicht werden.

Tab. 2: Übersicht über die rel. Häufigkeiten der gedeckten und offenen Umfangsvermehrungen an den Tarsalgelenken der Kühe in den beiden Untersuchungsbetrieben zum ersten und zweiten Bonitieringstermin
Tab. 2: Overview of the rel. frequencies of covered and open increase circumferences in the tarsal joints of the cows in both determined farms during first and second evaluation date

Anteile Umfangsvermehrungen Tarsal		Untersuchungsbetrieb 1	Untersuchungsbetrieb 2
1. Termin	ged. Umfangsverm.	10,5%	5,0%
	off. Umfangsverm.	26,3%	25,0%
2. Termin	ged. Umfangsverm.	0,0%	0,0%
	off. Umfangsverm.	5,0%	0,0%

4 Schlussfolgerungen

In der Untersuchung stellte sich heraus, dass vor allem die Indikatoren der Abliegedauer und des Aufenthaltsortes sowie die Sauberkeit verschiedener Körperregionen und der Zustand von Haut und Gelenken eine hohe Aussagefähigkeit für die Beurteilung der Haltungsumwelt und des Managements aufweisen (vgl. auch WINCKLER et al. 2003, HÖRNING 2003, RÜTZ 2010, DAHLHOFF 2014).

Ebenso konnte in der Erfolgskontrolle nachgewiesen werden, dass durch gezielte, auf die Bedürfnisse der Tiere abgestimmte produktionstechnische und managementbezogene Maßnahmen im Liegebereich erhebliche Verbesserungen der Tiergerechtigkeit erreicht werden können. Dabei kommt bestimmten Bereichen wie z.B. der Liegeflächenqualität eine große Bedeutung für das Verhalten und die Akzeptanz der Tiere zu, wodurch Defizite in anderen Bereichen (z.B. Liegeboxendesign) scheinbar ausgeglichen werden können.

Die Ergebnisse der Gesamtvalidierung des Systems (inkl. Eignungsprüfung auf Validität, Reliabilität, Praktikabilität, vgl. DAHLHOFF 2014) lassen auf einen hohen Nutzen und eine gute Einsatzfähigkeit des Beratungsinstruments in der landwirtschaftlichen Praxis schließen.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Untersuchungen zum Zusammenhang von Nutzungsdauer und Tierwohl bei Milchkühen

Investigations on the relationship between longevity and animal welfare in dairy cattle

DANIEL GIESEKE¹, CHRISTIAN LAMBERTZ², MATTHIAS GAULY²

¹ Department für Nutztierwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, 37075 Göttingen; daniel.gieseke@agr.uni-goettingen.de

² Fakultät für Naturwissenschaften und Technik, Freie Universität Bozen, 39100 Bozen, Italien

Schlüsselwörter: Nutzungsdauer, Tierwohl, Milchvieh

Keywords: longevity, animal welfare, dairy cattle

Zusammenfassung

Der Beitrag beschäftigt sich mit dem Zusammenhang von Nutzungsdauer und Tierwohl bei Milchkühen. Im Rahmen einer Feldstudie wurden 46 Milchviehbetriebe von einem geschulten Prüfer mithilfe des Welfare Quality® Protokolls für Rinder hinsichtlich ihres Tierwohlniveaus beurteilt. Darüber hinaus wurden Informationen zur Nutzungsdauer aus den offiziellen Milchleistungsprüfungen entnommen und die Betriebe in zwei Klassen eingeteilt (≤ 35 Monate, $n = 20$ Betriebe; > 35 Monate, $n = 26$ Betriebe). Die statistische Auswertung der erhobenen Daten sollte aufzeigen, inwieweit sich von der Höhe der Nutzungsdauer auf das betriebsindividuelle Tierwohlniveau schließen lässt. Aus den Ergebnissen der Studie ergaben sich keine Hinweise auf einen direkten Zusammenhang zwischen den beiden untersuchten Merkmalen. Die Höhe der Nutzungsdauer eignet sich demnach nicht als universeller Indikator für das aktuelle Tierwohlniveau auf Betriebsebene.

Summary

This article deals with the relationship between longevity and animal welfare in dairy cattle. In this study 46 dairy farms were evaluated by one trained assessor applying the Welfare Quality® Protocol for dairy cattle. Additional information about longevity was collected from official test-day records. The farms were divided into two classes of longevity (≤ 35 months, $n = 20$ farms; > 35 months, $n = 26$ farms). Data were analyzed for the relationship between longevity and animal welfare level. The results indicated no direct relationship between both traits. Accordingly, longevity is not a feasible indicator for the actual animal welfare status at farm level.

1 Einleitung

Der Tierwohlgedanke gewinnt in der Gesellschaft zunehmend an Bedeutung (HARPER und HENSON 2001). Viele Verbraucher sorgen sich um das Wohlergehen landwirtschaftlicher Nutztiere und fordern eine stärkere Berücksichtigung des Tierwohls im Produktionsprozess (VEISSIER et al. 2012). Die Verbesserung bestehender Haltungsverfahren erfordert eine zuverlässige Identifizierung von Tierwohldefiziten auf Betriebsebene (MIELE et al. 2011). Hierfür werden verschiedene Tierwohlindikatoren aus den Bereichen Gesundheit, Verhalten oder Management verwendet. Sie geben Hinweise über einzelne Risikofaktoren innerhalb der Betriebe (MAIN et al. 2003). In der Milchviehhaltung wird die Höhe der Nutzungsdauer als universeller Indikator für das betriebsindividuelle Tierwohlniveau diskutiert, da diese verschiedene produktive und funktionale Merkmale widerspiegelt (AHLMANN et al. 2011, BRUIJNIS et al. 2013). Eine reduzierte Nutzungsdauer ist oftmals auf erhöhte Abgangsraten aufgrund von Klauenerkrankungen, Euterentzündungen oder Reproduktionsstörungen zurückzuführen und wird daher mit einem eher geringen Tierwohlniveau assoziiert (WANGLER et al. 2009). Langlebigkeit von Milchkühen gilt hingegen als Kennzeichen eines tendenziell höheren Tierwohlniveaus, da die Tiere den Bestand nicht frühzeitig wegen schwerwiegender Erkrankungen verlassen müssen (MÉSZÁROS et al. 2014). Inwieweit die Höhe der Nutzungsdauer jedoch als alleiniger Indikator für das aktuelle Tierwohlniveau genutzt werden kann, ist bislang nicht hinreichend erforscht. Im Rahmen der vorliegenden Studie sollte daher untersucht werden, ob sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Höhe der Nutzungsdauer und dem Wohlergehen von Milchkühen in den Betrieben nachweisen lässt.

2 Material und Methoden

Zur Beantwortung der genannten Fragestellung wurden 46 Milchviehbetriebe mithilfe des Welfare Quality® Protokolls für Rinder hinsichtlich ihres Tierwohlniveaus bewertet. Dieses vornehmlich tierorientierte Indikatorensystem beinhaltet vier verschiedene Stufen, über die aus den ursprünglich 30 Indikatoren in einem hierarchischen Aggregierungsprozess 11 Kriterien, 4 Prinzipien und schließlich ein einziger Gesamtscore gebildet wird (Welfare Quality® 2012). Die untersuchten Milchviehbetriebe hielten Ø 287 Kühe, wobei die Herdengröße von 47 bis 1.582 Tieren variierte. Die Leistungsdaten wurden – ebenso wie die Angaben zur mittleren Nutzungsdauer – den Auswertungsbögen der aktuellen Milchleistungsprüfung entnommen. Im Durchschnitt erzeugten die Betriebe eine Milchmenge von 9.563 ± 1.087 kg und nutzten ihre Milchkühe für die Dauer von $37,5 \pm 8,2$ Monaten. Die Betriebe hielten fast ausschließlich Kühe der in Deutschland am weitesten verbreiteten Milchviehrasse Holstein Friesian, sodass rassebedingte Effekte auf die Höhe der Nutzungsdauer weitestgehend ausgeschlossen werden konnten. Der vorliegende Datensatz wurde mithilfe des Statistikprogramms SAS 9.3 statistisch verarbeitet und entsprechend der zugrundeliegenden Fragestellung ausgewertet. Hierfür wurde zunächst eine einfache lineare Regressionsanalyse (PROC REG) durchgeführt, um einen generellen Zusammenhang zwischen den Merkmalen Nutzungsdauer und Tierwohl

ableiten zu können. Die Beurteilung der Güte des Regressionsmodells erfolgte mithilfe des Determinationskoeffizienten R^2 .

Des Weiteren wurden innerhalb der Stichprobe zwei Nutzungsdauerklassen gebildet, wobei der Schwellenwert für die Klassifizierung der Betriebe bei 35 Monaten festgelegt wurde. Dieser Wert entspricht der aktuellen Nutzungsdauer für gemerzte Tiere in den Untersuchungsregionen Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg (VIT 2014). Die beiden Klassen wiesen eine mittlere Nutzungsdauer von $30,2 \pm 2,5$ bzw. $43,1 \pm 6,5$ Monaten aus und wurden anhand der Mittelwerte aus den Tierwohl-Bewertungen des Welfare Quality® Protokolls verglichen. Für die Ermittlung signifikanter Unterschiede zwischen den Nutzungsdauerklassen wurde der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test (PROC NPAR1WAY) verwendet, da einige Merkmale die notwendige Normalverteilungsvoraussetzung nicht erfüllten (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$).

3 Ergebnisse und Diskussion

Aus der linearen Regressionsanalyse ergaben sich keine eindeutigen Hinweise auf einen direkten Zusammenhang zwischen der Einflussvariable Nutzungsdauer (Monate) und der Zielvariable WQP-Gesamtscore. Wie die leicht ansteigende Regressionsgerade in Abbildung 1 zeigt, erzielten die Betriebe mit einer höheren Nutzungsdauer tendenziell auch höhere Tierwohlbewertungen. Der tatsächliche Effekt dieser Steigerung ist jedoch vernachlässigbar (+ 6 Monate Nutzungsdauer erhöhen den Gesamtscore lediglich um 0,7 Punkte). Das Bestimmtheitsmaß ($R^2 = 0,0162$) weist zudem auf eine beschränkte Aussagekraft des zugrunde liegenden Modells hin. Lediglich 1,6 % der Gesamtvarianz konnte durch den Zusammenhang zwischen der Einfluss- und der Zielvariable erklärt werden. Der weitaus größte Anteil der Variabilität ist demzufolge auf andere Einflussfaktoren wie z.B. das Management zurückzuführen.

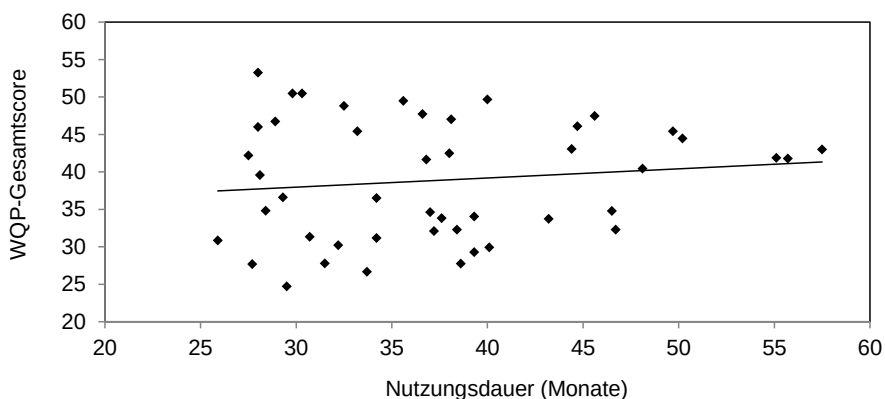


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Nutzungsdauer (Monate) und WQP-Gesamtscore
 Fig. 1: Relationship between longevity (months) and overall WQP-score

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse des Mittelwertvergleichs zwischen den beiden Nutzungsdauerklassen dargestellt. Analog zum Aufbau des Welfare Quality® Protokolls für Rinder werden die Tierwohlbewertungen einzeln für die Ebene der Kriterien, der Prinzipien und des Gesamtscores ausgewiesen. Für das Kriterium „Abwesenheit von Verletzung“ ($p = 0,047$) konnte ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. In Betrieben mit einer niedrigeren Nutzungsdauer traten Lahmheiten und Integumentschäden wesentlich häufiger auf als in Betrieben mit einer höheren Nutzungsdauer. Dieses Ergebnis bestätigt Literaturangaben, nach denen Verletzungen bei Milchkühen zu den häufigsten Abgangsursachen zählen (AHLMANN et al. 2011, BRUIJNIS et al. 2013). Innerhalb des Kriteriums „Abwesenheit von Krankheit“ erzielten die Betriebe mit einer Nutzungsdauer oberhalb von 35 Monaten mit 23 ± 6 Punkten eine geringere Bewertung als die Vergleichsgruppe, wobei der absolute Unterschied in Höhe von 3 Punkten als gering angesehen werden muss ($p = 0,040$). Dieses Resultat ist überraschend, da sich Krankheiten wie Mastitis, Metritis oder Milchfieber negativ auf die Abgangsrate auswirken können (RAJALA-SCHULTZ und GRÖHN 1999).

Tab. 1: Ergebnisse des Mittelwertvergleichs für die beiden Nutzungsdauerklassen
 Tab. 1: Results of the mean comparison test for both classes of longevity

Kriterien Prinzipien Gesamtscore	Nutzungsdauer ≤ 35 Monate				Nutzungsdauer > 35 Monate				Sig.
	MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max	P
Abwesenheit Hunger	40	17	9	80	45	12	28	77	0,195
Abwesenheit Durst	52	45	3	100	48	44	3	100	0,720
Komfort Liegebereich	34	14	9	64	36	12	16	59	0,527
Bewegungsfreiheit	100	0	100	100	100	0	100	100	1,000
Abwesenheit Verletzung	29	11	14	53	35	12	18	63	0,047
Abwesenheit Krankheit	26	5	16	37	23	6	10	37	0,040
Abwesenheit Schmerzen	35	14	20	75	30	9	20	52	0,286
Agonistisches Verhalten	88	6	73	95	83	7	70	100	0,015
Artgemäßes Verhalten	0	0	0	0	0	0	0	0	1,000
Mensch-Tier-Beziehung	70	12	49	95	71	11	49	85	0,765
Emotionaler Zustand	66	15	39	89	74	15	40	95	0,071
Gute Fütterung	33	24	5	71	34	25	6	65	0,782
Gute Haltung	58	9	42	77	60	8	47	74	0,534
Gute Gesundheit	25	6	16	38	28	7	14	48	0,293
Gutes Verhalten	35	5	25	46	37	5	25	45	0,303
WQP-Gesamtscore	38	9	25	53	40	7	28	50	0,587

MW $\hat{=}$ Mittelwert; SD $\hat{=}$ Standardabweichung; Min $\hat{=}$ Minimum; Max $\hat{=}$ Maximum; Nutzungsdauer ≤ 35 Monate ($n = 20$); Nutzungsdauer > 35 Monate ($n = 26$); Sig. $\hat{=}$ Signifikanztest nach Mann-Whitney

MW $\hat{=}$ mean; SD $\hat{=}$ standard deviation; Min $\hat{=}$ minimum; Max $\hat{=}$ maximum; Longevity ≤ 35 month ($n = 20$); Longevity > 35 month ($n = 26$); Sig. $\hat{=}$ significance test based on Mann-Whitney

In Bezug auf das Kriterium „Agonistisches Verhalten“ unterschieden sich die beiden Nutzungsdauerklassen etwas deutlicher voneinander. Die Betriebe mit einer Nutzungsdauer unterhalb von 35 Monaten schnitten auch in diesem Kriterium besser ab als die Vergleichsgruppe. Eine Begründung für diesen signifikanten Unterschied ($p = 0,015$) lässt sich aus der Literatur jedoch nicht ableiten. In den anderen Tierwohlkriterien zeigten die beiden Gruppen vergleichbare Resultate, wobei diese Übereinstimmungen z. T. auf das vorgegebene Studiendesign zurückzuführen sind. Für das Kriterium „Bewegungsfreiheit“ erhielten alle Betriebe aufgrund des vorhandenen Liegeboxenlaufstalls die volle Punktzahl. Desgleichen bekamen alle Betriebe aufgrund ihres geringen Weideangebots (< 6 Std./Tag) die niedrigste Punktzahl beim Kriterium „Artgemäßes Verhalten“. Betriebe mit Vollweide wurden innerhalb der Untersuchung nicht berücksichtigt, um die Homogenität der Stichprobe gewährleisten zu können.

Auf der Ebene der Prinzipien unterschieden sich die beiden Nutzungsdauerklassen mit einer maximalen Differenz von 3 Punkten nicht signifikant voneinander. Beim Prinzip „Fütterung“ ($p = 0,782$) wurden fast identische Mittelwerte zwischen den Kategorien festgestellt. Hierbei müssen jedoch die sehr hohen Standardabweichungen beachtet werden, die auf große Unterschiede in der Verfügbarkeit von Tränken zurückzuführen sind. Im Prinzip „Haltung“ wurden von allen Betrieben überdurchschnittliche Punktzahlen – jedoch auf einem vergleichbaren Niveau – erreicht. Die Nutzungsdauerklassen unterschieden sich demzufolge nicht voneinander ($p = 0,534$). Bei einer höheren Nutzungsdauer konnte ein leichter Anstieg des Gesundheitsscores beobachtet werden. In beiden Nutzungsdauerklassen war die Bewertung weit unterhalb des Durchschnitts, sodass insgesamt von einem nicht zufriedenstellenden Gesundheitszustand der Betriebe auszugehen ist. Der beobachtete Unterschied war jedoch nicht signifikant ($p = 0,293$). Für das Prinzip „Verhalten“ ließ sich ebenfalls keine eindeutige Tendenz nachweisen. Unabhängig von der Höhe der Nutzungsdauer erzielten alle Betriebe Bewertungen von 25 bis 46 Punkten. Der Mittelwert ist bei der höheren Nutzungsdauerkategorie nur geringfügig höher als bei der Vergleichsgruppe ($p = 0,303$).

Der Gesamtscore wurde als Mittelwert der vier Prinzipien gebildet. Hinsichtlich der erzielten Ergebnisse zeichnete sich zwischen den Betrieben lediglich ein leichter Vorteil zugunsten der höheren Nutzungsdauerkategorie ab. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant ($p = 0,587$). Die Bewertungen rangierten insgesamt auf einem ähnlichen Niveau und ließen folglich keinen direkten Zusammenhang zwischen der Höhe der Nutzungsdauer und den durchschnittlichen Tierwohlbewertungen erkennen.

4 Schlussfolgerungen

Mithilfe dieser Studie konnte nachgewiesen werden, dass zwischen der Nutzungsdauer und dem Wohlergehen der Tiere kein direkter Zusammenhang besteht. Zwar unterschieden sich die beiden Nutzungsdauerklassen in einzelnen Tierwohlkriterien voneinander, doch konnte auf der Ebene des Gesamtscores kein eindeutiger Einfluss der Nutzungsdauer festgestellt werden. Es ließen sich sowohl Betriebe mit guten Bewertungen, als auch Betriebe mit schlechten Bewertungen in jeder der beiden Nutzungsdauerklassen nachweisen. Auch die Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse lassen darauf

schließen, dass die Nutzungsdauer als universeller Indikator für das Wohlergehen von Milchkühen nicht geeignet ist. Eine unterdurchschnittliche Nutzungsdauer deutet nicht automatisch auf eine niedrige Tierwohlbewertung hin. Im Umkehrschluss kann eine überdurchschnittliche Nutzungsdauer, wie die Ergebnisse gezeigt haben, auch nicht als Garantie für ein höheres Tierwohlniveau angesehen werden.

Literatur

- Ahlmann, T.; Berglund, B.; Rydhmer, L.; Strandberg, E. (2011): Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. *Journal of Dairy Science* 94, 1568-1575
- Bruijnis, M.R.N.; Meijboom, F.L.B.; Stassen, E.N. (2013): Longevity as animal welfare issue applied to the case of foot disorders in dairy cattle. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 26, 191-205
- Harper, G.; Henson, S. (2001): Consumer Concerns about Animal Welfare and the Impact on Food Choice. http://collection.europarchive.org/dnb/20070702132_253/
http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/eu_fair_project_en.pdf, Zugriff am 30.03.2015
- Main, D.C.J.; Kent, J.P.; Wemelsfelder, F.; Ofner, E.; Tuytens, F.A.M. (2003): Applications for methods of on-farm welfare assessment. *Animal Welfare* 12, 523-528
- Mészáros, G.; Eaglen, S.; Waldmann, P.; Sölkner, J. (2014): A genome wide association study for longevity in cattle. *Open Journal of Genetics* 4, 46-55
- Miele, M., Veissier, I., Evans, A. und Botreau, R. (2011): Animal welfare - Establishing a dialogue between science and society. *Animal Welfare* 20, 103-117
- Rajala-Schultz, P.J.; Gröhn, Y.T. (1999): Culling of dairy cows. Effects of diseases on culling in finnish ayrshire cows. *Preventive Veterinary Medicine* 41, 195-208
- Veissier, I.; Aubert, A.; Boissy, A. (2012): Animal Welfare - A result of animal background and perception of its environment. *Animal Frontiers* 2, 3, 7-15
- VIT (2014): Trends-Fakten-Zahlen 2013. Jahresbericht der „Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V.“, Verden
- Wangler, A.; Blum, E.; Böttcher, I.; Sanftleben, P. (2009): Lebensleistung und Nutzungsdauer von Milchkühen aus der Sicht einer effizienten Milchproduktion. *Züchtungskunde* 81(5), 341-360
- Welfare Quality® (2012): Welfare Quality® Cattle Protocol without Veal Calves. <http://www.welfarequalitynetwork.net/network/45848/7/0/40>, Zugriff am 30.03.2015

Danksagungen

Diese Arbeit entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes „Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland“ und wurde von der H.-Wilhelm-Schaumann-Stiftung finanziell unterstützt.

Individuelle Prognose der Dauer bis zum Abferkelbeginn bei Sauen mithilfe von Lichtschranken

Light barrier based quantitative prediction of the parturition onset in sows

CHRISTIAN MANTEUFFEL¹, EBERHARD HARTUNG², MARIANA SCHMIDT³,
GUNDULA HOFFMANN³, PETER CHRISTIAN SCHÖN¹

¹ Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Institut für Verhaltensphysiologie, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf; christian.manteuffel@fbn-dummerstorf.de

² Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel

³ Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Abferkelvorhersage, Aktivität, Monitoring

Keywords: parturition prediction, activity, monitoring

Zusammenfassung

Wie Wildschweine zeigen auch domestizierte Sauen vor dem Abferkeln eine erhöhte Aktivität und Nestbauverhalten. Über automatisierte Aktivitätsmessungen kann deshalb die bevorstehende Geburt tierindividuell festgestellt und signalisiert werden. Diese Hinweise sind jedoch über einen Zeitraum von 0–48 Stunden vor der Geburt verteilt. Die vorliegende Arbeit ergänzt die qualitativen Verfahren um eine quantitative tierindividuelle Abschätzung der verbleibenden Zeit bis zur Geburt. Eine solche Abschätzung gelang retrospektiv dabei für 30 von 34 Sauen. Für die 30 korrekt vorhergesagten Geburtstermine lag der mittlere Vorhersagefehler bei $0,5 \text{ h} \pm 2,6 \text{ h}$ (Standardabweichung) und die inkorrekten Vorhersagen eingeschlossen bei $2,4 \text{ h} \pm 5,7 \text{ h}$ (SD). Durch die Vorhersage des Geburtstermins kann der Personaleinsatz für die Erstversorgung der Ferkel effizienter geplant werden, sodass sich deren Überlebenschancen erhöhen.

Summary

Like their feral counterparts, captive pigs show an increased activity associated with the parturition. Hence, the upcoming parturition can be individually detected and indicated. However, these indications are distributed over a period of 0–48 h before parturition. The present work supplements the qualitative methods by a quantitative individual approximation of the remaining time until parturition. This retrospective approximation was correct for 30 out of 34 sows. The average prediction error for the 30 correctly predicted parturition dates was $0.5 \text{ h} \pm 2.6 \text{ h}$ (standard deviation) and $2.4 \text{ h} \pm 5.7 \text{ h}$ (SD) with the incorrect predictions included. By predicting the parturition dates, the personnel for performing piglet supervision can be scheduled more efficiently. A prompt initial treatment of the piglets can raise their chance of survival.

1 Einleitung

Nach der Geburt erhöht eine zeitnahe Erstversorgung der Ferkel nachweisbar deren Überlebenschancen (HOLYOAKE et al. 1995). Die Erstversorgung erfordert die Bereitstellung von Arbeitskräften, nicht selten auch am Abend und in der Nacht. Eine frühzeitige Abschätzung des Geburtstermins kann hier helfen, den Einsatz von Personal effizient zu planen. Häufig ist eine solche Abschätzung jedoch auch für erfahrene Beobachter nur wenige Stunden im Voraus möglich.

Wie Wildschweine zeigen auch domestizierte Sauen vor der Geburt eine erhöhte Aktivität und Nestbauverhalten (JONES 1966). Dieses Verhalten wird unabhängig davon geprägt, ob Material für den Nestbau vorhanden ist (AREY et al. 1991). Die Verhaltensausprägung scheint mit Veränderungen des Hormonstatus bis zu 48 h vor Beginn der Geburt zu korrelieren (CASTREN et al. 1993). Basierend auf diesen Verhaltensänderungen ist eine tierindividuelle Erkennung der bevorstehenden Geburt möglich (CORNOU und LUNDBYE-CHRISTENSEN 2012). Allerdings nimmt die zeitliche Verteilung dieser Warnungen den gesamten Bereich von 0 bis 48 Stunden vor der Geburt ein. Deshalb ist der praktische Nutzen einer solchen Warnung begrenzt. In der vorliegenden Arbeit wurde ein ergänzendes Verfahren entwickelt, das auch eine quantitative Abschätzung der verbleibenden Zeit bis zum Beginn der Geburt ermöglicht.

2 Material und Methoden

Insgesamt 36 Sauen (Deutsches Edelschwein $\times$ Deutsche Landrasse) mit einer Parität zwischen 1 und 6 und einem Gewicht zwischen 193 und 372 kg wurden in einem separaten Abteil eines kommerziellen Zuchtbetriebs gehalten. Aufgrund fehlender Daten durch technische Probleme konnten nur 34 der 36 Sauen für die Auswertung berücksichtigt werden. Die Haltung erfolgte einzeln in 4 nebeneinander aufgestellten Abferkelbuchten ($T \times B \times H$: $2,6 \times 1,84 \times 0,6$ m) auf einem Kunststoff-Spaltenboden im Kastenstand ($T \times B$: $1,6\text{--}2,0 \times 0,75$ m | Big Dutchman Pig Equipment, Vechta, Deutschland). Jede Abferkelbucht war mit einer Lichtschranke ausgestattet (IPF Electronics GmbH, Rosengarten, Deutschland). Die Lichtschranken waren jeweils in der Kopfregion bei $0,4 \times 0,8$ m ($T \times H$) an den Buchtswänden angebracht. Eine Lichtschranke bestand aus einem Transmitter (Modell OS126103), einem Receiver (Modell OE1260V1) und einem Signalverstärker (Modell OV640840). Den Sauen stand kein Material für den Nestbau zur Verfügung. Die Geburt begann 4–13 Tage nach dem Einstellen in das Versuchsabteil. Es erfolgte keine Geburtssynchronisation oder -einleitung. Der Geburtsbeginn wurde per Videoüberwachung erfasst und war definiert als Zeitpunkt, zu dem die Austriebsphase des ersten Ferkels abgeschlossen war.

Für die Erfassung der Aktivität wurde die Anzahl der Lichtschrankenunterbrechungen stündlich aufsummiert und logarithmisch transformiert. Um die tageszeitlichen Schwankungen der Aktivität zu eliminieren, wurde die Aktivität mithilfe von dynamischen linearen Modellen (dlm) in ihre periodische 24-h-Komponente und einen polynomialen Trend zerlegt. Die dlm wurden für jede Sau einzeln berechnet, wobei das jeweilige Modell retrospektiv an die bis zum ausgewerteten Zeitpunkt vorhandenen

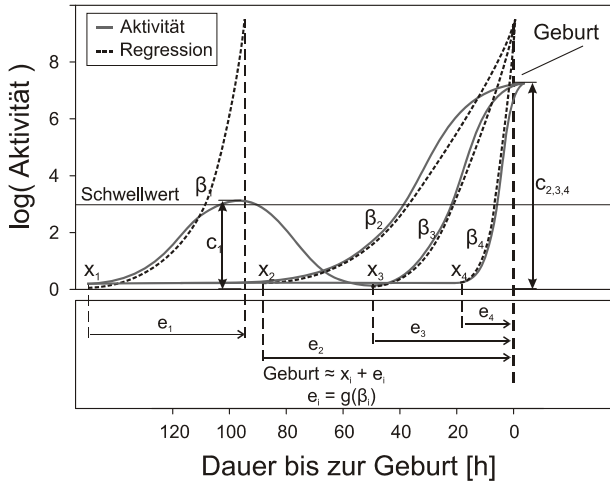


Abb. 1: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Schwellwert, Parabelstartpunkt x , Parabelanstieg β und Prognose des Geburtstermins $x+g(\beta)$. Verschiedene Kurven und ihre Parameter tragen verschiedene Indizes. Die mit CUSUM transformierten Aktivitätstrends sind mit durchgezogener und die Regressionskurven mit gestrichelter Linie dargestellt.

Fig. 1: Schematic illustration of the interrelation of threshold, starting point x , gradient β and predicted onset of parturition $x+g(\beta)$. Different curves and their parameters carry different indices. The CUSUM transformed activity trends are depicted as solid curves and the regression as dashed curves.

Daten angepasst wurde. Zur Verstärkung von Änderungen der Aktivität wurde zudem eine kumulative Summentransformation (CUSUM) auf die normalisierten Trendkurven angewandt (PAGE 1954).

Wenn die transformierte Trendkurve einen bestimmten Schwellwert überschritt, wurde angenommen, dass die Geburt der Ferkel bevorstand. In diesem Fall wurde für die Abweichung der Aktivität ein Startpunkt x bestimmt (Abb. 1). Mit den Daten vom Startpunkt bis zum aktuell betrachteten Zeitpunkt wurde anschließend mittels linearer Regression für jede Sau i eine Parabel berechnet. Die tatsächliche Dauer bis zur Geburt d_i ab dem Startpunkt x_i wurde mithilfe des Anstieges β_i dieser Parabel unter Annahme eines Zusammenhangs $e = g(\beta)$ abgeschätzt (Gl. 1). Die absolute Höhe der Aktivität c_i wurde dabei vernachlässigt. Die Parameter für $g(\beta)$ wurden durch Regression aus den Daten der 34 Sauen für d und β zum Zeitpunkt 6 h vor Geburtsbeginn bestimmt (Abb. 2A).

$$d_i = \frac{\sqrt{c_i}}{\sqrt{\beta_i}} \approx \frac{1}{n + o\sqrt{\beta_i} + p\beta_i} = e_i \quad (1)$$

Durch manuelle Inspektion der Daten wurde eine Klasse von jungen oder leichten Sauen gefunden, die einen gemeinsamen Aktivitätsverlauf aufwiesen. Diese Klasse wurde willkürlich durch ein Gewicht unter 220 kg oder eine Parität zwischen 2 und 4 sowie einem Gewicht unter 285 kg definiert. Für die Vorhersage des Geburtszeitpunktes in den

verschiedenen Aktivitätsklassen wurden verschiedene Approximationsfunktionen eingesetzt. Eine Vorhersage wurde als korrekt gewertet, wenn sie nicht mehr als 4 Stunden vom tatsächlichen Geburtsbeginn abwich.

Alle Berechnungen wurden mit der Statistiksoftware R 3.0.2 durchgeführt (R CORE TEAM 2013). Mittelwerte wurden als arithmetisches Mittel mit Standardabweichung (SD) angegeben. Die kontinuierlichen Reaktionsvariablen (maximale Aktivität, Dauer bis zur Geburt) wurden mit ANOVA (distribution = normal, link = identity) und dem fixen Faktor (Aktivitätsanstieg) analysiert. Die Berechnung der dynamischen linearen Modelle erfolgte mithilfe des R-Pakets dlm (PETRIS 2010).

3 Ergebnisse

Damit die Dauer bis zum Abferkeln d anhand des Aktivitätsanstieges β abgeschätzt werden kann, muss ein signifikanter Zusammenhang zwischen beiden Parametern bestehen. Ein solcher Zusammenhang konnte für die in Abbildung 2A dargestellten Tiere festgestellt werden ($F_{1,32} = 77,04$, $p < 0,001$). Die durchgezogene und die gestrichelte Hyperbel in Abbildung 2A stellen hier die verschiedenen Approximationsfunktionen für junge oder leichte bzw. für sonstige Sauen dar.

Der Zusammenhang zwischen β und c ist in Abbildung 2B dargestellt. Hier bestand ein tendenzieller Zusammenhang ($F_{1,32} = 2,27$, $p = 0,14$). Auffällig ist, dass bei den in Abbildung 2B durch schwarze Punkte dargestellten Sauen c unabhängig von β sehr hoch war. Ohne diese 6 Sauen war der Zusammenhang zwischen maximaler Aktivität und Aktivitätsanstieg signifikant ($F_{1,26} = 35,6$, $p < 0,001$). Dieselben Sauen wiesen in Abbildung 2A eine ungewöhnlich hohe Dauer bis zur Geburt im Vergleich zu den anderen Sauen auf. Die hoch aktiven Sauen besaßen keine offensichtlichen gemeinsamen Parameter, durch

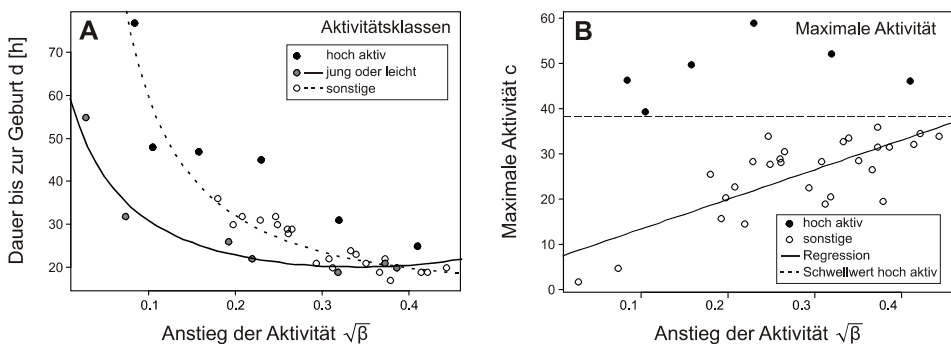


Abb. 2: Verschiedene Hyperbeln $g(\beta)$ zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Aktivitätsanstieg β und Dauer d bis zur Geburt vom Startpunkt x für verschiedene Aktivitätsklassen (A). Zusammenhang zwischen maximaler Aktivität c und Aktivitätsanstieg β sowie davon abweichende hoch aktive Sauen (B).
 Fig. 2: Different hyperbolas $g(\beta)$ describing the interrelation between activity gradient β and duration d until parturition for different activity classes (A). Interrelation between maximal activity c and activity gradient β together with deviant highly active sows (B).

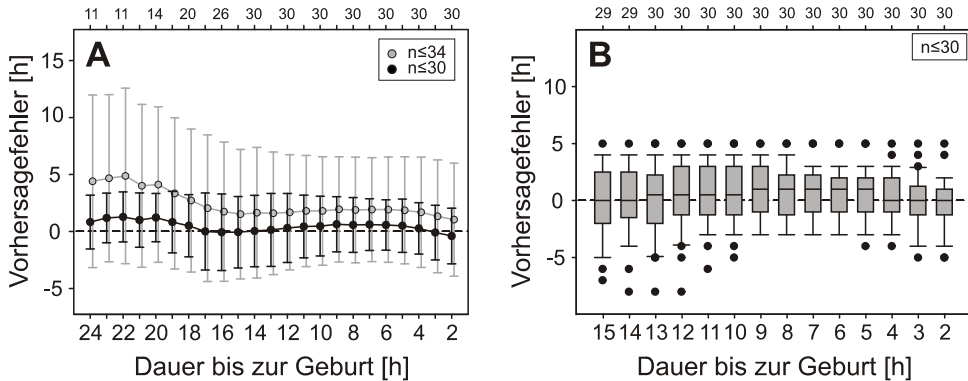


Abb. 3: Mittelwert und Standardabweichung des Vorhersagefehlers für Sauen mit korrekter Vorhersage (dunkle Kurve) und alle Sauen (helle Kurve) in Abhängigkeit von der tatsächlichen Dauer bis zur Geburt (A). Verteilung der Vorhersagefehler für Sauen mit korrekter Vorhersage in Abhängigkeit zur Dauer bis zur Geburt (B). Die Tierzahl pro Datenpunkt bei korrekten Vorhersagen ergibt sich aus der oberen Skala. Fig. 3: Prediction error mean and standard deviation for sows with correct predictions (dark curve) and all sows (light curve) in relation to the actual duration until parturition onset (A). Distribution of the prediction error for sows with correct predictions in relation to the duration until parturition onset (B). The animal numbers for each point of the correct prediction curves can be read from the upper scale.

die sie im Vorfeld identifiziert werden könnten. Ihre Paritäten lagen bei 7, 2, 1, 1, 2, 5 und ihre Gewichte wiesen Werte von 372, 263, 242, 225, 330, 335 kg auf.

Unter Annahme von zwei Aktivitätsklassen konnten für 88 % der Sauen korrekte Vorhersagen zum Geburtstermin getroffen werden. Die Abweichung zwischen e und d lag dabei im Mittel bei $0.5 \text{ h} \pm 2.6 \text{ h}$ (SD), wenn nur die korrekt prognostizierten Sauen berücksichtigt werden. Berücksichtigt man alle Sauen, ergab sich im Mittel ein Vorhersagefehler von $2.4 \text{ h} \pm 5.7 \text{ h}$ (SD) für den Zeitraum 24 bis 2 h vor der Geburt. Die mittleren Vorhersagefehler pro Stunde sind sowohl für korrekt prognostizierte als auch für die Gesamtheit der Sauen in Abbildung 3A dargestellt. Abbildung 3B zeigt die konkreten Fehlerverteilungen für die korrekt prognostizierten Sauen ab 15 h vor dem Beginn der Geburt.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Ein wesentlicher Grund für die Approximierbarkeit des Geburtstermins war der hier gefundene Zusammenhang zwischen Aktivitätsanstieg und Aktivitätsmaximum. Dadurch konnten tierindividuelle Unterschiede im Aktivitätsverlauf auf einen einzigen Parameter zurückgeführt werden. Grundsätzlich war eine geburtsassoziierte Aktivitätssteigerung sehr homogen bei allen Tieren beobachtbar. Eine Ursache für diese Homogenität ist vermutlich die sehr einheitliche Genetik und der einheitliche Tagesablauf der Tiere sowie die Haltung in einem Kastenstand mit wenig individuellem Bewegungsspielraum. Inwieweit sich diese Ergebnisse auf Freilaufbuchten und andere Haltungsformen

übertragen lassen, bleibt deshalb zu prüfen. Der Approximationsfehler der Vorhersagen ergibt sich direkt aus dem Abstand der Punkte von der jeweiligen Hyperbel. Die Approximationsgüte wird hier also durch die Regression selbst optimiert. Insofern müssen die hier retrospektiv gefunden Funktionen in weiteren Studien überprüft werden. Die inkorrekten Vorhersagen sind zumeist durch die hoch aktiven Sauen verursacht. Es bleibt zu klären, ob für diese und mögliche weitere Aktivitätsklassen gemeinsame Parameter existieren, durch die sie im Vorfeld identifiziert werden können.

Literatur

- Arey, D.; Petchey, A.M.; Fowler, V.R. (1991): The preparturient behaviour of sows in enriched pens and the effect of pre-formed nests. *Applied Animal Behaviour Science* 31, 61–68
- Castren, H.; Algers, B.; de Passille, A.M.; Rushen, R.; Uvnas-Moberg, K. (1993): Progesterone, prolactin, oxytocin and somatostatin in relation to nest building in sows. *Applied Animal Behaviour Science* 38, 91–102
- Cornou, C.; Lundbye-Christensen, S. (2012): Modeling of sows diurnal activity pattern and detection of parturition using acceleration measurements. *Computers and Electronics in Agriculture* 80, 97–104
- Holyoake, P.K.; Dial, G.D.; Trigg T.; King, V.L. (1995): Reducing pig mortality through supervision during the perinatal period. *Journal of Animal Science* 73, 3543–3551
- Jones, J.E.T. (1966): Observations on parturition in the sow. Part 1: The pre-partum phase. *British Veterinary Journal* 122, 420–426
- Page, E.S. (1954): Continuous inspection schemes. *Biometrika*, 100–115
- Petris, G. (2010): An R Package for Dynamic Linear Models. *Journal of Statistical Software* 36, 1–16
- R Core Team (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria

Danksagungen

Die Autoren danken Big Dutchman Pig Equipment und Frau Dr. Elkmann für die Kooperation in diesem Projekt. 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.

Messung des Einflusses von Schweineohren und Gewebeimitaten auf Erkennungsfeld und Signalstärke von UHF-RFID Ohrmarken

Measurement of the influence of pig's ears and tissue imitations on detection area and signal strength of UHF-RFID ear tags

FELIX ADRIAN, NORA HAMMER, PAUL LOEB, EVA GALLMANN

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70593 Stuttgart; felix.adrian@uni-hohenheim.de, nora.hammer@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter: Elektronische Tierkennzeichnung, Ultraschallfrequenz, UHF-RFID, Signalstärke, RSSI
Keywords: electronic animal identification, ultra high-frequency, UHF-RFID, signal strength, RSSI

Zusammenfassung

Ultraschallfrequente RFID-Systeme (UHF-RFID) bieten ein breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten bei der elektronischen Tierkennzeichnung. Jedoch wird die Lesereichweite der UHF-Transponder in der Nähe von Materialien, speziell Wasser, negativ durch Strahlungsabsorption und eine Änderung der Resonanzfrequenz beeinflusst. Letzterer kann durch eine gezielte Abstimmung der Transponder entgegengewirkt werden. Im vorliegenden Beitrag werden Messungen des RSSI (received signal strength indicator) und der Lesereichweite zweier UHF-Transponderohrmarken in der Nähe von Schweineohren und zwei Gewebeimitaten dargestellt. Ziel der Messungen war die Überprüfung der Anpassung der Transponder an die Ohrmarke und die Anbringung am Ohr, sowie die Auswahl eines Materials zum Ersatz der Ohren in zukünftigen Versuchen. Eine gute Anpassung konnte für einen der Transpondertypen gezeigt werden, jedoch besteht noch Forschungsbedarf im Hinblick auf geeignete Materialien für ein Ohrimitat.

Summary

Ultra high-frequency RFID systems (UHF-RFID) offer a broad spectrum of possible applications in electronic animal identification. However, near certain materials, especially water, the read range of UHF transponders is lowered by absorption of radiation and an alteration of the transponder's resonance frequency. The latter can be countered by a specific adjustment of the transponders. In the present contribution measurements of the RSSI (received signal strength indicator) and the read range of two UHF transponder ear tags close to pig's ears and two tissue imitations are shown. Aim of the measurements was to test the transponder adjustment for use in ear tags and close to ears as well as the choice of a material for substitution of the ears in future experiments. A good adjustment of one of the transponder types could be shown, but there is still need for research to find a suitable material for the imitation of ears.

1 Einleitung und Zielsetzung

Ultrahochfrequente Radiofrequenzidentifikationssysteme (UHF-RFID, Arbeitsfrequenz 868 MHz) weisen neben einer hohen Lesereichweite von bis zu 10 m bei passiven Transpondern auch die Fähigkeit zur Pulkerfassung auf und bieten deshalb Vorteile für viele Anwendungen in der elektronischen Tierkennzeichnung. Im Vergleich mit dem in der Tierhaltung weit verbreiteten Standard des Niedrigfrequenz-RFID (LF-RFID, Arbeitsfrequenz 134,2 kHz) sind mit UHF-RFID beispielsweise eine Identifikation von Tiergruppen ohne Vereinzelung oder auch eine Überwachung von Stallbereichen mit Gruppenhaltung möglich (ADRION et al. 2014).

Jedoch treten bei der Verwendung von UHF-Transpondern in der Nähe anderer Materialien mehrere Probleme auf. So wird durch Strahlungsabsorption und durch eine Verschiebung der Resonanzfrequenz des Transponders aufgrund einer Änderung der Impedanz (Wechselstromwiderstand) der Transponderantenne die Lesereichweite eingeschränkt. Die Änderung der Impedanz wird hierbei durch die Permittivität (Durchlässigkeit für elektrische Felder) des umgebenden Materials verursacht. Des Weiteren kann eine Änderung des Antennengewinns und der Richtcharakteristik des Transponders, aufgrund von induzierten Strömen, im umgebenden Material auftreten (LORENZO et al. 2011, NGUYEN et al. 2013, RAO et al. 2005). Bei Verwendung von UHF-Transpondern in Ohrmarken werden diese Effekte im Wesentlichen durch den umgebenden Kunststoff der Ohrmarke und das Ohrgewebe des Tieres verursacht. Die Strahlungsabsorption und auch eine eventuelle Änderung des Antennengewinns und der Richtcharakteristik können nicht verhindert werden. Allerdings kann der Verlust an Lesereichweite trotzdem stark begrenzt werden, indem die Impedanz und damit die Resonanzfrequenz der Transponderantenne so angepasst wird, dass diese nach der Integration in eine Ohrmarke und der Anbringung am Ohr wieder auf der Sendefrequenz des Lesegerätes liegt. Da die Resonanzfrequenz durch umgebende Materialien abgesenkt wird, muss sie bei der Konstruktion des Transponders erhöht werden. Dies geschieht bei dipolartigen Antennenstrukturen recht einfach durch Reduktion der Antennenlänge (CATARINUCCI et al. 2012, NGUYEN et al. 2013, RAO et al. 2005).

In einem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Innovationsvorhaben werden derzeit UHF-Transponderohrmarken zur Kennzeichnung von Rindern und Schweinen sowie Lesegeräte für die Simultanerfassung von UHF-Transpondern entwickelt (FORSCHUNGSMATERIALIENSYSTEM AGRAR/ERNÄHRUNG 2012, HAMMER et al. 2015). In diesem Beitrag werden Messungen des RSSI (received signal strength indicator) und der Lesereichweite von zwei Typen von UHF-Transponderohrmarken für Rinder und Schweine auf einem statischen Prüfstand beschrieben. Die Messungen wurden an Schweineohren und zwei Gewebeimitaten durchgeführt. Ziel der Messungen war sowohl die Feststellung der Eignung der Transpondertypen für die Anbringung am Ohr als auch die Auswahl eines Materials als elektromagnetisches Imitat für Ohrgewebe.

2 Material und Methoden

Die Versuche wurden auf einem statischen Prüfstand durchgeführt, der das Abfahren eines Koordinatenrasters in einem Bereich von 3,50 x 3,50 m vor einem UHF-Lesegerät ermöglicht. Für die hier beschriebenen Versuche wurde jedoch nur an Koordinaten auf einer Linie direkt mittig vor dem Lesegerät gemessen. Der Koordinatenabstand betrug 0,15 m. Es wurden Messungen im Abstand von 0,40 bis 3,85 m vom Lesegerät durchgeführt. An jeder Koordinate wurden die Lesungen des getesteten Transponders erfasst sowie der zugehörige RSSI gemessen (ADRION et al. 2014). Pro Koordinate konnten bis zu fünf Lesungen registriert werden (Lesedauer 1 s). Die Transponderohrmarken und das Lesegerät wurden in 1,65 m Höhe über dem Boden angebracht. Das verwendete Lesegerät war ein Funktionsmuster mit integrierter Antenne (deister electronic GmbH, Barsinghausen). Die Betriebsfrequenz des Lesegerätes lag bei 865,7 MHz. Die Sendeleistung betrug 1 Watt bei zirkularer Polarisation.

Die Messungen wurden an zwei verschiedenen Transpondertypen durchgeführt. Transpondertyp B5 war ein für die Nutzung bei Rindern optimierter Transponder, der in eine konventionelle Rinderohrmarke eingegossen war (Primaflex®, Caisley International GmbH, Bocholt). Transpondertyp C2 war ein wesentlich kleinerer Transponder, der für den Einsatz an Schweinen konstruiert wurde. Auch dieser Transponder war aus entwicklungstechnischen Gründen noch in eine Rinderohrmarke eingegossen. Beide Transponder besaßen eine PIF-Antennenstruktur (Planar Inverted F-Shaped Antenna (FUJIMOTO und MORISHITA 2013) und ihre Resonanzfrequenz war erhöht, um deren spätere Absenkung durch den Kunststoff der Ohrmarke und das Ohrgewebe möglichst auszugleichen.

Die Transponderohrmarken wurden sowohl zweimal in freier Anbringung ohne weitere Beeinflussung als auch mit zehn schlachtfrischen, gebrühten Schweineohren sowie zwei verschiedenen Gewebeimitaten getestet. Dies war zum einen Silikon-Graphit (Schmid und Partner Engineering AG, Zürich) in zwei Blöcken (150 x 100 x 10 mm). Dies ist ein Material, das zur elektromagnetischen Imitation von Hand- und Ohrgewebe gefertigt wird. Es wird im Folgenden als „elektromagnetisches Phantom“ bezeichnet. Zum anderen wurden sechs doppellagige Schwammtücher (195 x 50 x 5 mm) mit 130 g physiologischer Kochsalzlösung getränkt und vakuumverschweißt. Die Ohren und die Gewebeimitate wurden auf einer Halterung aus Polystyrolschaum hinter den Transponderohrmarken, die durch Holzstäbchen in Position gehalten wurden, fixiert (Abb. 1).

Die Versuche wurden in drei zeitliche Blöcke aufgeteilt, wobei pro Block jeweils alle Varianten (2 x frei, 10 x Ohr, 2 x elektromagnetisches Phantom, 6 x Schwammtuch) mit jedem Transpondertyp in je 4 Exemplaren randomisiert getestet wurden. Die Messdaten des ersten Blocks wurden für diesen Beitrag grafisch aufbereitet und beschreibend ausgewertet. Hierfür wurde aus allen Lesungen an jeder Koordinate ein Mittelwert des RSSI gebildet und der Verlauf dieser Werte über der Entfernung zum Lesegerät aufgetragen.

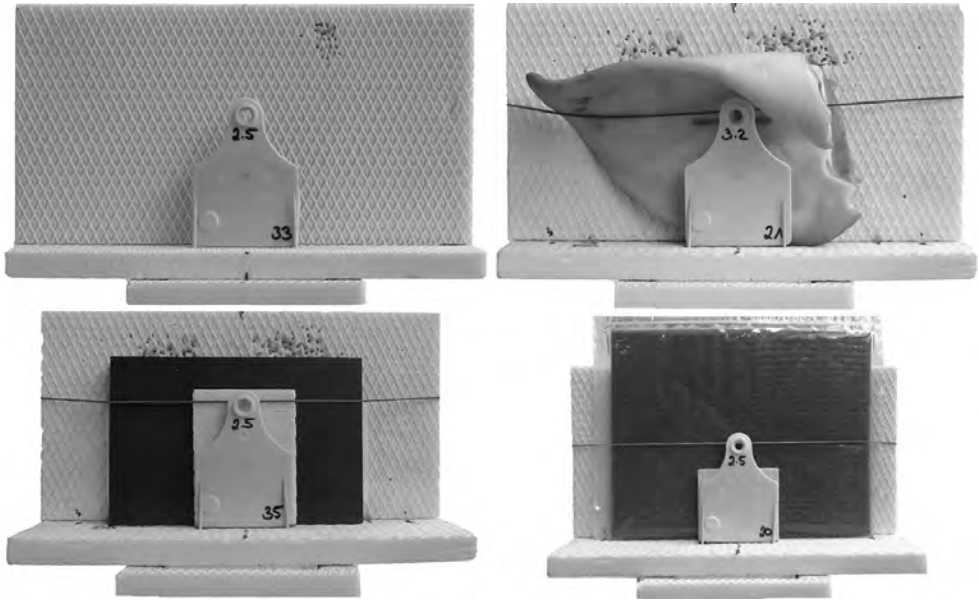


Abb. 1: UHF-Transponderohrmarken auf einer Halterung aus Polystyrolschaum in freier Anbringung (oben links), mit Schweineohr (oben rechts), elektromagnetischem Phantom (unten links) und Schwammtuch mit physiologischer Kochsalzlösung (unten rechts)

Fig. 1: UHF transponder ear tags on a holder made of polystyrene foam in free mounting (top left), with a pig's ear (top right), an electromagnetic phantom (bottom left) and a sponge cloth with physiologic salt solution (bottom right)

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Messungen des RSSI der Transponderohrmarken an Schweineohren zeigen eine sehr unterschiedliche Beeinflussung der beiden Transpondertypen (Abb. 2). Transpondertyp B5 war in freier Anbringung über den ganzen Messbereich von 3,85 m lesbar. Durch die Ohren wurde die Lesereichweite auf ca. 1,0 bis 1,6 m verringert und der RSSI durchgehend um ca. 5 dBm abgesenkt. Bei Transpondertyp C2 ergab sich hingegen bei vier von zehn Messungen mit Schweineohren eine Erhöhung des RSSI und der Lesereichweite. In freier Anbringung war der Transponder bis zu einer Entfernung von maximal 1,45 m lesbar. Bei zwei Ohren konnte die Lesereichweite bis auf 2,70 m erhöht werden. Allerdings verursachten manche Ohren auch eine Absenkung auf unter 1,0 m. Analog wurde der RSSI um bis zu 10 dBm im Vergleich zur freien Variante erhöht und abgesenkt. Die Erhöhung von Lesereichweite und RSSI bei diesem Transpondertyp konnten durch die Messungen mit den EM-Phantomen und Schwammtüchern nicht abgebildet werden (Abb. 3). Jedoch lagen die Werte in einem ähnlichen Bereich wie bei fünf von zehn Messungen mit Schweineohren. Bei Transpondertyp B5 waren die Messungen mit den Gewebeimitaten ähnlicher zu denen mit Schweineohren als bei Typ C2. Bei beiden Typen zeigten die EM-Phantome und die Schwammtücher keine Unterschiede in Bezug auf ihre Beeinflussung von RSSI und Lesereichweite.

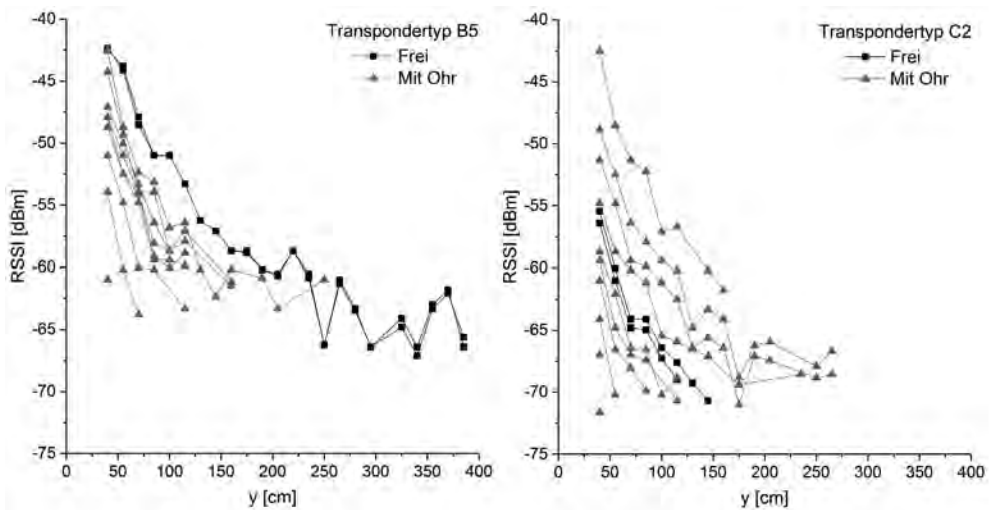


Abb. 2: RSSI [dBm] der Transpondertypen B5 (links) und C2 (rechts) bei freier Anbringung und an zehn Schweineohren in Abhängigkeit der Entfernung zum Lesegerät

Fig. 2: RSSI [dBm] of the transponder types B5 (left) and C2 (right) with free mounting and with ten pig's ears in dependence of the distance to the reader

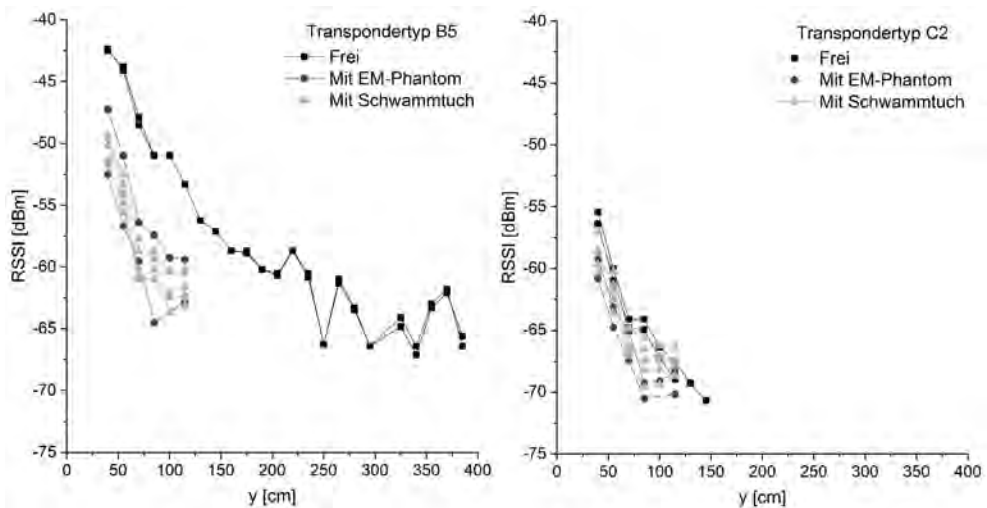


Abb. 3: RSSI [dBm] der Transpondertypen B5 (links) und C2 (rechts) bei freier Anbringung und an zwei elektromagnetischen Phantomen und sechs Schwammtüchern in Abhängigkeit der Entfernung zum Lesegerät

Fig. 3: RSSI [dBm] of the transponder types B5 (left) and C2 (right) with free mounting and with two electromagnetic phantoms and six sponge cloths in dependence of the distance to the reader

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Schweineohren in der Nähe der Transponder eine starke Streuung der Messungen verursacht wurde. Vermutlich hing dies mit der unterschiedlichen Form und Größe der Ohren zusammen, die eine unterschiedlich starke Absorption der Strahlung von Lesegerät und Transponder zur Folge hatten, aber auch durch ungleichmäßige Berührung der Ohrmarken eine mehr oder weniger starke Änderung der Resonanzfrequenz verursachten.

Es bleibt außerdem festzuhalten, dass bei Transpondertyp C2 die von LORENZO et al. (2011) und RAO et al. (2005) beschriebene Anpassung der Resonanzfrequenz erfolgreich war, da in einigen Fällen sogar eine Steigerung der Lesereichweite im Vergleich zur freien Anbringung möglich war. Der positive Effekt der Resonanzfrequenzänderung war hier sogar größer als der negative Effekt der Absorption durch die Ohren. Jedoch ist dies vom Ohr bzw. von der genauen Lage der Ohrmarke am Ohr abhängig, was auch in der Praxis schwankende Lesereichweiten dieses Transpondertyps erwarten lässt. Die mögliche Erhöhung der Lesereichweite durch Schweineohren konnte mit den Gewebeimitaten jedoch nicht nachgebildet werden. Nur der gegenteilige Effekt einer Strahlungsabsorption, ablesbar an einer Verringerung des RSSI und der Lesereichweite durch einige Ohren, wurde ebenso durch die Gewebeimitate abgebildet. Die Messungen mit Gewebeimitaten wiesen eine deutlich geringere Streuung der Ergebnisse auf als die Messungen mit Schweineohren mit großer Streuung und Limitationen in der Wiederholbarkeit. Dies wäre in Hinblick auf eine angestrebte Standardisierung und Vereinfachung der Messungen zwar von Vorteil, andererseits ist jedoch abzuwägen, ob nicht mit Blick auf einen späteren Praxiseinsatz am Tier die Transpondereignung auch am Prüfstand an heterogenen Schweineohren überprüft werden sollte.

4 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den dargestellten Versuchen die unterschiedliche Beeinflussung verschiedener Transpondertypen durch die Anbringung in der Nähe von Schweineohren erkennbar war. Die erfolgreiche Anpassung der Resonanzfrequenz des Transpondertyps C2 konnte gezeigt werden. Jedoch waren die Ergebnisse der Messungen mit Gewebeimitaten noch nicht zufriedenstellend für einen Ersatz der Ohren. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 28154T0910).

Classification of nest-building behavior in sows on the basis of accelerometer data

Detektion des Nestbauverhaltens von Sauen mittels Beschleunigungsdaten

MACIEJ OCZAK^{1,2}, KRISTINA MASCHAT¹, DANIEL BERCKMANS², ERIK VRANKEN², JOHANNES BAUMGARTNER¹

¹ Institute of Animal Husbandry and Animal Welfare, University of Veterinary Medicine Vienna (Vetmeduni Vienna), Veterinärplatz 1, 1210 Vienna, Austria; Maciej.Oczak@vetmeduni.ac.at

² M3-BIORES: Measure, Model, Manage Bioresponses, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 30, 3001 Leuven, Belgium

Keywords: sow, nest-building behavior, farrowing, accelerometer, automated monitoring

Schlüsselwörter: Sau, Nestbauverhalten, Abferkelung, Beschleunigungsdaten, automatische Überwachung

Summary

The objective of the study was to test the effectiveness of detection of nest-building behavior in non-crated farrowing sows that are not confined in crates on the basis of accelerometer data.

The experiment took place in the research farm of University of Veterinary Medicine Vienna. The sow herd counted 120 Edelschwein sows in total. Data were collected in 9 sows housed in farrowing pens. Behavior of 9 sows was video-recorded and labelled in a period of 24 h before farrowing with focus on nest-building activities. Additionally, each sow had a specific ear tag with an accelerometer sensor mounted on the ear.

Out of 9 sows under observation, 6 were assigned as a training set and 3 as a test set. Classification of nest-building events in the test set using accelerometer data with the Hidden Markov models indicated sensitivity of 85 %, specificity of 94 % and accuracy of 89 %.

On-farm application of the system would give the possibility to keep sows unconfined until the end of nest-building period. Thus, crating of sows can be limited individually to the first few days after farrowing when the risk of piglet crushing is high. This would improve welfare of sows, without an increase in piglet mortality and without extra labour demand for observation.

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war es, die Effektivität der Detektion von Nestbauverhalten bei nicht im Kastenstand fixierten Zuchtsauen über Beschleunigungsdaten zu testen.

Der Versuch wurde am Lehr- und Forschungsgut der Veterinärmedizinischen Universität Wien durchgeführt. Die Sauenherde bestand aus insgesamt 120 Tieren der Rasse Edelschwein. Es wurden Daten von 9 Sauen erhoben. Diese Sauen wurden in Abferkel-

buchten gehalten und sie wurden während des Versuchs nicht im Kastenstand fixiert. Das Verhalten von 9 Sauen wurde über eine Zeitspanne von 24 h vor der Geburt bis zur Geburt mit Videokameras aufgezeichnet und mit einem Fokus auf das Nestbauverhalten analysiert. Zusätzlich wurde am Ohr jeder Sau eine Marke angebracht, die mit einem Beschleunigungssensor ausgestattet war.

Von insgesamt 9 Datensets der einzelnen Versuchssauen wurden 6 als Trainingssets und 3 als Testsets verwendet. Die Klassifizierung von Nestbauereignissen anhand von Beschleunigungsdaten zeigte im Testset bei Anwendung des Hidden Markov models eine Sensitivität von 85 %, eine Spezifität von 94 % und eine Genauigkeit von 89 %.

Die Anwendung des Systems im Abferkelstall würde die Möglichkeit erlauben, Sauen bis zum Ende der Nestbauphase nicht zu fixieren und individuell die Zeit im Kastenstand auf die ersten Tage nach der Geburt wenn die Erdrückungsgefahr für die Ferkel am höchsten ist, zu limitieren. Dies würde das Wohlbefinden der Sauen steigern, ohne die Ferkelmortalität zu erhöhen und ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Überwachung der Sauen einzufordern.

1 Introduction

Nest-building is an important behavioral trait in domesticated, feral and wild sows (LENT 1974). Female pigs build nests in order to protect piglets against heat loss, unfavourable weather conditions, predators (PULLAR 1953), trampling by other adult pigs and to facilitate mutual bindings to the offspring (JENSEN et al. 1987). Due to hormonal changes and presence of external stimuli nest-building starts 24 h before parturition, reaches the maximum frequency 6–12 h before parturition and then decreases as parturition approaches (CASTRÉN et al. 1993).

In modern intensive pig production, sows are usually kept on concrete or plastic floors and in narrow crates before and also during farrowing (ANON 1997). These conditions prevent much of the nest-building behavior (WISCHNER et al. 2009). Limited possibilities of building a nest in sows lead to increased plasma cortisol levels (LAWRENCE et al. 1997), behavioral disorders such as bar biting (JENSEN 1988) and repetitive pressing of the snout against a surface (VESTERGAARD 1984).

In comparison to crated systems in loose housing systems (i.e. FAT2, Schmidt, Pig-SAFE) sows perform more elaborate nest-building behavior that starts earlier and lasts longer (THODBERG et al. 2002). Thus, keeping sows in loose systems offers possibilities to improve nest-building behavior.

However, risk of piglets being crushed is increased when sows are not confined in crates (EDWARDS and FRASER 1997). In order to provide the sow the freedom to build a nest and simultaneously keep the piglets mortality at the same level or lower than in crates, a concept of temporary crating was developed. Crating the sow only in the critical period of piglets lives can limit piglet loss due to crushing while nest-building behavior can still be performed (BAUMGARTNER 2012).

Choosing the right moment of crating an individual sow in farm conditions, in a way that nest-building is possible and risk of piglet crushing is low, is challenging. Due to the biological variability in gestation length, time consuming observation of sows

is necessary. On the other hand confinement of sows based on a calculated farrowing date of the group will either disturb adequate nest-building or the farrowing process in many sows of the group. A promising way to overcome these constraints is the use of sensor-based methods of Precision Livestock Farming (PLF) (WATHES et al. 2008).

The objective of this research is to develop and validate a method for classification of nest-building behavior in sows on the basis of accelerometer data. The purpose of the PLF monitoring technique is to detect nest-building behavior in loose housed sows that are temporary crated just for the critical period of piglets' live. The monitoring technique should help both to allow adequate nest-building activity of sows and give precise information to stockmen when a sow can be crated prior to farrowing for protection of piglets.

2 Materials and methods

2.1 Animals and housing

Experiments were conducted between June and September 2014 at the experimental farm of the University of Veterinary Medicine Vienna. In total nine Austrian Large White sows were included in the experiments. The sows were kept in three types of farrowing pens with possibility of temporary crating of the animals. Out of nine sows three were kept in SWAP pens (6 m²), 3 in Trapeze pens (5.5 m²) and 3 in Wing pens (5.5 m²).

The sows were introduced to the farrowing pens five days before due date of farrowing and stayed in the pens until weaning of piglets after a four weeks lactation period. In the experimental period the sows were fed twice a day. Water was provided permanently in the troughs via a nipple drinker or an automatic water-level system.

To fulfil the need for adequate material to explore and for nest-building, sows and piglets were offered straw in a rack throughout their stay in the pens. The racks were filled up to half in the morning and whenever the racks were empty.

Project 'PIGwatch' was authorized by the Ethical Committee of the Austrian Federal Ministry of Science, Research and Economy and by the Ethical committee of Vetmeduni Vienna (GZ: BMWFV-68.205/0082-WF/II/3b/2014) according to the Austrian Tierversuchsgesetz 2012, BGBl. I Nr. 114/2012.

2.2 Data labelling

Behavior of sows was video-recorded from introduction to the farrowing pens until weaning with 2-D cameras in order to create a data set that could be labelled.

Recorded videos were labelled by human in order to create a reference data set on the basis of which an algorithm for automatic detection of nest-building behavior could be developed.

In the first step of labelling process, time of the beginning of farrowing of each individual sow ($n = 9$) was labelled. The start of farrowing was defined as point in time when the body of a first piglet born dropped on the floor.

In the second step the 24 h period before the start of farrowing was labelled, with focus on nest-building behavior. In total four types of nest-building behaviors were

labelled: exploratory behavior (DAMM et al. 2003), pawing (DAMM et al. 2003), manipulation of pen (BURRI et al. 2009) and manipulation of rack (WEERD et al. 2006).

2.3 SMARTBOW® System

The SMARTBOW® System delivered information on acceleration of sensors attached to sows. The system was composed of SMARTBOW® Ear tags, SMARTBOW® Wallpoints and SMARTBOW® Station.

The SMARTBOW® Ear tag is equipped with an accelerometer sensor that measured acceleration in 3 plains (xyz). Acceleration is a vector quantity defining the rate at which the sow changed its velocity. The sow was treated as accelerating if its velocity was changing. The initial series included values for the three axes (x, y and z), which were measured in acceleration unit ($g = 9.81\text{m/s}^2$). Frequency of the accelerometer was set to 10 Hz.

2.4 Data set

For purpose of algorithm development out of the total number of 9 sows labelled, 6 sows were chosen as a training set and 3 as test set. The animals both in the training set and in the test set were equally distributed to Wing, Trapeze and SWAP pens.

We decided to divide the 24 h periods into 2 h intervals which could be classified automatically as nest-building and not-nest-building events on the basis of accelerometer data. We assumed that information on the state of the animal provided every 2 hours should be easy to interpret for the end user. Dividing 216 h (9 sows x 24 h = 216 h) of 9 sows' activity into 2 h intervals resulted in 108 total number of 2 h intervals in the data set, where the number of intervals in the training set was 72 and in the test set 36. The criterion for classifying a 2 h interval as nest-building or non-nest-building event was the total duration of nest-building activities in that interval.

2.5 Parameters

Initially raw accelerometer data was pre-processed with jerk filter (HAMALAINEN et al. 2011). Jerk filter was applied in order to handle the problem of unknown orientation of the sensors mounted on ears of sows:

$$f(c_i, \alpha_i) = (1 + \frac{|\alpha_i|}{180})c'_i, \quad \text{where}$$

$$c'_i = \begin{cases} |c^{\rightarrow}_i|, & \text{if } |a^{\rightarrow}_i| \geq |a^{\rightarrow}_{i-1}| \\ -|c^{\rightarrow}_i|, & \text{otherwise} \end{cases}$$

In the second step 3 parameters were extracted from 2 h intervals of jerk filtered acceleration data: energy of x axis, energy of y axis and energy of z axis. Energy was defined as: $E = \sum_{i=1}^{\infty} (x_i)^2 / i$, where x is acceleration of x, y or z axis. In the third step energy of 3 axes were summed up to form one signal: total energy of acceleration for each 2 h interval.

2.6 Hidden Markov models

A hidden Markov model (HMM) is a statistical Markov model in which the system being modelled is assumed to be a Markov process with unobserved (hidden) states.

The HMM consists of a hidden variable y and an observable variable x at each time step. In our case the hidden variable is the nest-building and non-nest-building activities, and the observable variable is the vector of sensor readings. Specifically observable variables are values of total energy of acceleration in 2 h intervals. We define a sequence of observations $x_{1:T} = \{x_1, x_2, \dots, x_T\}$ with $x_t = (x_t^1, x_t^2, \dots, x_t^{N_t})^T$ and $x_t^i \in \{0, 1\}$. The corresponding sequence of hidden states is represented as $y_{1:T} = \{y_1, y_2, \dots, y_T\}$ where for Q possible states $y_t \in \{1 \dots Q\}$. The joint probability factorizes as follows:

$$p(y_{1:T}, x_{1:T}) = \sum_{T=1}^T p(x_T | y_T) p(y_T | y_{T-1})$$

The different factors further specify the workings of the model. The initial state distribution $p(y_1)$ is a conditional probability table with individual values denoted as $p(y_1 = i) \equiv \pi_i$. The observation distribution $p(x_t | y_t)$ represents the probability that the state y_t would generate observation vector x_t . Accelerometer observations are modelled as log-normal distribution, where μ_{in} is the parameter of the n^{th} sensor for state i . The transition probability distribution $p(y_t | y_{t-1})$ represents the probability of going from one state to the next. This is given by a conditional probability table A where individual transition probabilities are denoted as $p(y_t = j | y_{t-1} = i) \equiv a_{ij}$. The HMM is therefore fully specified by the parameters $A = \{a_{ij}\}$, $B = \{\mu_{in}\}$ and $\pi = \{\pi_i\}$.

3 Results and discussion

Classification of behavior was performed with HMM on a total number of 108 nest-building and non-nest-building events in the data set. Confusion matrix was calculated and statistical measures of performance such as sensitivity, specificity and accuracy were retrieved (Table 1).

Tab. 1: Confusion matrix of HMM classifier

Tab. 1: Konfusionsmatrix von HMM-Erkennen

Data set	Class	Predicted class		Total
		Nest-building	Non-nest-building	
Training	Nest-building	36	7	43
	Non-nest-building	8	21	29
Test	Nest-building	17	3	20
	Non-nest-building	1	15	16

Statistical measures of performance of the algorithm in the training set were: sensitivity 84 %, specificity 72 % and accuracy 79 %. In the test set the measures were: sensitivity 85 %, specificity 94 % and accuracy 89 %.

Previous attempts to monitoring behavioral patterns at the onset of farrowing used infrared photocell and force sensors mounted in the farrowing crates (EREZ and HART-SOCK 1990, OLIVIERO et al. 2008). Force sensors were applied for detection of onset of

farrowing on the basis of increased activity of a sow during the nest-building phase. The force sensor recorded a significantly higher number of peaks in the 24 h interval prior to farrowing than in all the other 24 h intervals monitored (OLIVIERO et al. 2008).

Besides photocell and force sensors mounted in the farrowing crates, accelerometers mounted on the animals were used for classification of sows activity types at the onset of farrowing (CORNOU and LUNDBYE-CHRISTENSEN 2008, CORNOU et al. 2011) and in different stages of gestation (RINGGENBERG et al. 2010). Results indicated classification correctness of activity types of up to 100 %.

Even though PLF is a new concept that relies heavily on technology and still only a few PLF applications are used commercially, the future implications of nest-building monitoring system are wide. Although classification technique developed does not allow exactly predicting the time of farrowing of a sow, the results indicated that for 8 out of 9 sows at least 5 alarms were generated before farrowing started. A practical strategy for crating the sows temporarily on the basis of the alarm system could be to confine the animals after 5 alarms were generated. In this way most sows are allowed to perform adequate nest-building behavior (for 10 h) and newborn piglets are protected from crushing due to crating of sows just before farrowing.

Another application of the monitoring system based on the technique developed is to indicate that farrowing will occur within few hours. At present, especially in large herds, most farrowing occurs with no supervision. Furthermore the gestation length in the sow range from 105 to 125 days and parturition is difficult to predict in practice. The sows should be checked at regular intervals during many days before the expected farrowing, which is costly in terms of labor. The prediction of farrowing using nest-building monitoring system could help the farmers to improve their surveillance during these hours, thus benefiting the sows, the piglets and the economy (OLIVIERO et al. 2008).

The data generated by our system enable to monitor the progress of a sow's parturition without making frequent visits to the farrowing area. Usage of automatic monitoring has the additional advantage of not interrupting the sow's activities at a time before farrowing, when she is sensitive to outside disturbances (EREZ and HARTSOCK 1990).

Literature

The literature can be requested from the authors.

Acknowledgements

Project 'PIGwatch' fundet by Provincial Government of Niederösterreich (K3-F-149/003-2013).

Treiberversuche zur simultanen Einzeltiererkennung von Rindern mithilfe eines UHF RFID-Systems

Driving experiments for the simultaneous individual animal identification of cattle using an UHF RFID system

NORA HAMMER, FELIX ADRIAN, EVA HOLLAND, MAX STAIGER, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70593 Stuttgart; nora.hammer@uni-hohenheim.de, felix.adrian@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter: Ultrahochfrequenz, RFID, simultane Einzeltiererkennung, Transponderohrmarken, Rinder
Keywords: ultra-high frequency, RFID, simultaneous animal identification, transponder ear tags, cattle

Zusammenfassung

Ultrahochfrequente RFID-Systeme galten für den Einsatz in der Tierhaltung bisher als ungeeignet. Aufgrund der Absorption elektromagnetischer Strahlung durch Körpergewebe und der Reflektion der Strahlung an metallischen Oberflächen schien das zuverlässige Auslesen eines am Tier befestigten Transponders nicht möglich. Heutzutage ist es jedoch möglich, UHF-Transponder an bestimmte Umgebungen anzupassen und in der Nutztierhaltung einzusetzen. In diesem Beitrag wird der Test von drei unterschiedlichen, in einem Projekt entwickelten, UHF-Transponderohrmarken in Treiberversuchen an Rindern dargestellt. Die Versuche wurden im Stall und auf der Weide mit unterschiedlichen Lesegeräteleistungen und -ausrichtungen durchgeführt. Zwei der entwickelten Transponderohrmarken erzielten gute bis sehr gute Erfassungsquoten. Eine weitere Anpassung des Lesegerätgates erscheint jedoch sinnvoll, um zuverlässig Erfassungsquoten von 100 % zu erzielen.

Summary

Up to now, ultra-high frequency RFID systems were considered as unsuitable for the use in animal husbandry. Due to the absorption of the electromagnetic radiation by body tissue and the reflection of the radiation on metal surfaces a reliable reading of a transponder tagged animal seemed impossible. Nowadays, it is possible to adjust UHF transponders to a certain environment and to use them in animal husbandry. In this article the test of three different in-house developed UHF transponder ear tags in driving experiments with cattle is presented. The experiments were carried out in the stall and on pasture land with various reader performances and orientations. Two of the developed transponder ear tags achieved good or even very good reading rates. But a further adjustment of the reader gate seems sensible to reach reliably reading rates of 100 %.

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei der simultanen Einzeltiererkennung mittels Radio-Frequenz-Identifikation (RFID) wird ein Transponder an einem zu identifizierenden Tier angebracht und von einem Lesegerät kontaktlos ausgelesen. Bei RFID-Systemen, die im ultrahochfrequenten (UHF) Bereich arbeiten, ist die simultane Erfassung mehrerer Transponder möglich. Im Vergleich zu anderen Frequenzbereichen bieten UHF-Systeme sowohl den Vorteil einer schnelleren Datenübertragung als auch die Möglichkeit, Transponder über größere Entfernungen und in festgelegten Bereichen auszulesen. Eine Vereinzelung der Tiere ist nicht nötig und eine Erkennung über eine größere Entfernung ist möglich. Nachteilig hingegen ist eine starke Anfälligkeit gegenüber Störgrößen wie Wasser und Metall, die sich jedoch im Verlauf der letzten Jahre durch gezielte Transponderentwicklung zumindest teilweise vermindern ließ (CATARINUCCI et al. 2012, FINKENZELLER 2012, STEKELER et al. 2011).

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Verbundprojektes werden elektronische UHF-Ohrmarken unter anderem für Rinder, sowie UHF-Lesegeräte entwickelt. Ziel ist eine zuverlässige Simultanerfassung der Tiere in Gruppen beim Umhertreiben in bestimmten Bereichen der Haltungsumwelt. In diesem Beitrag wird auf die bisherigen Untersuchungen zur Simultanerfassung von Rindern mit drei verschiedenen projekteigenen UHF Transponderohrmarken (B3-4, B4-4 und B5) eingegangen. Diese wurden unter verschiedenen Bedingungen im Stall und auf der Weide mithilfe eines Gates aus zwei Lesegeräten getestet und miteinander verglichen.

2 Tiere, Material und Methode

Die Versuche wurden an 16 Rindern der Rasse Holstein Friesian (14) und Jersey (2) im Stall und auf der Weide der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Lindenhöfe (Unterer Lindenhof), durchgeführt (Abb. 1). Den Rindern wurde neben der vorgeschriebenen visuellen Ohrmarke eine UHF-Transponderohrmarke in das linke Ohr eingezogen (8 x Typ B3-4, 8 x Typ B4-4, 15 x Typ B5). Die Transponder waren in handelsübliche Rinderohrmarken integriert (Primaflex®, Caisley International GmbH, Bocholt).

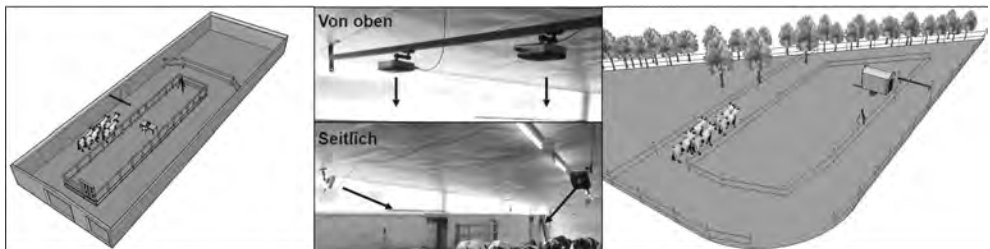


Abb. 1: Versuchsaufbau der Stall- (links) und Weideexperimente (rechts) sowie die Lesegerätaufrichtungen (mittig) gültig für die Experimente mit allen Transpondertypen

Fig. 1: Experimental setup of the stall (left) and pasture land (right) experiments as well as the reader orientations (center) valid for the experiments with all transponder types

Die Transpondertypen B3-4 und B4-4 stellen bereits eine Weiterentwicklung einiger zuvor im Projekt entwickelter und getesteter Transpondertypen dar und konnten zeitgleich innerhalb einer Tiergruppe getestet werden (ADRION 2014, HAMMER et al. 2015). Transpondertyp B5 stellt die Weiterentwicklung des Typs B4-4 dar und wurde an derselben Tiergruppe, jedoch im Anschluss an den ersten Versuch, getestet. Die Tiergruppe wurde im Stall und auf der Weide an mehreren Versuchstagen mehrfach durch ein Gate aus Lesegeräten getrieben. Hierbei entsprachen 10 Runden einer Wiederholung. Tabelle 1 zeigt den Versuchsplan und die Anzahl an Wiederholungen pro Versuchsaufbau. Aufgrund der Abläufe innerhalb des Versuchsbetriebs war keine Randomisierung der Versuche möglich, weshalb die Versuche in der in Tabelle 1 genannten Reihenfolge durchgeführt wurden.

Tab. 1: Versuchsplan für die Stall- und Weideversuche

Tab. 1: *Experimental design for the stall and pasture land experiments*

Test	Ort	Lesegerätausrichtung	Lesegerätleistung W	Wiederholungen (Runden)
Transpondertypen B3-4 und B4-4				
1-2	Stall	Seitlich	1,0 u. 0,5	jeweils 10 (100)
3-4	Stall	Von oben	1,0 u. 0,5	jeweils 10 (100)
5-6	Weide	Seitlich	1,0 u. 0,5	jeweils 10 (100)
7-8	Weide	Von oben	1,0 u. 0,5	jeweils 10 (100)
Transpondertyp B5				
9-10	Stall	Seitlich u. von oben	1,0	jeweils 10 (100)
11-12	Weide	Seitlich u. von oben	1,0	jeweils 10 (100)

Die Ausrichtung der Lesegeräte (seitlich vs. von oben) sowie die Leistung der Lesegeräte (0,5 W vs. 1,0 W) wurden variiert. Bei der Ausrichtung „seitlich“ strahlte das rechte Lesegerät (in Laufrichtung, im Uhrzeigersinn) den Tieren von vorne auf den Kopf, wohingegen das linke Lesegerät auf den Hinterkopf der Tiere strahlte, nachdem sie das Gate passiert hatten. Bei dieser Ausrichtung betrug der Neigungswinkel beider Lesegeräte ca. 30°. Bei der Ausrichtung „von oben“ strahlten beide Lesegeräte den Tieren senkrecht von oben auf den Kopf (Abb. 1).

Die verwendeten Lesegeräte arbeiteten auf einer Frequenz von 868 MHz (EU), mit zirkularer Polarisation und einem Öffnungswinkel von 90°. Bei diesen Lesegeräten war eine effektive Strahlungsleistung von 1,0 Watt möglich (deister electronics GmbH, Barsinghausen). Zur Bewertung des Systems wurde sowohl die mittlere Anzahl an Lesungen pro Runde als auch die mittlere Erfassungsquote jedes Transponderexemplars sowie die eines Transpondertyps herangezogen (Formel 1 und 2).

$$\bar{\varnothing} \text{ Anzahl Lesungen pro Runde} = \frac{\sum \text{Anzahl Lesungen}}{\sum \text{Anzahl Runden}} \quad (\text{Gl. 1})$$

$$\bar{\varnothing} \text{ Erfassungsquote [\%]} = \frac{\sum \text{gelesene Runden}}{10} \cdot 100 \quad (\text{Gl. 2})$$

Die Anzahl an Lesungen eines Transpondertyps dient vorwiegend der Bewertung der Qualität eines Transpondertyps und stellt für die Weiterentwicklung innerhalb des Projekts einen wichtigen Wert dar. Die Erfassungsquoten hingegen sind ein relevanter Faktor für den Einsatz des Transponders in der Praxis. Zuverlässige Erfassungsquoten von 100 % sollten hier das Ziel sein.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der Versuche über alle Transpondertypen aufgeführt. Deutlich zu erkennen ist, dass die Anzahl an Lesungen bei den Stallversuchen über alle Transpondertypen hinweg etwas höher liegt. Dies hängt vermutlich mit der an den metallischen Oberflächen der Stalleinrichtung reflektierten elektromagnetischen Strahlung zusammen. Auch wenn der Transponder aus der Hauptstrahlrichtung der Lesegeräte eigentlich nicht ausgelesen werden kann, da der Kopf oder das Ohr des Tieres die Strahlung absorbieren, so besteht in Stallumgebung die Möglichkeit, dass der Transponder über reflektierte Strahlung trotzdem genügend Energie für ein Antwortsignal erhält.

Auch fällt auf, dass eine höhere Anzahl an Lesungen bei der Ausrichtung „von oben“ erreicht werden konnte (ø 1,5 Lesungen mehr über alle Transpondertypen). Dies lässt sich vermutlich mit dem Öffnungswinkel der Lesegeräte und der damit verbundenen kürzeren Distanz zwischen Transponder und Lesegerät bei dieser Ausrichtung erklären. Bei der Ausrichtung „seitlich“ wird zwar ein größerer Bereich vor und nach dem

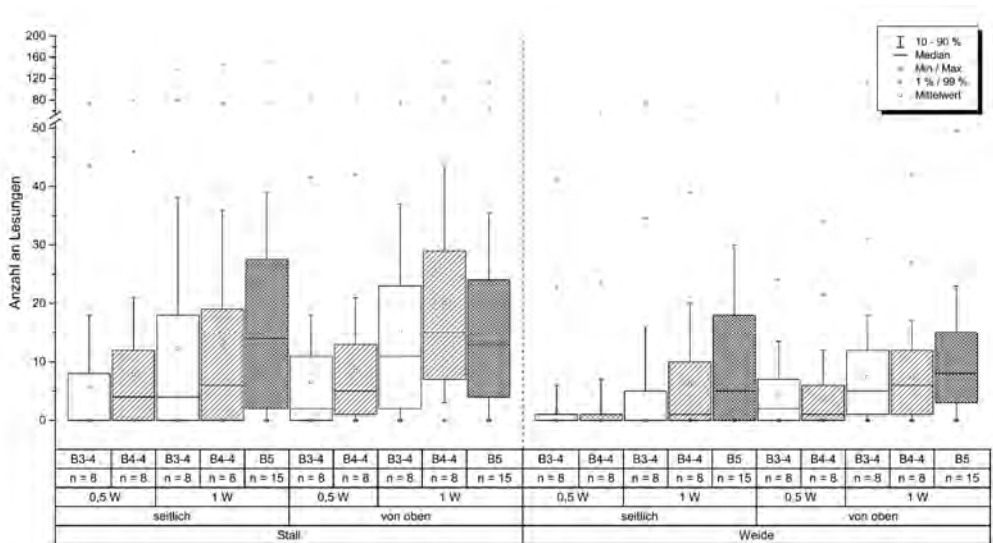


Abb. 2: Unterschiede der Anzahl an Lesungen bezogen auf den Versuchsaufbau und drei verschiedene Transpondertypen, 10 Wiederholungen pro Versuchsaufbau und Transpondertyp

Fig. 2: Differences of the number of readings in terms of the test set-up and three different transponder types, 10 repetitions per test set-up and transponder type

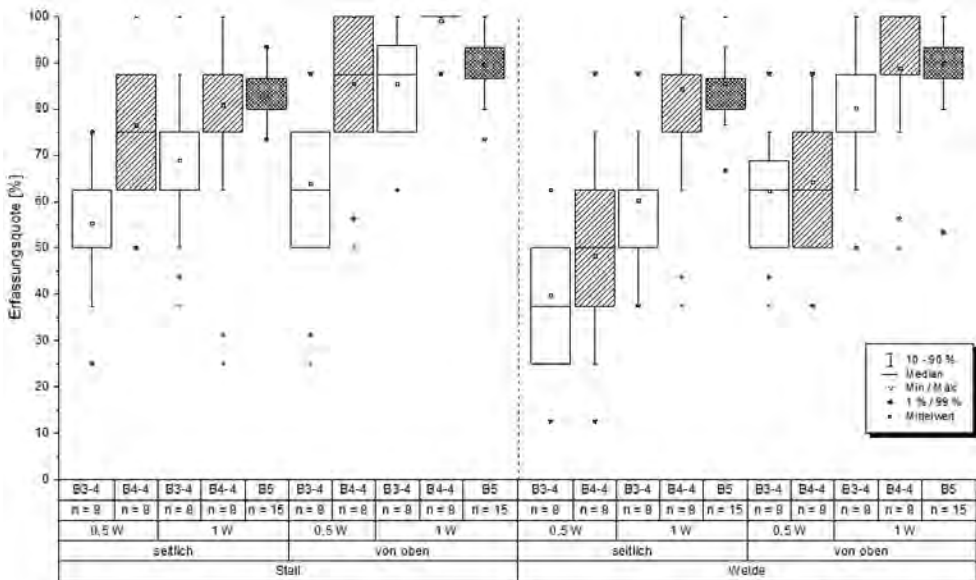


Abb. 3: Unterschiede in den mittleren Erfassungsquoten bezogen auf den Versuchsaufbau und drei verschiedene Transpondertypen, 10 Wiederholungen pro Versuchsaufbau und Transpondertyp
 Fig. 3: Differences of the average reading rates in terms of test set-up and three different transponder types, 10 repetitions per test set-up and transponder type

Lesegerätgate von den Lesegeräten erfasst, die durchschnittliche Entfernung zwischen Lesegerät und Transponder ist jedoch weiter und die Strahlungsintensität des Lesegeräts somit schwächer. Dadurch steht dem Transponder hier im Mittel vermutlich weniger Energie für sein Antwortsignal zur Verfügung.

Auf diese Weise lässt sich auch erklären, dass bei einer Lesegerätleistung von 1,0 W über alle Transpondertypen hinweg, durchschnittlich ca. 7 Lesungen pro Runde mehr erzielt werden konnten als bei 0,5 W (0,5 W: ca. 5 Lesungen; 1,0 W: ca. 12 Lesungen).

Abbildung 3 stellt die Erfassungsquoten des Versuchs dar. Transpondertyp B4-4 erzielte bei der Ausrichtung „von oben“, einer Lesegerätleistung von 1,0 W und in Stallumgebung im Mittel die beste Erfassungsquote (99 %) des ganzen Versuchs.

Werden die drei Transpondertypen bei gleichen Bedingungen (ausschließlich Versuche mit 1,0 W Lesegerätleistung) untereinander verglichen, so fällt auf, dass Transpondertyp B5 mit 13,7 Lesungen im Mittel die höchste Anzahl an Lesungen aufwies (B3-4: 9,9; B4-4 11,6). Werden jedoch die mittleren Erfassungsquoten miteinander verglichen, schnitt Transpondertyp B4-4 mit durchschnittlich 88,3 % am besten ab (B3-3: 73,8 %; B5: 86,8 %). Der kleine Unterschied zwischen den Typen B4-4 und B5 lässt sich höchstwahrscheinlich auf einen tierindividuellen Einfluss zurückführen. Beide Typen scheinen in ihrer Resonanzfrequenz und für den Gebrauch am Tier geeignet zu sein.

Im Vergleich zu Treibeversuchen mit Rindern anderer Autoren (Erfassungsquote: 72 %) sind die in diesem Versuch erzielten Erfassungsquoten als ein deutlicher Fortschritt in der UHF-Transponderohrmarkenentwicklung einzustufen (COOKE et al. 2010).

4 Fazit

Anhand von Treibeversuchen mit Rindern konnte mit einer Erfassungsquote von bis zu 99 % die Praxistauglichkeit von UHF-Transponderohrmarken für Rinder unter Beweis gestellt werden. Die Transpondertypen B4-4 und B5 eignen sich für die Anwendung am Rind und die simultane Erfassung einer größeren Tiergruppe. Es wird erwartet, dass durch eine weitere Optimierung des Gates regelmäßig Erfassungsquoten nahe 100 % erreicht werden können.

Literatur

- Adrion, F.; Hammer, N.; Röbler, B.; Jezierny, D.; Gallmann, E. (2014): An automated static test bench for UHF-RFID ear tags. In: Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering 2014. European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)
- Catarinucci, L.; Colella, R.; Tarricone, L. (2012): Design, development, and performance evaluation of a compact and long-range passive UHF RFID tag. *Microwave and Optical Technology Letters* 54(5), 1335-1339
- Cooke, A.; Diprose, B.; Brier, B. (2010): Use of UHF ear tags in deer and sheep. (Project Report). Rezare Systems Limited, available at: http://www.rfid-pathfinder.org.nz/images/pdf/uhf_tag_assessment_report_2010-02-09.pdf, accessed June 11, 2014
- Finkenzeller, K. (2012). *RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendung von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC*, München, Karl Hanser Verlag, 6. Auflage
- Hammer, N.; Adrion, F.; Jezierny, D.; Gallmann, E.; Jungbluth, T. (2015): Methodology of a dynamic test bench to test ultra-high-frequency transponder ear tags in motion. *Computers and Electronics in Agriculture* 113, 81-92. 10.1016/j.compag.2015.02.003.
- Stekeler, T.; Herd, D.; Röbler, B.; Jungbluth, T. (2011): Use of a UHF transponder for simultaneous identification of fattening pigs. *Landtechnik* 66(2), 132-135

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 28154T0910).

Energieverbrauch automatischer Fütterungssysteme in Praxisbetrieben

Energy consumption of automatic feeding systems in farms under practical conditions

ROSEMARIE OBERSCHÄTZL, BERNHARD HAIDN, JOSEF NEIBER, STEFAN NESER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising; rosemarie.obershaetzl@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter: Automatische Fütterungssysteme, Elektroenergieverbrauch, Milchkühe, Mastbullen
Keywords: automatic feeding systems, electrical energy consumption, dairy cows, fattening bulls

Zusammenfassung

Automatische Fütterungssysteme (AFS) gewinnen in der Milchvieh- und Mastbullenhaltung immer mehr an Bedeutung. Mit betrieblichem Wachstum und zunehmender Technisierung sowie Automatisierung steigt der Energieverbrauch in landwirtschaftlichen Betrieben kontinuierlich an. Ziel der Untersuchungen ist es deshalb, den Elektroenergieverbrauch von AFS auf vier bayerischen Praxisbetrieben zu erfassen. Die resultierenden Stromkosten sollen unter Berücksichtigung der Dieselskosten mit jenen verglichen werden, welche beim Füttern mit einem Futtermischwagen entstehen würden.

Der tägliche Elektroenergieverbrauch der untersuchten AFS unterliegt einer großen Spanne von 9,3 kWh bis zu 51,6 kWh. Der Vergleich der Gesamtenergiekosten beim Einsatz eines AFS und den kalkulierten Dieselskosten, welche beim Füttern mit einem Futtermischwagen entstehen würden zeigt, dass die Energiekosten für das Füttern durch ein AFS um bis zu 50 € je GV und Jahr reduziert werden können.

Summary

Automatic feeding systems (AFS) for dairy cows and fattening bulls gain in importance. But increasing farm sizes, automation and mechanization can lead to rising energy consumption and costs. Therefore, the aim of the study was to analyse the electrical energy consumption of AFS on four Bavarian farms. Furthermore, the costs incurred should be compared with the calculated costs of diesel when feeding with a fodder mixing wagon.

The results of the acquired daily electrical energy consumption show a wide range between 9.3 kWh and 51.6 kWh. A comparison of the total energy costs of feeding with an AFS and those of diesel-driven fodder mixing wagons shows that energy costs for feeding can be saved up to 50 € per livestock unit and year by using an AFS.

1 Einleitung und Zielstellung

Die automatisierte Vorlage von Futtermischrationen gewinnt in der Milchvieh- und Mastbul-lenhaltung insbesondere aus Gründen der Arbeitszeiteinsparung und -flexibilisierung aber auch wegen der Möglichkeit zu einer mehrmals täglichen und leistungsgruppenbezogenen Fütterung immer mehr an Bedeutung. Deutschlandweit werden derzeit etwa 300 automatische Fütterungssysteme (AFS) eingesetzt, wobei vor allem Betriebe in Süddeutschland diese Technik nutzen. Allein in Bayern füttern mehr als 100 rinderhaltende Landwirte automatisch. Mit betrieblichem Wachstum und zunehmender Technisierung sowie Automatisierung steigt der Energieverbrauch in landwirtschaftlichen Betrieben kontinuierlich an (AEL 2012). Milchvieh-haltende Betriebe liegen bei einem Stromverbrauch von durchschnittlich 640 kWh/(Tier · a) (NESER et al. 2014), wobei davon die Fütterung mit einem Anteil von 20 % nach dem Melken den zweitgrößten Verbraucher darstellt (NESER et al. 2012). Trotz der zunehmenden Bedeu-tung der Technik liegen zum Energiebedarf von AFS bis auf wenige Praxiserfahrungen bisher noch keine belastbaren Aussagen vor.

Ziel der Untersuchungen ist es deshalb, den Elektroenergieverbrauch von AFS auf vier bayerischen Praxisbetrieben zu erfassen. Die aus dieser IST-Analyse hervorgegangenen Elektroenergiekosten sollen dann unter zusätzlicher Berücksichtigung der Dieselskosten mit jenen verglichen werden, welche beim Füttern mit einem konventionellen Futter-mischwagen entstehen würden. Mithilfe dieser Untersuchungen sollen Energieeinspar-potenziale beim Füttern in der Rinderhaltung aufgezeigt werden.

2 Material und Methode

Die Erhebungen werden als Langzeitmessungen seit Juli 2013 auf vier bayerischen Pra-xisbetrieben (drei Milchviehbetriebe und ein Bullenmastbetrieb) mit unterschiedlichen Betriebsausstattungen, Tierzahlen und Anlagentypen durchgeführt (Tab. 1). Milchvieh-betrieb 1 und 2 sowie der Bullenmastbetrieb haben einen schienengeführten Misch- und Verteilwagen installiert und lagern ihre Futtermittel in Vorratsbehältern zwischen. Die Komponenten können über verschiedene Dosiersysteme in die Verteilwägen gefüllt werden. Auch die Antriebssysteme der Wägen sind unterschiedlich. Milchviehbetrieb 3 füttert mit einer Bandanlage in einem vollautomatisierten System. Die Silage wird hier in Tiefsilos bevorratet. Mais- und Grassilage werden über eine Obenentnahmefräse und ein Saugwurfgebläse entnommen und gefördert sowie über Abföhrbänder zu einem stationären Mischer transportiert.

Die Fütterungssysteme in den Praxisbetrieben sind in Futterhallen untergebracht. In Milchviehbetrieb 1 und dem Bullenmastbetrieb befindet sich die Futterhalle direkt neben den Ställen, wodurch sich kurze Fahrwege für die Futtermisch- und Verteilwägen erge-ben. Milchviehbetrieb 2 und 3 haben eine separate Futterhalle gebaut. Dies resultiert vor allem in Betrieb 2 in größeren Entfernungen zwischen Futterküche und Stall. Außerdem muss hier der Wagen mithilfe eines zweiten Antriebsmotors Höhenunterschiede des Hofgeländes überwinden.

Tab. 1: Übersicht der Fütterungssysteme und des Fütterungsmanagements in den Untersuchungsbetrieben
Tab. 1: Overview of the automatic feeding systems and the feeding management in the four farm types

	Milchviehbetrieb 1	Milchviehbetrieb 2	Milchviehbetrieb 3	Bullenmastbetrieb
Fütterungssystem	MixFeeder GEA/ Mullerup Schienengeführter Misch- und Verteilwagen	T40 Trioliet Schienengeführter Misch- und Verteilwagen	Pellon Futterband und stationärer Mischer	Transfeed DEC Schauer/Rovibec Schienengeführter Misch- und Verteilwagen
Automatisierungsstufe	Teilautomatische Fütterung	Teilautomatische Fütterung	Vollautomatische Fütterung	Teilautomatische Fütterung
Futtermittel und Lagerung	Grassilage (gehäckselt): lose in einem Bunker Maissilage (gehäckselt): lose in einem Bunker Heu: in Ballen in einem Bunker Stroh (gehäckselt): in Ballen in einem Bunker Kraft- und Mineralfutter: in Hochsilos und Dosierern	Grassilage: in Blöcken in einem Bunker Maissilage (gehäckselt): in Blöcken in einem Bunker Heu: in Ballen in einem Bunker Stroh: in Ballen in einem Bunker Kraft- und Mineralfutter: in Hochsilos und Dosierern	Grassilage (gehäckselt): in Tiefsilos Maissilage (gehäckselt): in Tiefsilos Stroh (gehäckselt): in Ballen in einem Bunker Kraft- und Mineralfut- ter: in Hochsilos und Dosierern	Maissilage und Stroh (gehäckselt): lose in einem Bunker Kraft- und Mineralfutter: in Hochsilos und Dosierern
Befüllen der Bunker	Mit Schlepper und Greifschaukel	Mit Schlepper und Blockschneider	Stroh: mit einem Kran	Mit Schlepper und Greifschaukel
Dosiersystem der Bunker	Silagen: Dosierwalzen Stroh und Heu: Schneideinrichtung	Schneideinrichtung	Dosierwalzen	Dosierwalzen
Mischsystem	1 horizontale Mischschnecke	2 vertikale Mischschnecken	1 vertikale Mischschnecke	Paddelmischer
Antriebssystem der Misch- und Verteil- einrichtung	Elektromotor über Akku	Elektromotor über Stromschiene	Stationärer Elektromotor	Elektromotor über Schleppkabel
Gefütterte Gruppen und Fütterungs- frequenzen	HL ¹⁾ NL ²⁾ TS ³⁾ JV ⁴⁾ 6 6 3 1	HL ¹⁾ NL ²⁾ TS ³⁾ Tran- sit 5 6 6 3 5	HL ¹⁾ NL ²⁾ TS ³⁾ JV ⁴⁾ 7 7 3 3	MA ⁵⁾ MA ⁵⁾ MA ⁵⁾ MA ⁵⁾ 1 2 3 4 3 3 3 3
Anzahl gefütterter Tiere	130 Kühe + Jungvieh (190 GV)	135 Kühe + Jungvieh (220 GV)	150 Kühe + Jungvieh (230 GV)	192 Bullen + Kälber + Fresser (150 GV)

1) Hochleistungsgruppe. 2) Niederleistungsgruppe. 3) Trockensteher. 4) Jungvieh. 5) Mastabschnitt.

Der Energieverbrauch der einzelnen Komponenten der AFS wird in einem 15-Minuten-Intervall über Stromzähler erfasst, mithilfe von Datenloggern gespeichert und über ein GSM-Modem (Global System for Mobile Communications) zur weiteren Verarbeitung auf einen Server übertragen. Zusätzlich werden die Daten der AFS (Fütterungszeiten, gefütterte Gruppen und Komponenten, Fehlermeldungen etc.) in regelmäßigen Abständen dokumentiert. Die Auswertungen des Energieverbrauchs der Systeme in den vier Praxisbetrieben erfolgten für das Jahr 2014. Dabei wurde zwischen den Hauptver-

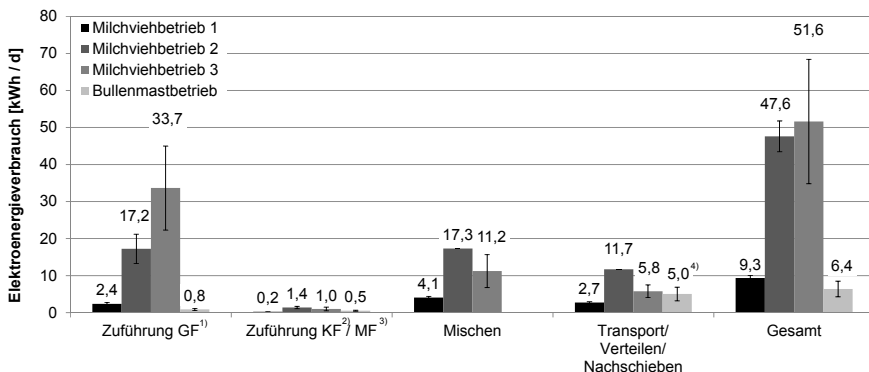
brauchsbereichen Zuführung von Grundfutter, Zuführung von Kraft- und Mineralfutter, Mischen der Ration und Transport/Verteilen/Nachschieben des Futters unterschieden. Um die beim Füttern mit einem AFS verursachten Energiekosten (einschließlich Dieselskosten für das Befüllen der Vorratsbehälter) mit den Dieselskosten für das Füttern mit einem Futtermischwagen vergleichen zu können, wurden folgende Annahmen getroffen:

- Bedarf an Schlepperstunden (Sh) für die Futterzwischenlagerung im
 - Milchviehbetrieb 1: 1,6 Sh/(GV · a)
 - Milchviehbetrieb 2: 1,3 Sh/(GV · a)
 - Bullenmastbetrieb: 0,6 Sh/(GV · a)
- Bedarf an Schlepperstunden für das Füttern mit einem Futtermischwagen in den betrachteten Betrieben: 2 bis 6 Sh/(GV · a)
- Nettodieselkosten: 1,18 €/l
- Dieselverbrauch: 10,0 l/Sh (LOPOTZ und NACKE 2014)
- Nettoenergiekosten: 0,227 €/kWh

Aufgrund unterschiedlicher Anordnungen der Hofgelände und Entfernungen zwischen Futterhalle und Silos in den Betrieben sowie der zu fütternden GV wurde jeweils ein anderer Bedarf an Schlepperstunden für das Befüllen der Vorratsbehälter unterstellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertungen der Elektroenergieverbrauchsmessungen zeigen für die drei Milchviehbetriebe eine Spannweite des Verbrauchs zwischen 9,3 kWh/d bei einer teilautomatischen Fütterung (Milchviehbetrieb 1) und 51,6 kWh/d bei einem vollautomatisierten Verfahren mit der Futterzuführung aus Tiefsilos (Milchviehbetrieb 3). Mit einem mittleren täglichen Elektroenergieverbrauch von 6,4 kWh/d weist die Anlage des Bullenmastbetriebs den geringsten Verbrauch auf. Dort wird nur ein Vorratsbehälter gemeinsam für Maissilage und Stroh eingesetzt, weshalb der Bereich der Grundfutterzuführung mit 0,8 kWh/d als wenig Energie verbrauchend einzustufen ist (Abb. 1).



1) Grundfutter. 2) Kraftfutter. 3) Mineralfutter. 4) Einschließlich Verbrauch für Mischvorgang.

Abb. 1: Täglicher Elektroenergieverbrauch (kWh/d) in vier Betrieben im Jahr 2014

Fig. 1: Daily electrical energy consumption (kWh per day) on four farms in the year 2014

Es lässt sich feststellen, dass die Zuführung des Grundfutters und das Mischen der Ration mit einem Anteil von im Mittel 76 % am Gesamtenergieverbrauch der Anlagen in den betrachteten Milchviehbetrieben die wesentlichen Verbraucher der AFS darstellen. Der Transport der Silage aus den Tiefsilos zum Mischer ergibt einen hohen Elektroenergieverbrauch von 33,7 kWh/d. Die Vorratsbehälter der Anlage in Betrieb 2 weisen vermutlich aufgrund ihrer Schneideinrichtung ebenfalls einen höheren Energieverbrauch auf. Die vertikalen Schneckenmischsysteme in Milchviehbetrieb 2 und 3 benötigen gemäß den Messungen mehr Energie als der Paddelmischer im Bullenmastbetrieb. In Milchviehbetrieb 2 wird jedoch langes Stroh gefüttert, welches zusätzlich noch durch die Mischeinrichtung zerkleinert werden muss. Dagegen wird in Milchviehbetrieb 1 und beim Bullenmäster gehäckseltes Stroh verwendet. Daraus kann geschlossen werden, dass die Struktur der Futterkomponenten einen Einfluss auf den Energieverbrauch der Grundfutterzuführung und des Mischens haben dürfte. Ferner ist anzunehmen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Energieverbrauch von AFS und der gefütterten Tierzahl, der Anzahl und Menge der Futterkomponenten, der Häufigkeit der Mischungsherstellung und Fütterung sowie der Entfernung zwischen der Futterhalle und dem Stall besteht.

Ein Vergleich des Elektroenergieverbrauchs der vier Anlagen je Großvieheinheit (GV) und Jahr und den daraus entstehenden Kosten lassen eine ähnliche Tendenz erkennen. Milchviehbetrieb 3 muss bei einer vollautomatischen Fütterung mit 18,59 €/ (GV · a) rechnen, während die Stromkosten im Bullenmastbetrieb nur bei 3,53 €/ (GV · a) liegen (Tab. 2). Neben dem Elektroenergieverbrauch und den hierfür entstehenden Kosten je GV und Jahr wurden die anfallenden Dieselskosten für das Befüllen der Vorratsbehälter in den Betrieben errechnet. Diese jährlichen Gesamtenergiekosten wurden dann den Dieselskosten für das Füttern mit einem Futtermischwagen gegenübergestellt (Tab. 2).

Tab. 2: Vergleich des Elektroenergieverbrauchs und der –kosten beim Einsatz eines AFS mit den Dieselskosten für das Füttern mit einem Futtermischwagen in den vier Untersuchungsbetrieben
Tab. 2: Comparison of the electrical energy consumption and costs using an AFS and the diesel costs incurred when feeding with a fodder mixing wagon in the four farms

Untersuchungs- betrieb	Elektro- energie- verbrauch kWh/(GV · a)	Elektro- energie- kosten AFS €/ (GV · a)	Dieselskosten Befüllen VB ¹⁾ €/ (GV · a)	Gesamt- energie- kosten AFS €/ (GV · a)	Bedarf an Schlepper- stunden FMW ²⁾ Sh/(GV · a)	Dieselskosten FMW ²⁾ €/ (GV · a)
Milchvieh- betrieb 1	17,92	4,07	18,90	22,97	4	47,20
					5	59,00
Milchvieh- betrieb 2	78,98	17,93	15,30	33,23	5	59,00
					6	70,80
Milchvieh- betrieb 3	81,91	18,59		18,59	5	59,00
					6	70,80
Bullen- mast- betrieb	15,53	3,53	7,10	10,63	2	23,60
					3	35,40

1) Vorratsbehälter. 2) Futtermischwagen.

Entgegen bisheriger Ergebnisse zeigt Milchviehbetrieb 3 Gesamtenergiekosten von lediglich 18,59 €/GV · a). Aufgrund der Vollautomatisierung des Fütterungssystems ist kein Befüllen von Vorratsbehältern erforderlich, sodass keine zusätzlichen Dieselskosten anfallen. Im Vergleich dazu liegen die Energiekosten in den anderen beiden Milchviehbetrieben auf einem höheren Niveau.

Die Berechnungen des Verfahrensvergleichs ergaben, dass in Abhängigkeit des Bedarfs an Schlepperstunden (4–6 Sh/(GV · a) für das Füttern mit einem Futtermischwagen Energiekosten durch den Einsatz eines AFS im Vergleich zu einem Futtermischwagen eingespart werden können. Auch die Betriebsleiter der Milchviehbetriebe 1 und 2 können durch ein AFS die Energiekosten für das Füttern reduzieren. Das höchste Einsparpotenzial liegt jedoch bei einer vollautomatischen Fütterung vor (15–50 €/(GV · Jahr)).

4 Schlussfolgerungen

Durch den Einsatz von AFS mit effizienten Elektromotoren können die Energiekosten für die Rinderfütterung im Vergleich zu konventioneller Fütterungstechnik reduziert werden. Außerdem bietet diese Technik die Möglichkeit, Eigenstrom einer Photovoltaikanlage zu nutzen und somit steigenden Energiekosten und gleichzeitig sinkenden Vergütungen für Solarstrom zu begegnen.

Literatur

- Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e.V. (2012): Stromtipps - Hinweise zum effizienten Stromeinsatz in der Landwirtschaft. (AEL) <http://www.ael-online.de/inhalt/fachinfo/download/tipps.pdf>, Zugriff am 3. September 2014
- Lopotz, H., Nacke, K. (2014): Erfahrungssätze für überbetriebliche Maschinenarbeiten 2014. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und Rheinischer Landwirtschafts-Verband e.V. (Hrsg.), <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/beratung/pdf/erfahrungssaetze-rh.pdf>, Zugriff am 14. Januar 2014
- Neser, S.; Neiber, J.; Bonkoß, K. (2012): Stromverbrauch und Energieeffizienz im landwirtschaftlichen Betrieb. In: Energiewende und Landwirtschaft. LfL-Schriftenreihe. 22. November 2012, Bad Staffelstein, S. 23-35 http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_45228.pdf, Zugriff am 19. März 2015
- Neser, S.; Neiber, J.; Bonkoß, K. (2014): Energiebedarf und Einsparmöglichkeiten in der Rinderhaltung. In: Energieverbrauch im Milchviehbetrieb - Effizienz und Einsparpotenzial. LfL-Information. 26. März 2014, Grub, S. 7-22 http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/energieverbrauch_im_milchviehstall_065687.pdf, Zugriff am 12. September 2014

Restlos – Kameragesteuerte Fischfütterung

Restlos – Camera-controlled fish-feeding

EIKO THIESSEN, EBERHARD HARTUNG

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik,
Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel; ethiessen@ilv.uni-kiel.de

Schlüsselwörter: Aquakultur, Kreislaufanlagen, automatische Fütterung, Bildanalyse
Keywords: aquaculture, recirculation systems, automatic feeding, image analysis

Zusammenfassung

Die Futterkosten betragen in der Aquakultur etwa die Hälfte der gesamten Produktionskosten (WILSON 2002). Somit ist es sehr wichtig, die nichtgefahrenen Futterreste zu minimieren, was wiederum die Wasserqualität verbessert. Das Ziel dieses Projektes war, die Fressaktivität zu quantifizieren und mit diesen Informationen einen Futterautomaten zu steuern, um diese Methode zu validieren.

Steinbutte (Psetta maxima) wurden über verschiedene Produktionsabschnitte mit einer Unterwasserkamera beobachtet und die Bilder auf Bewegung analysiert. Während einer Fütterung war die gesamte Fischgruppe aktiv und die gemessene Aktivität stieg zu Beginn der Fütterung je nach aktuellem Hunger an.

Bei den Fütterungsversuchen erzielte die kameragesteuerte Fütterung eine durchschnittlich 44 % höhere Wachstumsrate verglichen mit der konventionellen Automatenfütterung mit einer festen Menge. Die Futterverwertung (nicht die physiologische, sondern die „technische“ inklusive der Futterreste) war dabei durchschnittlich 32 % höher.

Summary

The feeding of fish in aquaculture accounts for over half of the production costs (WILSON 2002). Thus it is very important to minimize the amount of uneaten food which will also improve the water quality. The aim of this project was to detect the alternation of fish activity due to feeding and to use this information to control an automated feeding system which should be validated.

Turbots (Psetta maxima) were observed with an underwater camera during different production cycles and the images were analyzed according to motion. During feeding the whole fish group was active and the measured activity rose from the start of feeding depending on the appetite level.

The camera-controlled feeding system obtained on average a 44 % higher growth rate compared to a conventional automatic feeder with a fixed amount in the conducted feeding trials. The feed conversion (not physiological but “technical” including feed leavings) was higher at an average of 32 %.

1 Einführung

Im Gegensatz zu landlebenden Nutztieren atmen wasserlebende Tiere wie Fische ihr umgebendes Wasser, welches nicht mit Futterresten belastet sein sollte. Normalerweise werden Fische per Hand oder einem Futterautomaten gefüttert. Handfütterung ist arbeits- und zeitaufwendig, wohingegen Futterautomaten auf eine fest eingestellte Menge beschränkt sind, unabhängig davon, ob noch gefressen wird oder nicht. Eine automatische Fütterung, welche durch die Fressaktivität der Fische gesteuert wird, könnte genau den aktuellen Futterbedarf applizieren und damit Futterreste vermeiden.

Es existieren schon solche automatische Fütterungssysteme („demand feeding“) wie der Pendelfutterautomat, bei dem der Fisch aktiv einen Auslöser betätigt, welcher dann eine Futtergabe bewirkt. Aber bei diesen Systemen sind meist nur einige wenige Fische für das Auslösen verantwortlich, sodass es vermehrt zu Futterüberschüssen und -resten kommt (ALANÄRÄ und BRÄNNÄS 1993, COVES et al. 2006). In Versuchen der Off-Shore-Aquakultur wurden unter den Netzkäfigen die Futterreste mit hydroakustischen Methoden online detektiert und damit die Futtermenge gesteuert. Dies führte zu einer gesteigerten Wachstumsrate von 0,7 %/d bis 1 %/d für Lachse (JUELL et al. 1993), ist aber nicht anwendbar auf die landbasierte Aquakultur in kleinen Becken. FÁBREGAS et al. 1993 bestimmten die Schwimmaktivität von Forellen in 200 l Becken mit einem elektromechanischen Sensor und beschrieben einen signifikanten Anstieg der Aktivität während der Fütterung.

Die Schwimmaktivität steigt bei vielen Fischarten während der Futteraufnahme an und kann auch durch ein Bildanalysesystem detektiert werden. Somit könnte während einer Fütterung die Futtergabe automatisch gestoppt werden, wenn keine Futteraufnahme mehr stattfindet.

Ziel dieses Projektes war es, die Veränderungen in den Aktivitäten während der Fütterung durch Bildanalyse zu bestimmen und mit diesen Informationen einen Algorithmus zu entwickeln, um ein automatisches Fütterungssystem zu steuern. Abschließend sollte diese kameragesteuerte Fütterung im Vergleich mit der Automatenfütterung mit einer festen Menge validiert werden.

2 Material und Methoden

2.1 Aufbau

Die Versuche fanden in einer On-Shore-Kreislauf-Forschungsanlage in Büsum, Deutschland, statt. Ein geschlossener Wasserkreislauf besteht aus zehn runden, schwarzen Plastikbecken mit 1,8 m Durchmesser und ca. 1 m Wasserhöhe, von denen eines für die Aktivitätsanalyse und zwei für die Fütterungsversuche verwendet wurden.

Die Steinbutt-Setzlinge stammten aus Dänemark (Maximus A/S in Bedsted) und wurden mit kommerziellen Futterpellets gefüttert, wobei die Pelletgröße an die Fischgröße angepasst wurde. Das Gewicht der Fische wuchs in den Beobachtungszeiten von ca. 50 g auf ca. 1000 g und die Besatzdichte variierte zwischen 10 und 100 kg/m², da die Fische jeden Monat nach Größe sortiert wurden.

Für die Aktivitätsanalyse wurde eine digitale Kamera (monochrom mit 640 x 480 Pixel, GigE-uEye von IDS Obersulm, Deutschland) verwendet und wasserdicht in einen Plastik-

zylinder mit Acrylglasscheibe gehaust. Sie wurde unter der Wasseroberfläche mit einem schrägen Blickwinkel montiert und durch ein Superweitwinkelobjektiv war fast das ganze Becken im Blickwinkel.

Als Aktivitätsparameter wurde die Standardabweichung aller Grauwerte innerhalb eines Differenzbildes von zwei aufeinanderfolgenden Bildern gewählt. Die Bildrate wurde auf 2 Bilder je Sekunden festgelegt und die Aktivität als gleitender Mittelwert über 4 Sekunden berechnet. Die Bildaufnahme und -analyse fand mit einem Standard-PC und der Software Halcon 9.0 (MVTec, München, Deutschland) statt.

Ein motorgetriebener Futterautomat (Linn Profi 5 kg, LINN, Lennestadt-Oedingen, Deutschland) wurde entweder in der Zeitschaltfunktion (feste Dauer der Futtergabe zu programmierbaren Startzeiten) oder in der PC-Funktion (elektronisches Signal schaltet die Futtergabe an und aus) genutzt.

2.2 Monitoring des Fressverhaltens

Die Steinbutte wurden etwa 1 Jahr lang mehrmals am Tag mit dem Futterautomaten mit der Zeitschaltfunktion gefüttert; die täglich applizierte Menge wurde auf 2 % der Biomasse festgelegt und entsprechend des Wachstums gesteigert. Während der Fütterungszeit wurde über die Schwimmaktivität auf den Hunger der Fische geschlossen und so vier Hungerklassen zur differenzierten Auswertung gebildet.

2.3 Steuerungsalgorithmus der kameragesteuerten Fütterung

In einzelnen manuellen Futtergaben durch Experten und gleichzeitiger Aktivitätsmessung wurde ein Fütterungsalgorithmus entwickelt, der während der Fütterungszeit nur Futter appliziert, wenn die Fische eine gewisse Aktivitätsschwelle überschreiten. Die variable Futtermenge wird dabei durch eine garantierte Mindestmenge und einer Maximalmenge begrenzt.

2.4 Validierung der kameragesteuerten Fütterung (Fütterungsversuche)

In zwei Versuchen wurden jeweils zwei identische Gruppen 4 bzw. 2,5 Monate lang in zwei nebeneinanderliegenden Becken im selben Wasserkreislauf mit der Zeitschaltfunktion des Futterautomaten bzw. mit der kameragesteuerten Fütterung gemästet.

Die applizierten Futtermengen wurden über die Laufdauer des elektrischen Futterautomaten bestimmt; die Gewichtsrelation wurde für jede Pelletgröße durch eine 3-Punkt-kalibrierung mit Hystereseeüberprüfung durchgeführt.

Die tägliche Futtergabe des Futterautomaten mit fester Menge betrug 1 % der Biomasse mit einer Steigerung von 0,5 % je Tag wegen des zu erwartenden Wachstums. Die Minimal- und Maximalmenge der kameragesteuerten Variante wurde auf 0,5 % bzw. 2 % Biomasse mit derselben Progression eingestellt. Beide Varianten fütterten dreimal täglich.

Das Gewicht der Fische wurde zum Start und Ende des Fütterungsversuchs bestimmt. Aus den Fischgewichten W_{Start} bzw. W_{Ende} und der Futtermenge F_{appl} , die über den Versuchszeitraum t appliziert wurde, lassen sich folgenden Leistungsdaten berechnen:

Futtermittlungsquotient	$\text{fcr} = (W_{\text{Ende}} - W_{\text{Start}})/F_{\text{appl}}$
Spezifische Wachstumsrate	$\text{sgr} = \ln(W_{\text{Ende}}/W_{\text{Start}})/t$

3 Ergebnisse

3.1 Fressverhalten

Die gemittelten Aktivitäten bei „normalen“ Fütterungen – d.h. mit einem Futterautomaten über eine konstante Zeitdauer von etwa 1 Minute – sind für unterschiedliche Hungerklassen in Abbildung 1 aufgetragen. Es zeigt sich zwar eine hohe Variabilität in den Aktivitätswerten zu diskreten Zeitpunkten ausgedrückt in der Standardabweichung, im Durchschnitt ist jedoch ein typischer Anstieg ab Fütterungsbeginn erkennbar, welcher nach ca. 10 s am stärksten ausgeprägt ist, um dann bis zum Fütterungsende wieder zu fallen. Das Aktivitätsniveau liegt während der Fütterungskernzeit für alle Hungerklassen differenziert vor. Eine mittlere Schwelle zwischen Fischen mit geringem und normalen Hunger ist schon ca. 5 s nach Fütterungsbeginn mit einer Aktivität von ungefähr 2 zu erkennen.

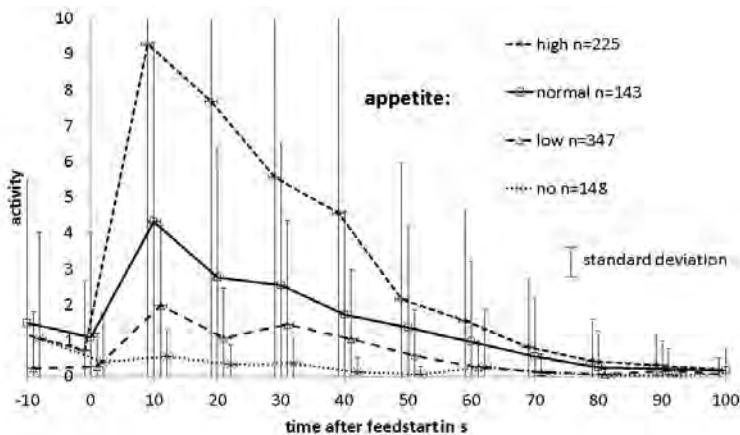


Abb. 1: Durchschnittlicher Aktivitätsverlauf während der Fütterung von Steinbutten unterschiedlicher Hungerklassen

Fig. 1: Averaged temporal activity of turbot during feeding classified in different appetite levels

3.2 Fütterungsversuche

Die Ergebnisse zu der Validierung der kameragesteuerten Fütterung sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Der erste Versuch fand mit großen Fischen von 860 g Durchschnittsgewicht, der zweite Versuch mit kleinen Fischen um 60 g statt. Das Gesamtgewicht zum Versuchsbeginn war für die zwei Varianten etwa gleich, wobei im zweiten Versuch die kameragesteuerte Variante ein etwas geringeres Gesamtgewicht mit schwereren Fischen aufwies. Nach der Versuchsdauer von 109 bzw. 70 Tagen ergab die kameragesteuerte Variante in beiden Versuchen ein höheres Gesamtgewicht, demzufolge auch eine höhere spezifische Wachstumsrate als die Vergleichsvariante.

Tab. 1: Leistungsdaten der Fütterung mit festen Mengen (fix) gegenüber der kameragesteuerten Mengen (cam) der beiden Fütterungsversuche

Tab. 1: Performance of the feeding with fixed amount (fix) and the camera-controlled feeding in the two feeding trials

	Unit	1 st trial		2 nd trial	
		fix	cam	fix	cam
Initial mean weight	g	860	860	52	73
Initial weight	kg	70.0	70.0	39.7	38.2
Final weight	kg	86.2	93.9	54.0	57.0
Feed applied	kg	45.6	54.3	35.5	26.3
Growth	kg	16.2	23.9	14.3	18.8
Feed conversion ratio	kg feed/kg growth	2.82	2.27	2.49	1.40
Specific growth rate	%/d	0.22	0.35	0.44	0.57

Die Gesamtmenge des applizierten Futters war beim ersten Versuch höher bei der kameragesteuerten Fütterung, beim zweiten Versuch niedriger als bei der Variante mit fester Menge. Der resultierende Futterverwertungsquotient lag bei der kameragesteuerten Variante in beiden Versuchen deutlich niedriger (d.h. bessere Futterverwertung) als bei der Vergleichsvariante.

Diese Futterverwertung beinhaltet die Futterreste, da nicht die gefressene Futtermenge, sondern nur die applizierte Futtermenge bestimmt wurde. Die Fische in den Versuchen stammten zuvor aus denselben Bedingungen und auch während der Versuche waren die sonstigen Bedingungen – bis auf die Verteilung der Futtergaben – identisch. Es lassen sich also Futterreste mit einem angenommenen Futterverwertungsquotient von 1 berechnen, die gemittelt über beide Versuche für die Variante mit fester Menge bei durchschnittlich 62 % der applizierten Menge, bei der kameragesteuerten Variante bei durchschnittlich 42 % liegen.

4 Diskussion

Die generelle Zunahme der Fischaktivität beim Füttern konnte messtechnisch bei Steinbutten zum ersten Mal dokumentiert werden. Verglichen mit der Aktivität bei Forellen (FÁBREGAS et al. 1993) sind die Aktivitätsunterschiede zwischen Fressen und Nichtfressen bei Steinbutten sehr ausgeprägt (etwa Faktor 7 bei Forellen, bei Steinbutten etwa 30). Steinbutte sind von Natur aus sogenannte „Lauerjäger“, d.h. sie liegen meist ruhig am Boden und schwimmen nur kurz zur Nahrungsaufnahme.

In allen Fütterungsversuchen und -varianten waren die erreichten Wachstumsraten von durchschnittlich 0,4 % und Futterverwertungsquotienten von durchschnittlich 2,2 deutlich ineffizienter als die aus der Literatur bekannten Werte. Unter optimalen Bedingungen liegen die physiologischen Wachstumsraten von Steinbutten bei 2 % und die Futterverwertung nahe bei 1 (BONALDO et al. 2011). Da die Fischeigenschaften durch

Herkunft und Haltungsbedingung in den hier beschriebenen Versuchen durchaus optimal waren, wird diese Diskrepanz dem nicht gefressenen Futter zugeschrieben. Diese Deutung über die Futterreste gibt plausible Erklärungen für die gemessenen Leistungsunterschiede in den Varianten. Die Futterreste konnten stichprobenartig auch manuell in den Varianten beobachtet werden; für eine messtechnische Erfassung eignete sich der Versuchsaufbau in dem Wasserkreislauf der vorhandenen Anlage leider nicht.

Der Erfolg – sprich die Reduzierung von Futterresten – der kameragesteuerten Fütterung konnte durch die erfolgten Versuche demonstriert werden. Das Potenzial lässt sich über die Parametereinstellung des Fütterungsalgorithmus noch vergrößern, in dem z.B. die Minimaldauer des garantierten Fütterns reduziert oder sogar auf null gesetzt wird. So würde bei keiner Fressaktivität auch gar nichts gefüttert werden, was häufig bei der beobachteten abendlichen Appetitlosigkeit angebracht wäre. Das Abfragen des aktuellen Hungerzustands könnte z.B. durch einen extra Lichtreiz erfolgen, auf den die Fische zuvor bei Futtergabe trainiert wurden.

Literatur

- Alanärä, A.; Brännäs, E. (1993): A test of the individual feeding activity and food size preference in rainbow trout using demand feeders. *Aquaculture International* 1, 47-54
- Bonaldo, A.; Parma, L.; Mandrioli, L.; Sirri, R.; Fontanillas, R.; Badiani, A.; Gatta, P.P. (2011): Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. *Aquaculture* 318 (1-2), 101-108
- Covès D.; Beauchaud, M.; Attia, J.; Dutto, G.; Bouchut, C.; Bégout, M.L. (2006) Longterm monitoring of individual fish triggering activity on a self-feeding system: An example using European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 253 (1-4), 385-392
- Fábregas, J.; Nascimento, P.; Vecino, E.; Gamallo, Y.; Otero, A.; González, C. (1993): Development of an electromechanical sensor and computer data acquisition system for monitoring the movement of cultured fish,. *Aquacultural Engineering* 12 (1), 55-62
- Juell, J.E.; Furevik, D.M.; Bjordal, Å. (1993); Demand feeding in salmon farming by hydroacoustic food detection. *Aquacultural Engineering* 12(3), 155-167
- Wilson, R.P. (2002): Protein and amino acids. In: *Fish Nutrition*, 3rd ed., Elsevier Science, San Diego, 144-179

Danksagungen

„Restlos“ ist ein Teilprojekt von „AquaEdel“ gefördert vom Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung, Deutschland. Der Autor dankt zudem den Mitarbeitern von der „Gesellschaft für Marine Aquakultur mbH“ in Büsum für die Unterstützung.

Application of a neck-collar mounted sensor for recording feeding and grazing behaviour

Anwendung eines Halsbandsensors zur Erfassung von Fress- und Graseverhalten

BERT IPEMA

Wageningen UR Livestock Research, P.O. Box 338, 6700 AH Wageningen, The Netherlands; bert.ipema@wur.nl

Keywords: feeding time, grazing time, neck sensor

Schlüsselwörter: Fressdauer, Weidezeit, Halsbandsensor

Summary

During the grazing season 2014 a herd consisting of 60 HF/FH cows, milked with an automatic milking system, was subjected to a strip grazing regime on the experimental research station Dairy Campus in Leeuwarden, The Netherlands. During part of the day cows had access to pasture for grazing. The main focus of the research was on the application of a commercial sensor for registration of eating and grazing time (Nedap, Smarttag Neck). The sensor recordings during grazing in pasture and eating at the feeding gate in the barn showed good similarities with 10-min scan observations. For grazing the correlation between the sensor recorded eating time and the observed eating time was 98 %. For eating at the feeding gate in the barn the correlation was 84 %, which was very likely due to a lower accuracy of the 10-min scan observations.

Eating sensor data from all cows showed a mean daily eating time of 5.75 hrs per cow per day, 3.29 hrs thereof were spent with grazing and 2.47 hrs with eating at the feeding fence in the barn. Older cows (3rd of higher parity) had significantly lower eating times than younger cows (parity 1 and 2). These differences were mainly caused by the eating times at night in the barn; grazing times differed less between parities.

Zusammenfassung

Auf dem Versuchsbetrieb „Dairy Campus“ in Leeuwarden (Niederlande) erhielt eine Herde, bestehend aus 60 HF-Kühen, die mit einem automatischen Melksystem (AMS) gemolken wurde, täglich für eine bestimmte Zeit Zugang zur Weide. Die Zuteilung der Weide erfolgte im Rahmen einer Portionsweide. Das Hauptaugenmerk der Untersuchung lag auf der Anwendung des handelsüblichen Sensors (Nedap, Smarttag Neck) zur Erfassung der Fress- und Grasedauer. Die Sensordaten zeigten während der Beweidung und dem Fressen am Fressgitter im Stall gute Übereinstimmungen mit den 10-Minuten-Beobachtungen. Bezüglich des Graseverhaltens lag die Korrelation zwischen der mit dem Sensor erhobenen und der beobachteten Grasedauer bei 98 %. Im Hinblick auf die Futteraufnahme am Fressgitter im Stall konnte eine Korrelation von 84 % berechnet

werden, wobei dies sehr wahrscheinlich mit einer geringeren Genauigkeit der 10-Minuten-Beobachtungen zusammenhängt.

Im Mittel lag die tägliche Fressdauer laut Sensordaten bei 5,75 Stunden pro Kuh und Tag, 3,29 Stunden für das Grasen und 2,47 Stunden für die Futteraufnahme am Fressgitter. Ältere Kühe (3. oder höhere Laktation) fraßen signifikant kürzer als junge Kühen (1. und 2. Laktation). Die Ursache hierfür lag vor allem an den nächtlichen Fresszeiten, die Grasedauer variierte weniger zwischen den Altersgruppen.

1 Introduction

Partly due to the increased use of automatic milking systems (AMS) in the dairy sector of the EU, grazing of cows is decreasing (VAN DEN POL-VAN DASSELAAR et al. 2008). However, it is seen as desirable by both society and science that cows spend the summer in the pasture, as this increases animal health, improving, for example, hoof and leg condition (AUTOGRASSMILK 2014). Additionally, cows can express normal behaviour on pasture which also increases their welfare. The EU-supported Autograssmilk project has the overall aim to stop the decline in grazing. For this purpose this project also pays attention to possibilities of new technologies on behalf of animal and grassland management when combining automatic milking and grazing. For economic reasons a high milk production per cow is desired. That is only possible if the cows consume sufficient high quality feed. In order to achieve high productions also a good health status of the cows is a prerequisite. Health problems may arise if the animal is not able to meet the needs arising from the realized milk production. It is therefore desirable to get an indication of the recorded feed quantities in an as early as possible stage. In practice it is technically and economically not feasible to register the feed intake of individual animals. For research purposes a few systems are available with which eating and grazing durations per cow can be captured (BIKKER et al. 2014, NIELSEN 2013, UEDA et al. 2011, NYDEGGER et al 2010). A new sensor, the Nedap Smarttag Neck (NEDAP 2014), was introduced in practice in 2013. The application of this commercial sensor for registration of eating and grazing time is evaluated in this paper.

2 Materials and methods

2.1 Daily milking and eating (grazing) management

During the summer of 2014 a herd consisting of in average 60 HF/FH dairy cows was subjected to a strip grazing regime on the experimental research station Dairy Campus in Leeuwarden, The Netherlands. This herd was milked with a DeLaval automatic milking system (VMS) located in a barn with cubicles, feeding fence and concentrates feeding station.

The herd was kept in the barn during the night (17:00 h till 6:00 h) and fed with 8.4 kg dry matter conserved forage (mixture of grass and maize silage) per cow and day. This feed was available from 17:00 h. Any feed remains at the feeding fence were removed at 6:00 h. Starting from 6:00 h, cows that were recently milked, could leave

the barn to graze. The distance from barn exit to the pasture strips varied between 150 and 750 m. Cows in pasture were free to return to the barn for visiting milking robot, concentrate feeder or water trough, and the cycle repeated. Twice a day, at 6:00 and 12:30 h a new strip of grass was made available in the pasture. The size of the strips was attuned to the grass height and the number of cows so that about 8 kg of DM were available per cow and per day. Cows still in the pasture at 17:00 h were fetched to the barn for the night. In the milking robot or in a concentrates feeding station in the barn cows received additional concentrates on an individual basis.

All individual cow data regarding milk production (yield and frequency) were recorded by the VMS. Eating behaviour data were recorded with the Smarttag Neck sensor system. Information collected by the sensor is made available for daily management. This covers both information on herd and individual animal level.

2.2 Evaluation of the Smarttag Neck sensor

The Smarttag Neck system registers the position and movements of the head of an animal by a sensor at the neck of the animal. The sensor consists of a 3d accelerometer, which provides data on head position (height) and movement. This information is used by software in the tag that estimates the time spent eating for each 15 min period in 24 hours. The most recent 24 hour data (96 quarters) is sent to the base station and process controller every 15 minutes, which, assuming the animal is within tracking distance at least once daily, produces continuous data sets. These are further analysed and used to inform the farmer about deviations in eating behaviour. For proper operation, the tag should hang below the neck, attached to a collar that is applied snugly to the neck. The process controller in the tag will provide a warning if it is applied incorrectly or shifts to a poor position.

The sensor system was evaluated during grazing as well as during eating at the feeding fence by recording the behaviour of 20 cows with 10 minute scan observations.

Grazing observations were carried out during 7 three-hour-periods in the morning (from 8:00 till 11:00 h) and 4 three-hour-periods in the afternoon (from 13:00 till 16:00 h). The distinguished behaviours in the pasture were “grazing”, “lying”, “standing” or “walking”.

The observations in the barn took place in 4 two-hour-periods and 1 three-hour-period all between 17:00 and 20:00 h. In the barn the recorded behaviours were “at feeding fence” (cow stayed with head through feeding fence), “in concentrate feeding station”(cow stayed in feeding station) and “in VMS” (cow stayed in VMS); all other behaviours were recorded as “others”. The behavioural information obtained during the various periods of observation in the pasture as well as the barn was merged per cow. Information about the grazing or eating time during the same observation periods were obtained from the Smarttag Neck sensor system and also merged per cow. Multiple regression analyses were run (GenStat Seventeenth Edition, VSN International Ltd.) to find out which variables statistically significantly predicted sensor eating time. The tested variables for eating time in the pasture were grazing, lying, standing or walking and for eating in the barn staying at feeding fence, in concentrate feeding station or in VMS.

2.3 Analysis of milk yield and eating time

Effects of parity on milk yield, milking frequency eating time (grazing in pasture and eating at feeding fence) were analysed. Data originated from a total of 68 cows (22 in 1st, 17 in 2nd and 29 in 3rd or higher lactation) and 657 weeks of lactation (approximately 10 weeks of lactation per cow). The effects of the fixed term “parity” on milk and eating parameters were analysed by the REML algorithm using GenStat Seventeenth Edition, VSN International Ltd. Cow number, lactation stage and week of year were used as random model terms.

3 Results

3.1 Evaluation of the Smarttag Neck sensor

Table 1 gives an overview of the mean behaviour results of 20 cows for pasture and barn observations based on 10 min scans; feeding time information recorded by the sensor is given in the last column.

Tab. 1: Means of behaviour of cows (20) during observations in pasture and barn

Tab. 1: Mittelwerte des Verhaltens der Kühe (20) während Beobachtungen auf der Weide und im Stall

Location	Duration obs. [min]	% grazing	% lying	% standing	% walking	% eating (sensor)
Pasture	1236	43.1	33.9	19.2	3.7	44.7

Location	Duration obs. [min]	% at feeding fence	% in feeding station	% in VMS	% eating (sensor)
Barn	633	48.3	1.7	1.7	47.0

The 10-minute scan observations in the pasture were in total carried out during 11 three-hour-periods. The total duration of all observation periods was 33 hours or 1980 minutes. During these periods the cows were more or less free to choose between pasture and barn. This meant that not always all 20 cows, that potentially could be observed were present in the pasture during the observation periods. In average cows were during 62 % (1236 minutes) of the observation time present in the pasture. The total period a cow was observed varied between 610 and 1660 minutes.

The overall mean of the duration of the observations in the barn was 633 minutes; 16 cows were present during all observation periods (660 minutes) and 4 cows were missing during the last 3-hour-observation period (left the herd) resulting in a total observation duration of 480 minutes.

During the pasture observations cows spent in average 43.1% of the time or 539 minutes grazing. This is about 3% less than the mean eating time of 557 minutes recorded by the sensors. During the barn observations cows were staying at the feeding fence for in average 48.3 % of the time or 305 minutes. The mean eating time recorded by the sensors was 296 minutes. So in the barn the observed eating time was 3 % higher.

For the pasture data a multiple linear regression (GenStat Seventeenth Edition, VSN International Ltd.) showed that the terms lying, standing and walking time as well as

the constant did not add significantly ($p > 0.1$) to the prediction. The only significant term left was grazing time with an estimated coefficient of 1.0268 ($p < 0.001$). The final model accounted for 95.2 % of the variance.

For the barn data a multiple linear regression showed that the terms staying in concentrate feeding station or in VMS as well as the constant did not add significantly ($p > 0.1$) to the prediction. Staying at the feeding fence was the only significant term with an estimated coefficient of 0.9564 ($p < 0.001$). The final model accounted for 71.3 % of the variance.

3.2 Feeding time management information

As an example the eating (grazing) pattern of cow NL 485623206 on August 13, 2014 is shown in Figure 1.

On August 13 this cow spent four rather long periods grazing; in the barn the time spent eating was much lower. This information from each individual cow is in real time available for the farmer. Also graphical presentations of total daily eating times of individual cows in the last 10 days in comparison with the herd average can be displayed as management information.

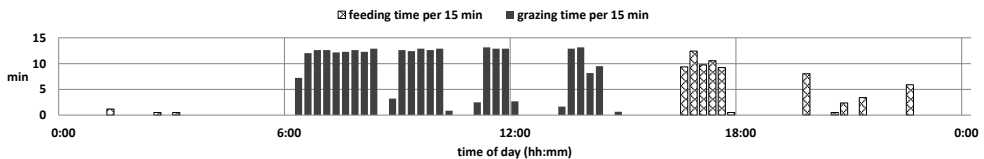


Fig. 1: Feeding (grazing) pattern of cow NL 485623206 during August 13, 2014

Fig. 1: Fress(Weide)verhalten der Kuh NL 485623206 am 13. August 2014

3.3 Milk yield and eating/grazing time

The predicted mean milk yield was 26.0 (s.e. 0.90) kg per cow per day. As could be expected, milk yields differed between parities (Tab. 2).

Tab. 2: Effect of parity on milking and feeding parameters of cows in a stripgrazing regime

Tab. 2: Effekt der Parität auf Melk- und Fressparameter der Kühe in einer Portionsbeweidungsstrategie

Parameter	1	Parity 2	≥ 3
Milk yield [kg/d]	20.9 ^a	26.3 ^b	30.8 ^c
Milking frequency [milks/d]	2.42	2.31	2.41
Total eating time [h/d]	5.99 ^a	6.07 ^a	5.19 ^b
Eating time day [h/d]	3.28 ^{ab}	3.46 ^a	3.12 ^b
Eating time night [h/d]	2.72 ^a	2.61 ^a	2.08 ^b

a, b, c: different letters within the same parameter row mean a significant difference ($P < 0.05$)

In automatic milking, daily milking frequencies could potentially affect milk yields. In this research milking frequencies did not differ between lactation numbers. The predicted mean for total eating time was 5.75 (s.e. 0.151) hrs per cow per day. The total eating time was significantly lower for cows in 3rd or higher parity (Table 2); first and second parity cows did not differ significantly. For eating time during the day (grazing) and eating time during the night (in the barn) the predicted means were respectively 3.29 (s.e. 0.109) and 2.47 (s.e. 0.087) hrs per cow per day. Table 2 shows that the differences in total eating time are mainly caused by the differences in eating time during the night in the barn.

4 Discussion and conclusions

At the pasture observations the sensor recorded eating (grazing) time was about 3 % (coefficient was 1.0268) larger than the observed eating time. If we take into account that the 10-min scan observations will have led to a certain inaccuracy of the observed eating (grazing) times than we can conclude that with 95.2 % of accounted variance the sensor recorded eating time and the observed eating time were largely in line.

At the observations in the barn the observed staying duration at the feeding fence overestimated the sensor registered eating time by about 4 %. This can be explained by the fact that at the barn observations just the presence of a cow at the feeding fence was recorded. Obviously a certain part of the time at the feeding fence was not spend eating. This larger inaccuracy of the barn observation method also explains the lower percentage of 71.3 % of the accounted variance.

The information provided by the Smarttag Neck sensor system offers good possibilities to check the eating and grazing performance for individual cows as well as for the whole herd.

Because higher parity (≥ 3) cows produced more milk they will need more feed. However, total eating time was significantly lower in these cows, which implies that these cows should have had a higher feed intake rate. Striking was that the differences in eating time between the parities is mainly caused by the night eating times.

Literature

The literature can be requested from the author.

Acknowledgements

This research was funded by the European Union's Seventh Framework Programme managed by REA-Research Executive Agency <http://ec.europa.eu/research/rea> ([FP7/2007-2013] under grant agreement no. SME-2012-2-314879.

Kann durch die kontinuierliche Messung der Vormagentemperatur bei Milchkühen das Bevorstehen einer Brunst oder einer Abkalbung erkannt werden?

Diagnostic validity of real time measurement of reticular temperature for the prediction of parturition and estrus in dairy cows

JOHANN GASTEINER¹, JOSEF WOLFTHALER², WOLFGANG ZOLLITSCH², MARCO HORN², ANDREAS STEINWIDDER¹

¹ Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich; johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at

² Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, Österreich

Schlüsselwörter: Milchrind, Vormagentemperatur, Brunsterkennung, Abkalbung, diagnostische Sicherheit
Keywords: dairy cattle, reticular temperature, heat detection, parturition, test validity

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die kontinuierliche Messung der Vormagentemperatur (VT) dazu eingesetzt werden kann, eine Brunst oder Abkalbung frühzeitig zu erkennen. Das Ergebnis zur Beurteilung der Brunsterkennung zeigte eine area under curve (AUC) von durchschnittlich 0,81, bei einer Sensitivität von 79 % und einer Spezifität von 73 % (bei $\Delta = 0,35$ °C). Bei der Vorhersage einer nahenden Abkalbung innerhalb von 24–48 Stunden wurde eine AUC von 0,99 festgestellt. Bis zu einem Temperaturgrenzwert von $\geq 0,40$ °C wurden jeweils 100 % der Abkalbungen vorhergesagt, bei einer gleichzeitigen hohen Spezifität (89–93 %). Die vorliegenden Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Methode der VT-Messung zur Erkennung von Brunsten gut und von bevorstehenden Abkalbungen sehr gut geeignet ist.

Summary

The suitability of the reticular temperature (RT) as an indicator for expected parturition and estrus of dairy cows was investigated. The mean RT on the day of estrus was 0.15 °C higher than it was the day before. The results for heat detection showed an area under curve (AUC) of 0.81 and a sensitivity and specificity of 79 % and 73 %, respectively when $\Delta = 0,35$ °C. A significant effect of parturition on the RT was also found. Up to a temperature threshold of ≥ 0.40 °C, 100 % of the parturitions were detected by RT within 24 up to 48 hours, with a specificity of up to 93 %.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Vormagentemperatur (VT) oder auch retikuloruminale Temperatur ist die im Retikulum der Wiederkäuer gemessene Temperatur. Seit einigen Jahren besteht die technische Möglichkeit, diese Temperatur mittels Sensoren kontinuierlich zu erheben und zeitgleich aus dem Tierkörper aus zu funken sowie über eine Software darzustellen bzw. zu interpretieren (GASTEINER et al. 2012). Dies bietet die Chance, Veränderungen im zeitlichen Verlauf sichtbar zu machen und in weiterer Folge diese Informationen als Tool zwecks Herdenmanagement einzusetzen. Die durchschnittliche VT reicht von 38,52 °C bis 40,14 °C (AOKI et al. 2005, COOPER-PRADO et al. 2011, GASTEINER et al. 2012). Die VT weist eine höhere Standardabweichung auf als die rektal und vaginal gemessene Körpertemperatur. Dieser Umstand ist hauptsächlich durch den Einfluss der Futter- und Wasseraufnahme bedingt. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Wasseraufnahme einen signifikanten Einfluss auf die VT nimmt (BOEHMER et al. 2009, GASTEINER et al. 2009). Das Absinken der Temperatur fällt umso stärker aus, je niedriger die Temperatur des Wassers ist und je mehr Wasser aufgenommen wird. Die Angaben zur VT müssen sich jedoch auf die VT ohne Trinken beziehen. Durch Trinken verursachte Temperaturveränderungen müssen deshalb vor der Interpretation ausgeschlossen werden (Messwerte unter einem bestimmten Temperaturgrenzwert werden dem Trinken zugeschrieben und eliminiert). GASTEINER et al. (2009) beschrieben den Einfluss der Fütterung auf die VT. Stiere mit einer höheren Kraftfutterzuteilung wiesen eine signifikant höhere VT auf als Stiere in Weidehaltung mit zusätzlicher Heufütterung. Die genannten Untersuchungen bestätigen somit eine höhere VT bei einer höheren Energiekonzentration der Ration. Darüber hinaus finden sich weitere äußere (Umgebungstemperatur, Hitzestress, Tageszeit) und innere Einflüsse (Rasse, Körpergröße, Alter, Geschlecht, Fellfarbe, Laktationszahl, Brunst, Fieber, Stoffwechselerkrankungen etc.) auf die innere Körpertemperatur (IKT) (BURFEIND et al. 2013) und damit auch auf die VT. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll ermittelt werden, ob und wie stark die VT bei Milchkühen durch Brunst bzw. Abkalbung beeinflusst wird. Davon abgeleitet soll die diagnostische Sicherheit dieser Aussagen erhoben werden, d. h. wieviel Prozent der Brunstvorkommen bzw. Abkalbungen aufgrund von Veränderungen der VT bei einem bestimmten Temperaturgrenzwert tatsächlich erkannt werden (Sensitivität) und zu wie viel Prozent der Tage ohne Brunst bzw. ohne Abkalbung tatsächlich keine Temperaturveränderung auftritt (Spezifität). Aufgrund dieser Ergebnisse sollen Einschätzungen getroffen werden, ob die kontinuierliche Messung der VT als Methode für die Brunsterkennung bzw. zur Vorhersage von Abkalbungen geeignet ist.

2 Material und Methoden

2.1 Tiere

Die verwendeten Daten wurden von Oktober 2012 bis Juli 2013 am Tierbestand der HBLFA Raumberg Gumpenstein erhoben. Die Betriebe befinden sich im mittleren steirischen Ennstal und liegen auf ca. 680 m Seehöhe. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 7 °C und die Jahresniederschlagsmenge liegt bei 1.014 mm. Es wurden 25 Abkal-

bungen und 43 Brunstvorkommen von Milchkühen (Braunvieh und Holstein Friesian) dokumentiert. Die klinisch gesunden Tiere wurden ganzjährig im Außenklimastall mit Cuccetten gehalten. Alle Abkalbungen erfolgten grundsätzlich unter Aufsicht, womit der Zeitpunkt der Abkalbung bekannt war. Eine Brunst wurde visuell und durch Milchprogesteronbestimmung ermittelt und nur bestätigt, wenn eine Trächtigkeit resultierend aus der Belegung zu eben jener Brunst bestätigt wurde und 275 bis 290 Tage nach dieser Belegung auch tatsächlich eine Abkalbung folgte (retrospektive Bestätigung). Der Tag der erfolgreichen Belegung wurde als Tag der Brunst festgelegt.

2.2 Datenerfassung

Von allen Tieren wurde während der Laktation zweimal täglich die Milchleistung elektronisch erfasst. Für die Analyse von Milchprogesteron wurde dreimal wöchentlich eine kuhindividuelle Milchprobe gezogen. Diese Werte wurden für die Brunstbestimmung herangezogen. Die Messung der VT wurde mit Temperatur-Messsensoren (smaXtec®) durchgeführt. Diese Sensoren in Bolusform wurden den Kühen per os eingegeben. Der Zeitpunkt der Eingabe fand zwischen 35 Tage vor bis 30 Tage nach der Abkalbung statt. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Temperatur kontinuierlich alle zehn Minuten gemessen und diese Daten im Sensor gespeichert. Die Daten wurden anschließend kabellos per Funk über eine Antenne zu einer Empfangseinheit übertragen. Die Empfangseinheit war über das Internet mit einem Server verbunden. Von diesem Server konnten die Daten mithilfe eines eigens entwickelten EDV-Programms abgerufen und ausgewertet werden. Zusätzlich zur VT wurde auch die Umgebungstemperatur erhoben. Dies erfolgte an der Wetterstation Gumpenstein (710 m Seehöhe, Länge 14°16' - Breite 47°30'). Für die Auswertungen wurden sowohl bei der VT, als auch bei der Umgebungstemperatur Tages- und vier Stunden-Mittelwerte gebildet.

2.3 Statistische Auswertung

Für die VT-Auswertung wurden die durch Trinkvorgänge ausgelösten Temperaturabsenkungen aus dem Temperaturdatenmaterial entfernt, wobei ein Trinkvorgang wie folgt definiert wurde: *Zeitraum, ab dem eine Temperaturreduktion über 0,75 °C eintrat, bis zu jenem Zeitpunkt, bei dem der Ausgangswert abzüglich 0,75 °C wieder überschritten wurde, jedoch maximal für die Dauer von 15 Temperaturmessungen = 150 Minuten.* Diese Vorgangsweise wurde aus Verhaltensaufzeichnungen und entsprechenden, vorangegangenen VT-Messungen abgeleitet und entspricht auch der Literatur (COOPER-PRADO et al. 2011), weshalb alle Angaben zur VT tatsächlich „VT-Mittelwert ohne Trinken“ darstellen.

2.3.1 Statistische Modelle

Die statistische Auswertung der VT wurde an den Datensätzen durchgeführt und es wurden 4-Stundenmittelwerte sowie mehrere Modelle (Identifizierung signifikanter Einflussfaktoren auf die VT rund um Brunst bzw. Abkalbung während Stallhaltung bzw. während Weidehaltung) verwendet. Sämtliche statistischen Modelle wurden mithilfe der SAS-Prozedur „mixed“ (proc mixed) und der Option „Least Square Means“ gerechnet. Die Signifikanzschwelle wurde mit 0,05 angenommen. Alle Haupteffekte wurden in den

Modellen belassen, ungeachtet des Signifikanzniveaus. Wechselwirkungen wurden in das Modell genommen, sofern das Signifikanzniveau bei $p < 0,05$ lag.

2.3.2 Auswertung Brunsterkennung

Da die Möglichkeit bestand, dass die Temperaturerhöhung zur Brunst auch vor oder nach dem Belegungstag stattfand, wurde eine Brunst mit einem Zeitraum von zwei Tagen vor bis einem Tag nach der erfolgten Belegung angenommen. Nicht-Brunst-Zeiträume wurden ebenfalls mit jeweils vier Tagen angenommen, um die Vergleichbarkeit von Brunst und Nicht-Brunst zu gewährleisten. So konnten aus 942 Nicht-Brunstereignisse mit jeweils vier Tagen ermittelt werden.

Die Brunsterkennung erfolgte im Programm „Excel“ mit der Funktion „WENN“. Der Test fiel positiv aus, wenn die VT im Zwölfstundenzeitraum, um einen bestimmten Temperaturgrenzwert höher war als im Vergleichszeitraum. Je nachdem, ob eine Brunst stattfand, war das Ergebnis „richtig positiv“ (RP) oder „falsch positiv“ (FP) (Tab. 1). Aufgrund von diesen Ergebnissen wurden Sensitivität und Spezifität errechnet (Tab. 2).

Tab. 1: Vier-Felder-Tafel

Tab. 1: *Contingency table*

	Brunst	Zwischenbrunst
Diagnose +	RP	FP
Diagnose –	FN	RN

RP = richtig positiv; FP = falsch positiv;
FN = falsch negativ; RN = richtig negativ.

Tab. 2: Kennzahlen eines diagnostischen Tests nach FIRK et al. (2002)

Tab. 2: *Figures of diagnostic test according FIRK et al. (2002)*

Kriterium	Formel
Sensitivität	$RP/(RP+FN)$
Spezifität	$RN/(RN+FP)$
Predicting value positive	$RP/(RP+FP)$
Predicting value negative	$RN/(RN+FN)$

RP = richtig positiv; FP = falsch positiv; FN = falsch negativ;
RN = richtig negativ.

Ausgehend von Sensitivität und Spezifität wurde eine ROC-Analyse (receiver-operating characteristics analysis) durchgeführt.

2.3.3 Auswertung Erkennung einer nahenden Abkalbung

Die Auswertung wurde unterschieden zwischen „Abkalbung innerhalb von 24 Stunden“ und „Abkalbung innerhalb von 48 Stunden. Als Nicht-Abkalbetage wurden die restlichen 5.600 Untersuchungstage bestimmt. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden wiederum Sensitivität und Spezifität errechnet und eine ROC-Analyse zur Bewertung der Aussage „Erkennung einer nahenden Abkalbung“ durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere VT aller untersuchten Tage betrug $39,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,33$). Während der Stall- bzw. Weideperiode betrug die mittlere VT $39,20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,28$) bzw. $39,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,29$). Die durchschnittliche Umgebungstemperatur im gesamten Untersuchungszeitraum betrug $4,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 7,86$). Während der Stall- bzw. Weideperiode lagen diese Temperaturen bei $-0,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 4,28$) bzw. $12,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5,69$).

3.1 Erkennen einer bevorstehenden Brunst

Brunst beeinflusste die VT signifikant ($p < 0,001$). Die mittlere VT am Tag der Brunst war um $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ höher als am Tag davor. Der maximale VT-Vierstundenmittelwert zur Brunst ($39,71\text{ }^{\circ}\text{C}$) war ebenfalls signifikant höher als 24 Stunden zuvor ($39,25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Es wurde drüber hinaus auch ein signifikanter Einfluss des Abkalbezeitraums auf die VT festgestellt. Zwei Tage vor der Abkalbung sank die VT innerhalb von 24 Stunden signifikant um $0,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ab. Bei einer mittleren Temperaturschwelle von $0,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ wurde eine Sensitivität von 69–77 % und eine Spezifität von 78–81 % erreicht. Die AUC der Brunsterkennung mittels VT lag zwischen 0,79 und 0,81. Dies würde bedeuten, dass eine Erhöhung der VT in ca. 80 % der Fälle während eines Brunstzeitraumes stattfindet. Das entspricht einem mäßig genauen Test. Der Vergleich der Brunsterkennung mittels VT und alternativen Methoden der Brunsterkennung gestaltet sich schwierig und ist nur bedingt möglich. Das Problem besteht darin, dass sehr oft unterschiedliche Kennzahlen angegeben sind, die sich untereinander nicht direkt gegenüberstellen lassen (z.B.: Spezifität und Predicting-Value-Negativ). Hinzu kommt, dass es, wie auch von ROELOFS et al. (2010) beschrieben, innerhalb von bestimmten Methoden immense Unterschiede gibt. So reichen die Brunst-Erkennungsraten durch Messung der Milchtemperatur von 50 bis 84 %, durch visuelle Beobachtung von 50 bis 90 % und durch Aktivitätsmessung von 80 bis 100 %. Die Sensitivität der Brunsterkennung mittels VT liegt bei einem mittleren Temperaturgrenzwert zwischen 69–77 % bei einer Spezifität von 78–81 %. Die ermittelte Sensitivität liegt somit im Bereich der visuellen Brunsterkennung und der Brunsterkennung mittels Milchtemperaturmessung. Aktivitätsmessgeräte erzielen zum Teil etwas bessere Ergebnisse hinsichtlich Sensitivität, wobei dies jedoch oftmals zu Lasten der Spezifität geht. Derzeit findet die Brunsterkennung mittel VT-Messung noch keine Verwendung in der Praxis. ROELOFS et al. (2010) beschrieben, dass die Kombination von verschiedenen Methoden zu einer Optimierung der Brunsterkennung führt. Darum könnte die Brunsterkennung via VT-Messung durchaus in Kombination mit anderen Brunsterkennungsmethoden (visuelle Brunsterkennung, Aktivitätsmessung etc.) eingesetzt werden, um die Ergebnisse einer Brunsterkennung noch weiter zu optimieren.

3.2 Erkennung einer nahenden Abkalbung

Die VT begann, drei Tage vor der Abkalbung zu sinken und erreichte einen Tag nach der Abkalbung das Minimum ($39,28\text{ }^{\circ}\text{C}$). Der stärkste Temperaturrückgang ($0,43\text{ }^{\circ}\text{C}$) war zwischen Tag -2 und Tag -1 zu beobachten. Bis zu einem Temperaturrückgang $0,40\text{ }^{\circ}\text{C}$ betrug die Sensitivität bei allen Ereignissen 100 %. Die Spezifität bewegte sich gleichzeitig in einem Bereich von 85 bis 95 %. Mit zunehmendem Temperaturgrenzwert stieg auch die Spezifität in Richtung 100 %. Eine AUC von 0,99 zeigt, dass dieser Test mit

sehr hoher Sicherheit eine bevorstehende Abkalbung innerhalb von 24 bzw. 48 Stunden erkennen kann. Die VT kann somit sehr gut zur Vorhersage einer Abkalbung verwendet werden.

Literatur

- Aoki, A.M.; Kimura, K.; Suzuki, O. (2005): Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. *Animal Reproduction Science* 86, pp. 1–12
- Boehmer, B.; Bailey, C.L.; Wright, E.C.; Wettemann, R.P. (2009): Effects of temperature of consumed water on rumen temperature of beef cows, <http://www.ansi.okstate.edu/research/research-reports/1/2009/2009%20Boehmer%20Research%20Report.pdf>, accessed July 26, 2010
- Burfeind, O.; Suthar, V.; Heuwieser, W. (2013): Messung der Körpertemperatur bei Milchkühen – Methoden und Einflussfaktoren. *Tierärztliche Praxis Großtiere* 41, pp. 56–60
- Cooper-Prado, M.J.; Long N.M.; Wright E.C.; Goad, C.L.; Wettemann, R. P. (2011): Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows. *Journal of Animal Science* 89. Department of Animal Science, Oklahoma Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University, Stillwater 74078-0425, USA. 1020–1027. doi:10.2527/jas.2010-3434
- Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W.; Krieter, J. (2002): Automation of estrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 75, pp. 219–232
- Gasteiner, J.; Boswenger, B.; Guggenberger, T. (2012): Erfahrungen zum praktischen Einsatz des Pansensensors auf Milchviehbetrieben. *Praktischer Tierarzt* 93(8), S. 730–739
- Gasteiner, J.; Fallst, M.; Rosenkranz, S.; Häusler, J.; Schneider, K.; Guggenberger, T. (2009): Zum Einsatz einer intraruminalen pH-Datenmesseinheit mit kabelloser Datenübertragung bei Rindern unter verschiedenen Versuchsbedingungen. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 96(7–8), S. 188–194
- Roelofs, J.; Lopez-Gatius, F.; Hunter R.H.; Erdenburg, F.J.; Van Hanzen, C. (2010): When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 74, pp. 327–344

Nutzung der automatisch gemessenen Rumination bei Kühen für Brunst-, Gesundheits- und Abkalbemonitoring

Use of automatically measured rumination in cows for heat, health and calving monitoring

STEFFEN HOY

Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Leihgesterner Weg 52, 35392 Gießen; steffen.hoy@agrar.uni-giessen.de

Schlüsselwörter: Wiederkauen, Brunst, Stoffwechselstörung, Kalbung
Keywords: rumination, heat, metabolic disorders, calving

Zusammenfassung

Die mittlere Wiederkaudauer der 27 Kühe einer Herde betrug 42,1 min/2 Stunden (505,2 min/Tag) und schwankte bei den Einzeltieren zwischen 23 und 52 min/2 Stunden. Untersuchungen an 265 Kühen in 4 Betrieben zeigten, dass 93 % der Kühe einen Rückgang der täglichen Wiederkaudauer und/oder einen Anstieg der Aktivität in der Brunst aufwiesen, der die automatische Brunsterkennung ermöglicht. Bei Stoffwechselstörungen war der Rückgang der Rumination deutlich ausgeprägt und die Aufnahme von Fremdkörpern (Verdachtsdiagnose) führte zur stärksten Auslenkung der täglichen Rumination. Etwa 80 % der hochtragenden Kühe zeigten einen charakteristischen Rückgang der Wiederkaudauer, der 8 Stunden vor der Kalbung begann und besonders ausgeprägt 4 bis 2 Stunden vor der Geburt des Kalbes war, wobei Geburten am Tage zu fast 100 % automatisch prognostiziert werden konnten. Die automatisch gemessene Wiederkaudauer stellt somit Informationen zum Monitoring der Herde in wachsenden Betrieben bereit.

Summary

The mean daily rumination of 27 cows of one herd was 42.1 min per 2 hours (505.2 min per day) and varied in cows between 23 and 52 min/2 hours. Investigations in 265 cows from 4 farms showed that 93 % of cows had a decrease in daily duration of rumination and/or an increase in activity during heat enabling automatic heat detection. When metabolic disorders occurred the decline in rumination was pronounced and ingestion of foreign bodies led to the strongest deviation in daily rumination. Appr. 80 % of pregnant cows showed a characteristic decrease in rumination beginning 8 hours before calving and being particularly pronounced 4 to 2 hours prior to the birth of the calf. Calvings during day time could be automatically predicted at almost 100 %. Automatically measured rumination thus provides information about monitoring of herd in expanding farms.

1 Einleitung

Die Wiederkaudauer schwankt bei Kühen zwischen 4 und 9 Stunden pro Tag (ADIN et al. 2009) und wird vor allem von Faktoren des Futters (insbes. Rohfaseranteil, Futtermenge), der Umwelt und der Tiere selbst beeinflusst (JILE 2003). Die automatische Erfassung der Ruminationsdauer von Kühen kann zur Überwachung der Milchviehherden eingesetzt werden. Das Ziel der eigenen Untersuchungen bestand in der Analyse, in welchem Umfang die automatische Ruminationsmessung für Brunsterkennung, Gesundheitsmonitoring und Überwachung von Kalbung und Puerperium zu nutzen ist.

2 Material und Methoden

2.1 Tiere und Haltungsbedingungen

Die Untersuchungen fanden in der Milchviehherde der Lehr- und Forschungsstation Oberer Hardthof des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik statt. Darüber hinaus bezogen wir für die Untersuchungen zur Brunsterkennung mittels automatischer Wiederkau- und Aktivitätsmessung 4 Betriebe mit Hochleistungsherden im Laufstall ein, in denen die Tiere mit dem automatischen Melksystem (AMS) Astronaut A3 (Fa. Lely) gemolken wurden. Die wesentlichen Angaben zu den Haltungsbedingungen sind den Arbeiten von HOY et al. (2012) sowie REITH und HOY (2012) zu entnehmen.

2.2 Messung der Wiederkaudauer

Die automatische Messung der Wiederkaudauer erfolgte mit dem kommerziellen Überwachungssystem SCR Heatime™ HR (HOY et al. 2012). Für jede Kuh werden die Aktivitäts- und Wiederkauaktivitätswerte mit Bezug zur Originalzeit gespeichert und bei jedem Roboterbesuch oder mit einer LD-Antenne kontinuierlich ausgelesen. Die maximale Rückverfolgbarkeit der Daten von SCR Heatime™ HR liegt systembedingt bei ca. 90 Tagen (Speicherumfang), danach werden die Datensätze kontinuierlich überschrieben. Zur statistischen Bearbeitung fand der Vergleich der täglichen Wiederkaudauer im brunst-, behandlungs- und abkalbenahen Zeitraum mit dem multiplen Mittelwertvergleich nach Student-Newman-Keuls statt. Differenzen mit $p < 0,05$ waren signifikant.

3 Ergebnisse

3.1 Individuelle Unterschiede, Tagesrhythmus und Laktationsnummer

Zwischen den Tieren der Herde des Oberen Hardthofes traten im Mittel signifikante Unterschiede in der Wiederkaudauer je 2 Stunden auf. Bei einem Mittelwert auf der Basis von 29.826 Zwei-Stunden-Werten von 42,1 min betrug die kürzeste Wiederkauaktivität pro zwei Stunden 23 min, die längste 52 min. Bezogen auf 24 Stunden lagen die individuellen Wiederkauaktivitäten demzufolge zwischen 276 und 624 min bei einem Mittel von 505,2 min. Bei einzelnen täglichen Mittelwerten der Wiederkaudauer von deutlich unter 200 min ist an Artefakte zu denken, sofern tierbedingte Ursachen (z.B. Auftreten einer Erkrankung) ausgeschlossen werden können.

Erwartungsgemäß steht der Tagesrhythmus des Wiederkauens im Zusammenhang mit der Futteraufnahme und folgt zeitversetzt dem Fressen. In der untersuchten Herde (ausgewertet 27 Kühe zwischen dem 1. und 100. Tag nach der Abkalbung) gab es einen Anstieg der Wiederkauaktivität nach der morgendlichen Fütterung mit einem Peak gegen 12 Uhr. Eine deutlich stärkere Zunahme der Rumination war am Abend bzw. in den frühen Nachtstunden nachzuweisen. Zwischen 20 Uhr und 4 Uhr morgens erreichte die Wiederkaudauer 50 bis fast 55 min pro 2 Stunden. Bis 8 Uhr ging dann die Rumination stark zurück (bis auf 30 min/2 h).

Erstkalbinnen besaßen mit 38,8 min/2 h die signifikant niedrigste Ruminationsdauer. Auf 24 Stunden bezogen ist das eine mittlere tägliche Wiederkaudauer von 466 min = 7:45 h. Die Kühe mit mehr als vier Laktationen kauten pro zwei Stunden mit 45,3 min signifikant länger wieder. Das entspricht einer täglichen Wiederkaudauer von 544 min = 9 h, also rund 1:15 h länger als bei den Jungkühen. Die Ruminationsdauer pro zwei Stunden für Kühe mit 2, 3 oder 4 Laktationen ordnete sich zwischen den Tiergruppen von sehr jungen oder alten Tieren ein.

3.2 Wiederkauemessung zur Brunsterkennung

In die Analysen gingen insgesamt 265 Brunstperioden von Tieren aus vier Betrieben mit Roboter ein. Die Wiederkaudaten unterschieden sich im Mittel beträchtlich zwischen den Herden. Gleich war in allen Herden eine übereinstimmende Dynamik der Wiederkaudauer im brunstnahen Zeitraum. Im Zeitraum vor und nach der Brunst (mit Besamung der Kühe, die zur Trächtigkeit führte) betrug die tägliche Ruminationsdauer der Kühe im Mittel aller vier Betriebe 450 Minuten. Dies entspricht einer täglichen Wiederkauzeit von 7,5 Stunden. Insgesamt 22,5 % der Tiere wiesen den niedrigsten Wiederkauwert am Tag vor der erfolgreichen künstlichen Besamung und 77,5 % am Tag der KB auf. Während der Brunst konnte in allen vier Herden im Mittel eine signifikante Herabsetzung der täglichen Ruminationsdauer festgestellt werden. Die Wiederkaudauer war am Tag des Östrus um 17,8 % (= 79 min) kürzer als an den Tagen vor bzw. nach der Brunst. Die brunstbedingten Veränderungen schwankten deutlich zwischen den Einzeltieren. Bei 13 bis 19 % der Kühe stieg sogar die Wiederkaudauer im Vergleich zu den vorherigen bzw. nachfolgenden Tagen. Auch bei der Aktivität reagierten während der Brunst nicht alle Kühe in den untersuchten Herden mit einer Erhöhung – zwischen 16 und 34 % der Kühe wären deshalb nicht automatisch als brünstig erkannt worden, obwohl sie besamt und trächtig wurden. Daher wurde in einem weiteren Auswertungsschritt geprüft, wie viele Kühe unter gleichzeitiger Betrachtung von Aktivität und Wiederkaudauer während der Brunst Veränderungen aufwiesen. Insgesamt 68 % aller ausgewerteten Kühe zeigten eine Aktivitätserhöhung und gleichzeitig einen Rückgang der Wiederkaudauer am Tag der Brunst mit künstlicher Besamung und nachfolgender Trächtigkeit. Bei 8 % war lediglich die Aktivität erhöht, die Rumination war nicht verändert oder sogar angestiegen. Umgekehrt reagierten 17 % der Kühe am Brunsttag mit einer Verringerung der täglichen Wiederkaudauer, nicht jedoch mit einem Aktivitätsanstieg. Lediglich 7 % aller ausgewerteten Kühe zeigten trotz nachweislicher Brunst weder eine Veränderung in der Aktivität noch in der Rumination (Abb. 1).

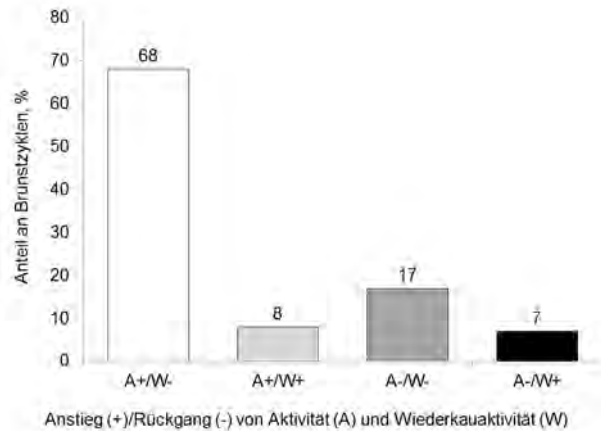


Abb. 1: Anteil an Brunstzyklen mit Veränderung (Anstieg: +, Rückgang: -) der Aktivität (A) und/oder der Wiederkaudauer (W) am Tag der Brunst im Vergleich zur Referenzperiode (n = 265 Brunstzyklen) (REITH, pers. Mittlg. 2014)

Fig. 1: Percentage of estrus cycles with changes (increase: +, decrease: -) in activity (A) and/or rumination (W) at day of heat compared with reference period (n = 265 estrus cycles) (Reith, personal communication 2014)

3.3 Wiederkaumessung zum Gesundheitsmonitoring

An bislang 35 Kühen einer Herde wurde geprüft, ob Zusammenhänge zwischen den gesundheitlichen Störungen und der automatisch gemessenen Wiederkaudauer bestehen. Als Basis für die Auswertung dienten die Tagesmittelwerte im Zeitraum 4 Tage vor bis 4 Tage nach der Behandlung, wobei der Tag der ersten Behandlung als Tag 0 definiert wurde. Dabei ist zu beachten, dass Erkrankungen ohne deutliche Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens oder ohne Schmerzen die Futteraufnahme und demzufolge auch die Wiederkaudauer nicht unbedingt beeinträchtigen müssen. So gab es nur eine leichte Beziehung zwischen der Wiederkaudauer und dem Auftreten einer Mastitis (ohne Berücksichtigung des Schweregrades). Auch Klauenerkrankungen führten kaum zu einer Auslenkung der Wiederkaudauer. Eine deutlich stärkere Beeinträchtigung trat bei Stoffwechselstörungen auf. Die Wiederkaudauer verringerte sich am Tag des Auftretens einer Ketose um 12 Minuten pro 2 Stunden bzw. um 144 min je Tag (Abb. 2). Allerdings reicht die sehr geringe Anzahl von Kühen (5 behandelte Kühe) noch nicht für eine gesicherte Aussage aus. Auch bei Kühen mit dem Verdacht auf Fremdkörperaufnahme und offensichtlichen Schmerzen ging die Wiederkaudauer um ca. 12 min/2 h deutlich erkennbar zurück.

3.4 Wiederkaumessung zum Abkalbemonitoring

Bei den Untersuchungen entstand die Idee, die Wiederkaudauer vor der Kalbung zu analysieren. Es wurde erwartet, dass unmittelbar vor der Geburt des Kalbes die Futteraufnahme deutlich reduziert und nahezu eingestellt wird und demzufolge auch das Wiederkauen signifikant vermindert wird. An den Tagen vor der Kalbung betrug die

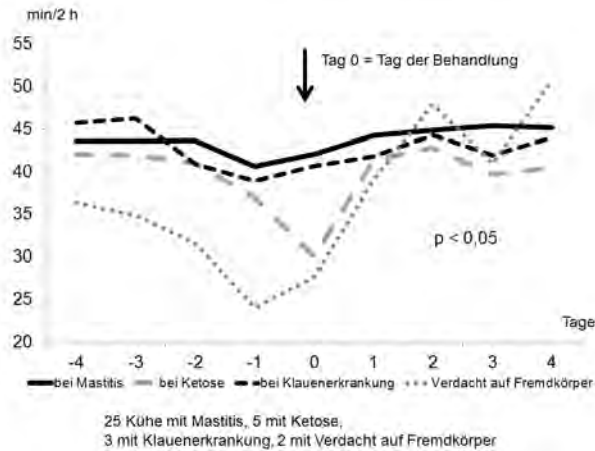


Abb. 2: Tagesmittelwerte der Wiederkauaktivität (in min/2 h) von Kühen im Zeitraum vor und nach einer Behandlung wegen Mastitis, Ketose, Klauenerkrankung oder Fremdkörperaufnahme
 Fig. 2: Daily means of rumination (min/2 hr) of cows before and after treatment because of mastitis, ketosis, lameness or ingestion of foreign body

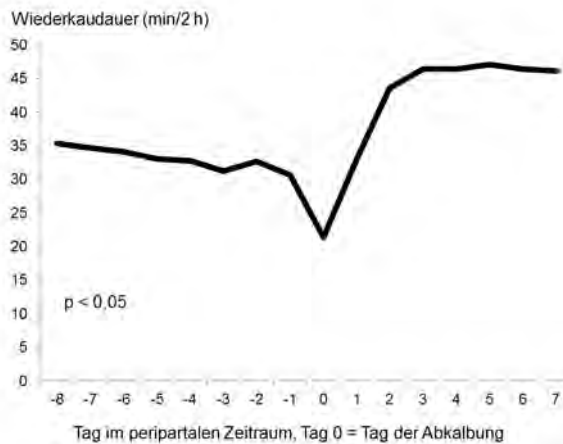


Abb. 3: Mittelwerte der Wiederkaudauer (pro 2 h) bei Kühen im peripartalen Zeitraum (8 Tage vor bis 7 Tage nach der Abkalbung, n = 30 Kühe)

Fig. 3: Daily means of rumination (per 2 hr) of cows in peripartal period (8 days before until 7 days after calving, n = 30 cows)

Wiederkaudauer 31 bis 35 min/2 h (= 372 bis 420 min/d) und war damit um etwa 12 min/2 h niedriger als bei den laktierenden Kühen der Herde. Am Tag der Geburt sank der mittlere 2-h-Wert auf 21,4 min (257 min/Tag) – ohne Unterschied zwischen Jungkühen und älteren Kühen. Nach der Abkalbung erhöhten sich die 2-h-Werte der Rumination auf etwa 46 min/2 h (= 552 min/Tag) (Abb. 3). Bei ca. 80 % der Kühe (von

bislang 42 untersuchten Abkalbungen in dieser Herde) ließ sich durch eine deutliche Verringerung der zweistündlich gemittelten Wiederkauwerte die herannahende Abkalbung prognostizieren. Eine erkennbare Herabsetzung der Wiederkaudauer trat im Mittel ab 4 Stunden vor der Kalbung ($p < 0,05$) auf. Analog dazu konnte auf der Basis von Verhaltensuntersuchungen im abkalbenahen Zeitraum eine Verminderung der Futteraufnahmezeitdauer in den letzten Stunden vor der Kalbung nachgewiesen werden. Eine signifikante Reduzierung der Ruminationsdauer im Mittel aller Kühe war dann ab 4 bis 2 h vor der Geburt des Kalbes festzustellen. Somit kann die automatische Wiederkau-messung zur Prognose des Abkalbezeitpunktes eingesetzt werden.

Literatur

- Adin, Gabi; Solomon, R.; Nikbachat, M.; Zenou, A.; Yosef, E.; Brosh, A.; Shabtay, A.; Mabjeesh, S. J.; Halachmi, I.; Miron, J. (2009): Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production. *J. Dairy Sci.* 92, 3364-3373
- Hoy, Steffen; Rindte, M.; Greißl, S.; Reith, St. (2012): Automatisierte Brunsterkennung – Messung der Aktivität und Wiederkaudauer. *Praktischer Tierarzt (Sonderheft Rinderhaltung: Investieren statt reparieren)*, 40-43
- Jile, Yared H. (2003): Untersuchungen zur Bedeutung der Frequenz der Kieferschläge während des Wiederkauens für die Einschätzung der Wiederkauaktivität von Milchkühen. Diss. Tierärztl. Hochschule Hannover
- Reith, Stefanie; Hoy, S. (2012): Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95 (11), 6416-6420

Anwendbarkeit der automatisierten Messung der reticulo-ruminalen Temperatur bei Bullenkälbern zur Fieberfrüherkennung unter Praxisbedingungen

Applicability of an automated measurement of the reticulo-ruminal temperature in male calves for early fever detection under practical conditions

BIRTE TIETGEN¹, HANS-JOACHIM LAUE², MARTINA HOEDEMAKER³, STEFFI WIEDEMANN¹

¹ Institut für Tierzucht und Tierhaltung Christian-Albrechts-Universität, Hermann-Rodewald Str. 6, 24118 Kiel; btietgen@tierzucht.uni-kiel.de

² Fachbereich Agrarwissenschaften, Fachhochschule Kiel, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld

³ Klinik für Rinder, Tierärztliche Hochschule Hannover, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover

Schlüsselwörter: Kalb, Enzootische Bronchopneumonie, Erkennung, Fieber

Keywords: calf, bovine respiratory disease, detection, fever

Zusammenfassung

Die Enzootische Bronchopneumonie (EBP) spielt in der Kälberaufzucht eine bedeutende Rolle, daher ist die Erkennung der ersten Krankheitssymptome (Fieber) essenziell. Auf einem Mastbetrieb wurde 150 Bullenkälbern ein Thermometer in Bolusform eingegeben. Dieses erfasst automatisch alle fünf Minuten die reticulo-ruminale (ReRu) Temperatur. Eine Gesundheitskontrolle wurde regelmäßig durchgeführt. Bei 31 Tieren zeigte sich eine erhöhte Rektaltemperatur (≥ 40.0 °C). Die Korrelation zwischen der ReRu- und Rektaltemperatur betrug $r = 0,75$. Für die ReRu-Temperaturmessung konnte in Bezug auf die Erkennung von erhöhter Rektaltemperatur eine Sensitivität von 77 % und eine Spezifität von 97 % ermittelt werden. Die Erkennung von Fieber im Verlauf einer EBP mithilfe des Bolus erwies sich als effektiv und könnte zu einer Arbeitserleichterung auf den Betrieben führen.

Summary

The bovine respiratory disease (BRD) plays an important role in rearing and fattening calves. Therefore it is essential to recognize the first symptoms (fever). On a fattening farm 150 young male calves were given a thermometer as a bolus which measures the reticulo-ruminal temperature automatically. A health monitoring was performed regularly. In 31 animals an increased rectal temperature was assessed (≥ 40.0 °C). The reticulo-ruminal temperature yielded for the recognition of rectal fever a sensitivity of 77 % and a specificity of 97 %. The correlation between the reticulo-ruminal and the rectal temperature resulted $r = 0.75$. The detection of fever due to BRD was effective with the temperature bolus and could be assistance on farms.

1 Einleitung

Für die Aufrechterhaltung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Kälbern ist das Management von großer Bedeutung. Das frühzeitige Erkennen von Anzeichen einer Erkrankung spielt in diesem Zusammenhang eine herausragende Rolle. Durch die steigenden Tierzahlen wird jedoch die dafür notwendige Einzeltierbeobachtung für das Personal auf den Betrieben immer schwieriger. Neben Durchfallerkrankungen stellen Atemwegserkrankungen (Enzootische Bronchopneumonie (EBP, „Rindergrippe“) eine der häufigsten Ursachen von Kälberverlusten in der Milchvieh- und Mastbullenaufzucht dar. Die multifaktorielle Genese der EBP und die ubiquitären Erreger erschweren eine Bekämpfung und ein Einschreiten gegen die Ausbreitung im Bestand. Begünstigt wird diese Erkrankung durch ein Aufeinandertreffen stressverursachender Umweltbedingungen z.B. Transport (shipping associated) und intensive, mit hohen Tierzahlen verbundene Haltungsbedingungen (crowding associated). Die ersten klinischen Symptome sind unspezifisch wie Abgeschlagenheit und Schwäche, aber auch Nasen- und Augenausfluss sowie Husten sind zu beobachten. Ein weiteres frühes Symptom dieser Faktorenerkrankung ist ein starker Anstieg der Körperkerntemperatur (DIRKSEN et al. 2006). Wird dies rechtzeitig erkannt, sind bei sofortiger antibiotischer Therapie die Aussichten auf eine vollständige Heilung gut (RADEMACHER 2007). Die Anwendbarkeit der reticulo-ruminalen (ReRu) Temperatur wurde bereits in Studien bei Milchkühen (ADAMS et al. 2013, BEWLEY et al. 2008a) und bei Mastbullen (TIMSIT et al. 2011) überprüft. Das Ziel dieser Studie war die Überprüfung des möglichen Einsatzes einer automatisierten ReRu-Temperaturmessung bei sehr jungen Bullenkälbern zur Fieberfrüherkennung.

2 Material und Methoden

2.1 Tiere und Management

Von September bis November 2013 wurden für den achtwöchigen Versuch 150 männliche Kälber (Alter $16,6 \pm 3,3$ Tage, Gewicht $53,8 \pm 5,2$ kg) in einem Mastbetrieb eingestallt. Die Versorgung der Tiere mit Milchaustauscher erfolgte über Tränkeautomaten (H & L 100, Holm & Laue GmbH & Co. KG, Westerrönnfeld, Deutschland); in den letzten beiden Versuchswochen wurde die Menge kontinuierlich reduziert. Trinkwasser, Kraftfutter und Heu stand den Tieren zur Ad-Libitum-Aufnahme zur Verfügung. Alle Tiere erhielten prophylaktisch ein antibiotisches Kombinationspräparat (Neomycinsulfat and Sulfadiazin/Trimethoprim) über die Tränke innerhalb der ersten fünf Tage des Versuchs. Ebenso wurden alle Tiere in der fünften Versuchswoche geimpft gegen Trichophytie (Kälberflechte) und zum Zeitpunkt der höchsten Krankheitsprävalenz zusätzlich gegen EBP.

2.2 Datenaufnahme

Zusätzlich zum Stallpersonal wurde mindestens zweimal täglich eine Gesundheitsüberwachung durchgeführt. Darauf folgte eine kurze Allgemeinuntersuchung falls Tiere, durch Lethargie oder andere EBP-Symptome wie Husten und Nasenausfluss auffällig wurden. Eine Rektaltemperatur $\geq 40,0$ °C wurde als „Fieber“ gewertet (THEURER et al. 2013). Im Falle einer Erkrankung wurden die Kälber mit einem entzündungshemmenden

Medikament (NSAID) und einem Antibiotikum behandelt. Im Zwei-Wochen-Rhythmus wurden alle Tiere gewogen und die Rektaltemperatur erfasst.

2.3 Temperatur Bolus, Temperaturdaten und Auswertung

Nach Ankunft der Tiere auf dem Betrieb, wurde Ihnen ein Bolus (70 g, 6.6 cm x 2.1 cm; Medria CS 10031 Châteaubourg 35538 Noyal-Sur-Vilaine CEDEX-France) eingegeben, der automatisiert die ReRu-Temperatur in 5-minütigen Abständen misst und diese an eine Empfängerstation sendet. Diese vermittelt wiederum die empfangenen Temperaturdaten an einen Webserver. Mittelwerte wurden über eine halbe Stunde, über Tagesperioden (06:00–09:59 Uhr = morgens, 10:00–13:59 Uhr = mittags, 14:00–17:59 Uhr = nachmittags, 18:00–00:00 Uhr = abends, 00:00–05:59 Uhr = nachts) gebildet. Außerdem wurden die Mittelwerte über Halbstunden verwendet, um CUSUM Control Charts zu berechnen. Für die retrospektive Analyse der Temperaturdaten wurde das Softwarepaket SAS 9.2 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA) verwendet. Für die Bewertung der Beziehung der ReRu-Temperatur zur Rektaltemperatur wurde die Anweisung PROC CORR verwendet. Mit der Prozedur PROC LOGISTIC wurde die Vorhersagemöglichkeit eines Fieberereignisses mit ReRu-Hyperthermie (ReRu-Temperatur ≥ 40.0 °C) mit dem Parameter AUC (Area under the curve) bewertet. Mit PROC FREQ wurde die Sensitivität, Spezifität, PPV (positive predictive value), NPV (negative predictive value) mit dem Grenzwert berechnet, der mithilfe von ROC-Kurven (Receiver-Operating-Curve) bestimmt wurde (40.0 °C Cut-off value). Zusätzlich wurde die Zeitdifferenz von dem Moment der ersten ReRu-Hyperthermie bis zum visuellen Erkennen des erkrankten Tieres durch Messung einer Rektaltemperatur ≥ 40 °C berechnet.

3 Ergebnisse

Die Auswertung der 5-minütig erfassten Werte ergab, dass 147 Tiere mindestens einmalig ReRu-Hyperthermie aufwiesen (mittlere Anzahl = $424,3 \pm 489$ pro betroffenes Tier). Bei 139 Tieren wurden in den halbstündigen Werten eine mittlere Anzahl von $64,5 \pm 76,1$ Re-Ru-Hyperthermie Perioden festgestellt. Die ausgewerteten Tagesperioden zeigten 99 Tiere eine ReRu-Hyperthermie (mittlere Anzahl = $7,1 \pm 8,0$ pro Tier). Über einen Zeitraum von 24 h zeigten 31 eine erhöhte mittlere ReRu-Temperatur ($1,39 \pm 0,7$). Zur Ermittlung der Beziehung zwischen den rektal ermittelten Temperaturen an den Wiegetagen und den korrespondierenden ReRu-Temperaturen wurden die ReRu-Temperaturen über den Zeitraum des Wiegens (5 h) gemittelt. Die berechnete Korrelation betrug $r = 0,66$. Für die Beziehung zwischen den während der Gesundheitsüberwachung ermittelten Temperaturen und den ReRu-Temperaturen wurden die ReRu Temperaturen innerhalb der halben Stunde der manuellen Temperaturmessung gemittelt. Die Korrelation war geringgradig höher mit $r = 0,75$. Die Tabelle 1 zeigt die Sensitivität, Spezifität, PPV und den NPV sowie den Parameter aus der Berechnung der ROC-Kurve AUC (je näher an 1, desto besser) der unterschiedlich gemittelten Bolustemperaturen.

Tab. 1: Güte der Vorhersage eines Fieberereignisses durch erhöhte ReRu-Temperatur

Tab. 1: *Quality of the prediction of fever with increased ReRu temperature*

Bolustemperatur	Sensitivität %	Spezifität %	PPV %	NPV %	AUC
Wiegetage (μ 5 Std.)	52	97	66	95	0.975
GÜ (μ 1/2 Std.)	77	97	73	98	0.969
GÜ (μ Tagesperioden)	61	97	69	97	0.958
CUSUM (GÜ μ 1/2 Std.)	71	98	86	98	0.855

GÜ = Daten aus der Gesundheitsüberwachung.

 μ = Mittelwert.

Um die Identifikation von Fieber in der Anfangsphase einer möglichen EBP-Erkrankung zu bewerten, wurden die fünf Tage vor der Erkennung der eindeutig erkannten Tiere mit rektal gemessener Hyperthermie ($\geq 40,0$ °C) näher untersucht (Abb. 1).

Die Ermittlung der Zeitdifferenz von erhöhten ReRu-Temperaturen in den halbstündigen Werten und der rektalen Ermittlung einer erhöhten Körperkerntemperatur ergab im Durchschnitt 79.7 ± 70.1 h. Die Sensitivität erzielt hohe Werte; gleichzeitig ergab der Wert der Spezifität eine gute Vorhersage der nicht fiebrigen Werte.

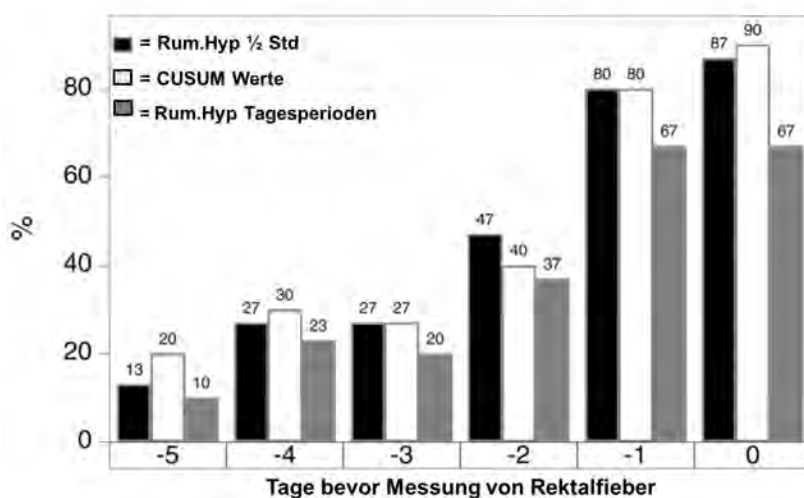


Abb. 1: Anteil der mittels ReRu-Messung identifizierten Kälber an 5 Tagen vor der klinischen Erkennung von rektaler Hyperthermie

Fig. 1: *Percentage of calves with ruminal hyperthermia on 5 days bevor clinical identification of rectal hyperthermia*

4 Diskussion

Die Identifikation von Fieberperioden mittels der automatisierten ReRu-Temperaturmessung wurde bereits von anderen Autoren untersucht (ADAMS et al. 2013, TIMSIT et al. 2010, TIMSIT et al. 2011). Im Gegensatz zu diesen Studien war es das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Anwendbarkeit der automatisierten ReRu-Temperaturmessung bei sehr jungen Kälbern zu untersuchen und Möglichkeiten für ein Fieber-Frühwarnsystem zu vergleichen. Im Verlauf einer Infektion der Atemwege bei Kälbern kommt es rasch zu einem Anstieg der Körperkerntemperatur (TIMSIT et al. 2011). Bei einer frühzeitigen Erkennung dieses Symptoms und einer raschen Therapie besteht eine hohe Chance auf vollständige Heilung des Lungengewebes (CUSACK et al. 2003). Unsere Ergebnisse zeigen, dass mithilfe der automatisierten Temperaturmessung im Vergleich zur visuellen Gesundheitsüberwachung mindestens drei Tage früher eine Detektion von Fieber möglich ist. Durch die Nutzung der halbstündigen Mittelwerte der ReRu-Temperatur und der daraus ermittelten CUSUM-Werte wären fast die Hälfte der im Rahmen des Gesundheitsmonitorings mit einer erhöhten Körperkerntemperatur auffällig gewordenen Tiere bereits zwei Tage früher erkannt worden. Am Tag der visuellen Erkennung wären 90 % der Tiere mithilfe der CUSUM-Methode erkannt worden. Die Detektionsraten der Mittelwerte über Tagesperioden lagen dagegen unter diesen Werten. Im Zuge der Bewertung dieser Daten, sollte ebenso Berücksichtigung finden, dass fast jedes Kalb (98 %) zumindest sporadisch eine Überschreitung der ReRu-Temperatur oberhalb des Grenzwertes von 40,0 °C zeigte. Eine mögliche Begründung besteht in der mikrobiellen Fermentation im Pansen, die eine erhöhte Temperatur verursachen kann (IPEMA et al. 2008, METZ 1987). Daher sollte bei der Wahl der Zeitabschnitte möglichst auf die Rohwerte (5-min-Werte) verzichtet werden, auch weil ein Temperaturabfall durch Trinkvorgänge zu starken Abweichungen der ReRu-Temperatur führen kann (BEWLEY et al. 2008b). Die ermittelten Korrelationen ($r = 0,66$, $r = 0,75$) lagen zwischen den bereits veröffentlichten Werten von ADAMS et al. (2013) für Milchkühe ($r = 0,65$) und den Werten von ROSE-DYE et al. (2011) für Mastbulen ($r = 0,89$). Sensitivität, Spezifität, PPV, NPV und AUC lassen die Annahme zu, dass die Verwendung der Halbstundenwerte für die Früherkennung von Fieber bei Kälbern am besten geeignet ist. Längere Zeiträume für die Mittelwertsberechnung ergaben eine niedrigere Sensitivität und PPV. Die Werte der AUC wiesen jedoch für alle getesteten Verfahren zufriedenstellende Ergebnisse auf.

5 Fazit

Ein Alarmsystem, beruhend auf den Halbstundenwerten, ist auf Grundlage der vorliegenden Daten möglich. Eine bis zu fünf Tage frühere Erkennung eines Fieberereignisses bei Aufzuchtkälbern, vor allem in Bezug auf die Früherkennung von EBP Erkrankungen, würde eine Arbeitserleichterung bedeuten. Es ist anzumerken, dass nach Erkennung von ReRu-Hyperthermie die Messung der Rektaltemperatur folgen sollte. Der Einsatz automatisierter Messmethoden der ReRu-Temperatur könnte zu einer gezielteren Behandlung der Tiere im Anfangsstadium der EBP und einer höheren Erfolgsrate der Therapie führen.

Literatur

- Adams, A.E.; Olea-Popelka, F.J.; Roman-Muniz, I.N. (2013): Using temperature-sensing reticular boluses to aid in the detection of production diseases in dairy cows. *Journal of dairy science* 96, 1549-1555
- Bewley, J.M.; Einstein, M.E.; Grott, M.W.; Schutz, M.M. (2008a): Comparison of Reticular and Rectal Core Body Temperatures in Lactating Dairy Cows. *Journal of dairy science* 91, 4661-4672
- Bewley, J.M.; Grott, M.W.; Einstein, M.E.; Schutz, M.M. (2008b): Impact of Intake Water Temperatures on Reticular Temperatures of Lactating Dairy Cows. *Journal of dairy science* 91, 3880-3887
- Cusack, P.M.V.; McMeniman, N.; Lean, I.J. (2003): The medicine and epidemiology of bovine respiratory disease in feedlots. *Australian Veterinary Journal* 81, 480-487
- Dirksen, G.; Hans-Dieter, G.; Stöber, M. (2006): *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*. Enke Verlag, Stuttgart, 312-313
- Ipema, A.H.; Goense, D.; Hogewerf, P.H.; Houwers, H.W.J.; van Roest, H. (2008): Pilot study to monitor body temperature of dairy cows with a rumen bolus. *Computers and Electronics in Agriculture* 64, 49-52
- Metz, J.; Wiersma, F.; Rossing, W.; and Van Den Berg, V., (1987): First experiences with a telemetry system for measurements of body temperature by dairy cows. 3rd Symp. *Automation in Dairying*, Wageningen, the Netherlands. IMAG, 185-197
- Rademacher, G. (2007): *Kälberkrankheiten: Ursachen und Früherkennung; neue Wege zur Vorbeugung und Behandlung* Ulmer-Verlag, Stuttgart
- Rose-Dye, T.K.; Burciaga-Robles, L.O.; Krehbiel, C.R.; Step, D.L.; Fulton, R.W.; Confer, A.W.; Richards, C.J. (2011): Rumen temperature change monitored with remote rumen temperature boluses after challenges with bovine viral diarrhea virus and *Mannheimia haemolytica*. *J. Anim. Sci.* 89, 1193-1200
- Theurer, M.E.; Anderson, D.E.; White, B.J.; Miesner, M.D.; Mosier, D.A.; Coetzee, J.F.; Lakritz, J.; Amrine, D.E. (2013): Effect of *Mannheimia haemolytica* pneumonia on behavior and physiologic responses of calves during high ambient environmental temperatures. *Journal of Animal Science* 91, 3917-3929
- Timsit, E.; Assie, S.; Quiniou, R.; Seegers, H.; Bareille, N. (2010): Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses. *Vet. J.* 190, 136-142
- Timsit, E.; Bareille, N.; Seegers, H.; Lehebel, A.; Assie, S. (2011): Visually undetected fever episodes in newly received beef bulls at a fattening operation: Occurrence, duration and impact on performance. *J. Animal Sci.* 89(10), 4272-4280

A novel pedometer algorithm to quantify the walking behavior of dairy cows

Innovativer Pedometer Algorithmus zur Erfassung des Laufverhaltens bei Milchkühen

MAHER ALSAAOD¹, JOËL NIEDERHAUSER², GIAN BEER¹,
GERTRAUD SCHUEPBACH-REGULA³, ADRIAN STEINER¹

¹ Clinic for Ruminants, Vetsuisse-Faculty, University of Bern, Bremgartenstrasse 109a, 3012 Bern, Schweiz; maher.alsaaod@vetsuisse.unibe.ch

² InnoClever GmbH, Tiergartenstrasse 9, 4410 Liestal, Schweiz

³ Veterinary Public Health Institute, Vetsuisse-Faculty, University of Bern, Schwarzenburgstrasse 155, 3097 Liebefeld, Schweiz

Keywords: accelerometer, dairy cow, behavior, walking behavior, lameness

Schlüsselwörter: Accelerometer, Milchkuh, Verhalten, Laufverhalten, Lahmheit

Summary

The objectives of this study were to develop and validate an algorithm to monitor locomotor behavior based on the output from accelerometer sensors of loose-housed dairy cattle compared with video analyses (gold standard). The measurements were conducted in three experiments to validate lying time, stand up, lie down and lying bouts (exp. I; n = 18 cows); standing time, walking time, number of standing bouts, number of walking bouts and number of strides (exp. II; n = 21 cows) and stride length (m) and stride duration (s) (exp. III; (n = 16). In all experiments, the mean difference between accelerometer data and respective gold standard was between 17 % and 0 % and the correlation between respective data ranged from $r_s = 1$ to $r_s = 0.7$. The results of this study show that the newly developed algorithm is able to quantify the locomotor behavior of dairy cows with a moderate to perfect accuracy.

Zusammenfassung

Die Ziele dieser Studie waren die Entwicklung und Validierung eines Algorithmus zur Überwachung des Bewegungsverhaltens basierend auf dem Output von Accelerometersensoren für im Laufstall gehaltene Milchkühe im Vergleich zu Videoanalysen (Gold Standard). Die Messungen wurden in drei Experimenten durchgeführt, wobei folgendes validiert wurde: Liegezeit, Aufstehen, Abliegen und Anzahl der Liegeperioden (exp I; n = 18 Kühe); Stehzeit, Laufzeit, Anzahl der Stehperioden, Anzahl der Laufperioden und Anzahl der Schritte (exp II; n = 21 Kühe); Schrittlänge (m) und Schrittdauer (s) (exp III; n = 16). In allen Experimenten war die mittlere Differenz zwischen Accelerometerdaten und dem jeweiligen Goldstandard zwischen 17 % und 0 % und die Korrelation reichte von $r_s = 1$ bis $r_s = 0,7$. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der neu entwickelte Algorithmus in der Lage ist, das Bewegungsverhalten von Milchkühen mit einer moderaten bis perfekten Genauigkeit zu quantifizieren.

1 Introduction

Change of animal behavior is one of the most important criteria to assess animal welfare and health. Parameters of animal behavior can be used to build up an early disease warning system (URTON et al. 2005, CHAPINAL et al. 2011). Traditionally, behavior research of loose-housed cows is based on direct observation or use of video recordings. The drawbacks of both methods are that they are time consuming and labor intensive with nocturnal observations. The accelerometer system is a reliable and useful tool to detect standing and lying (ROBERT et al. 2009, MATTACHINI et al. 2013). So far, the previously developed accelerometers, however, are not able to detect and characterize walking patterns (such as number and duration of strides; distance walked) of cows. The objective of this study was to develop and validate an algorithm to monitor locomotor behavior based on the output from accelerometer sensors of loose-housed dairy cattle compared with video analyses (gold standard). It was hypothesized that a novel algorithm of the Rumiwatch® accelerometer (10 Hz) device can be developed, that provides both standing and lying behavior measurements with a moderate to high accuracy, similar to that of video observation.

2 Methods

The study consisted of 3 independent experiments. Experiment I: Development and validation of an algorithm, detecting lying behavior: lying time; stand up; lie down and number of lying bouts (n = 18 cows; observation over 24 hours). Experiment II: Development and validation of an algorithm, detecting behavior during standing: standing time; walking time; number of standing bouts; number of walking bouts and number of strides (n = 21 cows; observation over 10–20 minutes). Experiment III: Development and validation of an algorithm, detecting stride length (m) and stride duration (s) (n = 16 cows; observation over 5–10 minutes). The first two experiments of this study (exp. I–II) were carried out at the experimental farm of Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART in Tänikon, Switzerland and the third experiment (exp. III) at Hürlimann Farm in Ettenhausen, Switzerland. Spearman correlations (r_s) were calculated between accelerometer variables and respective data derived from the video recordings (gold standard). The overall difference in percent was calculated as a mean deviation between accelerometer variable and respective video recording.

3 Results

In all experiments, the mean difference between accelerometer data and respective gold standard was between 17 % and 0 % (depending on the variable), and the correlation between respective data ranged from $r_s = 1$ to $r_s = 0.75$.

4 Conclusion and future prospects

This study was carried out to develop and validate a novel pedometer algorithm, allowing for the description of several characteristics of walking, standing and lying behavior with a strong to very high correlation between pedometer output and visual observation (depending on the variable of locomotion). The combination of the RumiWatch® pedometer with the novel algorithm is potentially useful for real time detection of normal and pathological behavior of loose-housed dairy cows, which may markedly improve automatic livestock management systems for efficient health monitoring of dairy cows.

Literature

- Chapinal, N.; de Passille, A.M.; Pastell, M.; Hanninen, L.; Munksgaard, L.; Rushen, J. (2011): Measurement of acceleration while walking as an automated method for gait assessment in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 94, pp. 2895-2901
- Mattachini, G.; Riva, E.; Bisaglia, C.; Pompe, J.C.A.M.; Provolo, G. (2013): Methodology for quantifying the behavioral activity of dairy cows in freestall barns. *Journal of Animal Science* 91, pp. 4899-4907
- Robert, B.; White, B.J.; Renter, D.G.; Larson, R.L. (2009): Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. *Computer and Electronic in Agriculture* 67, pp. 80-84
- Urton, G.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary D.M. (2005): Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science* 88, pp. 2843-2849

Acknowledgments

This study was generously supported by a grant of the commission for technology and innovation (CTI; Nr: 15234.2 PFLS-LS) (Bern, Switzerland) and Fondation Sur-La-Croix (Basel, Switzerland). We thank ITIN+HOCH GmbH, Liestal, Switzerland, for providing the RumiWatch® accelerometers for this project.

Automatisierte Erkennung von Klauenhorndefekten einhergehend mit Lahmheit bei Milchkühen

Automated detection of claw horn lesions associated with lameness in dairy cows

KATHRIN NECHANITZKY¹, ALEXANDER STARKE², HENDRIK MÜLLER²,
MARIA RECKHARDT², BEATRIZ VIDONDO³, ADRIAN STEINER¹

¹ Nutztierklinik, Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern, Bremgartenstrasse 109a, 3012 Bern, Schweiz; adrian.steiner@vetsuisse.unibe.ch

² Klauentiermedizin, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig, An den Tierkliniken 11, 04103 Leipzig

³ Veterinary Public Health Institute, Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern, Schwarzenburgstrasse 155, 3097 Liebefeld, Schweiz

Schlüsselwörter: Lahmheit, Milchkuh, Klauenhorndefekt, Pedometer, Wiegeplattform
Keywords: lameness, dairy cattle, claw horn lesion, pedometer, weighing platform

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, das Potenzial verschiedener Technologien zur automatisierten Erkennung von Verhaltensänderungen von Milchkühen zu prüfen, welche bedingt sind durch Klauenhorndefekte, die mit Lahmheit einhergehen. Es wurden folgende Technologien untersucht: 1. Vierzellen-Wiege-Plattform, 2. Accelerometer (RumiWatch®), 3. Nasenbandsensoren (RumiWatch®) und 4. POLAR®-Elektroden. Es wurden 32 Kühe mit Lahmheit und Klauenhorndefekt (Gruppe L) und 10 lahmheitsfreie Kühe ohne Klauenhorndefekt (Gruppe C) in die Studie aufgenommen. Kühe der Gruppe L zeigten gegenüber Kühen der Gruppe C signifikant unterschiedliche Belastungsverhältnisse der Hintergliedmassen und die Liegezeit war signifikant verlängert. Vierzellen-Wiegeplattform und Accelerometer sind potenziell geeignet, um in praxi als Hilfsmittel zur automatisierten Erkennung von lahmen Milchkühen mit Klauenhorndefekten eingesetzt zu werden.

Summary

The aim of the current study was to evaluate the potential of various tools for automated detection of lameness in dairy cows. The following tools were evaluated: 4-scale-weighing platform, accelerometers, nose-band sensors and POLAR® electrodes. 32 lame cows with a claw-horn lesion (group L) and 10 cows free of lameness and without any claw-horn lesion (group C) were included into the study. Lying time and load of the hind limbs were significantly different between groups. 4-scale-weighing platform and accelerometers attached to the hind limbs revealed to be the potentially most useful tools for automated detection of lameness in loose-housed dairy cows.

1 Einleitung

Orthopädische Erkrankungen, bedingt durch Klauenleiden, gehören zu den weltweit häufigsten und wirtschaftlich wichtigsten Produktionskrankheiten beim Milchvieh (BENNETT et al. 1999). Klauenleiden bei Milchkühen sind häufig durch Klauenhorndefekte bedingt und werden im Krankheitsverlauf von den Tierhaltern meist gar nicht oder erst verzögert erkannt (BRULJNIS et al. 2010, BECKER et al. 2014). Je früher solche Defekte behandelt werden können, desto besser ist die Prognose und desto geringer sind die wirtschaftlichen Verluste (GONZALEZ et al. 2008). Die Beobachtung der Kühe durch das Stallpersonal ist zeitaufwendig und daher kostenintensiv. Aus oben genannten Gründen ist es sinnvoll, Werkzeuge zu entwickeln und zu validieren, welche es ermöglichen, Lahmheiten bei Milchkühen automatisch und frühzeitig zu erkennen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, das Potenzial verschiedener Werkzeuge zur automatisierten Erkennung von Verhaltensänderungen bei Milchkühen zu prüfen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Verhaltensänderungen die durch Klauenhorndefekte bedingt sind und mit Lahmheit einhergehen.

2 Material und Methoden

Zu diesem Zweck wurden folgende Technologien untersucht und mit dem Goldstandard (klinisches Lahmheitssoring und klinischer Klauenbefund) verglichen: 1. Vierzellen-Wiege-Plattform (ITIN+HOCH GmbH, Liestal, Schweiz) zur Erkennung der Belastungsverhältnisse der Gliedmassen (NEVEUX et al. 2006, CHAPINAL et al. 2009), 2. Accelerometer (RumiWatch®, ITIN+HOCH) angebracht an den Rührbeinen beider Hintergliedmassen zur Erkennung der Bewegungsaktivität, 3. Nasenbandsensoren (RumiWatch®) zur Erkennung des Fressverhaltens und 4. POLAR®-Elektroden (Polar Team 2 pro, © Polar Electro Oy, Finnland) zur Erkennung von Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität.

Es wurden 32 Kühe mit Lahmheit und Klauenhorndefekt (Gruppe L) und 10 lahmsfreie Kühe ohne erkennbaren Klauenhorndefekt (Gruppe C) in die Studie mit aufgenommen. Die Kühe gehörten alle der Rasse Holstein-Friesian an und wurden in einem Milch produzierenden Großbetrieb in der Nähe von Chemnitz (Deutschland) gehalten.

Die statistischen Auswertungen (deskriptive Statistik, ANOVA, ROC-Analyse, Pearson Correlation und logistische Regression) erfolgten mittels NCSS9® (NCSS, LLC, Kaysville, Utah, USA). Ein *P*-Wert kleiner 0.05 wurde als statistisch signifikant beurteilt.

3 Resultate

Kühe der Gruppe L zeigten gegenüber Kühen der Gruppe C signifikant unterschiedliche Belastungsverhältnisse der Hintergliedmassen und die Liegezeit war signifikant verlängert. Weder die untersuchten Variablen des Fressverhaltens noch der Herzaktivität waren unterschiedlich zwischen den beiden Gruppen. Die Kombination von 2 Variablen der Vierzellen-Wiege-Plattform erlaubte die genaueste automatisierte Vorhersage der Gruppenzugehörigkeit (Gruppe C versus Gruppe L) der Versuchskühe.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Vierzellen-Wiege-Plattform und Accelerometer sind potenziell geeignet, um in praxi als Hilfsmittel zur automatisierten Erkennung von lahmen Milchkühen mit Klauenhorndefekten im Boxenlaufstall eingesetzt zu werden. Weitere Untersuchungen in einer größeren Anzahl von Milch produzierenden Betrieben mit Boxenlaufstallhaltung sind angezeigt, um die hier beschriebenen Resultate zu validieren und ein praxistaugliches Werkzeug zur sicheren und frühzeitigen Erkennung von Lahmheiten zu entwickeln.

Literatur

- Becker, J.; Steiner, A.; Kohler, S.; Koller-Bahler, A.; Wuthrich, M.; Reist, M. (2014): Lameness and foot lesions in Swiss dairy cows: I. Prevalence. *Schweiz Arch Tierheilkd* 156(2), 71-78
- Bennett, R.M; Christiansen, K.; Clifton-Hadley R.S. (1999): Estimating the costs associated with endemic diseases of dairy cattle. *J Dairy Res* 66(3), 455-459.
- Bruijnis, M.R.; Hogeveen, H.; Stassen, E.N. (2010): Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *J Dairy Sci* 93(6), 2419-2432
- Chapinal, N.; de Passille, A.M.; J. Rushen (2009): Weight distribution and gait in dairy cattle are affected by milking and late pregnancy. *J Dairy Sci* 92(2), 581-588
- Gonzalez, L.A.; Tolkamp, B.J.; Coffey, M.P.; Ferret, A.; Kyriazakis, I. (2008): Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *J Dairy Sci* 91(3), 1017-1028
- Neveux, S.; Weary, D.M.; Rushen, J.; von Keyserlingk, M.A.; de Passille, A.M. (2006): Hoof discomfort changes how dairy cattle distribute their body weight. *J Dairy Sci* 89(7), 2503-2509

Förderhinweis

Diese Studie wurde finanziell unterstützt durch:

- Schweizerisches Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV (grant 2.10.04)
- Boehringer Ingelheim, Deutschland
- UniBern Forschungsstiftung, Schweiz

Früherkennung von Klauenerkrankungen durch automatische Aktivitäts- und Leistungsanalyse bei Milchkühen

Early detection of lameness through automatic activity and performance analysis in dairy cows

KATHARINA SCHINDHELM¹, BERNHARD HAIDN¹, SVEN REESE²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; katharina.schindhelm@lfl.bayern.de

² Ludwig-Maximilians-Universität München, Tierärztliche Fakultät, Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie, Veterinärstr. 13, 80539 München

Schlüsselwörter: Klauenerkrankung, Milchleistung, Tiergewicht, Futteraufnahme, automatische Lahmheitserkennung

Keywords: hoof disease, milk yield, live weight, feed intake, automatic lameness detection

Zusammenfassung

In einem Offenlaufstall mit ca. 60 melkenden Fleckviehkühen wurden automatisch tägliche Milchleistung, Tiergewicht, Futteraufnahme und Aktivitätsparameter tierindividuell erfasst. Die erhobenen Daten wurden hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit dem Auftreten von Lahmheiten analysiert. Ziel war es, Muster zu finden, die auf Tiere mit Klauenerkrankungen hinweisen.

Tiere mit Klauenerkrankungen wiesen im Vergleich zu gesunden Tieren im Durchschnitt eine signifikant geringere Anzahl an Trogbesuchen jedoch eine höhere Futteraufnahme pro Tag auf. Bei der Tagesmilchleistung und dem Tiergewicht konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen lahmen und gesunden Kühen festgestellt werden.

Summary

A herd of 60 Simmental cattle housed in a free stall barn was observed. Various sensors were installed to automatically measure each cow's daily milk yield, feed intake, live weight and activity parameters. The collected data were analyzed with regard to a connection between the parameters and occurring lameness cases. The aim was to find patterns that indicate cases of cows with hoof diseases.

On average, cows with hoof diseases showed a significantly lower number of visits to the weighing troughs and a higher total daily feed intake than sound cows. No significant difference in milk yield and live weight was found between lame and healthy cows.

1 Einleitung und Problemstellung

Aufgrund wachsender Größe der Tierbestände in der Milchviehhaltung (STATISTISCHES BUNDESAMT 2014) wird die tierindividuelle Beobachtung immer schwieriger. Das wirkt sich auch auf die Erkennung von Lahmheiten aus. Häufig werden sie zu spät oder gar nicht bemerkt. Wenn dann doch behandelt wird, haben die Auswirkungen auf das Tier bereits zu erheblichem Leiden geführt. Hinzu kommt der durch Klauenerkrankungen verursachte wirtschaftliche Schaden, der sich laut EILERS (2008) durchschnittlich pro Lahmheitsfall nach Angabe verschiedener Autoren (DISTL 1999, RADEMACHER et al. 2004, SOUZA et al. 2006, OZSWARI et al. 2007) zwischen 130 € und 600 € bewegt. Dies wird dadurch verstärkt, dass die Therapie mit der Dauer der Krankheit schwieriger und langwieriger wird.

Ziel des Versuches ist es, Klauenerkrankungen anhand von automatisch erfassten Aktivitäts- und Leistungsdaten früher zu erkennen als dies durch reine Beobachtung durch das Stallpersonal möglich ist.

2 Tiere, Material und Methode

In der Fleckviehherde der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub (Offenlaufstall mit ca. 60 melkenden Kühen) wurden in der Zeit von März 2014 bis Januar 2015 verschiedene Aktivitäts- und Leistungsparameter tierindividuell erfasst. Jede Kuh trägt eine RFID-Ohrmarke und wird so an den unterschiedlichen Systemen (automatisches Melksystem (AMS), Wiegetröge, aktive Durchgangstore) erkannt.

Ein AMS mit eingebauter Waage liefert Daten über das Tiergewicht und die tägliche Milchleistung jedes einzelnen Tieres. Mithilfe von Wiegetrögen wird die Futteraufnahme mit Menge, Dauer und Frequenz tierindividuell aufgezeichnet. Durch die Einzeltiererkennung an automatischen Durchgangstoren wird die Aufenthaltsdauer in verschiedenen Bereichen wie Fress- oder Liegebereich festgestellt. Weitere Aktivitätsdaten wie Liege-, Geh- und Stehdauer und -häufigkeit werden durch Pedometer, kurz unter dem Karpalgeelenk eines Vorderfußes befestigt, registriert. Parallel zur automatischen Datenerfassung wurde wöchentlich ein Locomotionscore (LMS) nach SPRECHER et al. (1997) für alle Tiere erhoben. Bei dieser Methode wird das Gangbild der Tiere in 5 Graden bewertet. Das Kriterium für die Einteilung ist hierbei hauptsächlich die Krümmung der Rückenlinie. Grad 1 entspricht einer geraden Rückenlinie im Stand und in der Fortbewegung, Grad 2 einer geraden Rückenlinie im Stand, aber eine Krümmung während der Fortbewegung. Wenn das Tier sowohl im Stehen als auch bei der Fortbewegung eine gekrümmte Rückenlinie aufweist, wird es mit Grad 3 bewertet. Zeigt eine Kuh deutliche Unregelmäßigkeiten im Gangbild, so entspricht dies Grad 4. Bei hochgradiger Entlastung einer Gliedmaße wird das Gangbild mit Grad 5 bewertet.

Wies eine der Kühe einen LMS von 4 oder 5 auf oder wurde sie durch das geschulte Stallpersonal als auffällig gemeldet, erfolgte die Therapie und wöchentliche Kontrolle der Läsion durch einen Tierarzt bis zur vollständigen Abheilung.

3 Ergebnisse und Diskussion

Während der Zeit der Datenerfassung wurden aufgrund der üblichen Herdenfluktuation insgesamt 83 Tiere an mehreren Tagen auf ihren LMS untersucht.

Die Tageswerte der einzelnen Parameter Milchleistung, Tiergewicht, Futteraufnahme und Anzahl der Trogbesuche jedes Tieres am Tag der Durchführung des Locomotion-scorings wurden nach dem LMS der jeweiligen Tiere zu einer Gruppe zusammengefasst. Somit entstanden 5 Datengruppen (LMS1, LMS2, LMS3, LMS4, LMS5).

Die Häufigkeiten des jeweiligen LMS sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die den Gruppen zugeordneten Mittelwerte sind in Abbildung 1 dargestellt.

Tab. 1: Häufigkeiten der LMS (n = 83 Kühe)

Tab. 1: Frequencies of LMS (n = 83 cows)

Datengruppe	LMS1	LMS2	LMS3	LMS4	LMS5
Anzahl Tage	702	279	73	26	3
Anzahl Tiere	77	64	23	16	3

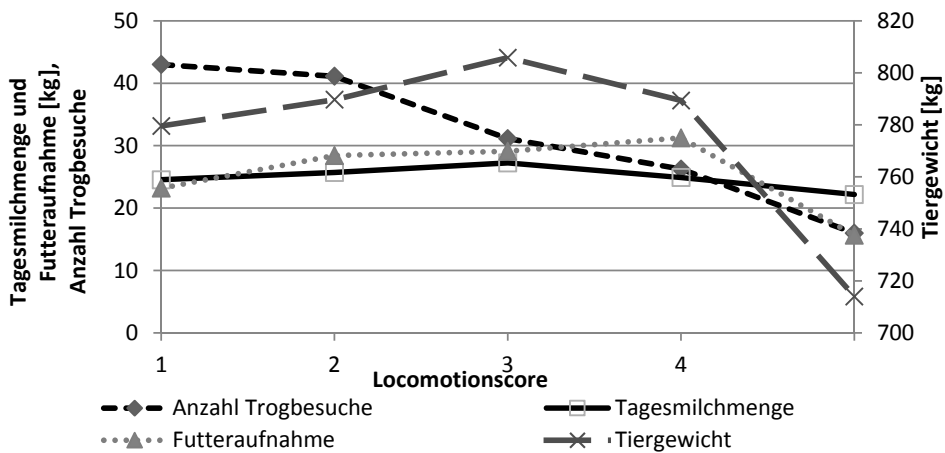


Abb. 1: Mittelwerte der untersuchten Parameter nach LMS

Fig. 1: Mean values of the parameters investigated by LMS

Zur Auswertung der Daten wurde eine ANOVA gefolgt von Post-hoc-Tests nach Dunnett-T mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 22 durchgeführt. Dunnett-T-Tests fassen eine Gruppe als Steuerungsgruppe auf und vergleichen alle anderen Gruppen mit dieser Gruppe. So wurden die Gruppen LMS2 bis LMS5 mit der Gruppe der Werte der gesunden Tiere (LMS1) verglichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 bis Tabelle 5 dargestellt.

3.1 Milchleistung und Tiergewicht

Beim Vergleich der Leistungsparameter Milchmenge pro Tag und durchschnittliches Tiergewicht zwischen den Werten der gesunden Kühe (LMS1) und denen der Gruppen LMS2 bis LMS5 waren die Mittelwerte auf vorgegebenem Signifikanzniveau ($p < 0,05$) nicht verschieden. Auffällig ist lediglich der starke Abfall der Werte in Gruppe LMS5, was jedoch aufgrund der geringen Fallzahl nicht statistisch gesichert ist (Tab. 2 und 3).

Tab. 2: Mittelwertvergleich der täglichen Milchleistung nach LMS

Tab. 2: Comparison of mean values of daily milk yield by LMS

Abhängige Variable Gruppe	Tägliche Milchleistung [kg]				
	LMS1	LMS2	LMS3	LMS4	LMS5
$\bar{x}$	24,53	25,70	27,24	24,90	22,18
$\pm s$	6,19	5,18	5,12	6,19	5,04
p	-	0,63	0,18	1,00	0,92

$\bar{x}$ = Mittelwert; $\pm s$ = Standardabweichung; p = p-Wert.

Tab. 3: Mittelwertvergleich des täglichen Tiergewichts nach LMS

Tab. 3: Comparison of mean values of the daily live weight by LMS

Abhängige Variable Gruppe	Tiergewicht [kg]				
	LMS1	LMS2	LMS3	LMS4	LMS5
$\bar{x}$	779,60	789,71	805,87	789,40	714,03
$\pm s$	85,08	92,25	90,69	113,84	119,39
p	-	0,94	0,63	0,99	0,62

$\bar{x}$ = Mittelwert; $\pm s$ = Standardabweichung; p = p-Wert.

3.2 Futteraufnahmemenge

Die Futteraufnahme pro Tag steigerte sich mit zunehmendem LMS bis Grad 4 signifikant (Tab. 4). Die höhere Futteraufnahme bei höherem LMS kann die Folge der längeren Verweildauer am Trog sein. Ein Tier mit Bewegungsschmerz wird häufige Trogwechsel und damit einhergehende Rangkämpfe vermeiden. Es verbringt also weniger Zeit damit, sich zu bewegen und mehr damit zu fressen.

Tab. 4: Mittelwertvergleich der täglichen Futteraufnahme nach LMS

Tab. 4: Comparison of mean values of daily feed intake by LMS

Abhängige Variable Gruppe	Futteraufnahme [kg]				
	LMS1	LMS2	LMS3	LMS4	LMS5
$\bar{x}$	23,21	28,43	29,11	31,26	15,67
$\pm s$	7,86	8,19	10,37	12,20	11,50
p	-	< 0,01	0,02	< 0,01	0,50

$\bar{x}$ = Mittelwert; $\pm s$ = Standardabweichung; p = p-Wert.

3.3 Trogbesuche

Die Anzahl der täglichen Trogbesuche sank mit steigendem LMS. Gesunde Tiere (mit LMS1) gingen im Durchschnitt 43-mal pro Tag zum Trog, während Tiere mit LMS4 nur noch 26-mal pro Tag einen Trog aufsuchten. Schon bei unauffälliger Lahmheit (LMS3) zeigte sich ein deutlicher Abfall in der Anzahl Trogbesuche. Diese Tiere gingen im Durchschnitt nur noch 31-mal zu einem der Wiegetröge.

Tab. 5: Mittelwertvergleich der Anzahl Besuche der Wiegetröge nach LMS

Tab. 5: Comparison of mean values of the number of visits to the weighing troughs by LMS

Abhängige Variable Gruppe	Anzahl Trogbesuche				
	LMS1	LMS2	LMS3	LMS4	LMS5
$\bar{x}$	43,01	41,12	31,13	26,26	16,00
$\pm s$	18,08	16,65	14,27	12,20	9,00
p	-	0,93	0,01	< 0,01	0,02

$\bar{x}$ = Mittelwert; $\pm s$ = Standardabweichung; p = p-Wert.

Zur Früherkennung von Klauenerkrankungen erweist sich die Anzahl der Trogbesuche als geeigneter Parameter. Diese nimmt bereits ab LMS3 ab, noch bevor sich die Folgen einer Klauenerkrankung im Rückgang der Milchleistung und des Tiergewichts zeigen. Wirtschaftlicher Schaden durch klauenerkrankungsbedingten Milchleistungsrückgang ist erst im weiteren Verlauf zu erwarten, denn das Ziel der Kuh ist es, die Milchproduktion und damit das Überleben der Nachkommen so lang wie möglich zu sichern. Einen Hinweis darauf, dass dadurch die Futterverwertung nachteilig beeinflusst wird, liefert der bei Verschlechterung der Klauengesundheit signifikante Anstieg der Futteraufnahme bei gleichbleibender Milchleistung und Tiergewicht.

Erst bei Tieren mit LMS5 sanken auch Milchleistung, Tiergewicht und Futteraufnahme. Aufgrund der geringen Fallzahl in der Gruppe LMS5 ist hier aber keine statistisch gesicherte Aussage möglich (während der Dauer des Versuches wies aufgrund der intensiven Kontrolle und Behandlung keine Kuh länger als zwei Wochen einen LMS von 4 oder mehr auf).

Schmerzen bei der Fortbewegung führen also nicht unmittelbar zu einem Leistungsabfall bei der Kuh. Für eine Früherkennung von Klauenerkrankungen sind nach diesen Ergebnissen Parameter wie Milchleistung und Tiergewicht also nicht geeignet. Die Futteraufnahme nimmt zunächst sogar zu. Es ist unbestritten, dass Kühe mit LMS4 Schmerzen erleiden. Insofern widersprechen die Ergebnisse der häufigen Aussage, dass die Schmerzen und Leiden einer Kuh, solange sie noch auf gleichem Niveau frisst und Milch gibt, nicht von erheblichem Ausmaß sein können. Bei beginnender Lahmheit wird die Kuh zunächst auch unter Schmerzen versuchen, ihre Leistung beizubehalten, denn während der Laktation liegt die Priorität der Nährstoffverteilung im Körper auf der Milchproduktion. Die dafür notwendige homöorhetische Verteilung von Nährstoffen zugunsten der Milchdrüse ist genetisch determiniert (VON ENGELHARDT 2010).

Die Anzahl der Trogbesuche hingegen sinkt bereits ab einem LMS dritten Grades, also schon bei geringeren Anzeichen für Bewegungsschmerz. Sie ist somit ein geeigneter Indikator für Klauengesundheit bei Fleckvieh.

Die Auswertung bisher nicht einbezogener Daten (Pedometer und Durchgangstore) sowie die Anwendung weiterer mathematischer Methoden sind Gegenstand folgender Arbeiten.

Literatur

- Distl, O. (1999): Zucht auf ein gesundes Fundament beim Milchrind. Züchtungskunde 71. S. 446–458
- Eilers, T.G. (2008): Langzeitbeobachtungen zur Klauengesundheit in vier Milchviehbetrieben im nordwestlichen Niedersachsen unter Berücksichtigung ausgewählter Risikofaktoren auf Einzeltier- und Herdenebene. Dissertation, Freie Universität Berlin
- Ozswari, L.; Barna, R.; Visnyei, L. (2007): Economic Losses Due to Bovine Foot Diseases in Large-Scale Holstein-Friesian Dairy Herds. Magyar Allatorvosok Lapja 129(1) pp. 23–28
- Rademacher, G.; Friedrich, A.; Eberhardt, T.; Klee, W. (2004): Möglichkeiten zur Verbesserung der Tiergesundheit, des Tierschutzes und der Wirtschaftlichkeit in der Rinderhaltung Teil 1. Tierärztl. Umschau 59, S. 195–202
- Souza, R.C.; Ferreira, P.M.; Molina, L.R.; Carvalho, A.V.; Facury-Filho, E.J. (2006): Economic Losses Caused by Sequels of Lameness in Free-Stall Housed Dairy Cows. In: Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnica 58(6), pp. 982–987
- Sprecher, D.J.; Hostetler, D.E.; Kaneene, J.B. (1997): A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology 47(6), S. 1179–1187
- Statistisches Bundesamt (2014): Viehbestand Fachserie 3 Reihe 4.1. URL <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/Viehhaltung.html>, Zugriff am 02.04.2015
- Von Engelhardt, W. (2010): Physiologie der Haustiere. Enke Verlag, Stuttgart

Systemischer Forschungsansatz zur Entwicklung von Haltungssystemen für die Nutztierhaltung aus der Sicht eines Ingenieurbüros

Integrative approach for the development of livestock husbandry housing systems from an engineering company's point of view

WILFRIED ECKHOF

Ingenieurbüro Dr.-Ing Wilfried Eckhof, Lessingstraße 16, 16356 Ahrensfelde; wilfried.eckhof@eckhof.de

Schlüsselwörter: Nutztierhaltung, Tierwohl, Umwelteinwirkungen, Produktqualität

Keywords: livestock husbandry, animal welfare, environmental impact, product quality

Zusammenfassung

Die Nutztierhaltung steht durch die Forderungen nach mehr Tierwohl und Verringerung der Umwelteinwirkungen unter einem hohen Handlungsdruck. Notwendig sind eine wissenschaftlich fundierte und sachliche Qualitätsdiskussion sowie eine Beschleunigung der Qualitätsentwicklung für die in der Praxis vorhandene strukturelle Vielfalt. Die Produktqualität, das Tierwohl, die Umweltverträglichkeit, die Energieeffizienz sowie die Wirtschaftlichkeit sind gleichermaßen zu beachten.

Die Entwicklung emissionsarmer und tiergerechter Haltungstechniken und Stallsysteme muss mit integrativem Systemansatz konsequent vorangetrieben werden.

Durch die Forschung und Entwicklung ist zu gewährleisten, dass keine Problemverlagerungen stattfinden, der Praxis komplette, funktionsfähige Lösungen mit vollständigen Datensätzen zur Verfügung stehen und ein weiterentwickelter „Stand der Technik“ bzw. „Beste Verfügbare Technik (BVT)“ entsteht.

Summary

Livestock husbandry is under high pressure to act especially because of the demands for more animal welfare and reducing the environmental impact. Absolutely essential is an objective discussion about quality based on consolidated knowledge. Furthermore, it is necessary to speed up the development of quality for the existing structural diversity in production. Product quality, animal welfare, environmental impact, energy efficiency as well as economic efficiency have to be considered equally.

The development of low-emission and welfare-oriented livestock husbandry techniques and housing systems must be pursued consistently with an integrative system approach.

Research and development have to ensure that no problem shifting takes place, that comprehensive and functional solutions including complete data sets are available and that an advanced “state of the art” and “Best Available Techniques (BAT)” are created.

1 Allgemeines

Die Nutztierhaltung steht derzeit in einem erheblichen Spannungsfeld. Gegenwärtig gibt es in der politischen und fachlichen Diskussion sehr unterschiedliche Zielvorstellungen über die zukünftige Gestaltung der Nutztierhaltung. Die Politik handelt durch kurzfristige Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen auf EU-, Bundes- und Landesebene.

Zu unterscheiden ist zwischen empfundenen Problemen und tatsächlichen Problemen. Dies ist besonders in der öffentlichen Diskussion ein schwieriges Unterfangen. Welche Konsequenzen und Handlungsoptionen sind daraus abzuleiten?

Vom Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik (WBA) beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft liegt vom März 2015 ein umfangreiches Gutachten mit dem Titel: „Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung“ vor.

Es wird von erheblichen Defiziten vor allem im Bereich Tierschutz und Umweltschutz gesprochen. Es werden Leitlinien für den Tierschutz abgeleitet. Auf dem Gebiet Umweltschutz geht es um die Umwelteinwirkungen die von der Nutztierhaltung ausgehen, insbesondere den Nährstoffanfall aus den Exkrementen und die Emissionen.

In der Praxis sind die Probleme wesentlicher komplexer und betreffen im Detail, z.B. das Schnabelkürzen, den Antibiotikaeinsatz das Bauplanungsrecht bis hin zu globalen Themen, wie die EU-Agrarpolitik und die Entwicklung des Weltmarktes mit Auswirkungen auf die Preise.

2 Anforderungen an die Wissenschaft und den Vorleistungsbereich

Die Nutztierhalter stehen, bedingt durch die „Dauerkritik“ unter einem hohen Handlungsdruck und benötigen dringend gesellschaftlich akzeptierte Lösungen. Tierhalter haben allerdings nur begrenzte Gestaltungsmöglichkeiten, da sie im Regelfall angebotene technische und bauliche Lösungen kaufen müssen.

Diesbezüglich ist insbesondere der Vorleistungsbereich, zu dem auch die Wissenschaft gehört, gefordert. Er muss geeignete Konzepte und Lösungen erarbeiten und anbieten. Dazu gehört die Klärung der Definition „Stand der Technik“ bzw. „Beste Verfügbare Technik (BVT)“ für die Nutztierhaltung. Solange sich die Wissenschaft aber noch über die Indikatoren für das Tierwohl bzw. den Tierschutz streitet und die Diskussion sehr kontrovers geführt wird, gibt es auch keine allgemeingültigen Maßstäbe zur Beurteilung von technischen Systemen für die Nutztierhaltung. Es sind insbesondere zwei Fragen zu beantworten:

1. Welche akzeptierten, praxiserprobten Techniken stehen zeitnah zur Verfügung?
 2. Mit welchem Tempo können diese Techniken in die Praxis eingeführt werden?
- Dabei muss akzeptiert werden, dass es sich um einen langwierigen Entwicklungsprozess handelt. Die Technik muss entwickelt, erprobt, beurteilt werden und verfügbar sein. Dazu gehören auch ökonomische Aspekte.

Planungsbüros stehen mit an vorderster Front, wenn in die Nutztierhaltung investiert werden soll. Es müssen Lösungen erarbeitet, berechnet, erläutert, verteidigt und umgesetzt werden. Die rechtlichen Rahmenbedingungen setzen bereits jetzt enge Grenzen.

Es gibt derzeit kaum ein Vorhaben, das nicht der öffentlichen Kritik ausgesetzt ist. Hauptkritikpunkt ist immer wieder der undifferenzierte Begriff der „Massentierhaltung“. Ein Begriff der nicht definiert ist und auch keine Aussagen zur Qualität trifft. Er erweckt den Anschein „groß ist schlecht, klein ist gut“. Das trifft aber nicht den Kern.

3 Qualitätsdiskussion und Qualitätsentwicklung voranbringen

Notwendig sind eine Qualitätsdiskussion und eine schnelle Qualitätsentwicklung in der Breite auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und praktischer Erfahrungen.

Es wird immer eine strukturelle Vielfalt geben. Deshalb muss die Qualitätsentwicklung auch die gesamte strukturelle Vielfalt erfassen. Zum Vergleich: Wird die Qualität eines Hotels von der Anzahl der Betten und Gäste bestimmt oder von der Anzahl der Sterne, die eine definierte Qualität zum Ausdruck bringen? Welche Qualitätskriterien sind besonders wichtig:

1. Die Produktqualität (Eier, Milch, Fleisch)
2. Das Tierwohl
3. Die Umweltverträglichkeit
4. Die Energieeffizienz (Futter und Technik)
5. Die Wirtschaftlichkeit

Wir brauchen schneller „5-Sterne“-Ställe. Es geht nicht um ein neues Logo, sondern um den Qualitätsgedanken. Voraussetzungen dazu sind:

- Dialogbereitschaft und Interdisziplinäre Zusammenarbeit,
- solide wissenschaftliche Grundlagen,
- Technikangebote der Hersteller (BVT),
- Aus- und Weiterbildung in der Breite,
- realistische Zielsetzungen in der Umsetzung sowie
- verbesserte Rahmenbedingungen für die Finanzierung von mehr Tierwohl.

Welche Erwartungen werden in diesem Zusammenhang an die Forschung aus Sicht eines Planungsbüros gestellt?

Festzustellen ist, dass in der Planungs- und Genehmigungspraxis in kurzer Folge in allen Fach- und Rechtsbereichen immer mehr und neue Fragen aufgeworfen werden, die durch die Wissenschaft (noch) nicht beantwortet werden können. Die Forschung kann und muss stärker an der Lösungsfindung mitwirken und damit gleichzeitig ihre Bedeutung und Akzeptanz erhöhen.

4 Integrative Forschungsansätze verstärken

Die Aufgabe von Planungsbüros ist es, Ställe, Anlagen und komplexe Vorhaben nach dem Stand der Technik zu konzipieren, die hohen Tierschutz- und Umweltstandards genügen und alle rechtlichen Anforderungen erfüllen. Insbesondere müssen erstellte Unterlagen vollständig und widerspruchsfrei sein.

Die Wissenschaft muss diesem Anspruch ebenfalls gerecht werden, wenn es darum geht, Lösungen für die Nutztierhaltung zu entwickeln.

In der Wissenschaft wird an vielen verschiedenen Aspekten der Nutztierhaltung gearbeitet. Verstärkt werden muss der integrative und ganzheitliche Ansatz. Detaillösungen müssen immer in ein Gesamtsystem eingebunden werden. Es geht um die Schnittstelle zwischen biologischen und technischen Systemen.

Dies ist ein sehr sensibler Bereich und erfordert akribische oft langwierige Forschungsarbeit. Kleine Änderungen können erhebliche Auswirkungen haben. Zu beachten ist die Rolle der Menschen, die diese Systeme täglich beherrschen müssen.

Auch mit dem gesellschaftlichen und natürlichen Umfeld gibt es vielfältige Wechselwirkungen, die es bei der weiteren Gestaltung der Nutztierhaltung zu beachten gilt. Wichtige Fragestellungen sind u. a.:

- Wie sieht die Nutztierhaltung der Zukunft aus?
- Welche Strukturen werden angestrebt und wie können sie beeinflusst werden?
- Welche Indikatoren beschreiben das Tierwohl und wie sind sie technisch zu definieren?
- Wie kann das Emissionsverhalten beeinflusst werden, welche Minderungsmöglichkeiten gibt es, welche Minderungsziele sind realistisch (Ausgestaltung der BVT)?
- Welche Wechselwirkungen bestehen zwischen Immissions- und Tierschutz und welche Optimierungsmöglichkeiten gibt es?
- Welche Aspekte bezüglich Tiergesundheit, Tierseuchenschutz, Antibiotikaeinsatz, Bioaerosole usw. gewinnen an Bedeutung und sind bei Planungen zu beachten?

Zum Thema Bioaerosole werden vom VDI derzeit Regelwerke erarbeitet, obwohl wissenschaftliche Grundlagen, z. B. die Beziehung zwischen Dosis und Wirkung, weitgehend fehlen. Wo bleiben die notwendigen Forschungsaktivitäten?

Derzeit ist die Rechtsprechung der Wissenschaft in vielen Fragen voraus. Benötigt werden ganzheitliche, integrative Lösungsansätze. Jeder Rechts- und Fachbereich sieht „seine Interessen“ als die wichtigsten an. Am stärksten wird dieser Widerspruch bei den Themen Tierschutz und Emissionsminderung deutlich. Einerseits sollen alle Nutztierarten Zugang zu allen Klimazonen haben, andererseits werden geschlossene Ställe in Verbindung mit Abluftreinigungseinrichtungen (ARE) gefordert.

Derzeit stellt sich die Situation aus der Sicht eines Planungsbüros so dar, dass wir es mit „Gleichungen mit mehreren Unbekannten“ zu tun haben, für die es oft keine Lösungen mehr gibt.

Die Deutsche Forschungsallianz (DAFA) sollte gemäß ihrer Zielstellung den Weg zu ganzheitlichen Lösungsansätzen unterstützen. Dies ist zumindest zeitnah noch nicht erkennbar.

Die Forschung muss natürlich neue Lösungen im Detail schaffen, aber es muss daraus ein Ganzes entstehen. Das erfordert in stärkerem Maße einen integrativen Ansatz und deren praktische Erprobung, verbunden mit der Ermittlung kompletter Datensätze und systemübergreifender Beurteilungsgrundlagen.

Einige Forschungseinrichtungen und Landesanstalten leisten auf diesen Gebieten eine hervorragende Arbeit. Das allein reicht aber nicht, da es sich z. B. im Rahmen der Umsetzung der IED-Richtlinie der EU um globale Aufgabenstellungen handelt. So werden die Ammoniakemissionsminderungsziele der EU nur erfüllt werden können, wenn seitens der Forschung neue Lösungsansätze sowohl für die Gestaltung, als auch für die Bewirtschaftung von Anlagen der Nutztierhaltung gefunden werden. Da einfache Lösungen derzeit nicht erkennbar sind, muss hier noch erheblich geforscht werden.

5 Erprobte Lösungen für Neubau und Modernisierung bereitstellen

Wir brauchen aus Sicht eines Planungsbüros Aussagen zu kompletten Haltungssystemen, Stall- und Anlagenlösungen und wir brauchen Lösungsansätze für die strukturelle Vielfalt in Deutschland.

Wenn schneller ein höheres Niveau der Nutztierhaltung erreicht werden soll, kann das nicht nur über den Neubau gehen, sondern erfordert in größerem Umfang die Modernisierung bestehender Anlagen. Die Wissenschaft muss sich deshalb auch mit der vorhandenen Substanz befassen. Dies erfordert eine analytische und konzeptionelle Arbeit, wozu die Wissenschaft wichtige Beiträge liefern kann z.B. im Bereich der Anpassung und Optimierung von Lüftungssystemen mit dem Ziel der Verbesserung des Stallklimas und der Emissionsminderung.

Ein Hauptthema ist der Platzbedarf und die Gestaltung der Aufenthaltsbereiche der Tiere, einschließlich Zugang zu Futter und Wasser sowie Abführung von Kot und Harn. Hierfür werden im Planungsbüro konkrete, rechtssichere Vorgaben benötigt. Aus Tierschutzsicht gibt es hierzu aber die meisten Auseinandersetzungen.

Die Leitlinien im Gutachten des WBA enthalten hierzu 9 Kriterien, die als „weiche“ Kriterien bezeichnet werden können. Im Prinzip kann man den Kriterien zustimmen. Geht man aber an die konkrete Umsetzung, was ja von einem Planungsbüro verlangt wird, so fehlt es weitgehend an wissenschaftlich fundierten Ergebnissen und „verfügbaren“ Lösungen. Auch die im Auftrag der EU in Bearbeitung befindlichen Beste-Verfügbare-Techniken führen nach derzeitigem Kenntnisstand noch nicht zu angestrebten Ergebnissen. Die BVT haben vorrangig die Emissionsminderung im Fokus, da sie der Umsetzung der IED-Richtlinie dienen und nur einen eingeschränkten Anwendungsbereich betreffen.

Wie weiter:

Es gab in Braunschweig ein Institut für Bauforschung, das hat sich mit der Konzipierung ganzer Ställe und Anlagen befasst, bis hin zur Ökonomie. Dieser Systemansatz kombiniert mit der Verfahrensforschung für die verschiedenen Nutztierarten könnte eine wichtige Grundlage für die zukünftige Arbeit darstellen.

Besonders die Forschungsförderung ist derzeit sehr einseitig ausgerichtet und konzentriert sich vorrangig auf Tierwohl- und Tierschutzfragen. Gleichzeitig werden immer höhere Anforderungen an den Emissions- und Immissionsschutz gestellt.

Wirtschaftliche Aspekte sind in der öffentlichen Diskussion fast völlig in den Hintergrund getreten. Fakt ist: Was sich nicht rechnet, wird es nicht geben. Deshalb sind konkrete Planungen ohne Beachtung der Ökonomie nicht möglich. Banken und Förderstellen sind in dieser Beziehung besonders kritisch. Bei der Entwicklung von Lösungsansätzen müssen diese Aspekte unverzichtbarer Bestandteil sein. Im Gutachten des WBA werden sehr hohe Summen genannt, die jährlich in die Nutztierhaltung fließen sollen. Diese Erkenntnis ist wichtig, aber zugleich unrealistisch solange keine ausreichend konsensfähigen Lösungen zur Verfügung steht.

Was wir brauchen ist eine Strategiediskussion und Qualitätsentwicklung, die alle Aspekte gleichermaßen berücksichtigt und für die die Wissenschaft fachliche Grundlagen und komplexe Lösungsansätze liefern muss.

Als Beispiel sei an dieser Stelle die Milchviehhaltung genannt. Durch den Wegfall der Milchquote verstärkt sich der Wettbewerb auf dem Milchmarkt. Viele Milchviehhalter arbeiten deshalb an Konzepten, wie sie die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe erhalten können. In der Regel ist dies mit Investitionen verbunden, die einer Genehmigung durch die zuständigen Behörden bedürfen. Welche Anforderungen sind hierfür zu erfüllen und welche Konflikte sind zu lösen:

- Größeres Platzangebot für die Tiere (Liegeflächen, Gangbreiten, Fressplätze)
- Verbesserung der Tiergesundheit und Erhöhung der Reproduktionsraten
- Verbesserung des Stallklimas
- Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Umwelteinwirkungen, insbesondere Ammoniak, Geruch, Geräusche und Stäube
- Maßnahmen zur Sicherung einer hohen Milchqualität
- Schaffung der Voraussetzungen für die nährstoffangepasste Fütterung
- Auslaufmöglichkeiten, Kombination mit Weidehaltung
- Automatisierung von Arbeitsgängen (Melken, Treiben, Füttern, Entmisten)
- Erweiterung von Lagerkapazitäten entsprechend dem Düngerecht (Düngeverordnung)
- Maßnahmen zur Gewährleistung des Natur-, Gewässer- und Bodenschutzes, insbesondere unter Beachtung von Schutzgebietsanforderungen (FFH, SPA, NSG, WSG, LSG)
- Bessere Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten (Frauenarbeitsplätze)
- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit

Diese nicht vollständige Aufzählung soll die Aspekte verdeutlichen, die bei der Konzipierung von Stallsystemen und auch in der wissenschaftlichen Bearbeitung zu beachten sind.

6 Handlungsbedarf aus der Sicht eines Planungsbüros

Die Qualitätsentwicklung emissionsarmer und tiergerechter Haltungstechniken und Stallsysteme mit integrativem Ansatz muss konsequent vorangetrieben werden. Als Schwerpunkte werden primärseitige Maßnahmen zur Verbesserung der Haltungs-, Fütterungs-, Entmistungs-, und Lüftungsverfahren im Stallbereich sowie die damit verbundenen Managementmaßnahmen angesehen. Unverzichtbar ist ein wissenschaftlich begründeter Konsens zu Tierwohlindikatoren, wenn diese Zulassungskriterien für zukünftige Stallsysteme sein sollen.

Die integrative Forschung und Entwicklung ist zu verstärken damit

1. der Praxis funktionsfähige, akzeptierte Lösungen mit kompletten Datensätzen zur Verfügung stehen,
2. die Akzeptanz der Tierhaltung in der Öffentlichkeit verbessert wird,
3. die gewünschten Entwicklungsziele zum Tierwohl und Umweltschutz erreicht werden und keine Problemverlagerungen stattfinden sowie
4. die wirtschaftlichen Aspekte weiterhin im Fokus bleiben.

Herzfrequenzvariabilität von Milchkühen in einem frei gelüfteten Stall bei unterschiedlichen Temperaturen

Heart rate variability of dairy cows kept in a naturally ventilated barn at different ambient temperatures

OLAF TOBER, CHRISTIANE LOEBSIN

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

Schlüsselwörter: Hitzestress, Belastungsmessung, Herzfrequenzvariabilität
Keywords: heat stress, strain measurement, heart rate variability

Zusammenfassung

Aufgrund steigender Milchleistungen geraten Kühe bei hohen Umgebungstemperaturen immer häufiger in thermische Belastungssituationen. Mithilfe von HRV-Analysen wurde die Belastung von Milchkühen unter praxisüblichen Bedingungen bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen gemessen. Dazu wurde an drei Zeitpunkten die HRV bestimmt: im Sommer bei 26,8 °C, im November bei 9,0 °C und im Winter bei 1,7 °C. Die untersuchten Parameter zeigten bei den warmen Bedingungen eine deutliche Verschiebung der sympathovagalen Balance in Richtung Sympathikus an. Die Tiere waren somit erheblich mehr belastet als unter den kühleren Bedingungen.

Summary

Because of increasing milk yields cows fall at high ambient temperatures with more frequency in thermal stress. The strain of dairy cows was measured using HRV analysis under field conditions at different ambient temperatures. For this purpose, the HRV was determined at three time points: during the summer at 26.8 °C, in November at 9.0 °C and in winter at 1.7 °C. The parameters studied showed a significant shift of sympatho-vagal balance towards sympathetic nervous system in the warm conditions. The animals were so significantly strained than under cooler conditions.

1 Einleitung und Zielstellung

Moderne Milchviehrrassen weisen in den letzten Jahren eine stetig gestiegene Milchleistung auf. Infolge der steigenden Stoffwechselbeanspruchung geraten die Tiere daher bei hohen Umgebungstemperaturen zunehmend unter Stress. Eigene Untersuchungen aus der Vergangenheit zeigten, dass die Milchkühe mit deutlichen Verhaltensänderungen auf unterschiedliche Temperaturen reagieren. Allerdings können daraus kaum Schlüsse auf die Intensität der Belastung gezogen werden (TOBER und LOEBSIN 2013). Eine gute Möglichkeit, Belastungen nachzuweisen, stellt die Messung verschiedener Parameter der Herzfrequenzvariabilität (Heart rate variability, HRV) dar. Diese Methode findet in der Tierforschung zunehmend Anwendung, um Veränderungen in der sympathovagalen Balance in Verbindung mit Stressoren oder individuellen Merkmalen zu analysieren (BORELL et al. 2007). Eine Verschiebung der Balance in Richtung Sympathikus lässt dabei auf Belastungen schließen. MOHR et al. (2002) konnten durch die erfolgreiche Untersuchung von Belastungszuständen bei Milchkühen und Kälbern mit Parametern der HRV die Anwendbarkeit dieser Methode auch bei Rindern nachweisen. Mit den hier vorgestellten Untersuchungen bei Milchkühen sollen Aussagen zur Belastung der Tiere bei unterschiedlichen Stalllufttemperaturen, wie sie im Jahresverlauf in einem freigelüfteten Laufstall auftreten, gemacht werden.

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen fanden in der Milchviehherde eines Betriebes in Mecklenburg-Vorpommern statt. Die Herde bestand aus rund 440 Tieren der Rasse Deutsche Holstein, die dreimal täglich gemolken wurden. Gehalten wurden die Tiere in einem frei gelüfteten Liegeboxenlaufstall mit Mistmatratzen in den Liegeboxen und planbefestigtem Gussasphaltfußboden auf den Laufflächen mit automatischer Faltschieberentmistung. Über einen Futtertisch wurde eine Totale Mischration (TMR) mobil verabreicht. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis betrug ca. 1,6 : 1. Insgesamt befanden sich im Stall vier Haltungsgruppen mit jeweils zweimal 118 Tierplätzen und zweimal 72 Tierplätzen. Zur Beschreibung der thermischen Bedingungen war ein Temperatur-Luftfeuchte-Logger (MSR 145) in der Stallmitte im Tierbereich in ca. 120 cm Höhe angebracht. Die Daten wurden mit einem stündlichen Messintervall aufgezeichnet.

Für die HRV-Untersuchungen wurden 20 Tiere ausgewählt, die sich alle in der zweiten Laktation befanden. Zehn Tiere kalbten zwischen dem 25. Februar und dem 25. März 2012 ab und weitere zehn Tiere zwischen dem 25. Mai und dem 16. Juni 2012. Somit bestand die Möglichkeit, eventuelle Einflüsse des Kalbemonats bzw. Laktationsabschnitts erfassen und bewerten zu können.

Für die Untersuchungen der HRV wurden die sogenannten RR-Intervalle (Zeitabstände zwischen zwei Herzschlägen) mit dem Gerätesystem Polar Equine (Polar Electro Oy, Finnland) erfasst. Als kompatible Pulsuhr kam das Modell Polar RS 800 CX zum Einsatz. Die Erfassung der RR-Intervalle wurde an drei Messzeitpunkten durchgeführt. Die Messstage sind anhand der Umgebungstemperaturen festgelegt worden. Neben der Temperatur wurde auch die relative Luftfeuchte erfasst, um den Temperatur-Feuchte-

Index (temperature humidity index, THI) nach MADER et al. (2006) berechnen zu können. In Tabelle 1 sind die realisierten Messungen und die zugehörigen Stallklimadaten aufgezeigt.

Für die Datenaufzeichnung wurde den Tieren nach dem Morgenmelken die Messapparatur angelegt und nach dem nächsten Melken am Nachmittag wieder entfernt. Bei jedem Tier wurde zu Messbeginn die Rektaltemperatur erfasst. Die Kontaktstellen zwischen Haut und Messelektroden wurden mit Wasser befeuchtet. Auf eine Rasur wurde verzichtet. Dieser Umstand und die Festlegungen, dass die verwendeten RR-Datenreihen nicht mehr als 5 % Artefakte aufweisen durften, führten zu einigen nicht auswertbaren Messungen. Als Artefakt wurden Messwerte bezeichnet, bei denen aufeinanderfolgende RR-Intervalle in physiologisch nicht erklärbarem Maß differierten. An allen drei Messzeitpunkten standen sieben auswertbare Tiere zur Verfügung und an den Messzeitpunkten „Übergang“ und „warm“ jeweils 16 Tiere.

Tab. 1: Datum der Durchführung und Mittelwerte sowie Spannweiten der erfassten Stallklimadaten während der Messungen

Tab. 1: Date of performance and means as well as ranges of the detected stable climate data during measurements

Messzeitpunkte	Einheit	Kalt	Übergang	Warm
Datum		15./17.01.2013	06./07.11.2012	24./26.07.2012
Stalltemperatur	° C	1,7 (0,4–3,8)	9,0 (7,3–10,5)	26,8 (26,1–27,5)
Relative Luftfeuchte	%	87,8 (84,5–91,7)	82,8 (75,3–90,1)	45,9 (43,3–48,7)
THI		36,7 (33,0–40,4)	49,1 (46,1–51,5)	73,5 (72,8–74,4)

Für die HRV-Analyse wurden fünfminütige Kurzzeitmessungen im Ruhezustand verwendet (TASK FORCE 1996). Die Überprüfung der RR-Datenreihen auf Artefakte erfolgte zunächst visuell und anschließend mit der Software Polar ProTrainer 5™ Equine Edition (Polar Electro Oy, Finnland), mit der auch gegebenenfalls erforderliche Korrekturen vorgenommen wurden. Die anschließende Analyse der Herzfrequenzvariabilität fand mithilfe des Programms Kubios HRV 2.0 (University Kuopio, Finnland) statt. Dabei ist für die Spektralanalysen der Messreihen die Autoregression verwendet worden (Hoos 2012). Folgende Frequenzbänder wurden festgelegt: very low frequency (VLF): 0,00–0,04 Hz; low frequency (LF): 0,04–0,15 Hz; high frequency (HF): 0,20–0,58 Hz (MOHR et al. 2002, BORELL et al. 2007).

Nach der HRV-Analyse der RR-Messreihen mittels Kubios 2.0 wurde aus diesen Daten eine Excel-Datei zur weiteren Datenbehandlung entwickelt. Die statistische Verrechnung der Ergebnisse erfolgte mit dem Programmpaket SAS 9.3, wobei ein gemischtes lineares Modell verwendet wurde. Für jedes untersuchte Merkmal wurden folgende Einflussfaktoren in das Modell integriert: Messzeitpunkt/Temperatur (T), Kalbemonat (KM) und Milchleistung (M). T und KM gingen als fixe Effekte und M als klassifizierter zufälliger Effekt in jedes Modell ein. Anhand des Akaike Information Criterion (AIC) wurde entschieden, ob die Wechselwirkungen $T \cdot M$ und $KM \cdot M$ in das Modell aufgenommen wurden oder nicht. Für die Vergleiche zwischen den adjustierten Mittelwerten kam der Tukey-Kramer-Test zum Einsatz. Vor der Analyse mit dem gemischten linearen Modell

wurden mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests die Merkmale bzw. deren Residuen auf Normalverteilung überprüft. Bei einer nicht normalen Verteilung wurden die betroffenen Datenreihen einer logarithmischen Transformation unterzogen. Wurde auch dadurch keine Normalverteilung erreicht, ist keine Analyse mittels gemischten linearen Modells berechnet worden. Die Mittelwertvergleiche wurden dann mit dem parameterfreien Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei den Auswertungen mit drei Messzeitpunkten (Tab. 2) konnte für keinen Parameter ein signifikanter Einfluss der fixen Effekte Messzeitpunkt bzw. Kalbemonat nachgewiesen werden. Die Analysen mit zwei Messzeitpunkten (größere Tierzahl, $n = 16$) zeigten jedoch bei den Parametern LF_{norm} , HF_{norm} und dem Quotienten LF/HF einen signifikanten Einfluss des Messzeitpunktes (= Umgebungstemperatur; Tab. 3). Nur bei der Rektaltemperatur wurde ein (nicht erklärbarer) Einfluss des Kalbemonats nachgewiesen. Die RMSSD war in den Messreihen mit zwei Messzeitpunkten (Tab. 3) auch nach einer Transformation nicht normalverteilt, weshalb hier keine Varianzanalyse durchgeführt wurde. Die Ausgangswerte des Merkmals LF/HF erfüllten bei den Messreihen in Tabelle 3 die Bedingung der Normalverteilung nach logarithmischer Transformation. In Tabelle 2 und Tabelle 3 wird gezeigt, dass bei den Messreihen mit drei Messzeitpunkten (Tab. 2) deutliche Tendenzen in den Abstufungen der Mittelwerte an den verschiedenen Messzeitpunkten gefunden wurden, jedoch in keinem Fall eine Signifikanz nachgewiesen werden konnte. Dies ist mit großer Wahrscheinlichkeit der geringen Tieranzahl und der relativ großen Varianz geschuldet.

Tab. 2: Adjustierte Mittelwerte¹⁾ und Standardfehler der untersuchten Merkmale sowie die mittlere Milchleistung der Tiere am Messtag bei drei Messzeitpunkten, $n = 7$

Tab. 2: Adjusted means and standard errors of the investigated features and the average milk yield of the animals on the day of measurement at three measuring times

	Einheit	Kalt	Übergang	Warm
Rektaltemperatur	° C	38,43 ± 0,14	38,83 ± 0,14	38,87 ± 0,14
HR	min ⁻¹	71,24 ± 2,66	75,26 ± 2,62	84,35 ± 2,68
RMSSD	ms	11,31 ± 3,87	9,67 ± 3,72	3,38 ± 3,93
LF_{norm}		80,72 ± 4,62	86,26 ± 4,54	94,48 ± 4,66
HF_{norm}		19,28 ± 4,62	13,74 ± 4,54	5,52 ± 4,66
Quotient LF/HF		12,13 ± 5,58	16,53 ± 5,21	22,06 ± 5,38
Milchleistung ¹⁾	kg/(Tier · d)	31,14a ± 6,26	39,93c ± 3,60	47,17b ± 4,38

¹⁾ Milchleistung = arithmetisches Mittel.

a,b,c = Verschiedene Buchstaben in einer Zeile bedeuten Signifikanz.

Tab. 3: Adjustierte Mittelwerte¹⁾ und Standardfehler der untersuchten Merkmale sowie die mittlere Milchleistung der Tiere am Messtag bei zwei Messzeitpunkten, n = 16

Tab. 3: Adjusted means and standard errors of the investigated features and the average milk yield of the animals on the day of measurement at two measuring times

	Einheit	Übergang	Warm
Rektaltemperatur	° C	38,80 ± 0,08	38,74 ± 0,08
HR	min ⁻¹	77,30 ± 1,93	85,75 ± 1,73
RMSSD ¹⁾	ms	7,65 ^a ± 1,49	4,67 ^b ± 0,42
LF _{norm}		87,87 ^a ± 1,61	94,49 ^b ± 1,61
HF _{norm}		12,13 ^a ± 1,61	5,51 ^b ± 1,61
Quotient LF/HF		9,14 ^a ± 1,22	22,26 ^b ± 1,22
Milchleistung ¹⁾	kg/(Tier · d)	37,36 ^a ± 6,48	46,39 ^b ± 4,42

¹⁾ RMSSD und Milchleistung = arithmetisches Mittel

^{a,b} Verschiedene Buchstaben in einer Zeile bedeuten Signifikanz.

Die Ergebnisse in Tabelle 3 (n = 16) zeigen, dass bei allen Merkmalen gleiche Tendenzen und Größenordnungen an den Messzeitpunkten „warm“ und „Übergang“ gefunden wurden wie in Tabelle 2. Bei vier HRV-Parametern in Tabelle 2 sind die Differenzen signifikant verschieden. Eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse in Tabelle 2 und Tabelle 3 weist auf eine hohe Qualität der Messungen hin. Die aufgeführten Milchleistungen dienen der Charakterisierung der Leistung am jeweiligen Messtag. Unterschiede resultieren dabei aus den verschiedenen Laktationsstadien.

Der stetige Anstieg der mittleren HR von kalt zu warm zeigt eine zunehmende Kreislaufbelastung der Tiere an, während sich die Rektaltemperaturen in den drei Temperaturbereichen kaum unterscheiden. Die Thermoregulationsmechanismen griffen demzufolge auch bei den relativ hohen Temperaturen um 26 °C bis 27 °C (Tab. 1) noch nicht in die Körpertemperatur ein. Die RMSSD als Ausdruck der Kurzzeitvariabilität zeigte hingegen deutliche Unterschiede im Vergleich der Messzeitpunkte. Bei der Messreihe mit 16 Tieren (Tab. 3) ist die Differenz zwischen den Messzeitpunkten signifikant verschieden. Die hohen Temperaturen führten zu einer Verringerung der HRV bzw. der parasympathischen Komponente in der vegetativen HR-Steuerung.

Der Parameter LF_{norm} wies von kalten zu warmen Temperaturen eine stetig steigende Tendenz auf. Bei Betrachtung von nur zwei Messzeitpunkten mit 16 Tieren stellte sich die Differenz zwischen „Übergang“ und „warmen“ Temperaturen signifikant dar. Eine entgegengesetzte Tendenz wies die Höhe der normierten HF-Einheiten auf, wobei die Differenz zwischen den Messzeitpunkten Übergang und warm relativ größer ausfiel als zwischen „Übergang“ und „kalt“. Werden wiederum die Messreihen in Tabelle 3 betrachtet, so lag hier der HF_{norm}-Wert bei den warmen Temperaturen signifikant niedriger als bei Übergangstemperaturen. Während HF_{norm} ein Parameter ist, der relativ sicher Auskunft über die Vagusbeteiligung an der HRV gab, ist LF_{norm} nicht nur sympathisch, sondern auch von anderen Komponenten beeinflusst. Erst der Quotient LF/HF lässt hier Aussagen zur sympathovagalen Balance zu. LF/HF stieg über alle drei Messzeitpunkte von kalt zu warm an, wobei der Anstieg von „Übergang“ zu „warm“ am größten war. Dieser Unterschied war bei Betrachtung der Messreihe mit 16 Tieren signifikant. Die

sympathovagale Balance verschob sich mit zunehmender Temperatur in Richtung Sympathikus. Es fiel auf, dass es sich bei drei von vier Parametern (RMSSD, HF_{norm} und LF/HF), welche zwischen den Messzeitpunkten „Übergang“ und „warm“ (Tab. 3) einen signifikanten Unterschied aufwiesen, um Merkmale handelte, die bei den warmen Bedingungen eine Verschiebung der sympathovagalen Balance in Richtung Sympathikus anzeigten, die Tiere also signifikant mehr belastet waren als unter den Übergangsbedingungen.

4 Schlussfolgerung

Die untersuchten Milchkühe waren bei Temperaturen um 27 °C bzw. einem THI um 73 im Vergleich zu Temperaturen um 9 °C und einem THI um 49 deutlich weniger entspannt. Die Ausprägung der gemessenen HRV-Parameter an diesen beiden Temperaturmesszeitpunkten macht eine Abnahme der parasympathischen Komponente in der HR-Steuerung deutlich. Die Zunahme der LF_{norm} -Einheiten und vor allem der sehr starke Anstieg des LF/HF-Quotienten bei warmen Temperaturen bestätigen eine erhebliche Verschiebung der sympathovagalen Balance der HR-Steuerung in Richtung Sympathikus. Daher muss davon ausgegangen werden, dass, anders als häufig berichtet, die Tiere bei Wärme (um 27 °C) nicht nur unter leichtem Hitzestress litten, sondern erheblich belastet waren. Eine Unterstützung der Thermoregulation durch technische Hilfsmittel ist hier dringend angezeigt.

Literatur

- Borell von, E.; Langbein, J.; Després, G.; Hansen, S.; Leterrier, C.; Marchant-Forde, J.; Marchant-Forde, R.; Minero, M.; Mohr, E.; Prunier, A.; Valance, D.; Veissier, I.; (2007): Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals - A review. *Physiology & Behavior* 92, 293–316
- Hoos, O. (2012): 7. HRV-Workshop: Methodik und Anwendung der Herzfrequenzvariabilität. 12. Mai 2012 in Kassel
- Mader, T.L.; Davis, M.S.; Brown-Brandl, T. (2006): Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84, 712–719
- Mohr, E.; Langbein, J.; Nürnberg, G. (2002): Heart rate variability - A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiology & Behavior*, 75; 251–259
- Task Force (1996): Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal* 17, 354–381
- Tober, O.; Loebstin, C. (2013): Das Verhalten von laktierenden Kühen in einem Außenklima-Laufstall in Abhängigkeit von der Stalllufttemperatur. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift* 126(9/10), 388–393

Softwarebasierte Routineüberprüfung und Erstkalibration von Milchmengenmessgeräten mithilfe eines ICAR anerkannten Softwaremoduls der Firma DeLaval

Milk meter calibration for routine analysis and installation check with the help of an ICAR approved software based calibration module from DeLaval

ANDREAS MELFSEN¹, MARTIN WIEDEMANN¹, OLLE SELANDER², HENRIK IDENSJÖ²

¹ DeLaval GmbH, Wilhelm-Bergner-Str. 5, 21509 Glinde; andreas.melfsen@delaval.com

² DeLaval International AB, Tumba, Sweden

Schlüsselwörter: Milchmengenmessgerät, softwarebasierte Kalibration, ICAR, DeLaval

Keywords: milk meter, software based calibration, ICAR, DeLaval

Zusammenfassung

Die standardmäßige Routineüberprüfung wie auch die Erstkalibration von Milchmengenmessgeräten sind bisher zeitlich aufwendige und arbeitsintensive Verfahren, welche zum Teil mehrere Personen zwischen, aber auch während der Melkzeiten binden. Eine softwarebasierte Überprüfung und Kalibration von Milchmengenmessgeräten kann diesen Prozess vereinfachen und gleichzeitig eine kontinuierliche Überprüfung der Milchmengenmessgeräte auch außerhalb der Kalibrierungstermine ermöglichen. Nähere Untersuchungen dieser Methode weisen auf eine hinreichende Genauigkeit dieser Methode hin, sodass eine Zulassung für die Milchleistungsprüfung durch die ICAR erfolgt.

Summary

The installation test and periodical checking of milk meters is a time consuming and labor intense tasks for many people which has to take place during and between several milkings. With the help of a software based calibration module this task can be simplified and allows in addition a continuous monitoring of all milk meters in a parlor.

Further studies on the accuracy of such a calibration module show excellent results which are sufficient for the ICAR approval for the monthly milk analysis.

1 Allgemeines

Für die Erfassung von tierindividuellen Milchmengen und Milchproben in monatlichen Abständen zur Milchleistungsprüfung werden entsprechende Milchmengenmessgeräte (MMG) benötigt. Die Eignung der MMG für diese Zwecke wird von dem International Committee for Animal Recording (ICAR) und deren lokalen Organisationen festgelegt. MMG, die für eine solche Erfassung von Milchmengen und Milchproben genutzt werden sollen, müssen daher eine Anerkennung sowohl durch die Überprüfungen der lokalen Leistungsprüfungsorganisationen (z. B. Landeskontrollverbände oder Milchprüfringe) als auch durch deren Dachverband ICAR erhalten (DLQ-RICHTLINIE 2014).

Hierbei wird für eine solche Anerkennung eines MMG oder auch einer entsprechend erneuerten Methode zur Überprüfung von MMG von der ICAR eine Prüfung vorgenommen. Ein solcher Test gliedert sich in eine Laboruntersuchung sowie in einen Feldtest, für welche exakte Vorgaben hinsichtlich der Montage der Melkanlage festgelegt werden. Diese Vorgaben betreffen zudem die spezifischen Einstellungen für die Melkanlage, wie z. B. Vakuumhöhe und Lufteinlassmenge. Hierbei sollte die Vakuumhöhe auf den vom Gerätehersteller empfohlenen Wert eingestellt werden und der Wert für die Lufteinlassmenge nicht deutlich von 10 l/min abweichen (ICAR GUIDELINES 2014).

Wird ein auf diese Weise geprüftes MMG von der ICAR für die monatliche Milchleistungsprüfung zugelassen, ist eine Erstabnahme sowie eine jährliche Routineuntersuchung durch die lokalen Organisationen der Leistungsprüfung erforderlich (DLQ-RICHTLINIE 2014). Die Vorgaben, wie eine solche Überprüfung für die Erstabnahme oder die nachfolgende Routineüberprüfung erfolgen soll, wird als Vorschlag vom Hersteller mit dem Erstantrag auf Anerkennung dieses MMG durch die ICAR mit eingereicht und während der Laboruntersuchung und des Feldtestes überprüft. Eine vorgeschlagene Änderung in diesen Arbeitsroutinen erfordert eine erneute Überprüfung des MMG durch die ICAR (ICAR GUIDELINES 2014).

Das MMG MM27 (zuvor bekannt unter MM25 oder Free Flow Meter) der Firma DeLaval erhielt in seiner ersten Bauform eine Anerkennung als geprüftes MMG durch die ICAR im Jahr 1999. Seit dem Jahr 2008 ist eine erneute Anerkennung durch die ICAR für die aktuelle Version MM27 verfügbar (ICAR LIST OF APPROVED MILK METERS 2014). Die hiermit inkludierte Arbeitsroutine für eine Erstabnahme und Routineüberprüfung der MMG durch die lokalen Organisationen beschrieb ein zeitaufwendiges und arbeitsintensives Verfahren, welches zum Teil mehrere Personen zwischen, aber auch während der Melkzeiten bindet.

Für die Erstkalibrierung der MM27 war bisher ein Gegenwiegen der gemolkenen Milch mit anschließendem Abgleich zum Wert der erfassten Milchmenge durch das MM27 erforderlich. Hierbei müssen bis zu sieben, aber mindestens zwei Milchgewichte je MM27 erfasst und abgeglichen werden (DLQ-RICHTLINIE 2014).

Nach der Erstkalibrierung ist eine jährliche Routineüberprüfung der MMG erforderlich. Die bisherige Empfehlung zur Routineüberprüfung des MM27 nutzt einen Teststab, der zur Simulation eines Milchflusses in der Messkanal geschoben wird und somit einen Abgleich des MM27 zur Referenz ermöglicht.

Zur Vereinfachung der Erstabnahme und Routineüberprüfung des MM27 ist seit dem Jahr 2013 ein softwarebasiertes Modul verfügbar, welches Milchmengen der einzelnen MM27 mit den erwarteten Milchmengen der hiermit gemolkenen Tiere vergleicht.

Seit dem Jahr 2012 werden vom International Committee for Animal Recording (ICAR) generell computergestützte Modelle zur Überprüfung von Milchmengenmessgeräten zugelassen (ICAR GUIDELINES 2012).

In der Zulassung des softwarebasierten Kalibriermoduls für das MM27 wird explizit die Möglichkeit der Erstkalibrierung und Abnahme für das MM27 mit diesem Modul mit einbezogen.

2 Kalibrationsmethode

Für die Kalibrierung der MM27 MMG ist bei Abweichungen der vom MM27 festgestellten Milchmenge zur tatsächlich gemolkenen Milchmenge eine Anpassung des BIAS-Faktors je MMG notwendig.

Die Kalkulation der benötigten BIAS-Werte ist ein zentraler Bestandteil der softwarebasierten Kalibrierung der MM27 MMG.

Die Kalkulation basiert hierbei auf zwei Arbeitsschritten: Zuerst wird das einzelne MMG gegen alle anderen MMG eines Melkstandes abgeglichen, damit alle MMG einer Installation bei einer gegebenen Milchmenge einen identischen Wert herausgeben. Hierfür wird ein Parameter verwendet, der unter der Bezeichnung „relative Milchmenge“ geführt wird und einen sukzessiven Abgleich der erwarteten Milchmenge mit der vom MMG erfassten Milchmenge durchführt.

[relative Milchmenge] → Abgleich der von dem MM27 erfassten Milchmenge zur erwarteten Milchmenge des jeweiligen Tieres

$$[relative\ Milchmenge] \cdot n = 100 * \frac{[vom\ MMG\ n\ erfasste\ Milchmenge]}{erwartete\ Milchmenge\ des\ an\ MMG\ n\ gemolkenen\ Tieres}$$

Der hier auf Einzeltierebene genutzte Parameter „erwartete Milchmenge“ begründet sich hierbei auf die im Herdenmanagementprogramm ALPRO hinterlegte Milchleistung der letzten 7 Tage. Dieser Wert wird abhängig von der Melkfrequenz und der Zwischenmelkzeit auf ein entsprechendes Niveau für ein Gemelk berechnet.

In einem zweiten Arbeitsschritt der Kalkulation werden die Werte der summierten Milchgewichte eines Melkstandes der Ablieferungsmilchmenge gegenübergestellt, welche vom Milchsammelwagen mit einer geeichten Methode erfasst wird. Dadurch wird ein Kalibrierungsfaktor für die weitere Kalkulation erstellt. Hierbei muss sichergestellt werden, dass zum einen nicht registrierte oder nicht abgelieferte Milchmengen manuell erfasst werden und den entsprechenden Werten der Ablieferungsmenge und gesammelten Milchmenge der MMG entgegengerechnet werden. Zum anderen ist es erforderlich, die Einheiten für diesen Abgleich entsprechend anzupassen. Hierbei wird die Milchmenge von Milchsammelwagen meist in Liter angegeben, wobei die Erfassung der Milch-

menge im ALPRO System ausschließlich in kg erfolgt. Der Umrechnungsfaktor von Liter zu kg wird für diese Kalkulation mit 1,03 angenommen.

$$[\text{Kalibrationsfaktor}] = \frac{[\text{Milchmenge der Ablieferungsmilch}]}{[\text{von MM27 erfasste Milchmenge}]}$$

Die beiden Arbeitsschritte werden in dem im ALPRO Herdenmanagement inkludierten Softwaremodul zur Berechnung neuer BIAS-Werte für jedes einzelne MMG genutzt.

Hierbei wird unter anderem auf folgende Parameter zurückgegriffen:

$[\text{Kalibrationsfaktor}] \rightarrow$ Abgleich der abgelieferten Milchmenge zur von den MM27 erfassten Milchmengen

$$[\text{Kalibrationsfaktor}] = \frac{[\text{Milchmenge der Ablieferungsmilch}]}{[\text{von MM27 erfasste Milchmenge}]}$$

$[\text{alter BIAS}] \rightarrow$ bisheriger BIAS-Wert

$[\text{alter BIAS}]n = \text{BIAS-Wert des MMG } n \text{ vor der Neukalibrierung}$

$[\emptyset \text{ relative Milchmenge}] \rightarrow$ Durchschnitt der relative Milchmenge über einen Wertebereich von 30 Tagen oder max. 300 Werte
Hinweis: - Werte für die relative Milchmenge außerhalb des Wertebereichs 70–130 werden von der Berechnung exkludiert

$[\text{relative Milchmenge}] \rightarrow$ Abgleich der von den MM27 erfassten Milchmenge zur erwarteten Milchmenge des jeweiligen Tieres

$$[\text{relative Milchmenge}] n = 100 * \frac{[\text{vom MMG } n \text{ erfasste Milchmenge}]}{\text{erwartete Milchmenge des an MMG } n \text{ gemolkenen Tieres}}$$

3 Kalibrationsergebnisse

Nach einer Neuinstallation eines Melkstandes mit MM27 Milchmengenmessgeräten sind diese mit einem Standard-BIAS-Wert ausgestattet.

Untersuchungen von ALLAIN und CHANDLER (2013) vom Institut de l'Elevage zeigen, dass mit dieser Standardeinstellung installationsbedingte Einflüsse nicht ausgeglichen werden und mehrere MM27 MMG deutlich von der tatsächlich gewonnenen Milchmenge abweichen (Tab. 1). Die durchschnittliche Abweichung der tatsächlich ermolkenen Milchmenge zur vom MM27 erfassten Milchmenge von drei bis vier Melkungen beträgt auf den einzelnen Melkplätzen zwischen -5,4 % und -1,0 % (SD 1,6 %). Hierbei weicht die im gesamten Melkstand (10 Melkplätze) von den MM27 erfasste Milchmenge im Schnitt zu -2,9 % von der tatsächlich ermolkenen Milchmenge ab.

Nach einer Berechnung eines neuen BIAS mithilfe der softwarebasierten Kalibrieremethode konnte in dieser Untersuchung die Abweichung der erfassten zur tatsächlichen Milchmenge deutlich reduziert werden. Diese Abweichungen zeigten dadurch eine hinreichende Genauigkeit, um die vorgegebenen Grenzwerte der ICAR zu erfüllen. (Tab. 1).

Tab. 1: Überprüfung der Milchmengenmessgeräte auf dem Betrieb Paranthoen vor und nach der softwarebasierten Kalibrierung geändert nach ALLAIN und CHANDLER (2013)

Tab. 1: Milk meter verification before and after software based milk meter calibration according to ALLAIN and CHANDLER (2013)

Stand n°	1 st milking test (before calibration)						New ALPRO Biases ¹⁾	2 nd milking test (before calibration)				
	Nb	Σ MM27 yield	Σ Ref. yield	Diff.	Diff.	ALPRO Diff.		Nb	Σ MM27 yield	Σ Ref. yield	Diff.	Diff.
		kg	kg	kg	%	%			kg	kg	kg	%
1	4	50.4	51.2	-0.8	-1.6	0.2	998	4	41.3	41.8	-0.5	-1.2
2	4	56.5	58.4	-1.9	-3.2	-4.0	1042	4	49.8	48.6	1.2	2.5
3	4	49.5	52.3	-2.8	-5.4	-3.8	1039	4	31.9	31.9	0	0.0
4	4	47.9	49.6	-1.7	-3.3	-1.8	1018	4	50.4	50.3	0.1	0.2
5	4	43.2	43.6	-0.4	-1.0	-1.6	1016	4	44.8	45.4	-0.6	-1.3
6	4	35.2	36.2	-1.0	-2.8	-2.9	1030	4	38.4	38.5	-0.1	-0.3
7	4	42.5	43.7	-1.2	-2.7	-3.6	1037	4	61.4	61.6	-0.2	-0.3
8	3	29.4	30.4	-1.0	-3.3	-3.7	1038	3	34.9	35	-0.1	-0.3
9	4	44.6	45.2	-0.6	-1.3	-2.7	1028	4	53.2	53.3	-0.1	-0.2
10	3	35.9	37.5	-1.6	-4.3	-5.0	1053	3	41	40.5	0.5	1.2
Ave.		43.5	44.8	-1.3	-2.9	-2.9	1030		44.7	44.7	0.0	0.0
SD		8.2	8.4	0.7	1.3	1.6	15.8		9.0	9.0	0.5	1.1
Ave. (individual measurements)		11.4	11.8	-0.3	-2.7				11.8	11.8	0.0	0.0
SD (individual measurements)		3.9	4.0	0.3	2.2				3.8	3.8	0.2	2.0

¹⁾ Calculated by ALPRO with a calibration factor of 1.030 (bulk tank milk weight = 448 kg; MM27 yields = 435 kg).

Die Abweichungen einer zweiten Überprüfung nach der Anpassung der BIAS-Werte der tatsächlich ermolkenen Milchmenge zur vom MM27 erfassten Milchmenge von drei bis vier Melkungen beträgt auf den einzelnen Melkplätzen zwischen -1,3 % bis 2,5 % (SD 1,1 %). Im Durchschnitt über aller Melkplätze ist nach dieser Kalibrierung eine Abweichung von 0,0 % zwischen den beiden Erfassungsmethoden festzustellen (ALLAIN und CHANDLER 2013).

4 Fazit

Die softwarebasierte Kalibriermethode elektronischer Milchmengenmessgeräte ermöglicht eine schnelle Überprüfung der MMG zur Erstabnahme sowie eine zügige Kontrolle der MMG bei der jährlichen Überprüfung. Hierbei kann der Arbeitsaufwand für diese Methoden stark reduziert werden. Untersuchungen unabhängiger Institute konnten feststellen, dass diese neue Kalibriermethode eine hinreichende Genauigkeit für eine Anerkennung durch die ICAR erreicht und somit eine Zulassung für die Milchleistungsprüfung ermöglicht wird.

Literatur

- Allain, C.; Chandler, J. (2013): Modified test procedure: MM25 and MM27 milk meter calibration module in ALPRO 7.2. Institut de L'Evage, Dec. 2013, *(unpublished)*
- DLQ-Richtlinie (2014): DLQ-Richtlinie RL1.6 zur Überprüfung von anerkannten Milchmengenmessgeräten, Bonn, 11. April 2014
- ICAR Guidelines 2012: International Agreement of Recording Practices, Guidelines approved by the General Assembly held in Cork, Ireland, on June 2012
- ICAR Guidelines (2014): International Agreement of Recording Practices, Guidelines approved by the General Assembly held in Berlin, Germany, on May 2014
- ICAR List of approved milk meters (2014): www.icar.org/pages/Sub_Committees/sc_recording_devices_approved_milkmeters.htm, Zugriff am 14.4.2015

Automatisierte Erkennung der Trinkmengen und Trinkphasen bei Kälbern anhand mittels Ohrmarken erfasster Beschleunigungsdaten

Automated detection of amount and period of drinking for calves equipped with ear tags producing acceleration data

SANDRA BREITENBERGER¹, DMITRY EFROSININ², WOLFGANG AUER³,
ANDREAS DEININGER⁴, RALF WASSMUTH⁵

¹Linz Center of Mechatronics GmbH (LCM), Altenberger Straße 69, 4040 Linz, Österreich;
sandra.breitenberger@lcm.at

²Johannes Kepler Universität, Institut für Stochastik, Altenberger Straße 69, 4040 Linz, Österreich

³MKW electronics GmbH, Jutogasse 3, 4675 Weibern

⁴Urban GmbH & Co. KG, Auf der Striepe 9, 27798 Hude-Wüstring

⁵Hochschule Osnabrück, Postfach 1940, 49090 Osnabrück

Schlüsselwörter: Kalb, Ohrmarke, Beschleunigung, Nuckeln, Trinkmenge, Tränkeautomat
Keywords: calf, ear tag, acceleration, sucking, drinking amount, automatic calf feeder

Zusammenfassung

Prozessrechnergesteuerte Tränkeautomaten zur rationierten Versorgung von Kälbern in Gruppenhaltung sind Stand der Technik. Die auf dem Markt verfügbaren Systeme nutzen RFID-Chips zur Tiererkennung und bestimmen die Tränkemenge der Tiere mittels volumetrischer Messung im Anmischbehälter oder mittels zeitgesteuerter Dosierung. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer alternativen Methode, die anhand der Beschleunigungsdaten einer elektronischen Ohrmarke erkennt, wann eine Trinkphase stattfindet und welche Menge dabei konsumiert wird. Die Beherrschung dieses Verfahrens würde es ermöglichen, mittels technisch einfach zu realisierender Vorratstränkesysteme eine rationierte Fütterung von Kälbern durchzuführen, und zwar sowohl in Gruppenhaltung, insbesondere aber auch in Einzelhaltung.

Summary

Computer-controlled calf feeders for restricted feeding of calves kept in groups are state-of-the-art technology. The systems available on the market use RFID-chips for animal identification and determine the amount of feed intake by volumetric measurements in the mixer bowl or by time dosing. The aim of this project is the development of an alternative method based on the acceleration data of an electronic ear tag for detecting drinking phases and the amount of feed intake. Mastering this method, simplified calf feeders for restricted feeding could be realised for group-housed calves, but in particular also for individually housed calves.

1 Einleitung

Durch den Verzicht auf die RFID-Erkennung zur Identifizierung der Kälber in der Tränkestation und/oder den Verzicht auf die volumetrische Messung der Tränkemenge im Anmischbehälter könnten Gerätelösungen zur automatisierten Versorgung von Kälbern wesentlich vereinfacht werden. Das System SMARTBOW von MKW electronics GmbH stattet jedes Tier mit einer elektronischen Ohrmarke aus (Abb. 1). Diese Ohrmarken liefern zehn Beschleunigungsdaten pro Sekunde zur weiteren Verarbeitung. Nähere Informationen zum verwendeten System können aus PICHLER et al. entnommen werden. Die zur Zubereitung der Milchtränke verwendeten Tränkeautomaten stammen aus dem Unternehmen Urban GmbH & Co. KG (Abb. 2). Das Ziel dieses Projektes ist, rein aus den Beschleunigungsdaten der Ohrmarken zu erkennen, ab wann ein bestimmtes Kalb ein typisches Nuckelverhalten aufweist und welche Menge es in der darauffolgenden Trinkphase konsumiert hat.

Ein Zusatznutzen der Ohrmarken für den Tierhalter ergibt sich durch das Erkennen von weiteren Tierparametern, wie z.B. der Aktivität, des Gesundheitszustandes, des Wiederkäu- oder Brunstverhaltens – diese Kenngrößen werden nachstehend aber nicht weiter behandelt.



Abb. 1: Ohrmarke
Fig. 1: Ear tag



Abb. 2: Tränkeautomat
Fig. 2: Calf feeder

2 Berechnung der Trinkmenge

Die Formel zur Schätzung der monoton steigenden, akkumulierten Trinkmenge y_t am Ende der Trinkphase t wurde mithilfe des linearen Regressionsmodells ermittelt. Dieses statistische Analyseverfahren ermöglicht es, den Zusammenhang zwischen Kennzahlen, die anhand der absoluten Beschleunigungsdaten zwischen Trinkanfang und Trinkende ermittelt wurden, und der Trinkmenge, zu finden. Durch den Vergleich mit Referenzmessungen können die Kennzahlen x_{it} , die zur Schätzung der Trinkmenge am besten geeignet sind, sowie deren Gewichtung mittels konstanten Koeffizienten β_i , bestimmt werden. Mögliche Kennzahlen sind z.B. die Trinkdauer, die Schwankungsbreite der absoluten Beschleunigung oder spezifische Kennzahlen der Power-Spektral-Dichte (PSD). Die geschätzte Trinkmenge $\hat{y}_t$ zur Zeit t ergibt sich nun durch die Addition der n gewichteten Kennzahlen. Wir erhalten also eine lineare Funktion mit konstanten Koeffizienten in der Form $\hat{y}_t = \sum_{i=1}^n \beta_i x_{it}$.

Voraussetzung für die Trinkmengenberechnung ist die Kenntnis über den Trinkstart bzw. das Trinkende einer Trinkphase. Diese Zeitpunkte können ebenfalls aus der absolu-

ten Beschleunigung abgeleitet werden (siehe Kapitel 3) oder durch technische Realisierungen (z.B. Milchflusserkennung) am Tränkeautomat gefunden werden.

Auswertungen basierend auf 59 zufällig gewählten Trinkphasen und einer 6-fachen Kreuzvalidierung haben ergeben, dass die geschätzten Trinkmengen von den tatsächlichen Trinkmengen im Mittel um 0,147 Liter abweichen. Der Median der absoluten Abweichungen beträgt hingegen nur 0,074 Liter. Bei einer mittleren Trinkmenge von 1,61 Liter pro Trinkphase entspricht dies einer mittleren bzw. medianen Fehlabweichung von $\pm 9,13 \%$ bzw. $\pm 4,60 \%$.

Sind für die Trinkmengenschätzung nur die Trinkstartzeitpunkte bekannt und ist eine laufende Trinkmengenschätzung während des Trinkprozesses erwünscht, so ist dies mit einer mittleren, absoluten Fehlabweichung von 0,238 Liter pro Zeitstempel möglich. Dies entspricht einer mittleren Abweichung vom tatsächlichen Wert von $\pm 14,78 \%$. Durch die Kombination der Schätzungen mit einem Prognoseverfahren (Holt-Verfahren; Prognose fließt zu 50 Prozent in die neue Schätzung ein) kann die mittlere, absolute Fehlabweichung auf 0,236 Liter pro Zeitstempel reduziert werden.

Bei der Realisierung eines kontinuierlichen, nicht durch Milchaufbereitungsphasen unterbrochenen Trinkvorgangs (näheres dazu in Kapitel 3) sind für die Milchmengenschätzung noch bessere Resultate absehbar. Potenzial zur weiteren Forschung und Entwicklung – in der auch alternative Algorithmen betrachtet werden – ist gegeben.

3 Erkennung der Trinkphasen

Zur Erkennung der Trinkphasen betrachten wir die zeitliche Abfolge der absoluten Beschleunigungswerte der Ohrmarke als Zeitreihe. Zum Auffinden der Trinkphasen suchen wir nach Änderungspunkten und Strukturbrüchen in der Zeitreihe basierend auf charakteristischen Werten, z.B. anhand der Varianzen von stückweise stationären Prozessen. In Abbildung 3 sind die absoluten Beschleunigungswerte der Ohrmarke

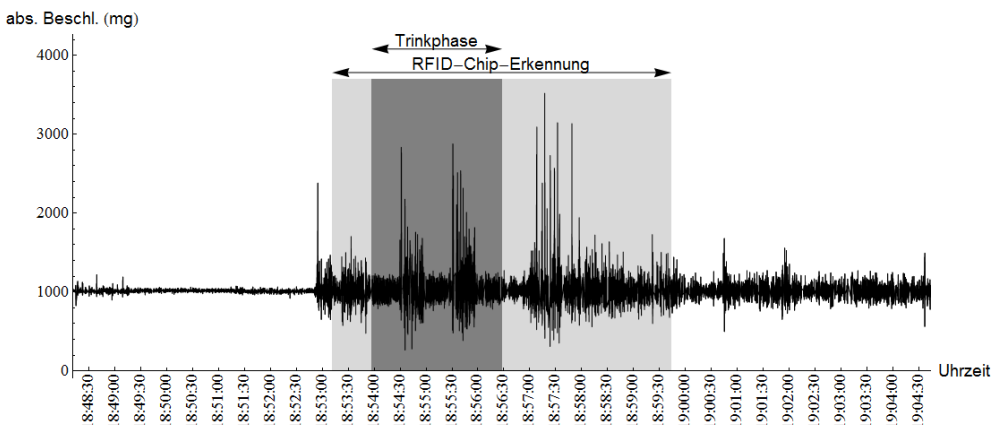


Abb. 3: Absolute Beschleunigung einer Ohrmarke im Zeitverlauf

Fig. 3: Absolute acceleration of an ear tag over the course of time

eines Kalbes im Zeitverlauf dargestellt. Zur Erkennung von Änderungspunkten gibt es zahlreiche Literatur (ADAMS et al. 2007, LIU et al., MALLADI et al. 2013) für retrospektive als auch Online-Methoden. Diese Methoden lieferten hier jedoch zu wenig geeignete Änderungspunkte, sodass ein intuitives Modell bevorzugt wurde.

Zur Trinkstartzeit des Kalbes verändern sich die Werte der absoluten Beschleunigung – die Streuung dieser Größe nimmt ab. Während einer Nuckelphase treten auch Phasen mit einer erhöhten Streuung der absoluten Beschleunigungswerte auf. Diese Phasen fallen zeitlich zusammen mit den Zeiträumen, in denen der Tränkeautomat eine neue Tränkeportion anmischt. Da während dieser Milchaufbereitungsphasen das Kalb keine Milch erhält, bewegt es den Kopf intensiver und dies resultiert in erhöhten Varianzen.

Vorgehensweise zum Auffinden einer Trinkstartzeit t zur Zeit $t + t'$:

- 1) Die stückweise betrachteten, empirischen Varianzen ändern sich zur Zeit t (die absolute Differenz nachfolgender Varianzen ist größer als ein Schwellenwert $p \in \mathbb{N}$).
- 2) Im Zeitbereich $[t-t', t+t']$ weisen die Varianzen einen abfallenden Trend auf.
- 3) Die Varianzen liegen vor bzw. nach dem Zeitpunkt t in einem fixierten Intervall.
- 4) Die Autokorrelationen nach Trinkstart deuten auf keinen White-Noise-Prozess hin, da wir während des Saugens ein periodisches Signal erwarten. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Autokorrelationsfunktionen inkl. 95-%-Konfidenzintervall sowie die Q-Statistik und den p-Wert des Portmanteau-Tests. Ist der p-Wert kleiner als 0,05, so wird die White-Noise-Hypothese verworfen.
- 5) Die maximale Schwankungsbreite der Autokorrelationen zwischen Lag 2 und 30 liegt vor bzw. nach dem Zeitpunkt in einem bestimmten Intervall.
- 6) Die letzte Trinkphase muss mindestens t'' Zeiteinheiten zuvor erfolgt sein.

Sind diese Bedingungen erfüllt, so existiert ein möglicher Trinkstartzeitpunkt. Dieser wird mit einer Zeitverschiebung von t' (je größer dieser „Lag“ gewählt wird, desto besser sind die Resultate) detektiert. Während einer Trinkphase werden laufend ähnliche Bedingungen zur Detektion eines Trinkendes überprüft.

Je nachdem, wie sensibel der Parameter p zur Detektion von Änderungspunkten gewählt wird, ergibt sich eine andere Anzahl an richtig bzw. falsch detektierten Trinkphasen. In Tabelle 1 sind für verschiedene Werte von p die Anzahl an zeitlich richtig detektierten Trinkstarts bzw. Trinkenden, die Anzahl an detektierten Trinkphasen, die sich mit der tatsächlichen Trinkphase überschneiden, sowie die mittlere Anzahl an falsch

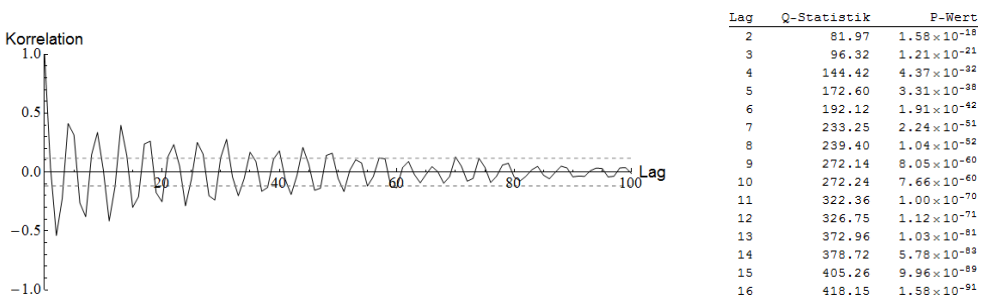


Abb. 4: Autokorrelationsfunktion während einer Nuckelphase mit Milchfluss

Fig. 4: Autocorrelation function during a sucking-period with milk flow

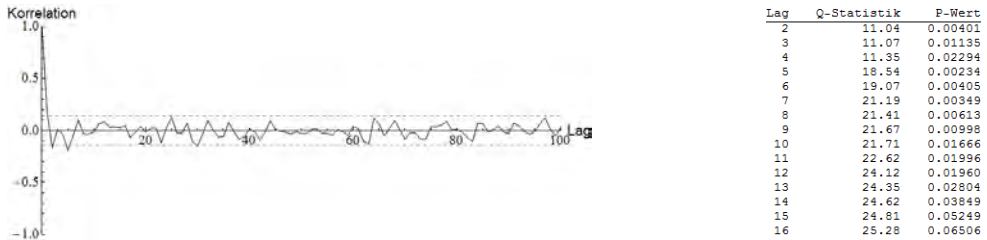


Abb. 5: Autokorrelationsfunktion während einer Milchaufbereitungsphase
 Fig. 5: Autocorrelation function during a period of milk preparation

detektierten Trinkphasen zwischen zwei korrekten Trinkphasen aufgelistet. Bezeichnet t_1 den Zeitpunkt der ersten RFID-Chip-Erkennung bei der Tränke, t_2 den Trinkstartzeitpunkt, t_3 den Trinkendzeitpunkt und t_4 den Zeitpunkt der letzten RFID-Chip-Erkennung (Referenzdaten), so gilt ein geschätzter Trinkstartzeitpunkt als richtig detektiert, falls er im Intervall $[t_1 - t', t_2 + t']$ liegt – ein Trinkendzeitpunkt hingegen, falls er im Intervall $[t_3 - t', t_4 + t']$ liegt. Überlappt eine geschätzte Trinkphase das Intervall $[t_1 - t', t_4 + t']$, so wird dies ebenfalls notiert. Detektierte Trinkphasen, die außerhalb dieses Intervalls auftreten, gelten als Fehldetektionen. Die nachstehenden Auswertungen basieren auf Zeitreihen von vier verschiedenen Kälbern, die insgesamt 50 zu detektierende Trinkphasen beinhalten.

Tab. 1: Anzahl an richtig/falsch detektierten Trinkphasen für $t' = 20$ sek
 Tab. 1: Amount of true/false detected drinking periods for $t' = 20$ sec

Frei wählbare Parameter	Anzahl an zeitkorrekten Trinkstarts	Anzahl an zeitkorrekten Trinkenden	Anzahl an überlappenden Trinkphasen	Mittlere Anzahl an falsch detektierten Trinkphasen
$t'' = 11 \text{ min}, = 5$	32	21	48	9,34
$t'' = 11 \text{ min}, = 6$	28	18	46	9,10
$t'' = 11 \text{ min}, = 7$	26	20	46	8,95
$t'' = 4 \text{ min}, = 5$	35	41	50	15,60
$t'' = 4 \text{ min}, = 6$	33	37	50	14,78
$t'' = 4 \text{ min}, = 7$	27	39	50	14,37

Der Parameter p bestimmt die Anzahl an richtig/falsch detektierten Trinkphasen, wobei hier ein Zielkonflikt besteht. Wird p erhöht, so werden die Fehldetektionen weniger, jedoch auch die erkannten Trinkphasen. Der Parameter t'' wirkt sich stark auf die Anzahl an richtig detektierten Trinkenden aus. Weiters wurde bei diesen Auswertungen festgelegt, dass eine Trinkphase zwischen 90 Sekunden und 17,5 Minuten andauert.

Der Algorithmus zeigt verbesserte Detektionen, falls der Zeitabstand zwischen dem gegenwärtigen Zeitpunkt t und dem Zeitpunkt der letzten tatsächlichen Trinkphase bekannt ist. Hier können Prognoseverfahren für das Auftreten des nächsten Trinkstarts effizient eingesetzt werden (im Mittel besuchen die Kälber nach sechs Stunden wieder den Tränkeautomat). Mit diesem Zusatzwissen und einer alleinigen Suche nach

Änderungspunkten erhält man verbesserte Erkennungsraten (Tab. 2). In der dritten Spalte wurden Trinkstartzeitpunkt-Schätzungen, die weniger als eine Minute voneinander entfernt liegen, zu einer Fehlerkennung zusammengefasst, und von der resultierenden Anzahl an Trinkstart-Phasen der Mittelwert berechnet.

Tab. 2: Anzahl an richtig/falsch detektierten Trinkstarts für $t' = 20$ sek mit Zusatzwissen

Tab. 2: Amount of true/false detected drinking starts for $t' = 20$ sec with additional info

Frei wählbarer Parameter	Anzahl an zeitkorrekten Trinkstarts	Mittlere Anzahl an falsch detektierten Trinkstarts
$p = 5$	44	11,80
$p = 6$	42	11,04
$p = 7$	38	10,00

Wird ein Trinkstartzeitpunkt erkannt, so wird Milch freigegeben. Hat das Kalb seine ihm zugewiesene Tränkemenge aufgrund der laufenden Trinkmengenberechnung (siehe Kapitel 1) aufgenommen, so wird der Milchfluss wieder abgesperrt.

Für Kälber in Einzelhaltung könnte die Trinkstartzeitpunkt-Erkennung zur Milchfreigabe eine Alternative zur RFID-Chip-Erkennung darstellen. Jedoch wird es bei einer zunehmenden Anzahl an Kälbern pro Box immer schwieriger, zu erkennen, welches Kalb tatsächlich beim Milchautomaten nuckelt. Es kann der Fall eintreten, dass das System gleichzeitig bei zwei verschiedenen Kälbern ein Nuckelverhalten erkennt, jedoch nur ein Kalb beim Tränkeautomaten nuckelt. Das heißt, eine Fehlerkennung oder ein Nuckeln an einem anderen Objekt fällt mit einem richtigen Nuckelvorgang zusammen. In diesem Fall sind weitere Kenngrößen, wie z.B. eine Lokalisierung des Kalbes in der Nähe des Tränkeautomaten, nötig, damit eine korrekte Tieridentifikation stattfinden kann.

Literatur

- Adams, R.P.; MacKay, D.J.C. (2007): Bayesian online changepoint detection, University of Cambridge, UK, Tech. Rep.
- Liu, S.; Yamada, M.; Collier, N.; Sugiyama, M. (2013): Change-point detection in time-series data by relative density-ratio estimation, arXiv: 1203.0453v2 [stat.ML]
- Malladi, R.; Kalamangalam, G.P.; Aazhang, B. (2013): Online Bayesian change point detection algorithms for segmentation of epileptic activity, 2013 Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, pp. 1833-1837
- Pichler, M.; Rudic, B.; Breitenberger, S.; Auer, W. (2014): Robust positioning of livestock in harsh agricultural environments, Proceedings of the 14th Mechatronics Forum International Conference (Mechatronics 2014), pp. 527-534

Danksagungen

Diese Arbeit wurde im Rahmen des österreichischen COMET-K2 Zentrums des Linz Center of Mechatronics (LCM) durchgeführt und wurde von der österreichischen Bundesregierung und dem Land Oberösterreich finanziert sowie von MKW electronics GmbH unterstützt.

Realisierbare Genauigkeit bei der automatisierten Erfassung von Aufenthaltszeiten von Milchkühen im Boxenlaufstall mit dem Real Time Location System Ubisense Series 7000

Achievable accuracy in automated detection of abidance times of dairy cows in free stall barns using the real time location system Ubisense series 7000

TOBIAS ROSE^{1,3}, IMKE TRAULSEN³, URBAN HELLMUTH¹, HEIKO GEORG²,
JOACHIM KRIETER³

¹ Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Grüner Kamp 11, 24783 Osterröndfeld;
tobiasrose85@googlemail.com

² Institut für ökologischen Landbau, Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Trenthorst 32, 23847 Westerau

³ Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 40, 24098 Kiel

Schlüsselwörter: Milchkühe, Ubisense, Ortungssystem, Tierverhalten

Keywords: dairy cows, Ubisense, local positioning system, animal behaviour

Zusammenfassung

Die automatische Dokumentation von individuellem Tierverhalten stellt ein großes Potenzial für zukünftige Weiterentwicklungen im Bereich der Milchviehhaltung dar. Das in der Untersuchung eingesetzte Ortungssystem Ubisense Series 7000 weist eine hohe Genauigkeit im Laborversuch auf. Um diese im Boxenlaufstall realisieren zu können, müssen Einflüsse von Stahl bei der Anordnung der Sensoren berücksichtigt werden. Bei guter Anordnung können hohe Sensitivitäten erzielt werden, welche dann auch eine qualifizierte Aggregation zu Verhaltenskennzahlen zulassen. Die hier genutzte Methode zur Aggregation, das Bout Criterion Interval, weist eine teilweise Eignung auf. Eine Einschränkung der Fragestellung ist sinnvoll, um eine höhere Genauigkeit der Verhaltensbeobachtung zu erhalten.

Summary

The automatic documentation of individual animal behavior illustrates a great potential for future developments in dairy farming. The used real time location system Ubisense series 7000 shows a high accuracy in a laboratory investigation. In order to realize this in free stall barns, influences of steel must be considered in the orientation of the sensors. High sensitivities can be achieved with a good orientation, which then allow a qualified aggregation of the localization data to behavioral figures. The bout criterion interval exhibits a partial suitability for this. A limitation of the research target is useful to obtain a higher accuracy of behavioral observations.

1 Einleitung und Problemstellung

Das Verhalten von Milchkühen ist oft Zielsetzung von Forschungsarbeiten. Manche Arbeiten haben dabei ethologische Hintergründe, andere nutzen das Verhalten, um Einflüsse veränderter Haltungsbedingungen zu analysieren. Auch in der Praxis wird das Verhalten von Kühen im Boxenlaufstall zum Teil automatisch erfasst, in dem z.B. Pedometer oder Respektoren eingesetzt werden, welche Parameter für das tägliche Herdenmanagement zur Verfügung stellen (z.B. Brunsterkennung). Für die Erfassung des Verhaltens werden in der Forschung bisher vereinzelt alternative Technologien verwendet, wie zum Beispiel Ortungssysteme (Real Time Location System = RTLS). Solche RTLS sind in der Lage, die Position einer Kuh in Echtzeit in einem relativen Koordinatensystem zu erfassen. Um diese Positionen in Verhaltenskennzahlen umzuwandeln, ist eine Definition von Bereichen im Kuhstall und die Herstellung einer zeitlichen Abhängigkeit (Definition von Start- und Endzeiten) notwendig. Bisherige Auswertungen zeigen aber, dass die Genauigkeit der Ortung einen entscheidenden Einfluss auf diese Zuordnung hat.

Das Ziel dieser Arbeit ist daher, die Genauigkeit des RTLS Series 7000 der Firma Ubisense (UBISENSE 2014) im praktischen Versuch zu analysieren und Einflüsse auf diese herauszustellen. Anschließend wird eine Methode zur Aggregation der Einzeldaten zu verhaltensbezogenen Ereignissen geprüft.

2 Material und Methoden

Das eingesetzte RTLS besteht aus mehreren Sensoren und sog. „Tags“ als Identifikationseinheiten, welche in einem Praxisbetrieb an den Halsbändern der Milchkühe befestigt wurden. Die Positionsbestimmung der Tags erfolgt mittels Zeitdifferenz- und Eingangswinkelbestimmung des Ultrabreitbandsignals (6–8 GHz) durch die in ein Netzwerk zusammengefassten Sensoren. Im Praxisversuch wurde alle 1,66 Sekunden eine Positionsbestimmung jedes einzelnen Tags durchgeführt.

Zur Bestimmung der Einflussfaktoren auf die statische und dynamische Genauigkeit des Ortungssystems wurde vorab ein Laborversuch durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Sensoranzahlen und -anordnungen auf die Genauigkeit hin überprüft. Diese wurde in Form der euklidischen Distanz beschrieben, um die Effekte der zwei- bzw. dreidimensionalen Auswertung zu vereinen. Eine dokumentierbare, dynamische Bewegung wurde dabei mit einer Modelleisenbahn und Motion Capturing mit Webcams erzeugt.

Zum Abgleich der Genauigkeit der Verhaltenserschassung im Stall (zweite Untersuchungsphase) wurden zeitlich synchronisierte Videoaufzeichnungen durchgeführt. Der Stall wurde in Bereiche gegliedert und die Bereichswechsel individueller Kühe für je 16 Kuhtage mit je zwölf Stunden täglich dokumentiert. Zusätzlich wurde die statische Genauigkeit im Stall an zwei Fixpunkten bestimmt, diese wird in Form des Distance Root Mean Squared (DRMS) angegeben.

Die vorliegenden Ortungsdaten wurden mit den Videoauswertungen abgeglichen. Dabei wurden die Maßzahlen Sensitivität und Abdeckung verwendet, um die Ortungsqualität in verschiedenen Stallbereichen darzustellen. Die Sensitivität gibt an, zu wel-

chem Prozentsatz die zeitlich mit dem Videoereignis übereinstimmenden Ortungsdaten innerhalb des betrachteten Bereichs lagen.

„Richtig Positiv“ steht für eine Ortung, die im gleichen Bereich wie die Videoauswertung stattfand. Als „Falsch Negativ“ werden die Ortungen bezeichnet, die nicht mit dem Bereich der Videoauswertung übereinstimmen.

Abdeckung beschreibt die Anzahl aller erfassten Ortungen im Verhältnis zur theoretisch erzielbaren Anzahl an Ortungen.

Richtig Positiv und Falsch Negativ sind analog zur Kalkulation der Sensitivität definiert. Die Anzahl Ortungen „n“ wurde bestimmt, indem die Zeitlänge des Videoereignisses durch 1,66 (theoretische Ortungshäufigkeit in Sekunden) dividiert wurde und zeigt somit die theoretisch mögliche Anzahl an Ortungen.

Eine besondere Herausforderung beim Einsatz von RTLS stellt die Transformation der Einzeldaten zu sinnvollen Verhaltenskennzahlen dar. In diesem Fall wurde das Bout Criterion Interval (BCI; MARTIN and BATESON 2013) angewendet, welches häufig bei der Definition eines Mahlzeitenkriteriums verwendet wird (STAMER et al. 1997, DEVRIES et al. 2003, KRUSE et al. 2011), um Ortungen einem Bereich zuzuordnen. Überschreitet die kumulierte zeitliche Länge aufeinanderfolgender Ortungen innerhalb eines Bereiches den BCI, wird das betrachtete Tier diesem Bereich rückwirkend zugeordnet. Die Startzeit eines Ereignisses wird dokumentiert. Die Endzeit wird festgelegt, wenn die kumulierte zeitliche Länge von Ortungen außerhalb des aktiven Bereichs den BCI überschreitet. Anhand logarithmierter Überlebenskurven und einem Kalibrierungsdatensatzes (50 % der genannten Datenaufzeichnung) wurden BCIs für die Funktionsbereiche Liegeboxen, Laufgang und Futtertisch festgelegt. Dabei wurden für jeden Funktionsbereich zwei BCIs berechnet, BCI_a optimiert die zeitliche Zuordnung, BCI_b die Anzahl erfasster Ereignisse. Anschließend wurden diese BCIs anhand eines Evaluierungsdatensatzes (50 % der genannten Datenaufzeichnung) überprüft.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die ermittelte statische Genauigkeit im Praxisbetrieb lag bei 0,35 m bzw. 0,38 m DRMS. Dies zeigt das hohe Potenzial des eingesetzten RTLS. Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt die Anordnungen der Sensoren und die kalkulierten Maßzahlen Sensitivität und Abdeckung.

Insbesondere am Futtertisch und in den mittleren Liegeboxen konnten sehr hohe Sensitivitäten erzielt werden. In den Ecken des Stalls wurde eine niedrigere Abdeckung von unter 0,4 festgestellt. Am Futtertisch lag die Abdeckung unter 0,21. Diese kann zum Teil auf eine gegenseitige Abschattung der Tiere zurückgeführt werden. Die Außenbereiche (X-Achse 30–34 m bzw. 74–78 m) zeigen niedrigere Sensitivitäten (links) bzw. eine sehr niedrige Abdeckung (rechts). Dies ist darauf zurückzuführen, dass hier lediglich jeweils zwei Sensoren eingesetzt wurden. Die Ergebnisse des Laborversuches zeigten zwar, dass zwei Sensoren unter optimalen Bedingungen bereits die maximale Genauigkeit des RTLS erreichen können, allerdings war hier eine große Menge Stahl im Ortungsumfeld vorhanden. Im Laborversuch wurde festgestellt, dass der reflektierende Einfluss von

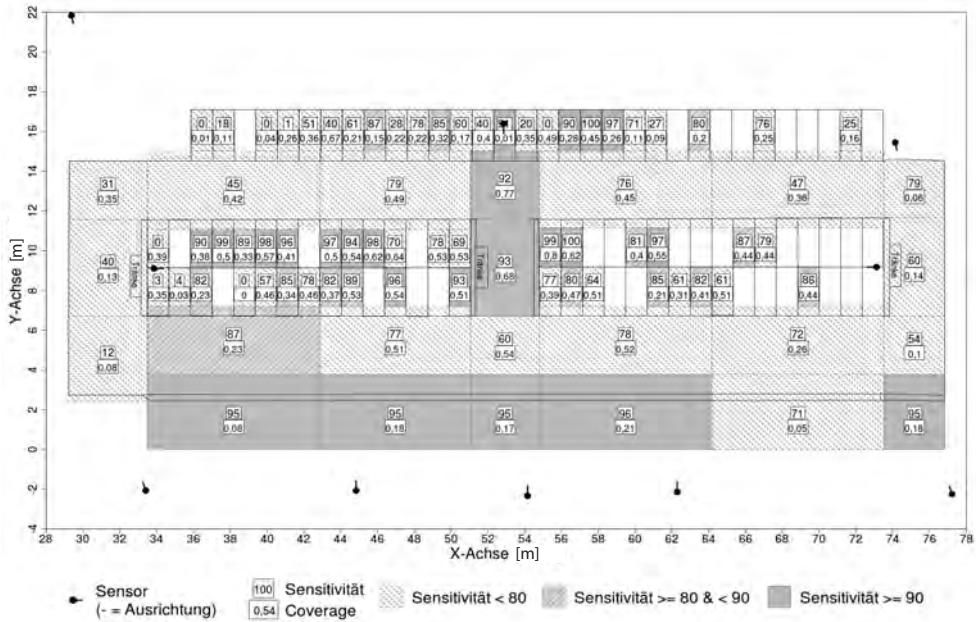


Abb. 1: Sensoranordnung, Sensitivität und Abdeckung für die festgelegten Bereiche im Boxenlaufstall (weiße Liegeboxen: keine Videoereignisse dokumentiert)

Fig. 1: Orientation of sensors, sensitivity and coverage for the individual areas (white cubicles: no video event captured)

Stahl auf das Ultrabreitbandsignal nur durch eine höhere Anzahl Sensoren ausgeglichen werden kann, was hier nicht stattgefunden hat.

Die Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des Vergleichs der Videobeobachtung mit den Ortungsereignissen, die mit dem BCI erstellt wurden, in Abhängigkeit von der Sensitivität.

Bezüglich der Aufenthaltszeit (Abb. 2 links) wurde bei einer Sensitivität von über 80 % eine Abweichung von 15 % festgestellt. BCI_a hat dabei minimal bessere Ergebnisse erzielt als BCI_b. Sinkt die Sensitivität weiter ab, verschlechtert sich die Übereinstimmung von Video und Ortung auf ca. 50 %.

Bei Betrachtung der Anzahl der Ereignisse (Abb. 2 rechts) ist ein größerer Unterschied zwischen den beiden BCIs festzustellen. BCI_a erzeugte ca. 1/3 mehr Ereignisse als BCI_b. Allerdings war die Anzahl auch bei BCI_a deutlich niedriger als bei der Videobeobachtung. Um dies genauer zu analysieren, sind die Ergebnisse in Abbildung 3 nach Funktionsbereich aufgeschlüsselt.

Die Unterschiede zwischen den beiden BCIs bei der Aufenthaltszeit sind gering. In den Liegeboxen und am Futtertisch wurde eine geringere Aufenthaltszeit per Ortung als per Video festgestellt, die Ergebnisse des Laufgangs stimmen nahezu überein. Bei Betrachtung der Anzahl Ereignisse fällt die große Diskrepanz auf dem Laufgang auf, es wurden deutlich weniger Ereignisse per Ortung erkannt als per Video. Auf dem Laufgang und

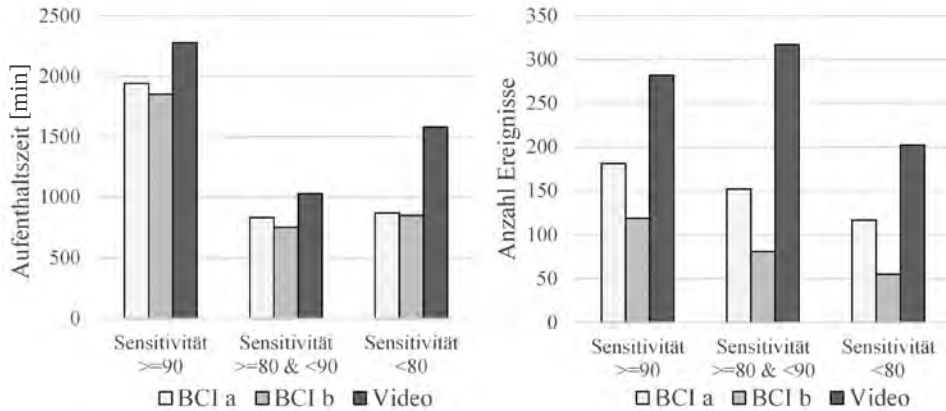


Abb. 2: Aufenthaltszeit (links) und Anzahl Ereignisse rechts für die Grenzwerte $BCI_{a,b}$ gruppiert anhand der Sensitivität

Fig. 2: Abidance time (left) and number of events (right) for $BCI_{a,b}$ thresholds grouped by sensitivity

dem Futtertisch erzielt BCI_a bessere Ergebnisse, in den Liegeboxen erzielt selbst BCI_b ca. 1/3 zu viele Ergebnisse.

Insgesamt gibt es große Unterschiede zwischen Ortungsereignissen und Video. Eine hohe Sensitivität von über 80 % ist eine Voraussetzung für eine exakte Zuordnung von Ereignissen. Die große Diskrepanz bei der Anzahl von Ereignissen auf dem Laufgang ist auf die Länge der Ereignisse zurückzuführen: Etwa 40–50 % der per Video dokumentierten Ereignisse waren kürzer als zehn Sekunden. Die kalkulierten BCI Werte lagen allerdings bei 31,9 Sekunden (BCI_a) bzw. 60 Sekunden (BCI_b), demzufolge konnten über 50 % der Ereignisse gar nicht erkannt werden.

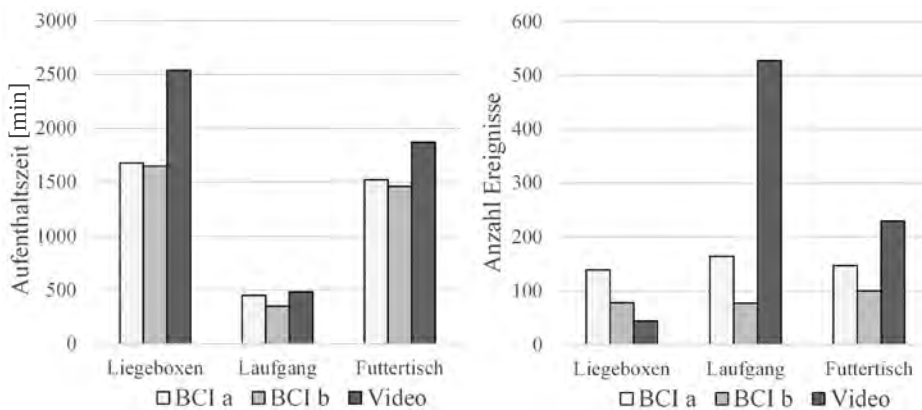


Abb. 3: Aufenthaltszeit (links) und Anzahl Ereignisse rechts für die Grenzwerte $BCI_{a,b}$ gruppiert anhand der Funktionsbereiche

Fig. 3: Abidance time (left) and number of events (right) for $BCI_{a,b}$ thresholds grouped by area

4 Fazit

Das RTLS Series 7000 der Firma Ubisense weist eine sehr hohe Genauigkeit auf. Um diese im Stall zu realisieren, ist es notwendig, Erkenntnisse aus dem Laborversuch zu berücksichtigen. Zum Beispiel ist eine höhere Anzahl Sensoren notwendig, wenn eine exakte Positionsbestimmung in Bereichen mit Einfluss von Stahl durchgeführt werden soll. Wenn diese Ergebnisse berücksichtigt werden, kann eine hohe Genauigkeit bei stabiler Ortungshäufigkeit erzielt werden.

Die Aggregation der Ortungsdaten zu Verhaltenskennzahlen stellt hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Ortung. In Bereichen mit hoher Genauigkeit ist eine gute Übereinstimmung zwischen Video und Ortung zu erzielen, bei niedriger Genauigkeit treten schnell Diskrepanzen auf. Um bessere Ergebnisse zu erzielen, ist eine Einschränkung der Fragestellung notwendig, beispielsweise durch die Definition einer Mindestlänge von zu erfassenden Ereignissen.

Literatur

- DeVries, T.J.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M.; Beauchemin, K.A. (2003): Measuring the Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows in Early to Peak Lactation. *Journal of Dairy Science* 86, 3354-3361
- Kruse, S.; Stamer, E.; Traulsen, I.; Krieter, J. (2011): Temporal pattern of feeding and drinking behaviour of gestating sows. *Archiv Tierzucht* 54, 490-503
- Martin, P.; Bateson, P. (2013): *Measuring behaviour – An Introductory Guide*, 8th printing, Cambridge University Press
- Stamer, E.; Junge, W.; Kalm, E. (1997): Temporal pattern of feeding behaviour of dairy cows kept in groups. *Archiv Tierzucht* 40, 195-214
- Ubisense (2014): Ubisense RTLS Hardware. <http://de.ubisense.net/en/products-and-services/rtls-products.html>, Zugriff am 14.10.2014

Erprobung des Pedometersystems „Track a Cow“ der Firma ENGS zur Bestimmung der Liegezeiten bei Milchkühen

Testing of the cow movement monitoring system “Track a Cow” of the company ENGS to determine lying times in dairy cows

STEPHANIE GEISCHEDER¹, BERNHARD HAIDN¹, RUDOLF PEIS¹, JAN HARMS¹, EYAL MISHA²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter Platz 2, 85596 Poing-Grub; stephanie.geischeder@lfl.bayern.de

² ENGS, POB 77 Rosh Pina 1200, Israel

Schlüsselwörter: Pedometer, Evaluierung, Liegezeiten

Keywords: pedometer, evaluation, lying time

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, das kommerziell erhältliche Pedometersystem „Track a Cow“ des israelischen Herstellers ENGS hinsichtlich der Bestimmung der Liegezeit bei Milchkühen für den wissenschaftlichen Einsatz zu evaluieren.

Es zeigte sich, dass die Pedometer die tatsächliche Liegezeit sowohl pro einzelner Liegephase, als auch pro Tag überschätzten. Gleichzeitig wurde die Anzahl an tatsächlichen Liegephasen unterschätzt. Grund hierfür war die fehlende Erkennung kurzzeitiger Liegezeitunterbrechungen durch das Pedometer und das Übertragungsintervall der zusammengefassten Daten von 6 Minuten.

Grundsätzlich lässt sich jedoch sagen, dass die Pedometer von ENGS gut geeignet sind, um tägliche Liegezeiten von Kühen zu erfassen. Kleine Ungenauigkeiten ergeben sich hinsichtlich der Anzahl der Liegephasen sowie für die Liegedauer einzelner Liegephasen. Die Firma ENGS reagierte darauf bereits mit einer Verkürzung des Übertragungsintervalls von 6 auf 2 Minuten.

Summary

Aim of this study was to evaluate the cow movement monitoring system “Track a Cow” from ENGS regarding determination of lying time in dairy cows for scientific purpose.

The pedometer overestimated the actual lying time per lying bout as well as the lying time per day. At the same time the number of actual lying bouts was underestimated. This is due to missing disruptions of lying time by the pedometer and the transmission interval of the pooled data of 6 minutes.

Basically the system “Track a Cow” is a good tool for measuring lying time per day of cows, with a small disadvantage regarding the actual number of lying bouts and the lying time per lying bout. The company ENGS already reacted to this inaccuracy by decreasing the transmission interval from 6 to 2 minutes.

1 Einleitung und Zielstellung

Aktivitätssensoren werden seit einigen Jahren zur Erfassung von Bewegungsaktivität und daraus folgend zur Brunsterkennung eingesetzt. Zu diesem Zweck bietet der Markt verschiedene kommerzielle Systeme an. Brunsterkennungsraten von bis zu 90 % können damit erreicht werden (FIRK et al. 2002, WANGLER et al. 2007). Ein Großteil dieser Systeme beschränkt sich dabei nur auf die Erkennung der Bewegungsaktivität. In jüngster Zeit wurden diese Aktivitätsmesssysteme verbessert und ihre Funktionen erweitert, sodass einige von ihnen nun auch die Liegezeiten der Tiere über spezielle Lagesensoren erfassen können und diese zur Überwachung des Tierverhaltens und daraus folgernd der Herdengesundheit genutzt werden können. Wurden bisher für wissenschaftliche Versuchsanstellungen teure, speziell entwickelte Aktivitätsmesssysteme, wie beispielsweise das ALT-Pedometer, eingesetzt, um die Liegezeiten von Kühen kontinuierlich zu erfassen, so stellt sich nun die Frage, ob dies auch mit günstigeren kommerziell erhältlichen Aktivitätssensoren erreichbar ist. Diese Aktivitätsmesssysteme werden beispielsweise von GEA, LemmerFullwood, Dairymaster, SCR oder ENGS angeboten.

Ziel dieser Studie ist es, zu überprüfen, ob die Genauigkeit des ENGS-Pedometersystems „Track a Cow“ ausreichend ist, um dem wissenschaftlichen Anspruch, speziell der Darstellung von Veränderungen im Liegeverhalten bei Hitzestress, zu genügen.

2 Material und Methode

Im Sommer 2014 wurden im Rahmen des Projektes „Hitzestress bei Milchkühen“ an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung 58 Kühe der AMS-Herde im Versuchsstall in Grub mit Pedometern des israelischen Herstellers ENGS ausgestattet, um Änderungen des Liegeverhaltens bei Hitzestress erfassen und dokumentieren zu können. Da im Versuchsstall aufgrund der eingebauten Wiegetröge am Fressplatz keine Halsbänder nutzbar sind und das Pedometersystem „Track a Cow“ von ENGS die zu diesem Zeitpunkt häufigste Aufzeichnungsfrequenz aufwies, es sich um ein praxistaugliches System handelt und der Preis vergleichbar ist mit anderen Aktivitätssensoren für die Praxis, haben wir uns für dieses System entschieden.

Der Datenlogger am Bein der Rinder besteht aus einem starren Plastikgehäuse (68,8 mm x 50,7 mm x 26,5 mm) und wiegt 75 g. Die Pedometer werden am Vorderbein kurz oberhalb des Fesselgelenkes lateral am Metacarpus mithilfe des mitgelieferten Bandes befestigt (Abb. 1). Dabei zeigt, wie auf dem Gehäuse angegeben, die Oberseite nach proximal. Das Pedometer misst Beschleunigungen bei einer Frequenz von 1.000 Hz. Die aufgezeichneten und bereits zusammengefassten Daten werden drahtlos alle 6 Minuten an eine Antenne gesendet, die mit einem Receiver verbunden ist. Von diesem gehen die Daten über ein RS485 Kabel an den Computer im Stallbüro, wo sie vom zugehörigen Managementprogramm (Eco Herd) verarbeitet werden. Da die Antenne laut Hersteller eine Reichweite von bis zu 2.000 m hat, werden zum Auslesen der Daten keine weiteren Lesestationen im Stall benötigt.



Abb. 1: ENGSt-Pedometer angebracht am Vorderfuß einer Versuchskuh

Fig. 1: ENGSt pedometer fixed on the front leg of a test cow

Das Liegeverhalten von Fokuskühen wurde während drei Versuchszeiträumen, an jeweils fünf Tagen, zusätzlich per Mobotix IP-Videokameras durchgehend aufgezeichnet. Da nur zwei Mobotix IP-Videokameras zur Verfügung standen, konnte nicht der gesamte Liegebereich auf den Videoaufnahmen eingesehen werden. Während der 15 Versuchstage wurden somit die Liegeperioden per Videoaufzeichnung und Pedometer erfasst.

Aus den aufgezeichneten Daten wurden die Differenzzeiten in Minuten zwischen den Liegephasen der ENGSt-Pedometer und den visuell beobachteten berechnet. Die Auswertung der Daten erfolgte über Microsoft Excel 2010.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Vergleich der Liegeperioden

361 einzelne Liegeperioden von insgesamt 32 verschiedenen Kühen konnten während der Versuchszeiträume mittels Videoaufzeichnung und ENGSt-Pedometer erfasst werden.

Die durchschnittliche Liegezeit pro einzeltem Liegeereignis lag bei der Videobeobachtung bei 77 min (Standardabweichung ± 69 min, Maximum 404 min, Minimum 5 min). Die errechnete durchschnittliche Liegedauer je Liegephase der Pedometer betrug 79 min (Standardabweichung ± 71 min, Maximum 408 min, Minimum 408 min).

Die durchschnittliche Abweichung der Liegezeiten der Pedometer von der tatsächlichen Liegedauer pro Liegephase, beobachtet über die Videoaufzeichnung, lag bei 4 min mit einer Standardabweichung von ± 8 min.

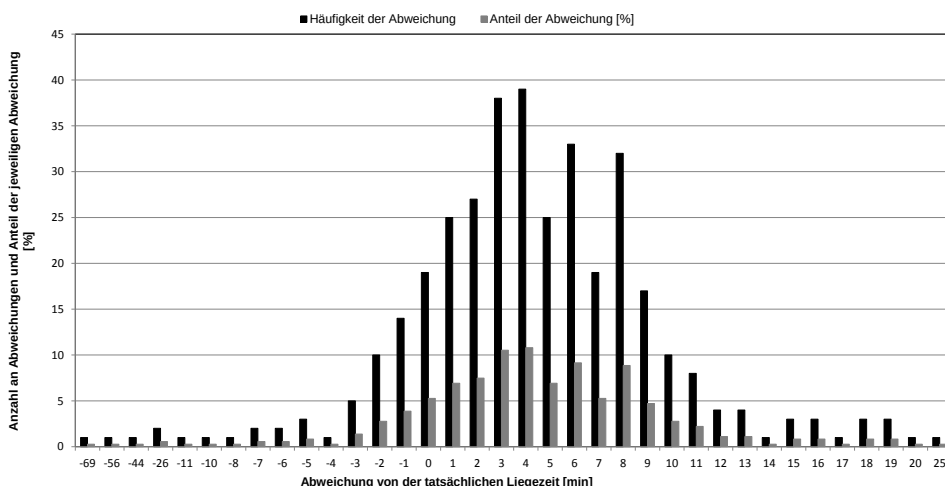


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der tatsächlichen (schwarz) und relativen (grau) Abweichung der Liegezeit von Pedometer und Videobeobachtung für 361 einzelne Liegephasen

Fig. 2: Frequency distribution of actual (black) and relative (grey) deviation of the lying time between pedometers and video recording for a number of 361 lying bouts

Wie in Abbildung 2 zu sehen, wurden die Abweichungen der Liegedauern zwischen Pedometer und Videoaufzeichnung in Minutenklassen eingeteilt. Dabei lagen nur 5,3 % der Liegezeiten je Liegephase innerhalb einer Differenz von einer Minute. In 82,3 % der Fälle wurde die tatsächliche Liegedauer von den ENGS-Pedometern überschätzt, bei 12,5 % kam es zu einer Unterschätzung. Die von den Pedometern erfassten Liegezeiten wichen von der tatsächlich beobachteten Liegezeit durchschnittlich um 5 % (± 14 %) ab.

Die Hauptursache für die Überschätzung der tatsächlichen Liegezeit durch die Pedometer ist in der fehlenden Aufzeichnung kurzer Liegeunterbrechungen zu finden. So konnten bei den Videoaufzeichnungen 485 einzelne Liegephasen beobachtet werden, bei den Pedometern wurden hingegen nur 374 Liegephasen für denselben Zeitraum aufgezeichnet. Zudem lässt das Übertragungsintervall von 6 Minuten mit den zusammengefassten Daten zeitliche Abweichungen nach oben und unten zu.

3.2 Vergleich der Tagesdaten

Da nur ein Teil des Liegebereiches mithilfe von Videoaufzeichnungen erfasst werden konnte, war es nur bei 4 Tieren möglich, die Daten von insgesamt 12 Tagen zu evaluieren.

Die durchschnittliche tägliche Liegezeit betrug bei der Videobeobachtung 688 min (Standardabweichung ± 151 min, Maximum 1.078 min, Minimum 583 min). Die errechnete durchschnittliche Liegezeit pro Tag betrug bei den Pedometern 702 min (Standardabweichung ± 141 min, Maximum 1.096 min, Minimum 607 min).

Die durchschnittliche Differenz der täglichen Liegezeit je Kuh zwischen ENGS-Pedometer und Videoaufzeichnung lag bei 22 min (± 32 min). Somit betrug die prozentuale Abweichung der von den Pedometern erfassten täglichen Liegezeit von der tatsächli-

chen Liegezeit pro Tag aus der Videobeobachtung 3,3 % mit einer Standardabweichung von $\pm 4,5$ %.

Bei der Videobeobachtung konnten im Mittel $12 (\pm 3)$ einzelne Liegephasen je Tag ermittelt werden. Die maximale Anzahl an Liegephasen lag bei 16, die minimale bei 8 pro Tag. Die durchschnittliche Liegezeit je Liegephase betrug 51 min (Standardabweichung ± 39 min, Maximum 200 min, Minimum 5 min).

Im Gegensatz dazu wurden von den ENGS-Pedometern im Mittel $9 (\pm 1)$ Liegephasen pro Tag erfasst. Die maximale Anzahl an Liegephasen pro Tag lag bei 12, die minimale Anzahl bei 7 pro Tag. Die durchschnittliche Liegezeit pro Liegephase betrug 60 min (Standardabweichung ± 65 min, Maximum 357 min, Minimum 7 min). Somit wurden von den Pedometern im Durchschnitt $3 (\pm 2)$ Liegephasen pro Tag weniger erfasst als tatsächlich beobachtet wurden, was wiederum auf die fehlende Erkennung kurzer Unterbrechungen zwischen einzelnen Liegephasen einer Liegeperiode zurückzuführen ist. Bei der Betrachtung von Tageswerten ist eine Überschätzung der tatsächlichen Liegezeit durch die Pedometer zu finden. Grund hierfür ist wiederum das Übertragungsintervall der zusammengefassten Daten von 6 Minuten.

Um einen besseren Vergleich zwischen Pedometern und Videobeobachtungen zu erhalten, wurden die kurzen Unterbrechungen zwischen den einzelnen Liegephasen, die vom Pedometer nicht erfasst wurden, außer Acht gelassen und die Liegephasen zu längeren Liegeperioden zusammengefasst. Damit lag die mittlere Anzahl an Liegeperioden pro Tag sowohl bei der Videobeobachtung als auch bei den Pedometern bei $7 (\pm 1)$. Die durchschnittliche Abweichung der von den Pedometern gemessenen täglichen Liegezeit (ohne Unterbrechung) lag im Vergleich zur tatsächlichen Liegezeit ebenso wie bei der Erfassung der einzelnen Liegephasenunterbrechungen bei 22 min. Die Standardabweichung betrug ± 19 min. Durch Herausrechnen der kurzzeitigen Unterbrechungen der Liegeperioden konnte die prozentuale Abweichung der Pedometer von der tatsächlichen Liegezeit auf 2,9 % ($\pm 2,5$ %) gesenkt werden.

Es zeigt sich auch hier, dass die Überschätzung der tatsächlichen Liegezeit pro Tag nicht allein auf die fehlende Erkennung kurzzeitiger Liegezeitunterbrechungen zurückzuführen ist, sondern auch dem Übertragungsintervall von 6 Minuten geschuldet ist. Die geringe prozentuale Abweichung der Pedometer-Liegezeiten von den tatsächlichen Liegezeiten pro Tag, sowohl mit als auch ohne Einbeziehung der Liegeunterbrechungen, zeigt, dass das Pedometersystem hinsichtlich der Beurteilung täglicher Liegezeiten gut eingesetzt werden kann.

4 Schlussfolgerungen

Das Pedometersystem „Track a Cow“ des israelischen Herstellers ENGS ist ein gutes, kommerziell erhältliches Werkzeug, um die Tagesliegezeiten einzelner Kühe oder einer Gruppe unter Feldbedingungen zu erfassen. Einige Nachteile finden sich hinsichtlich der tatsächlichen Anzahl an Liegephasen pro Tag und der Liegedauer je einzelner Liegephase. Die Anzahl an Liegephasen pro Tag wurde in allen Fällen unterschätzt, aufgrund der fehlenden Erkennung einzelner, kurzer Unterbrechungen der Liegeperioden. Ursache hierfür ist das Übertragungsintervall von 6 Minuten. Diese unzureichende Erkennung

von Unterbrechungen der Liegeperioden und das Übertragungsintervall der zusammengefassten Daten nach jeweils 6 Minuten sind Ursachen für die Überschätzung der Liegezeiten pro Liegephase. Die Firma ENGS reagierte bereits auf diese Ungenauigkeiten durch Herabsetzen des Übertragungsintervalls auf 2 Minuten.

Literatur

- Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W.; Krieter, J. (2002): Automation of oestrus detection in dairy cows: a review, *Livestock Production Science* 73(3), 219–232
- Wangler, A.; Meyer, A.; Rehbock, F.; Sanftleben, B. (2007): Wie effizient ist die Aktivitätsmessung als Hilfsmittel in der Brunsterkennung beim Milchrind, http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Milcherzeugung/Aktivitaetsmessung_Brunsterkennung/wangler_aktivitaetsmessung.pdf, Zugriff am 30.03.2015

Analyse der Bewegungsprofile und des Tierverhaltens von Rindern in alpinen Regionen basierend auf Daten von GPS-Ortungssystemen

Analyses of movement patterns and behaviour of cattle in Alpine regions based on data from GPS tracking systems

JAN MAXA, STEFAN THURNER, HUBERT WIRL, GEORG WENDL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT), Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; jan.maxa@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter: Bewegungsprofile, GPS-Ortungssystem, Rind, Tierverhalten
Keywords: movement patterns, GPS tracking system, cattle, animal behaviour

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war die Analyse von Bewegungsprofilen von Rindern auf Almen mit verschiedenen Relief- und Managementbedingungen anhand von GPS-Daten. Genutzte und ungenutzte Areale der Almweideflächen sowie der zeitliche Verlauf der Weidenutzung konnten mit den GPS-Daten identifiziert werden, diese liefern somit ein großes Potential zur Verbesserung der Weidewirtschaft. Auch der Einfluss der Frequenz der GPS-Positionsbestimmung auf die Ergebnisse wurde untersucht. Dabei zeigte sich, dass mit abnehmender Frequenz es zu deutlichen Informationsverlusten bei der Erfassung von Tierverhaltensparametern kommt (z.B. Reduzierung der zurückgelegten Wegstrecke der Kühe). Mit zunehmender Frequenz steigt allerdings der Energiebedarf, sinkt die Akkulaufzeit und steigen die Betriebskosten. Weiterhin wurde das Tierverhalten anhand von Direktbeobachtungen mit den Daten der GPS-Ortungssysteme verglichen.

Summary

This study focused on movement pattern analyses of cattle on alpine pastures with various relief and management conditions based on data from GPS tracking systems. Differentially grazed alpine pasture areas and pasture grazing progress in time could be recognized via application of GPS tracking system data. Therefore, there is a great potential for optimization of pasture management by application of GPS cattle tracking systems in such areas. The influence of different GPS position intervals was furthermore evaluated. Based on distance travelled by the cows it was shown that there is a decrease of information with increasing time interval between two successive observations. Contrary, shorter time intervals resulted in higher energy consumption and transmission costs and shorter battery-life. Furthermore, the comparison of animal behaviour based on time-sampling method and data from GPS tracking systems was conducted.

1 Einleitung und Zielsetzung

Auf den ca. 1.400 bayerischen Almen mit 50.000 Rindern bindet die Arbeit mit den Tieren einen großen Teil des gesamten Arbeitsaufwands. In Abhängigkeit von der Almgröße, dem Relief und den nicht mit der Tierhaltung verbundenen Tätigkeiten auf der Alm nimmt die tägliche Kontrolle der Tiere im Durchschnitt 70 % der Gesamtarbeitszeit in Anspruch. Die Tiersuche kann im Extremfall sogar den ganzen Tag dauern (MAXA et al. 2014).

Zur Erleichterung der Arbeitserledigung, vor allem unter alpinen Bedingungen, wird am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zusammen mit der Industrie ein GPS-GSM-Ortungssystem entwickelt, das den Tierbetreuer über den Standort der Rinder auf der Weide mittels mobiler Endgeräte (Smartphone, Laptop) informiert. Daneben sollen auch Algorithmen für spezielle Softwareanwendungen z.B. zur Beurteilung einer Über- oder Unterbeweidung einzelner Areale oder zur Erkennung spezifischer Tierverhaltensformen erarbeitet werden. Die in diesem Beitrag präsentierte Studie hat zum Ziel, Bewegungsprofile von Rindern auf Almen mit verschiedenen Relief- und Managementbedingungen anhand von GPS-Daten zu analysieren. Der Einfluss der Frequenz der GPS-Positionsbestimmung auf präzise Aussagen zum Tierverhalten sowie die Autokorrelation innerhalb der Positionsdaten als Maß für die Ortsstabilität wurden ebenfalls untersucht. Im Rahmen dieser Studie wurde auch geprüft, ob anhand der GPS-Daten bestimmte Verhaltensweisen erkannt werden können. Dem Landwirt oder Hirten sollen mit einem derartigen System konkrete Handlungsalternativen zur Optimierung des Weide- und Tiermanagements in Almgebieten und gleichzeitig das Potenzial zur Reduzierung von Arbeitsspitzen durch den Einsatz eines Ortungssystems aufgezeigt werden.

2 Material und Methoden

Für die Analyse der zeitlichen und räumlichen Nutzung der Almgebiete wurden GPS-Daten von Ortungssystemen der Firmen Libify und ThinxNet (vormals ML-C; jeweils Prototypen) sowie von Ortungssystemen der Firma Telespor über die Almsaisonen 2013 und 2014 in 3 Almgebieten erfasst.

Für die Frage, welche Auswirkungen die Frequenz der GPS-Positionsbestimmung auf die Erfassung des Tierverhaltens hat, wurden mit den Ortungssystemen der Firma Telespor Bewegungsprofile von 6 Tieren über 18 Tage in verschiedenen Intervallen von 5 bis 240 Minuten in einem Almgebiet erfasst. Für alle Zeitintervalle wurden die zurückgelegten Wegstrecken pro Tier und Stunde und die Korrelationen zwischen aufeinanderfolgenden GPS-Positionen berechnet. Die zurückgelegten Wegstrecken wurden anhand einer Formel der sphärischen Trigonometrie ermittelt (KOMPF 2014). Anhand der Daten wurden Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman mit der Software R kalkuliert und Autokorrelationen innerhalb der Positionsdaten berechnet, weil signifikant korrelierte Positionsdaten in Untersuchungen zu Tier-Umwelt-Interaktionen bei der Analyse nicht berücksichtigt werden sollten (SWIHART und SLADE 1985).



Abb. 1: Ortungssystem der Firma ThinxNet zur Untersuchung des Tierverhaltens
 Fig. 1: Tracking system of company ThinxNet for the trial focusing on prediction of animal behaviour

Weiterhin wurden zur Analyse des spezifischen Tierverhaltens mittels GPS-Daten 8 verschiedene Verhaltensmerkmale von 9 ausgewählten Tieren einer Herde mittels Direktbeobachtungen erfasst (Time-sampling im 5 Minuten Intervall über 7 Tage und je 8 Stunden/Tag). Im Einzelnen wurde das Verhalten in die Merkmale Gehen, Stehen, Grasen, Wiederkauen/Ruhen/Liegen, Trinken, Komfortverhalten, Sozialverhalten und Brunstverhalten klassifiziert. Gleichzeitig wurde jedes Tier mit einem GPS-Ortungssystem der Firma ThinxNet ausgestattet (Abb. 1). Die Positionen der Tiere wurden mittels GPS-Ortungssystem alle 5 Minuten (5 Tiere) bzw. jede Minute (4 Tiere) aufgezeichnet.

In einem weiteren Schritt wurden aus den gesammelten GPS-Daten die Entfernungen zwischen aufeinanderfolgenden GPS-Positionen pro Tier zu den spezifischen Verhaltensmerkmalen berechnet. Die statistischen Analysen wurden mittels der Software R durchgeführt. Zur Identifikation von Unterschieden zwischen verschiedenen Verhaltensmerkmalen wurden der Kruskal-Wallis-Test sowie der Wilcoxon-Rangsummentest verwendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Anhand der gesammelten GPS-Positionsdaten der Tiere können genutzte und ungenutzte Areale sowie der zeitliche Verlauf der Weidenutzung auch bei geringeren Frequenzen (> 5 min) bestimmt werden (Abb. 2). Daraus ergibt sich ein Potenzial zur Verbesserung der Weidewirtschaft. Die Positionsdaten wurden bei den getesteten Ortungssystemen mittels GSM-Modul an einen Server versendet. Dazu ist eine ausreichende Mobilfunknetzabdeckung erforderlich, was in GSM-schwachen Gebieten, wie in den Alpen, zu Datenübertragungsproblemen und somit zu Datenverlusten führt. Es ist deswegen notwendig, dass jedes Gerät über eine ausreichende Speicherkapazität verfügt, die auch einen späteren



Abb. 2: Positionsdaten einer Tiergruppe ($n = 4$) auf einer Alm innerhalb von 2 Monaten
 Fig. 2: Tracking data of an animal group ($n = 4$) on an alpine farm within 2 months

Versand der Informationen in Gebieten mit gutem GSM-Empfang ermöglicht. Nur dann können alle Areale der Weidefläche für weitere Analysen berücksichtigt werden.

Zum Einfluss der Häufigkeit der GPS-Positionsbestimmung auf einen möglichen Informationsverlust wurde festgestellt, dass sich bereits bei einer Verringerung des GPS-Zeitintervalls von 5 auf 10 Minuten die berechnete, zurückgelegte Wegstrecke pro Kuh von 305 auf 189 m/h reduziert (Tab. 1). Dies entspricht einem Informationsverlust von 38 %. Von Informationsverlusten von bis zu 50 % zwischen 5- und 60-minütigem Intervall berichtete auch PEROTTO-BALDIVIESO et al. (2012). Eine hohe Abfragefrequenz bedeutet zwar eine höhere Genauigkeit, andererseits steigt mit zunehmender Frequenz der Energiebedarf, die Akkulaufzeit sinkt und die Betriebskosten steigen. Für die Tiersuche und -kontrolle genügen GPS-Positionsbestimmungen mit einer niedrigeren Frequenz, für Verhaltensanalysen sind dagegen höhere Frequenzen notwendig. Diese Problematik muss für eine weitere Entwicklung der Algorithmen berücksichtigt werden.

Für Analysen mit Fokus auf Tier-Umwelt-Interaktionen (z.B. Aufwuchs auf der Weidefläche und Verhalten), wurde die Autokorrelation zwischen aufeinanderfolgenden GPS-Positionen herangezogen (SWIHART und SLADE 1985). In unserer Studie waren aufeinanderfolgende GPS-Positionen für alle analysierten GPS-Zeitintervalle unter 120 min signifikant miteinander korreliert ($P < 0,05$). Das heißt, dass für derartige Analysen zur räumlichen Verteilung der grasenden Tiere nur GPS-Positionen mit einem Intervall von mehr als 120 Minuten berücksichtigt werden sollten. Ähnliche Ergebnisse wurden für Weiderinder in der Studie von PEROTTO-BALDIVIESO et al. (2012) präsentiert. Dieser Wert

ist jedoch art- und ortsspezifisch und muss daher für andere Tiere oder Gebiete neu berechnet werden.

Tab. 1: Mittelwerte mit Standardabweichung für die mittlere zurückgelegte Wegstrecke pro Kuh und Stunde [m/h] für unterschiedliche GPS-Zeitintervalle [min] mit Informationsverlust bezogen auf ein 5-minütiges GPS-Intervall [%]

Tab. 1: Means with standard deviation for average distance travelled by cows per hour ([m/h] and the resulting loss of information according to a 5 minute GPS interval [%] for different GPS time intervals [min.]

GPS-Zeitintervall [min]	5	10	20	30	60	90	120	180	240
Entfernung [m/h] (σ)	305 (57)	189 (38)	116 (29)	85 (22)	49 (16)	35 (12)	25 (11)	15 (7)	12 (6)
Informationsverlust [%]	0	38	62	72	84	88	92	95	96

Für ausgewählte Tiere einer Herde wurden mittels Time-sampling-Methode auch verschiedene Verhaltensmerkmale erfasst. Mit der Direktbeobachtung (7 Tage, 5-Minuten-Intervall, 8 Stunden/Tag) wurde ermittelt, dass die Aktivität Grasens mit 70 % den größten Zeitanteil der Tiere auf der Weide einnahm. Da beim Wiederkauen in den Beobachtungen von einer liegenden Position ausgegangen wurde, war diese Aktivität zusammen mit Ruhen/Liegen das zweithäufigste Verhaltensmerkmal mit insgesamt 20 %. Die übrigen 10 % lassen sich in die Verhaltensmerkmale Stehen mit 5 %, Gehen mit 4 % und Komfortverhalten mit 1 % aufteilen. Sozial- und Brunstverhalten sowie Trinken konnten ebenfalls dokumentiert werden, nahmen aber im Verhältnis zur Gesamtzahl an Beobachtungspunkten einen sehr geringen Prozentsatz ein. Die ersten Ergebnisse zur Analyse des Verhaltens der Tiere anhand von Direktbeobachtungen und GPS-Positionsdaten zeigten, dass bestimmte den GPS-Positionen zugeordnete Verhaltensmerkmale anhand der Entfernung zwischen aufeinanderfolgenden GPS-Positionen voneinander unterschieden werden konnten. So wurden signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Verhaltensmerkmalen Gehen und Grasens, Gehen und Stehen sowie Gehen und Wiederkauen/Liegen/Ruhen festgestellt. Für die Erkennung von weiteren Verhaltensmustern wird eine Kombination der Daten eines GPS-Ortungssystems mit den Daten von anderen Sensoren, wie z.B. einem Beschleunigungssensor, notwendig. Alternativ kann auch der Drehwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden GPS-Positionen des Tieres zur Differenzierung der Verhaltensmuster angewendet werden (SPINK et al. 2013).

4 Schlussfolgerung und Ausblick

Genutzte und ungenutzte Areale der Almweideflächen sowie der zeitliche Ablauf der Weidenutzung konnten anhand der GPS-Daten identifiziert werden und liefern somit wichtige Informationen zur Verbesserung der Weidewirtschaft.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Analyse der Bewegungsprofile und des Verhaltens der Tiere mithilfe der GPS-Daten nur mit kürzeren Datenintervallen sinnvoll ist. Wenn nur der Standort eines Tieres abgefragt werden soll, dann reicht eine geringe Abfragefrequenz. Spezifische Analysen zu Tier-Umwelt-Interaktionen (z.B. räumliche Verteilung der grasenden Tiere) ergaben, dass unter dem Gesichtspunkt der Autokorrelation der Positionsdaten ein Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Positionsbestimmungen von mindestens 120 Minuten verwendet werden sollte. Weiterhin wurde veranschaulicht, dass man anhand der GPS-Daten das Tierverhalten wie Gehen, Grasen oder Wiederkauen/Liegen/Stehen voneinander unterscheiden kann. Für die Erkennung von weiteren Verhaltensmustern werden jedoch Informationen von zusätzlichen Sensoren benötigt. Die Ergebnisse dieser Studie werden für die Entwicklung spezieller Algorithmen für Softwareanwendungen z.B. zur Beurteilung einer Über- oder Unterbeweidung einzelner Areale oder zur Erkennung spezifischen Tierverhaltens verwendet werden.

Literatur

- Kompf, M. (2014). Entfernungsberechnung. <http://www.kompf.de/gps/distcalc.html>; Zugriff am 02.03.2015
- Maxa, J.; Thurner, S.; Wendl, G. (2014). Entwicklung, Erprobung und Bewertung eines Ortungssystems mit Softwareanwendungen für Rinder auf Almen und Weiden basierend auf GPS- und GSM-Technologie. Innovationstage 2014, Bonn, S. 121-124
- Perotto-Baldivieso, H.L.; Cooper, S.M.; Cibils, A.F.; Figueroa-Pagán, M.; Udaeta, K.; Black-Rubio, Ch.M. (2012): Detecting autocorrelation problems from GPS collar data in live-stock studies. *Applied Animal Behaviour Science*, 136, 117-125
- Spink, A.; Cresswell, B.; Kölzsch, A.; Langevelde van, F.; Neeffjes, M.; Noldus, N.P.J.J.; Oeveren van, H.; Prins, H.; Wal van der, T.; Weerd de, N.; Frederik de Boer, W. (2013): Animal behavior analysis with GPS and 3D accelerometers. *European Conference on Precision Livestock Farming 2013*, Leuven, Belgien, 229-239
- Swihart, R.K.; Slade, N.A. (1985): Influence of sampling intervals on estimates of home range size. *Journal of Wildlife Management*, 49, 1019-1025

Förderung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), FKZ: 28154T2110.

Sensorgestützte Analyse und Modellierung des Fress- und Wiederkauverhaltens von Milchrindern

Sensor-based analysis and modelling of feeding and ruminating behaviour of dairy cows

ANNABELL WOBSCHELL¹, OTTO KAUFMANN²

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer – Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Dep. für Nutzpflanzen- und Tierwissenschaften, FG Biosystemtechnik, Albrecht-Thaer-Weg 3, 14195 Berlin; annabell.wobschall@agrar.hu-berlin.de

² Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer – Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Dep. für Nutzpflanzen- und Tierwissenschaften, FG Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik, Philippstr. 13, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Milchkühe, Fressverhalten, Wiederkauverhalten, Sensorsysteme, Datenanalyse, Datenmodellierung, Liegeverhalten

Keywords: dairy cows, feeding behaviour, ruminating, sensor systems, data analysis, data modelling, lying behaviour

Zusammenfassung

Die Gesundheit von Milchkühen ist ein entscheidender Faktor zur Erreichung einer langen Nutzungsdauer bei hohem Leistungsniveau. Dabei hat die Beobachtung des Fress- und Wiederkauverhaltens eine besondere Bedeutung. Sensorgestützte Systeme ermöglichen diese Verhaltensweisen tierindividuell zu überwachen und damit Abweichungen vom Verhaltensrepertoire schnell sichtbar zu machen. Anhand eines nichtinvasiven Sensorsystems (basierend auf der elektromyografischen Erfassung der Kaumuskelaktivität) wurde das Fress- und Wiederkauverhalten von 12 Kühen in Echtzeit erfasst und im Zusammenhang mit dem Aktivitäts- und Ruheverhalten analysiert. Dabei zeigten sich sowohl inter- und intraindividuelle Unterschiede in den Verhaltensweisen als auch im Zeitverlauf. Diese Unterschiede begründen die Notwendigkeit einer tierindividuellen Modellbildung zur Bewertung von Tierreaktionen.

Summary

The health of dairy cattle is essential to achieve a long lifespan and sustainable performance. Thereby monitoring feeding and ruminating behavior is of particular significance. Sensor-based systems allow observing this behaviour patterns and shows deviations of the normal behaviour at an early stage. Using a non-invasive sensor-system (based on the electromyographic measurement of the activity of the masticatory muscle), feeding and ruminating behavior of 12 dairy cows was measured in real-time and analyzed in connection with activity and lying time. Inter- and intraindividual differences became clear in various behavior patterns as well as over the course of time and justify the need of individual modelling to evaluate animal reactions.

1 Einleitung und Zielstellung

Für die optimale Nährstoff- und Energieversorgung sind Fressen und Wiederkauen grundlegende Verhaltensweisen von Wiederkäuern. In der Literatur finden sich verschiedene Untersuchungen, die sich mit Veränderungen und Schwankungen in den Fress- und Futteraufnahmebedingungen beschäftigen (DEVRIES et al. 2003). Dabei wurden die Beziehungen zwischen Merkmalen des Fressverhaltens und der Futteraufnahme ermittelt (AZIZI et al. 2007). Neben Kenntnissen der Nährstoffaufnahme bzw. -verwertung und des Stoffwechselstatus der Kuh sind Veränderungen im Fress- und Wiederkauverhalten wichtige Indizien für Erkrankungen (DEVRIES et al. 2009). Die Bewertung der Veränderungen stellt dabei die größte Herausforderung dar, denn Fress- und Wiederkauaktivitäten werden von zahlreichen Faktoren beeinflusst (DEBOEVER et al. 1990). Bislang ist noch keine Messmethode beschrieben, mit der die verschiedenen Variationsursachen der Fress- und Wiederkauaktivitäten umfassend und präzise quantifiziert wurden. Die Vielzahl an chemischen, physikalischen, fütterungstechnischen und umweltbedingten Variationsursachen und deren komplexes Zusammenspiel sind Ursache der extremen Spannweiten der Messdaten. Sensorsysteme, die in der Lage sind, das Fress- und Wiederkauverhalten tierindividuell mit ausreichender zeitlicher Auflösung über lange Zeitspannen zu erfassen, müssen im Datenmanagement sowohl die tierindividuellen Variationen berücksichtigen als auch die externen Einflüsse des Haltungs- und Fütterungsregimes mit einbeziehen. Nur so ist eine vernünftige Bewertung der Verhaltensweisen im Hinblick auf Problemlagen der Kühe überhaupt erst möglich. In der Praxis finden sich verschiedene Systeme zur Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens unterschiedlichster technischer Basis. Die Bewertung der gewonnenen Daten stellt auch hier die größte Herausforderung dar. In dieser Arbeit wurde ein System entwickelt und angewendet, welches das Fress- und Wiederkauverhalten über die Aktivität des Kaumuskel beim Rind erfasst. Ziel war es, die gewonnenen Daten zu nutzen, um das Fress- und Wiederkauverhalten tierindividuell über längere Zeitspannen zu erfassen und im Zusammenhang mit anderen Verhaltensweisen (Liegeverhalten und Aktivität) zu vergleichen. Mithilfe von tierindividuellen Tagesprofilen sollen geeignete Modelle zur Bewertung der Daten im Hinblick auf mögliche Problemlagen gefunden werden.

2 Material und Methoden

2.1 Tiere, Haltung und Fütterung

Die Datenerfassung erfolgte im Juni 2012 in der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Sachsen-Anhalt, Zentrum für Tierhaltung und Technik in Iden. Es wurden nur gesunde, multipare Kühe der Rassen Deutsche Holstein und Brown Swiss-Holstein-Kreuzungen für die Versuche ausgewählt. Die Haltung erfolgte in einem Liegeboxenlaufstall mit Wiegetrögen. Das Tier-Fressplatz-Verhältnis betrug dabei 2:1. Die Tiere wurden dreimal täglich (4:00 Uhr, 12:00 Uhr und 20:00 Uhr) gemolken. Die Futtervorlage erfolgte zweimal pro Tag (8:00 und 13:00 Uhr) in Form einer totalen Mischration. Das Futterangebot erlaubte eine Ad-libitum-Aufnahme.

2.2 Datenerfassung

Die Erfassung der Fress- und Wiederkauaktivität erfolgte mit einem nicht-invasivem Sensorsystem, das die Kaumuskelaktivität des großen Kaumuskels (*M. masseter*) elektromyografisch erfasst. Das System wurde im Rahmen des Forschungsprojekt NutriCheck (gefördert von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) entwickelt und validiert. Zur Validierung des Systems wurden Futteraufnahme und das Futteraufnahmeverhalten mithilfe von Einzelfuttertrögen (Wiegetröge) und einer elektronischen Tiererkennung erfasst. Die Bestimmung des Liegeverhaltens erfolgte bei allen Kühen mit ALT-Pedometern (IB Holz). Das Gerät wurde an der Fessel des Tieres angebracht. Das Messintervall betrug 15 min.

Das Sensorsystem zur Erfassung der Fress- und Wiederkauaktivität basiert auf zwei Oberflächenelektromyogrammsensoren, die über ein Halfter auf dem großen Kaumuskel (*M. masseter*) der Kuh platziert werden. Das Halfter soll für den dauerhaften Andruck der EMG-Elektroden an der Messposition auf dem Kaumuskel sorgen und die Technikintegration, bzw. -befestigung ermöglichen. Die Sensoren erfassen die Muskelaktivität mit einer Frequenz von 10 Hz und übertragen die Daten funkbasiert in Echtzeit. Die kontinuierliche qualitativ gute Signalgewinnung und Datenübertragung im Stall war bei korrekter Anpassung des Halfters über einen durchgehenden Zeitraum bis zu drei Wochen möglich. Entsprechende Softwaremodule realisieren die Datenerfassung, -speicherung und -visualisierung. Signalverarbeitung, Datenauswertung und Ereigniserkennung erfolgt in einem nachgelagerten Analysemodul. Die Entwicklung des Sensorsystems und der Softwarekomponenten wurde durch die Firma BITSz engineering GmbH geleistet.

3 Ergebnisse

Insgesamt wurde das Fress- und Wiederkauverhalten von 17 Kühen erfasst. Für die Datenanalyse wurden nur die Tiere ausgewählt, bei denen eine ausreichende Datenqualität und lückenlose Datensätze vorlagen (N = 12). Von diesen 12 Kühen wurden Tagesprofile der einzelnen Verhaltensweisen über 3 Tage erstellt und analysiert. Von allen Kühen wurden folgende Daten erfasst und nachfolgende Parameter berechnet:

- Kaumuskelaktivität über Sensorsystem (Datenerfassungsrate 10 Hz) – Wiederkaudauer (pro Tag und pro Stunde)
- Dauer der Futteraufnahme über Wiegetröge (ereignisgesteuert, sekundengenau) – Fressdauer (pro Tag und pro Stunde)
- Aufgenommene Futtermenge über Wiegetröge (ereignisgesteuert) – Aufgenommene Futtermenge (pro Tag)
- Liegezeit in Brust- und Seitenlage über ALT-Pedometer (aufsummiert über 15 min) – Liegezeit in Brust- und Seitenlage (pro Tag und pro Stunde)
- Bewegungsimpulse über ALT-Pedometer (aufsummiert über 15 min)
- Bewegungsimpulse (pro Tag und pro Stunde)

Zunächst erfolgt die Darstellung der Tagesprofile von 12 Kühen über drei Tage gemittelt (Abb. 1).

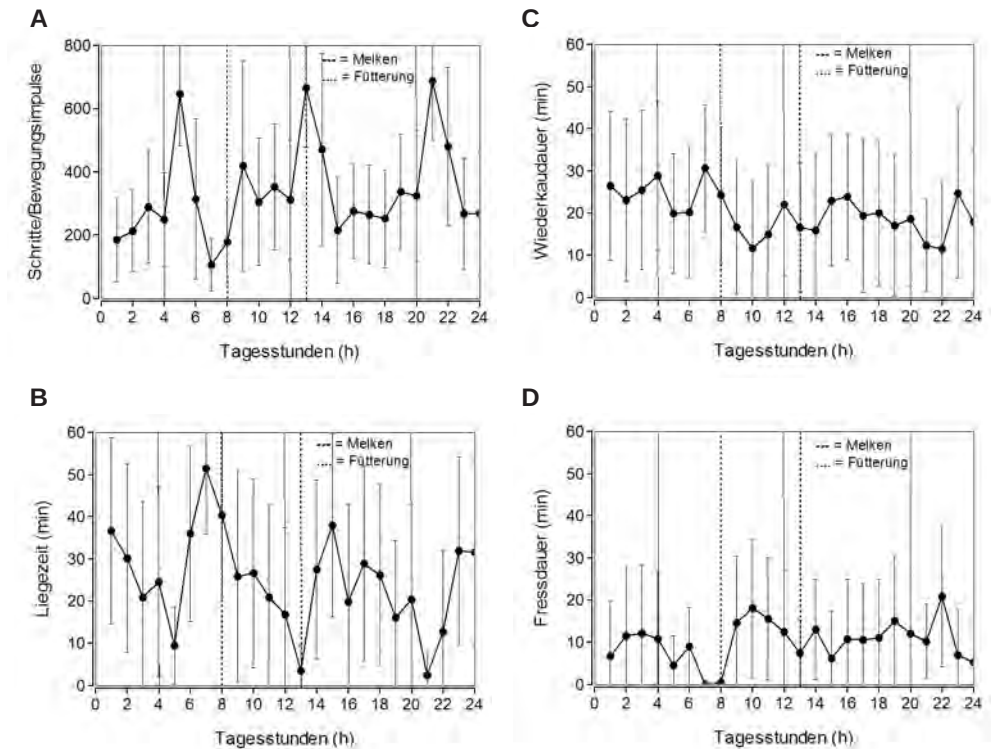


Abb. 1: Tageszeitlicher Verlauf der Aktivität (A), Liegezeit (B), Fressdauer (C) und Wiederkaudauer (D)
Fig. 1: Diurnal pattern of activity (A), lying time (B), feeding time (C) and rumination time (D)

Die Abbildungen zeigen, dass Liege- und Aktivitätsverhalten (A, B) ihre jeweiligen Maxima und Minima, wie zu erwarten, gegensätzlich zeigen in Abhängigkeit von Fütterungs- und Melkzeiten. Hauptaktivitätszeiten liegen hier unmittelbar während der Melkzeiten und nach der Futtervorlage, während sich die ruhigsten Phasen in der Nacht und in den frühen Morgenstunden zeigen. Fressdauer und Wiederkaudauer (C, D) zeigen ein homogeneres Bild, weisen aber ebenfalls Unterschiede in ihren Maxima und Minima auf. Alle Ergebnisse lassen eine große Variabilität erkennen, was überwiegend auf die tierindividuellen Variationen zurückzuführen ist. Die Tabellen 1 und 2 zeigen die Tageswerte von Fressdauer, Futteraufnahme, Wiederkaudauer, Aktivität und Liegezeit aller Tiere. Da die Pedometer nur in 15-minütigen Intervallen die Liegezeit in Brust- und Bauchlage als Summation erfassen, konnte ein sekunden- oder minutengenauer Abgleich zwischen Wiederkaudauer, Aktivität und Liegezeit nicht erfolgen. Dargestellt wurde daher die positive Differenz zwischen der Wiederkaudauer pro Tag zur Liegezeit pro Tag. Diese Differenz entspricht der Zeit, die die Kuh mindestens im Stehen wiedergekaut hat.

Die Tabellen zeigen, dass die Verhaltensweisen bereits in der Tageszusammenfassung tierindividuelle Variationen unterschiedlicher Ausprägung im Zeitverlauf aufweisen. Des Weiteren zeigen sich deutliche Unterschiede in den einzelnen Verhaltensweisen zwischen den einzelnen Tieren. Betrachtet man den Zusammenhang zwischen Liegedauer und Wiederkaudauer zeigt sich ebenfalls, dass eine generelle Aussage nicht sinnvoll ist, so verbringen einige Kühe mehr als 50 % ihrer täglichen Wiederkaudauer im Stehen, während andere fast ausschließlich dabei liegen.

Tab. 1: Fressdauer, Futteraufnahme und Wiederkaudauer pro Tag

Tab. 1: Daily feeding time, feed intake and rumination time

Tier Nr.	Fressdauer h			Futteraufnahme kg FM			Wiederkaudauer h		
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 1	Tag 2	Tag 3
1	1,95	2,71	2,29	47,76	61,5	54,99	5,23	6,75	6,06
2	3,37	3,54	3,61	48,03	42,41	47,04	7,51	7,89	6,61
3	5,61	5,33	4,80	47,09	50,35	44,87	5,12	5,19	4,80
4	4,36	4,13	4,55	55,71	46,75	51,08	10,25	10,48	9,16
5	4,20	3,86	3,89	46,59	56,2	56,3	10,35	10,28	9,92
6	3,49	3,73	3,00	41,25	59,34	51,16	9,43	9,82	9,25
7	3,28	3,30	3,51	43,44	52,47	53,93	8,54	10,42	6,03
8	3,50	3,78	3,38	46,48	51,43	49,89	9,13	9,28	9,19
9	4,58	4,48	4,16	54,3	53,85	53,01	9,25	8,22	7,92
10	4,09	3,35	3,72	56,33	51,99	62,45	7,98	9,99	9,06
11	3,15	3,59	3,08	50,09	57,87	46,21	9,57	8,24	7,74
12	5,12	4,52	4,70	54,81	51,32	50,36	8,88	9,20	6,11

Tab. 2: Bewegungsimpulse, Liegezeit und Wiederkaudauer im Stehen pro Tag

Tab. 2: Daily movements, lying time and rumination time when standing

Tier Nr.	Bewegungsimpulse			Liegezeit			Wiederkaudauer pro Tag im Stehen		
	Aktivität			h			%		
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 1	Tag 2	Tag 3
1	5946	6144	5942	14,11	10,85	11,93	3,00	21,42	7,06
2	6330	5806	5848	13,90	13,64	11,50	13,31	16,30	20,85
3	5555	6739	6219	7,34	6,43	8,13	84,03	64,38	70,98
4	9054	9791	9454	10,55	11,73	11,13	29,98	27,57	17,79
5	9398	10383	10685	6,79	5,81	5,32	65,78	65,85	67,75
6	8831	10507	10834	10,40	9,22	8,58	43,07	47,51	62,34
7	5555	6739	6219	7,34	6,43	8,13	66,42	70,62	63,27
8	8751	8584	10167	11,86	11,41	9,84	26,21	16,28	36,96
9	9280	13457	9994	10,22	7,55	9,89	48,23	39,22	28,86
10	7203	6111	6994	8,96	11,33	10,13	32,07	19,06	34,81
11	7318	7873	7725	12,80	11,38	11,03	11,78	21,18	20,52
12	9993	9353	9196	10,26	8,90	10,43	18,47	25,29	19,59

4 Diskussion

Ziel der Arbeit war, das Fress- und Wiederkauverhalten tierindividuell über längere Zeitspannen zu erfassen und in Zusammenhang mit anderen Verhaltensweisen zu betrachten. Anhand von detaillierten Tagesprofilen sollen damit Modelle entwickelt werden, die Einordnung und Bewertung der Daten im Hinblick auf mögliche Problemlagen ermöglichen. Die Datenauswertung zeigte, dass das Sensorsystem grundsätzlich gut in der Lage ist, das Fress- und Wiederkauverhalten zu erfassen und weist im Hinblick auf andere Monitoringsysteme wie z.B. Pedometer eine bessere zeitliche Auflösung auf (Echtzeit) und einen geringeren infrastrukturellen Aufwand wie die Wiegetröge. Die Betrachtung der Tagesprofile weist Abhängigkeiten auf im Hinblick auf das Fütterungs- und Haltungsregime, wie es auch in der Literatur beschrieben wird (DEVRIES et al. 2003, DEVRIES und KEYSERLINGK 2005). Weiterhin beeinflussen diurnale Faktoren das Verhalten der Kühe (FREGONESI et al. 2007), was ebenfalls erkennbar ist. Es zeigten sich große tierindividuelle Unterschiede zwischen den Kühen, die für die weiterführende Modellentwicklung berücksichtigt werden müssen.

Literatur

- Azizi, O.; Kaufmann, O.; Hasselmann, L. (2009): Relationship between feeding behaviour and feed intake of dairy cows depending on their parity and milk yield, *Livestock Science* 122, 156–161
- Azizi, O.; Kaufmann, O.; Hasselmann, L. (2007-): Relationship between feeding behaviour and feed intake of dairy cows depending on their parity and milk yield, *Livestock Science* 122, 156–161
- DeBoever, J.L.; Andries, J.I.; DeBrabander, D.L.; Cottyn, B.G.; Buysse, F.N. (1990): Chewing activity of ruminants as a measure of physical structure - A review of factors affecting it. *Animal Feed Science and Technology* 27, 281-291
- DeVries, T.J.; Keyserlingk von, M.A.G.; Beauchemin, K.A., (2003): Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 4079-4082
- DeVries, T.J.; Keyserlingk von, M.A.G., (2005): Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 625-631
- DeVries, T.J.; Beauchemin, K.A.; Dohme, F.; Schwartzkopf-Genswein, K.S. (2009): Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feeding, ruminating, and lying behaviour, *J. Dairy Sci.* 92, 5067-5078
- Fregonesi, J.A.; Tucker, C.B.; Weary, D.M. (2007): Overstocking reduces lying time in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 3349-3354

Reaktionen von liegenden Milchkühen beim Einsatz eines Spaltenroboters

Reactions of lying dairy cows during the operation of a robotic slat cleaner

ANNA STÜLPNER¹, STEFANIE ADEILI², BERNHARD HAIDN², RENATE DÖRFLER³,
HEINZ BERNHARDT³

¹ Laufenau 1, 84172 Buch am Erlbach; hacklanna85@aol.com

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

³ Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2,
85354 Freising

Schlüsselwörter: Spaltenroboter, Milchkühe, Tierverhalten

Keywords: robotic slat cleaner, dairy cows, animal behavior

Zusammenfassung

Spaltenroboter bewegen sich bei der Entmistung in unmittelbarer Nähe der Milchkühe. In der vorliegenden Studie wurde u. a. untersucht, welchen Einfluss der Einsatz eines Spaltenroboters auf die liegenden Tiere hat; dazu wurden anhand von Videoaufzeichnungen deren Reaktionen analysiert. Der geringe Anteil von 2,7 % an eindeutigen Reaktionen der liegenden Kühe auf den Spaltenroboter sowie die tatsächliche Entfernung zwischen den Kühen und dem Spaltenroboter als wichtigste Einflussgröße auf die Einzeltierreaktionen wiesen auf eine gute Adaptation der Milchkühe an das Gerät hin. Bei der Betrachtung der gesamten Kuhherde zeigte sich, dass die Zahl liegender Kühe bei fahrendem Spaltenroboter tendenziell etwas zurückging.

Summary

During manure removal, robotic slat cleaners move in close proximity to dairy cows. The present study i. a. investigated the influence of a robotic cleaner on the lying animals by video recording and analyzing their reactions. As most important influence factors concerning individual animal reactions, the small proportion of 2.7 % of marked reactions by lying cows to the slat robot as well as the actual distance between the cows and the slat robot, indicated a good adaption of dairy cows to the equipment. Observation of the complete herd of cows demonstrated that in tendency the number of lying animals was slightly decreasing while the robotic slat cleaner was operating.

1 Einleitung

Die Automatisierung in deutschen Milchviehbetrieben schreitet ständig voran. Spaltenroboter werden dabei häufig zusammen mit automatischen Melksystemen (AMS) installiert (HARMS und WENDL 2009). Es handelt sich hierbei um eine relativ neue Technik, die in unmittelbarer Nähe der Tiere eingesetzt wird. Daher soll untersucht werden, welche Auswirkungen der Technikeinsatz auf liegende Einzeltiere bzw. auf die liegenden Kühe einer ganzen Tiergruppe hat.

Generell halten Rinder aufgrund ihrer Rangordnung zu jedem Artgenossen eine gewisse Individualdistanz ein, die sie auch gegenüber Menschen zeigen (SAMBRAUS, 1978). Je nach Rangunterschied kann diese zwischen 0,5 und 3,0 m (Kopfabstand) betragen (SCHRADER und MAYER 2005). Wird die Individualdistanz unterschritten, so kommt es zu einer Reaktion der Tiere (SAMBRAUS 1978). Nimmt ein Rind eine bedrohliche Situation wahr, so wird sein Körper in Alarmbereitschaft versetzt und es können schnelle Reaktionen wie Flucht oder auch Kampf folgen (SAMBRAUS 1991).

Empfinden Rinder eine Situation oder einen Gegenstand primär als nicht bedrohlich, so kann Erkundungsverhalten wie Beriechen oder Belecken beobachtet werden (WINCKLER 2009).

Weiterhin wird das Verhalten von Rindern durch ihre Motivation beeinflusst. Die Tiere wählen und steuern ihr Verhalten danach, welche Konsequenzen sie zu erwarten haben. Dabei spielen sowohl interne als auch externe Einflüsse eine Rolle. Rinder können auch bestimmte Verhaltensweisen in Bezug auf bestimmte Objekte oder Geräusche erlernen. Dadurch ist es ihnen möglich sich an geänderte Umweltbedingungen anzupassen (WENNRICH 1978, BORELL, 2009, WINCKLER 2009).

2 Material und Methoden

Die Datenerfassung erfolgte mithilfe von Videoaufzeichnungen auf einem Praxisbetrieb mit ca. 120 melkenden Kühen (Holstein Friesian und Red Holstein). Die Tiere waren in einem Laufstall (zwei Leistungsgruppen) mit AMS, abgetrennten Liegebereichen und automatischer Fütterung untergebracht. Beim eingesetzten Spaltenroboter handelte es sich um das Modell RS250 der Fa. DeLaval, der mit einem 1,10 m breiten Schiebeschild ausgestattet war. Dieser war zum Zeitpunkt der Videoaufzeichnungen etwa ein halbes Jahr in Betrieb.

Für die Erfassung der Einzeltierreaktionen wurde der Stall mit einem Rastersystem, das sich an die Liegeboxenaufteilung anlehnte, unterteilt. Somit konnten die genauen Positionen des Spaltenroboters und der betroffenen Kühe (15 umliegende Felder) bestimmt werden. Während sich der Roboter von einer Position zur nächsten bewegte, wurden alle Reaktionen (30 Möglichkeiten) der einzelnen Kühe erfasst. Anschließend wurden diese dann sechs Reaktionsgruppen („keine Reaktion“, „sonstige Reaktionen“, „Kontakt“, „Ausweichen“, „Elemente des Fluchtverhaltens“ und „Elemente des Erkundungsverhaltens“) zugeordnet.

Dabei konnten 17.069 Datensätze von 3.800 liegenden Kühen erfasst werden. Durchschnittlich wurde somit jedes Tier pro Fahrt des Roboters etwa 4,5-mal betrachtet.

Anhand dieser Daten wurde der Einfluss der fünf Faktoren, Fütterungshäufigkeit, Leistungsstand der Tiergruppe, Anwesenheit von Personal, Roboterposition am Laufgang (gleiche oder gegenüberliegende Seite oder Mitte) und Abstand zwischen Roboter und Kühen entlang des Laufgangs auf die Reaktionen der Kühe mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests untersucht.

In einer weiteren Videoanalyse wurde das Verhalten zweier Tiergruppen mit und ohne fahrenden Spaltenroboter betrachtet (Gruppenreaktionen). Bei der Datenerhebung wurde zu Beginn und Ende jeder analysierten Fahrt des Roboters die Anzahl liegender Kühe notiert. Die hierbei ermittelten Werte wurden anschließend mithilfe des t-Tests auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Werten mit und ohne fahrenden Spaltenroboter geprüft.

3 Ergebnisse

3.1 Einzeltierreaktionen

Bei der Verteilung der sechs Reaktionsgruppen zeigte sich, dass keine Elemente des Fluchtverhaltens bzw. nur zwei Elemente des Erkundungsverhaltens beobachtet werden konnten. In 97,3 % der Fälle konnte keine bzw. keine eindeutige Reaktion der Kühe auf den Spaltenroboter festgestellt werden. Lediglich bei 2,7 % (456 Reaktionen) der Beobachtungen kam es zu einem Ausweichen der Kühe.

Eine Möglichkeit des Ausweichens war das Aufstehen der Milchkühe, das während der fünf Versuchstage 132-mal erfasst wurde. Dies entsprach 28,9 % aller beobachteten Ausweichreaktionen.

Des Weiteren zeigten die Auswertungen hinsichtlich der fünf Einflussfaktoren, dass die Fütterungshäufigkeit sowie der Leistungsstand der Gruppe keinen signifikanten ($p < 0,05$) Einfluss auf die Reaktionen der liegenden Milchkühe hatten. Bei der Anwesenheit von Personal hingegen ergab sich eine signifikante ($p < 0,01$) Abhängigkeit. Weiterhin waren die Reaktionen der liegenden Kühe hoch signifikant ($p < 0,001$) abhängig von der Roboterposition am Laufgang und dem Abstand zwischen Roboter und Tier.

Das Aufstehen der Kühe konnte beispielsweise zu knapp 80 % (103 Reaktionen) bei der Fahrt des Roboters entlang derselben Liegeboxenreihe, in der das Tier lag, beobachtet werden.

In welchem Abstand zum Spaltenroboter, entlang des Laufgangs gesehen, die Kühe vermehrt aufstanden, ist aus Abbildung 1 ersichtlich.

Es zeigt sich sehr deutlich, dass fast die Hälfte der Kühe dann aufstand, wenn sich der Roboter auf gleicher Höhe mit ihnen befand. Je Größer der Abstand war, desto seltener kam es zum Aufstehen der Milchkühe.

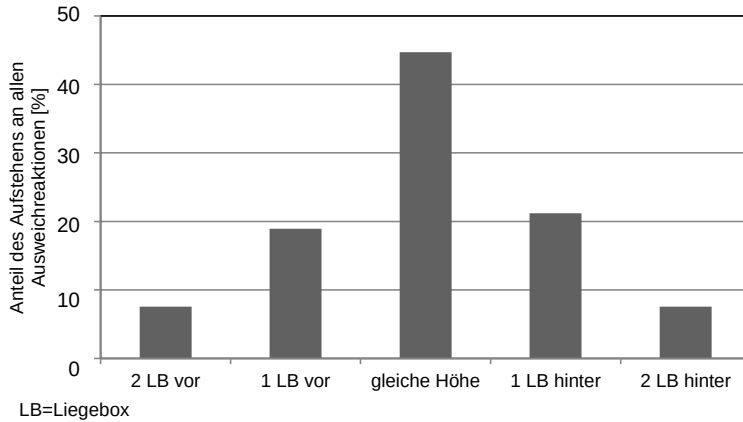


Abb. 1: Prozentuale Verteilung der Ausweichreaktion „Aufstehen“ in Abhängigkeit des Abstands zwischen Kuh und Roboter

Fig. 1: Percentage distribution of the evasion reaction „getting up“ depending on the distance between cow and robot

3.2 Gruppenreaktionen

Abbildung 2 zeigt wie sich die Zahl der liegenden Kühe während der jeweiligen Beobachtungszeiträume veränderte.

Tendenziell zeigte, sich, dass die Zahl der liegenden Kühe geringer ausfiel, wenn der Spaltenroboter in Bewegung war. Allerdings gab es auch zwei Teilrouten, bei denen

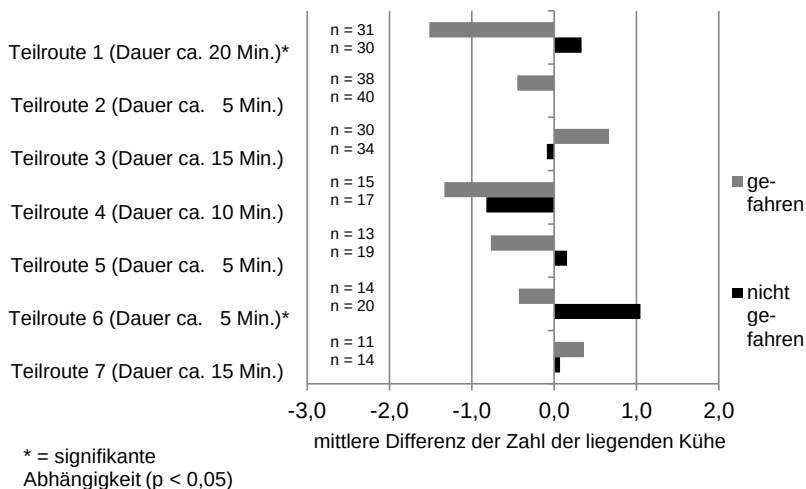


Abb. 2: Mittlere Differenzen der Zahl der liegenden Kühe in Abhängigkeit des Betriebs des Spaltenroboters

Fig. 2: Mean differences of the numbers of lying cows depending on the use of the robotic slat cleaner

nach der Fahrt des Roboters durchschnittlich mehr Kühe in den Liegeboxen lagen als in den Zeiten ohne Roboterbetrieb. Bei zwei Teilrouten, die entlang der Liegeboxenkanten verliefen, gab es signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede.

4 Diskussion

4.1 Einzeltierreaktionen

Der sehr geringe Anteil von nur 2,7 % an Reaktionen, die eindeutig dem Einfluss des Roboters zuzuordnen waren, spricht dafür, dass eine gute Adaptation der liegenden Milchkühe an den Spaltenroboter stattgefunden hatte. Wie eingangs beschrieben, können Rinder ihr Verhalten danach steuern, welche Konsequenzen sie erwarten (WENNRICH 1978, BORELL 2009, WINCKLER 2009). Die Tiere schienen nur in einem geringen Maße negative Erfahrungen mit dem Spaltenroboter zu verbinden. Daher reagierten sie lediglich mit Ausweichverhalten und keinem Fluchtverhalten auf das Gerät. Fast genauso häufig, wie die liegenden Tiere dem Roboter auswichen, duldeten sie auch einen direkten Kontakt (416 Beobachtungen) mit dem Gerät, das sie beim Vorbeifahren teilweise massiv berührte bzw. leicht zur Seite schob. Dies lässt vermuten, dass die liegenden Kühe den Spaltenroboter durchaus auch als ungefährlich einstufen.

Im Zusammenhang mit den fünf Einflussfaktoren zeigte sich, dass vor allem die Entfernung zwischen Kuh und Spaltenroboter (Roboterposition am Laufgang und Abstand Tier-Technik) einen großen Einfluss auf die beobachteten Reaktionen hat. Dies lässt sich auf die Individualdistanz der Kühe zurückführen. Wird diese unterschritten, so kommt es in der Regel zu einer Reaktion der Tiere (SAMBRAUS 1978). Daher reagierten auch deutlich mehr liegende Kühe je geringer die tatsächliche Entfernung zwischen ihnen und dem Roboter war. Vergrößerte sich hingegen der Abstand zwischen den liegenden Milchkühen und dem Spaltenroboter, so konnten immer weniger Reaktionen der Tiere auf das Gerät beobachtet werden.

Ebenso können die vorgefundenen Ergebnisse auch mit der Anpassung der Tiere an ihre Umwelt in Verbindung gebracht werden (WENNRICH 1978). Die Kühe hatten gelernt, dass nur unter gewissen Voraussetzungen Reaktionen ihrerseits erforderlich waren. Dies war beispielsweise dann der Fall, wenn sich ihre Hinterbeine am Laufgang befanden und der Roboter gleichzeitig auf sie zu fuhr. In dieser Situation mussten die Tiere mit einem Hochnehmen bzw. Anziehen der Beine reagieren, um einen Kontakt mit dem Spaltenroboter zu vermeiden. Wenn allerdings einer der beiden Faktoren nicht erfüllt war, lässt sich schlussfolgern, dass die Motivation der Milchkühe eine Bewegung auszuführen deutlich sank.

4.2 Gruppenreaktionen

Die Ergebnisse der Gruppenreaktionen zeigten, dass die Zahl der liegenden Kühe beim Betrieb des Spaltenroboters tendenziell eher sank. Jedoch kam es auch dazu, dass nach der Fahrt des Spaltenroboters durchschnittlich mehr Kühe lagen als zuvor. Insgesamt kam es jedoch mit und ohne fahrenden Spaltenroboter nur zu sehr geringen Änderungen in der Anzahl der liegenden Kühe. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Einzeltierreaktionen, bei denen das Aufstehen der Kühe nur sehr vereinzelt beobachtet

werden konnte, lässt sich vermuten, dass das Liegeverhalten und vor allem die Liegedauer durch den Spaltenroboter nicht negativ beeinflusst wurden. Dies deckt sich auch mit den Erkenntnissen einer parallel durchgeführten Studie, die zeigte, dass die Kühe des Versuchsbetriebs mittlere Liegezeiten von durchschnittlich 12 Stunden pro Tag aufwiesen (OBERSCHÄTZL 2012).

5 Schlussfolgerungen

Aufgrund der vorgefundenen Reaktionen kann der Einsatz eines Spaltenroboters im Liegebereich von Milchkühen grundsätzlich als unbedenklich eingestuft werden. Insgesamt schenkten die liegenden Milchkühe der Technik nur geringe Aufmerksamkeit, woraus sich folgern lässt, dass sich die Tiere offensichtlich sehr gut mit der eingesetzten Technik arrangieren konnten.

Die geringe Anzahl an Ausweichreaktionen (v. a. Aufstehen der Kühe) und die geringen Unterschiede zwischen den mittleren Differenzen an liegenden Tieren mit und ohne Betrieb des Spaltenroboters stärken die Annahme, dass das Liegeverhalten der Kühe durch die Technik nicht negativ beeinflusst wird.

Literatur

- Borell von, E. (2009): Grundlagen des Verhaltens. In: Hoy, S. (2009): Nutztierethologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhaltung – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen. In: Wendl, G. (2009): Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, LfL Schriftenreihe Nr. 14, S. 15-35
- Oberschätzl, R. (2012): Untersuchungen zum Verhaltensmuster von Milchkühen bei Automatischer Fütterung und Automatischem Melksystem – Vergleich verschiedener methodischer Ansätze zur Erfassung des Verhaltens, Masterarbeit, Technische Universität München
- Sambras, H.H. (1978): Rind. In: Sambras, H.H. (1978): Nutztierethologie, Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere – Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis, Verlag Paul Parey, Berlin
- Sambras, H.H. (1991): Streß. In: Sambras, H.H. (1991): Nutztierkunde, Biologie, Verhalten, Leistung und Tierschutz, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Schrader, L.; Mayer, C. (2005): Verhalten. In: Brade, W.; Flachowsky, G. (2005): Rinderzucht und Milcherzeugung – Empfehlungen für die Praxis, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 289, S. 65-77
- Wennrich, G. (1978): Anpassungsfähigkeit. In: Sambras, H.H. (1978): Nutztierethologie, Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere – Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis, Verlag Paul Parey, Berlin
- Winckler, C. (2009): Verhalten der Rinder. In: Hoy, S. (2009): Nutztierethologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Entwicklung eines Steuerungsmoduls zur autonomen Führung eines Selbstfahrer-Futtermischwagens

Development of a control unit for the autonomous guidance of an automotive fodder mixing vehicle

STEFANIE ADEILI¹, BERNHARD HAIDN¹, MARKUS ROBERT²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; bernhard.haidn@lfl.bayern.de

² Technische Universität Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig

Schlüsselwörter: Automatisierung, Milchkühe, Fütterungstechnik
Keywords: automation, dairy cows, feeding technology

Zusammenfassung

Aufgrund struktureller Veränderungen hin zu größeren Viehbeständen bei gleichbleibender oder sogar rückläufiger Arbeitskapazität setzen Milchviehbetriebe immer stärker auf die Mechanisierung und Automatisierung verschiedener Arbeitsgänge. Aus diesem Grund startete 2012 ein Projekt, das im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung gefördert wurde. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Steuerungsmoduls zur autonomen Führung eines Selbstfahrer-Futtermischwagens. Mittlerweile sind das Gerät und die Steuerung so weit entwickelt, dass erste Tests unter Praxisbedingungen stattfinden konnten. Diese Tests zeigten, dass sowohl die Routengenauigkeit als auch die Genauigkeit des Futteraustrags und die Arbeitssicherheit im weiteren Entwicklungsprozess verbessert werden müssen.

Summary

Due to structural developments, which cause a growing livestock per farm while labor capacity is consistent or even decreasing, dairy farms tend to mechanize and automate different working steps. Therefore a project funded by the German Federal Office for Agriculture and Food within the Program for Innovation, started in 2012 to develop a control unit for the autonomous guidance of automotive fodder-mixing-vehicles. Meanwhile first steps have been realized and the machine is able to do the basic tasks. However the tests under real conditions conducted up to now showed, that the accuracy of the route guidance and of the feed dispensation as well as the operational safety need to be improved in the further development process of the vehicle.

1 Einleitung

Aufgrund struktureller Veränderungen hin zu größeren Viehbeständen bei gleich bleibender oder sogar rückläufiger Arbeitskapazität setzen Milchviehbetriebe immer stärker auf die Mechanisierung und Automatisierung verschiedener Arbeitsgänge. Nach dem Melken und der Versorgung der Nachzucht nimmt das Füttern in bayerischen Milchviehbetrieben mit 11 % des Arbeitszeitbedarfes für die Innenwirtschaft den drittgrößten Arbeitsblock ein (HAIDN und MACUHOVA 2009). Somit birgt die Automatisierung der Fütterung ein weiteres großes Potenzial hinsichtlich der Einsparung von Arbeitszeit (HARMS und WENDL 2009). Automatische Fütterungssysteme (AFS) gewinnen deshalb insbesondere unter dem Aspekt der Arbeitserleichterung, -flexibilisierung und -einsparung mehr und mehr an Bedeutung.

Mittlerweile sind AFS in verschiedenen Ausführungen von zahlreichen Firmen erhältlich. Die verschiedenen AFS-Ausführungen können in drei Gruppen unterteilt werden (HAIDN et al. 2013):

Automatisierungsstufe 1 (automatische Futterverteilung): Das Futter wird durch ein Förderband oder einen mobilen oder schienengeführten Verteilwagen am Futtertisch ausgeteilt. Die Befüllung eines stationären Mischers erfolgt nach wie vor personengebunden.

Automatisierungsstufe 2 (halb automatische Fütterung): Die Futterverteilung und das Befüllen eines mobilen oder stationären Mischers erfolgt automatisch. Allerdings werden die Mischer über Vorratsbehälter für die verschiedenen Futtermittel (Heu, Stroh Silagen) befüllt, die wiederum personengebunden nachgefüllt werden müssen. Laut Herstellerangaben sollten die Vorratsbehälter je nach Umgebungstemperatur, Futterhygiene und Größe des Vorratsbehälters nach ein bis drei Tagen nachgefüllt werden.

Automatisierungsstufe 3 (voll automatische Fütterung): Die Entnahme der Silagen erfolgt aus Tiefsilos mithilfe von Obenentnahmefräsen, die die Silagen in einen stationären Mischer transportieren. Weitere Futterkomponenten (Heu, Stroh, Kraftfutter) werden aus Vorratsbehältern bzw. Silos in den Mischer befördert. Nach dem Mischen erfolgt die Verteilung des Futters am Futtertisch über Förderbänder oder stationäre bzw. mobile Verteilwagen.

Um den kompletten Fütterungsprozess analog zu Automatisierungsstufe drei zu automatisieren, gibt es Bestrebungen einiger Firmen, in die autonome Steuerung von Selbstfahrer-Futtermischwägen zu investieren. Der Unterschied zwischen AFS und autonomen Selbstfahrer-Futtermischwägen besteht darin, dass sich die Selbstfahrer-Futtermischwägen frei auf dem Betriebsgelände bewegen und nicht an Schienen oder Induktionsschleifen fixiert sind. Aus diesem Grund gestaltet sich die Automatisierung des gesamten Fütterungsprozesses auf diesem Weg relativ schwierig. Daneben herrschen auf landwirtschaftlichen Betrieben bzw. im Outdoorbereich häufig undefinierte Umweltbedingungen (Schnee, Regen, Nebel, Sonneneinstrahlung), und auch die Bodenbeläge sind sehr unterschiedlich gestaltet (Schotter, Beton, Teer, Schlaglöcher, Steigungen), was sich negativ auf die Funktionsfähigkeit der Sensoren auswirken kann. Das mit größte Hindernis auf dem Weg zur Markteinführung stellt jedoch der Personenschutz bzw. die Arbeitssicherheit dar, da derzeit noch keine zertifizierten Personenschutzsysteme für den Outdoorbereich existieren.

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderten Verbundprojektes wird daher in einer Kooperation von zwei Forschungseinrichtungen (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), TU Braunschweig) und einem mittelständischen Unternehmen (Fa. Hirl Misch- und Anlagentechnik GmbH & Co. KG) ein Steuerungsmodul zur autonomen Führung eines Selbstfahrer-Futtermischwagens entwickelt. Der Futtermischwagen soll zunächst in erster Linie von einer definierten Startposition autonom zum Futtertisch fahren und dort eine im Mischbehälter befindliche Ration mehrmals täglich austeilen. Neben der Koordination des Projektes ist die LfL für den Test des Gerätes unter Praxisbedingungen zuständig.

2 Material und Methoden

Zu Beginn des Projektes wurde zunächst ein Anforderungsprofil entwickelt:

Der Selbstfahrer-Futtermischwagen soll die bereits im Behälter befindliche Futtermischung mehrmals täglich nach vorgegebenem Stundenplan am Futtertisch austeilen. Er startet dabei aus einem Ruhezustand von einer Parkposition aus und beendet seine Fahrt dort auch wieder. Im Milchviehbetrieb ist dabei folgendes Fütterungskonzept vorgesehen:

- Personengebundenes Befüllen des Mischwagens
- Personengebundene Fütterung der Tiergruppen Jungvieh, Trockensteher etc.
- Autonome Fütterung der laktierenden/hochleistenden Kühe mehrmals täglich

Im Anschluss daran wurde ein Selbstfahrer-Futtermischwagen der Fa. Hirl um verschiedene Not-Aus-Systeme, ein Kollisionsschutzsystem (Advanced Object Detection System (AOS), Fa. Sick) sowie einen Laserscanner zur Orientierung erweitert (Abb. 1).



Abb. 1: Selbstfahrer-Futtermischwagen mit den angebrachten Sensoren (1 = Laserscanner zur Orientierung, 2 = Not-Aus-Systeme, 3 = Advanced Object Detection System (AOS))

Fig. 1: Autonomous automotive fodder mixing vehicle with applied sensors (1 = Laser scanner for the orientation, 2 = Emergency stop systems, 3 = Advanced object detection system (AOS))

Daneben wurde die Steuerung auf Basis von Laserscannerdaten, Odometrie und inertialer Messeinheit entwickelt. Nach einigen Testfahrten auf dem Betriebsgelände der Fa. Hirl konnte das Gerät am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum (LVFZ) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Achselschwang im Sommer 2014 in einer ersten Versuchsphase getestet werden. Ziel der Versuchsphase war es, Erkenntnisse für die interne Weiterentwicklung des Gerätes zu gewinnen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Versuchsphase.

Tab. 1: Überblick über die Versuchsphase
 Tab. 1: Overview of the investigation period

Versuchszeitraum <i>Testing period</i>	23.06.2014 – 11.07.2014 06/23/2014 – 07/11/2014
Anzahl der Testfahrten <i>Amount of test rides</i>	15 15
Untersuchte Parameter <i>Investigated parameters</i>	Genauigkeit des Futteraustrags <i>Accuracy of the feed dispensation</i> Routengenauigkeit <i>Route accuracy</i> Arbeitssicherheit / Test der Not-Aus-Systeme und des AOS <i>Operational safety / test of the emergency stop systems and of the AOS</i>

Zu Beginn der Testphase wurde über die Steuerung eine Route einprogrammiert, die über die gesamte Versuchsphase nicht verändert wurde. Das Fahrzeug startete von einer Startposition aus, fuhr zum Futtertisch, teilte dort die im Mischbehälter befindliche Ration auf 60 m Länge aus und fuhr im Anschluss wieder zurück zur Startposition. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Routenführung.

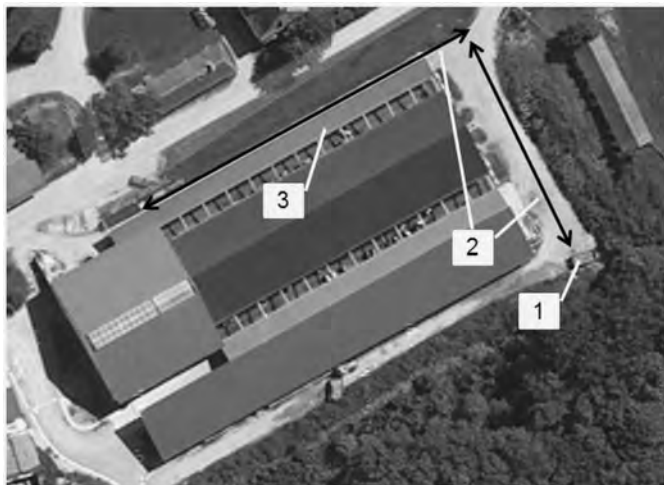


Abb. 2: Überblick über die Routenführung am LVFZ Achselschwang (1 = Startposition, 2 = Route, 3 = Futtertisch)

Fig. 2: Route guidance at the LVFZ Achselschwang (1 = Starting position, 2 = Route, 3 = Feed bunk)

Um die Genauigkeit des Futteraustrags zu untersuchen, wurde das Gewicht der Mischration im Futtermischwagen zu Beginn und am Ende der Fahrt festgehalten. Im Anschluss daran wurden die Differenzen zwischen Anfangs- und Endgewicht berechnet.

Für die Routengenauigkeit wurde der Boden am rechten Vorder- und am linken Hinterrad an definierten Punkten markiert, während der Futtermischwagen mehrmals die gleiche Route abfuhr. Im Anschluss wurden die Abstände zwischen den Markierungen gemessen und notiert.

Das AOS sowie die Not-Aus-Systeme wurden visuell getestet. Verschiedene Personen betätigten die Not-Aus-Systeme und bewegten sich in den Reaktionsbereich des AOS, während die Reaktionen des Fahrzeugs mithilfe von Videokameras dokumentiert wurden.

3 Ergebnisse

Es stellte sich in allen Bereichen heraus, dass im weiteren Entwicklungsprozess noch Verbesserungen an der Steuerung und am Fahrzeug vorgenommen werden müssen. Beim Futteraustrag war die ausgeteilte Menge auf dem 60 m langen Futtertisch abhängig von der Menge an Mischration, die sich im Mischbehälter befand (Abb. 3).

Je weniger Futter sich im Behälter befand, desto mehr wurde ausgeteilt. Die ausgeteilte Menge variierte von ca. 1.200 kg bei ca. 4.000 kg im Mischer, bis zu 2.200 kg bei ca. 2.500 kg im Mischer. In der weiteren Entwicklung ist hier geplant, die Waage des Futtermischwagens in die Steuerung einzubinden, um einen genauen Futteraustrag pro gefahrener Strecke zu erreichen. Bezüglich der Routengenauigkeit lag die Distanz zwischen der mehrmals abgefahrenen Route im Mittel bei 0,17 m (Abb. 4). Allerdings lagen Ausreißer sogar bei über 0,50 m. Das Fahrzeug soll zukünftig auf verschiedenen Milchviehbetrieben eingesetzt werden und muss enge Durchfahrten und Kurven passieren können. Hierbei sind Genauigkeiten von < 0,10 m erforderlich.

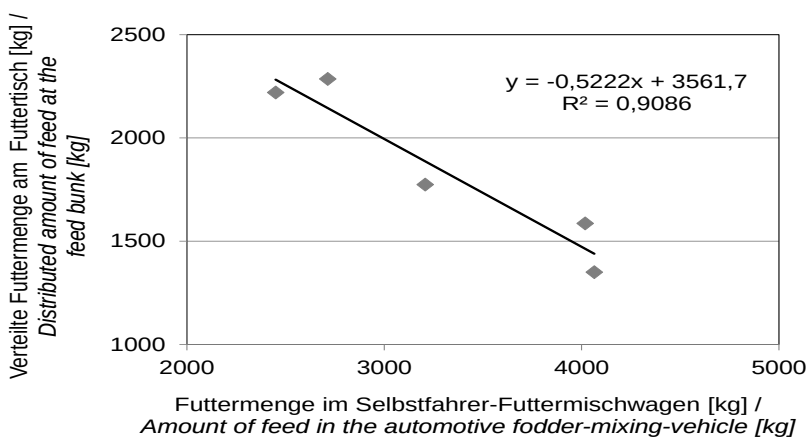


Abb. 3: Genauigkeit des Futteraustrags auf einer konstanten Strecke von 60 m (n = 5)

Fig. 3: Accuracy of the feed dispensation at the feed bunk on a constant length of 60 m (n = 5)

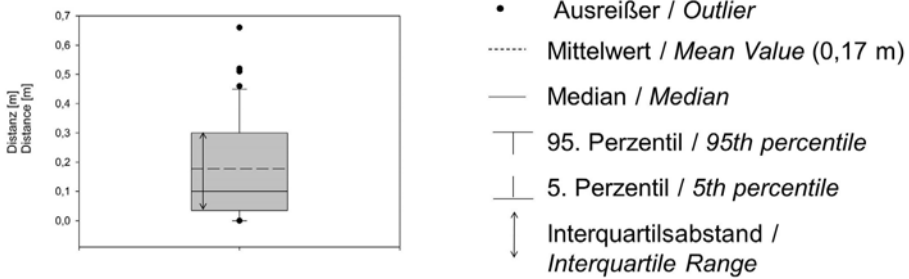


Abb. 4: Routengenauigkeit (n = 58)

Fig. 4: Route accuracy (n = 58)

Die Routengenauigkeit muss daher verbessert werden. Damit der Laserscanner oberhalb des Fahrzeugs die exakte Position des Fahrzeugs feststellen kann, sollen Reflektorbaken an definierten Stellen des Betriebes angebracht werden.

Die Not-Aus-Systeme funktionierten in allen Tests problemlos. Das AOS erfüllte seine Aufgabe auf ebenen und flachen Strecken ebenfalls sehr gut. Das Fahrzeug wurde angehalten, sobald sich Personen in den Einflussbereich bewegten und es startete wieder, sobald der Einflussbereich des AOS wieder frei war. Allerdings ergaben sich Probleme beim Befahren von Rampen. In diesen Fällen detektierten die Laserscanner unterhalb des Fahrzeugs den Boden als Hindernis und das Fahrzeug wurde gestoppt. Hinsichtlich der Arbeitssicherheit/des Personenschutzes ist es notwendig mit Hilfe einer Risikoanalyse ein Sicherheitskonzept für das Fahrzeug zu entwickeln.

Literatur

Haidn, B.; Macuhova, J.; Maier, S.; Oberschätzl, R. (2013): Automatisierung in der Milchviehhaltung in Beständen bis 200 Kühen, In: 14. WGM Tagung, September 2013, Kiel

Haidn, B.; Macuhova, J. (2009): Arbeitsentwicklung in bayerischen Milchviehbetrieben- Analyse und Entwicklung, In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, LfL Schriftenreihe Nr. 14, 37-53, http://www.lfl.bayern.de/itt/forschung/38119/2009_lflschrift_14.pdf, Zugriff am 10.05.2013

Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhaltung. In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, LfL Schriftenreihe Nr. 14, 16-35, http://www.lfl.bayern.de/itt/forschung/38119/2009_lflschrift_14.pdf, Zugriff am 10.05.2013

DeLaval LED-Beleuchtung für Milchviehställe

DeLaval LED illumination for dairy barns

ALFRED KRÖGER, MICHAEL ENGEL

¹ DeLaval Services GmbH, Wilhelm-Bergner-Str. 3, 21509 Glinde; alfred.kroeger@delaval.com

Schlüsselwörter: LED, Stallbeleuchtung, Milchviehstall, Beleuchtung

Keywords: LED, barn illumination, dairy barn, illumination

Zusammenfassung

Die Versuche, Standard-Industrielösungen aus dem Bereich LED-Beleuchtung auch für den Kuhstall anzuwenden, sind bisher gescheitert. LED-Leuchten benötigen sehr viel Energie, um die geforderte Intensität von 150–200 Lux im Stall bereitzustellen.

Basierend auf diesen Ergebnissen hat DeLaval jetzt eine LED-Leuchte entwickelt, die primär auf die Bedürfnisse der Kuh in Bezug auf Wohlbefinden und Leistungssteigerung ausgerichtet ist und erst sekundär auf die Ausleuchtung des Umgebungsbereiches zum besseren Sehen für Mensch und Tier.

Dies führt zu einer Energieeinsparung von bis zu 75 % gegenüber Hochdruckentladungslampen und sichert weiterhin den Melatonineffekt und eine ausreichende Ausleuchtung.

Summary

First tests to place industrial LED solution into the dairy barn were not very successful. The reason is that this fixtures need a lot of energy to secure the requested light intensity of 150 to 200 Lux.

Based on these findings, DeLaval has developed a solution that primarily takes the cows need in focus and secondary secures the right illuminating level for cows and human beings.

This results in energy saving of up to 75 % compared to HID solutions and secures the positive melatonin effect.

1 Allgemeines

Beleuchtung im Kuhstall dient nicht nur dem Zweck, die Umgebung zu erleuchten, damit Mensch und Tier die Umgebung sehen und sich darin ohne Gefahr bewegen können. Bereits 1978 hat man damit begonnen, den Effekt von Lichtquellen auf den Hormonhaushalt und deren Auswirkungen auf die Milchkühe zu untersuchen. Das Ergebnis dieser Studien hat gezeigt, dass der richtige Einsatz der Beleuchtung im Hinblick auf Intensität und Dauer durchaus einen positiven Effekt auf Milchkühe hat. Das Ergebnis der Studien zeigt, dass bei einem Verhältnis von 16 h/Tag Licht und 8 h/Tag Dunkelheit, bei einer Intensität von 150–200 Lux, eine Steigerung des Wohlbefindens der Tiere sowie eine Leistungssteigerung (Milchproduktion) um 7–10 % möglich ist.

Diese Studien beruhen auf Lichtquellen, die zu jener Zeit zur Verfügung standen. Die Weiterentwicklung von Lichtquellen, wie sie heutzutage vorhanden sind, eröffnen neue Möglichkeiten und Sichtweisen in Bezug auf die Beleuchtung im Milchviehstall.

LED-Technologie zur Beleuchtung ist seit einigen Jahren auf dem Vormarsch und hat sich zu einem gebräuchlichen Ersatz für konventionelle Beleuchtungsquellen etabliert. LED-Leuchtquellen bieten entscheidende Vorteile gegenüber herkömmlichen Glühbirnen, Leuchtstoffröhren oder Hochdruckentladungslampen. Sie zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- Geringer Energiebedarf
- Lange Lebensdauer
- Sofort nach dem Einschalten 100 % Leistung
- Dimmbar

Somit liegt auch die Forderung nahe, diese neue Technologie im Milchviehstall anzuwenden.

2 Die Anforderung

LED-Beleuchtung im Milchviehstall anwenden unter Berücksichtigung des positiven Effekts von Licht auf das Wohlbefinden der Kühe und der aus dem Melatonineffekt begründeten Leistungssteigerung: Diese positiven Einflüsse sollten unbedingt erhalten werden.

3 Erste Versuche

Die Versuche, Standard-Industrielösungen aus dem Bereich LED-Beleuchtung auch für den Kuhstall anzuwenden, sind bisher gescheitert. LED-Leuchten benötigen sehr viel Energie, um die geforderte Intensität von 150–200 Lux im Stall bereitzustellen. Das führt dazu, dass keine Energie eingespart werden kann. Im ungünstigsten Fall kann der Energiebedarf gegenüber HID-Systemen, wie sie bisher als Standardlösung für Milchviehställe genutzt wurden, sogar noch steigen. Da aber die Investitionskosten für LED-Lösungen ca. 2,5-bis 3-fach höher liegen als z.B. bei HID, stellt dies weder eine profitable noch eine energiesparende Lösung dar.

Die ersten Versuche haben gezeigt, dass die Anwendung von LED-Technologie im Milchviehstall komplizierter ist als ursprünglich angenommen. LEDs strahlen das Licht nur in eine Richtung aus, während konventionelle Techniken wie z.B. Glühlampen, Leuchtstoffröhren oder Hochdruckentladungslampen die Lichtenergie über 360° ausstrahlen. Die Lichtenergie wird dann mittels Reflektoren gebündelt und in die gewünschte Richtung ausgestrahlt.

Bedingt durch die Konstruktion von Beleuchtung-LEDs ist der Einsatz von Reflektoren nicht möglich. Hinzu kommt, dass in Milchviehställen die Lampen relativ hoch montiert werden müssen. Bei Zugrundelegung der bekannten Bedingungen für eine optimale Beleuchtung im Milchviehstall, Intensität 150–200 Lux und einem Beleuchtungsprogramm von 16 Stunden Licht und 8 Stunden Dunkelheit pro Tag, hat sich gezeigt, dass eine Energieeinsparung unter diesen Bedingungen, gegenüber herkömmlichen Lichtquellen (Hochdruckentladungslampen), nicht möglich ist. Dem entgegen steht ein ca. 2,5-fach höherer Investitionsaufwand. In der Summe hat diese Lösung somit keinen positiven Effekt. Diese Erkenntnisse wurden durch 2 Studien nachgewiesen.

- 2010, University Lindköping, Sweden
- 2012, Royal Institute of Technology KTH, Sweden

4 Neue Erkenntnisse

DeLaval geht einen anderen Weg und untersucht den Effekt der unterschiedlichen Wellenlängen (Lichtfarbe) und deren Auswirkung auf Milchvieh. Zu diesem Thema ist eine Studie der Universität Wageningen in Holland veröffentlicht worden (OOSTERHOUT 2012).

Diese Studie hat gezeigt, dass bei entsprechender Anwendung die relativ hohe Intensität der Beleuchtung nicht mehr notwendig ist, um den Melatonineffekt zu erzielen.

Basierend auf diesen Ergebnissen hat DeLaval jetzt eine LED-Leuchte entwickelt, die primär auf die Bedürfnisse der Kuh in Bezug auf Wohlbefinden und Leistungssteigerung ausgerichtet ist und erst sekundär auf die Ausleuchtung des Umgebungsbereiches zum besseren Sehen für Mensch und Tier.

5 Ergebnisse

Zusätzlich zur Optimierung der Wellenlänge und des Farbspektrums spielt die Lichtverteilung eine wichtige Rolle bei der Effizienz. Mit speziell für diesen Einsatz entwickelten optischen Linsen wird eine gleichmäßigere Lichtverteilung in Abhängigkeit der Installationshöhe erreicht. Dies bedingt unterschiedliche Konstruktionen für unterschiedliche Installationshöhen.

Die LED-Leuchte teilt sich in drei Bereiche, die unabhängig voneinander betrieben werden:

• „Cow White“	Licht für die Kuh und deren Hormonhaushalt
• „Farmers White“	Licht für die Kühe zum Sehen und für das Personal im Stall
• „Night Light“	Licht für Kontrollarbeiten während der Dunkelphase

Jedes Licht wird nur entsprechend des Bedarfs genutzt. Dies führt zu einer optimalen Anpassung an die Bedürfnisse und spart Energie.

Das Nachtlicht wird nur bei Bedarf manuell eingeschaltet. Durch den Einsatz der integrierten Stall-System-Steuerung BSC können alle Funktionsbereiche individuell, automatisch oder manuell gesteuert werden. Die automatische Steuerung erfolgt basierend auf festgelegten Zeitplänen und/oder basierend auf der Messung der vorhandenen Lichtintensität mittels Lichtsensoren. Dabei ist der Funktionsbereich „Farmers Light“ automatisch oder manuell dimmbar.

Die Trennung der unterschiedlichen Funktionsbereiche und damit einhergehend die individuelle Nutzung der unterschiedlichen Bereiche führt zu einer deutlichen Energieeinsparung von bis zu 75 % gegenüber bisherigen HID-Systemen, während die Leistungssteigerung der Kühe weiter gegeben bleibt.

Als nützlichen Nebeneffekt hat der Kunde alle Vorteile der LED-Technik wie z.B. längere Lebensdauer, geringerer Wartungsaufwand, Licht sofort nach Einschalten zu 100 % verfügbar

DeLaval plant die Markteinführung der LED-Lampen im November 2015.

Literatur

- Oosterhout van, F.; Biewenga, G.; Winkel, A.; Ouweltjes, W.; Meijer, J.H. (2012): Het Effect van lichtkleur en lichtduur op melkproductie en gedrag van melkvee. Wageningen UR Livestock Research, 2012 (Rapport/Wageningen UR Livestock Research 652), 31 p.
- Dahl, G.E.; Buchanan, B.A.; Tucker, H.A. (2000): Photoperiodic Effects on Dairy Cattle: A Review. J Dairy Sci 83, 885-8

Zukunftsorientiertes Herden- und Betriebsmanagement

Future-oriented herd and farm management

BEATE MAASSEN-FRANCKE¹, ALESSA RATHER²

¹ GEA FarmTechnologies GmbH, Siemensstrasse 25-27, 59199 Bönen; beate.maassen-francke@gea.com

² 365FarmNet, Hausvogteiplatz 10, 10117 Berlin

Schlüsselwörter: Precision Livestock Farming, Smart Farming, Automatisierung, Vernetzung, Datenmanagement, Farming 4.0, Landwirtschaft 4.0, Betriebsmanagement

Keywords: precision livestock farming, smart farming, automation, networking, data management, farming 4.0, agriculture 4.0, farm management

Zusammenfassung

Neben den Herausforderungen, die ein landwirtschaftlicher Betrieb im Hinblick auf sein Datenmanagement meistern muss, werden die Anforderungen an eine moderne Agrarsoftware dargestellt. Das Lösungsmodell, das die unterschiedlichen Bereiche im landwirtschaftlichen Betrieb in einer Softwareplattform vernetzt, wird am Beispiel der Integration des GEA DairyNet in 365FarmNet beschrieben. Die Vorteile und der Nutzen einer gemeinschaftlichen Agrarsoftware werden beleuchtet und ein Ausblick auf die zukünftige Einbettung von weiteren Betriebszweigen sowie Personengruppen gegeben.

Summary

In addition to the challenges a farm has to overcome in terms of data management, requirements for modern agricultural software are presented. The solution model that links the different areas of the farm in a software platform is described using the example of the integration of GEA DairyNet in 365FarmNet. The advantages and benefits of common agricultural software are highlighted and an outlook on future integration of additional operating branches and groups of people is given.

1 Einleitung

Seit Jahren gibt es den Trend zu größer werdenden Betrieben, die ohne Automatisierung und Datenmanagement nicht effizient produzieren können. Zudem haben 72 % aller deutschen Betriebe neben dem Ackerbau auch Tierhaltung und jeder zweite Betrieb hiervon hält Rinder. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass zukunftsgerichtetes Management die komplexen Betriebsprozesse von Pflanzenbau und Rinderhaltung durch Prozess- und Datenvernetzung verbinden muss. Dies ist nicht durch Insellösungen, sondern nur durch die Vernetzung von Planungen, Dokumentationen, Auswertungen und Steuerung in einer einzigen Software-Oberfläche optimal zu lösen. DairyNet by GEA in Kombination mit 365FarmNet bietet diese Möglichkeit, mit gleichen Leitprinzipien, gleicher Navigation und zentraler Stammdatenhaltung eine konsistente Datenführung, aussagekräftige Kennzahlen und Handlungsempfehlungen für den Gesamtbetrieb zu realisieren. Im Folgenden werden die Anforderungen an ein solches System beleuchtet und das System an Praxisbeispielen vorgestellt.

2 Anforderungen an die zeitgenössische Landwirtschaft

Umfassende Dokumentationspflichten, der technologische Fortschritt in der Landtechnik, die heute oft mit eigenen Software-Programmen verbunden sind, und zahlreiche Einzelprogramme, die Lösungsansätze für verschiedene Aufgaben des Betriebsmanagements bieten, führen heutzutage zu einer regelrechten Datenflut auf landwirtschaftlichen Betrieben. Von der Brunsterkennung bis zur Berechnung der optimalen Liegefläche gibt es eine Fülle von Applikationen, die das Herdenmanagement im Alltag erleichtern. Eine Herausforderung für den Landwirt besteht jedoch zunehmend darin, hier den Überblick zu behalten. Doppelte Dateneingaben, paralleles Pflegen von Informationen und neue Navigationsstrukturen sowie die mit jedem Programm verbundenen Installationen und Updates gehen zu Lasten der Zeiteffizienz und Übersichtlichkeit. Hinzu kommen potentielle Fehlerquellen, die sich durch manuellen Datentransfer ergeben.

Der Status quo des landwirtschaftlichen Datenmanagements ist gegenwärtig nicht optimal. Ebenso wie im Pflanzenbau, wo nach wie vor kein einheitlicher Standard der Maschinenkommunikation besteht, ist auch das „Smart Farming“ im Bereich Milchvieh ausbaufähig. Intelligente Verknüpfungen zwischen den einzelnen Anwendungen aber auch zwischen den verschiedenen Betriebszweigen waren bisher so nicht gegeben. Wie Professor Eberhard Hartung jedoch als Vorsitzender der Neuheitenkommission der Euro-Tier 2014 anmerkte, „zielt die zukunftsorientierte Entwicklung auf betriebszweigübergreifende Lösungsansätze ab, bei denen die „Grenzen“ zwischen Innen- und Außenwirtschaft „aufgehoben“ werden und somit mit einer Software komplexe Betriebsprozesse abgebildet, dokumentiert, gesteuert und ausgewertet werden können“ (DLG Pressedienst 2014).

Für den landwirtschaftlichen Betrieb muss Software klare Informationen liefern, die problemlösend, wertvoll, nutzbar und verlässlich sind und dabei die Rahmenbedingungen des Betriebs berücksichtigen. Idealerweise werden Informationen kombiniert und gefiltert und sind schnell verfügbar. Es sollte keine Datenflut geben, sondern Kennzah-

len, sog. KPI („Key Performance Indicators“) zur Erarbeitung von klaren Entscheidungsempfehlungen. Dies ist effizient nur durch die Vernetzung von Informationen möglich. 365FarmNet und GEA Farm Technologies arbeiten gemeinsam an diesem Ansatz und bieten nun erstmals die Möglichkeit, durch die Vernetzung von ackerbaulichen Dokumentationen mit der Milchviehhaltung Prozesse im Betriebsmanagement zu verschlanken und zu optimieren.

3 Ein Lösungsmodell – die Integration GEA DairyNet in 365FarmNet

365FarmNet ist eine neue Agrarsoftware, die modular wie ein Baukastensystem aufgebaut ist. Der Landwirt wählt als Nutzer aus Grund- und Zusatzbausteinen die Funktionen aus, die er für seinen Betrieb braucht. Im Pflanzenbau managt er gegenwärtig bereits von der Planung bis zur Analyse sämtliche Prozesse in einer Software. Partneranwendungen wie Telemetrie-Anbindungen, Düngerstreuereinstellungen oder auch Prognosefunktionen und Wetterdaten vereinfachen deutlich das Betriebsmanagement. Der neue Grundbaustein Milchvieh enthält alle Bereiche eines Herdenmanagements wie die manuelle und automatische Erfassung von Tierdaten, die Verwaltung von Stammdaten, das Planen und Dokumentieren von Tieraktionen, die Analyse von Kennzahlen sowie die Steuerung aller Arbeitsvorgänge und das Verwalten von Terminen. An den Grundbaustein Milchvieh können – ebenso wie im Pflanzenbau oder später auch in anderen Betriebszweigen – verschiedene Zusatzbausteine angebunden werden (Abb. 1). GEA Farm Technologies entwickelt hierfür fünf Zusatzbausteine.

Ein Baustein ist GEA Melken. Dieser wird benötigt, um GEA Melkanlagen wie das neue automatische Melkkarussell DairyProQ an 365FarmNet anzudocken. Die Analyse der individuellen Leistungen der Kuh, ein intelligentes Gruppenmanagement und die Planung und Analyse von Melkzeiten ergeben eine Leistungsoptimierung für Kuh wie auch Melker. Prozesstransparenz wird durch eine schnelle und systematische Datenanalyse des Melkprozesses erreicht. Qualitätsabhängige Separation und Befüllung der Milchtanks sowie fundierte Milchkontingentplanung nach Qualität/Menge sind möglich. Mit dem GEA Modul „Reproduktion“ wird der Anschluss an die Aktivitätsmessung der Kühe gewährleistet. Die Überwachung von Fruchtbarkeitskennzahlen sowie die grafische Darstellung des Reproduktionsstatus der Kuh – verknüpft mit ihren Leistungsdaten – ermöglichen einen Gesamtüberblick über die Fruchtbarkeit der Herde und des Einzeltieres. Der Baustein GEA Gesundheit bietet ein Gesundheitsmanagement zur Früherkennung von Erkrankungen und optimiert so Tierarztkosten durch detaillierte Informationen. Die übersichtliche grafische Darstellung des Gesundheitszustandes, sämtlicher Befunde und Diagnosen führen zu einer gezielteren Behandlung der Tiere. Auch eine schnelle und nachvollziehbare Dokumentation des Einsatzes von Medikamenten wird zur Verfügung gestellt. Das Modul GEA Sortieren bietet den Anschluss von Sortierweichen und Sortierbereichen. Die Visualisierung komplexer Sortierungsprozesse, die Auswahl von Selektionskriterien und die Darstellung der tierindividuellen Sortierhistorie schaffen eine hohe Prozesstransparenz und Prozesseffizienz. Das Führen des Weidetagebuchs gewährleistet eine bessere Dokumentation der Tierhaltung. Als weiterer Baustein wird GEA Füttern in Zukunft für die Anbindung an GEA Fütterungsanlagen zur Verfügung stehen. Eine

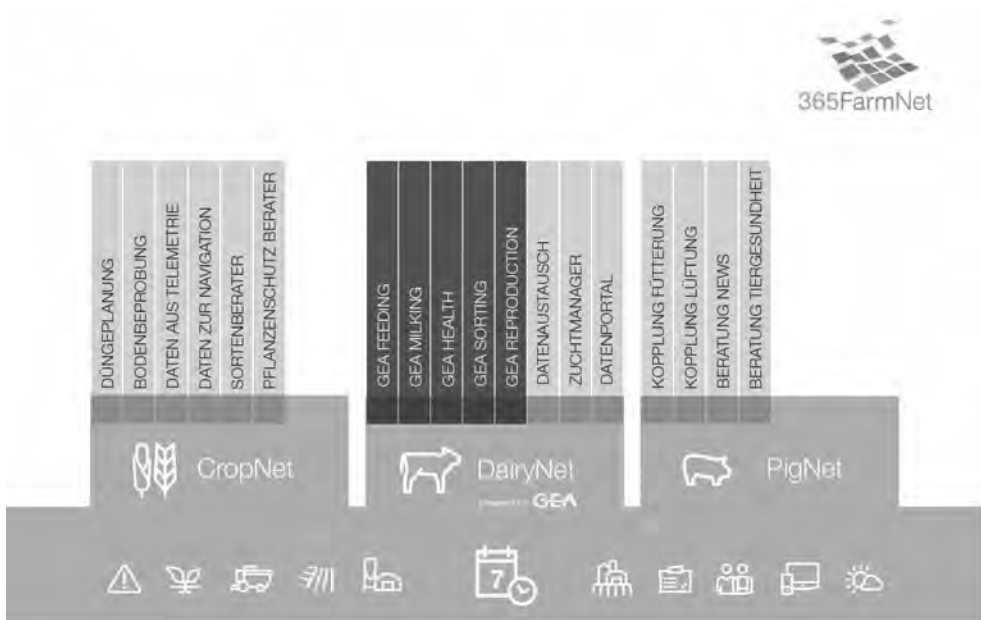


Abb. 1: Wie ein Baukastensystem: Anbindung von Zusatzbausteinen an die Grundbausteine von 365FarmNet

Fig. 1: As a modular construction system: integration of additional modules to the basic building blocks of 365FarmNet

individuelle und leistungsorientierte Fütterung mit individuellen Futterstrategien sowie das Management von Futtergruppen ermöglichen eine Prozessoptimierung und sparen Futterkosten.

In 365FarmNet findet man das beste Know-how an einem Ort versammelt. Neben GEA docken viele weitere Partner aus den unterschiedlichsten Bereichen der Innen- und Außenwirtschaft mit Zusatzbausteinen an die Grundbausteine an. Zusätzlich zu etablierten Konzernen sind es auch junge Start-ups, deren innovative Ideen an 365FarmNet angebunden werden. Im Bereich Milchvieh besteht beispielsweise eine Kooperation mit dem jungen Dresdner Unternehmen fodjan. Es handelt sich hierbei um eine Softwarelösung, die eine Mehrzieloptimierung verfolgt: Die Tiergesundheit wird durch Anpassung der Fütterung gesteigert und gleichzeitig können die Futterkosten gesenkt werden. Auf Basis der bereits in 365FarmNet verbuchten Lagerbestände und der Tierdaten lässt sich einfacher die Kalkulation des Futterbedarfs vornehmen. Die Integration dieser neuen Software in 365FarmNet ermöglicht eine rentablere und gleichzeitig tiergerechtere Milchproduktion.

4 Vorteile und Nutzen der Software für den Anwender

Die Kooperation von 365FarmNet und GEA Farm Technologies ermöglicht eine signifikante Einsparung von Arbeitszeit durch die lediglich einmalige Eingabe der Stammdaten ins System. Eine übersichtliche Datenhaltung erleichtert Auswertungen und die Erfüllung von Dokumentationspflichten. Gleichzeitig bietet die intelligente Nutzung von Daten Möglichkeiten, das Betriebsmanagement deutlich zu optimieren.

Die gesamtbetriebliche Vernetzung der Prozesse hat den Vorteil, die Prozesse auf einen Blick kontrollieren zu können – angefangen bei der täglichen Arbeit im Stall und auf dem Feld, über den Futtermittelbereich, das Weidetagebuch, die Tiergesundheit, die Milchkontrolle oder die Nährstoffbilanzierung. Zudem wird zukünftig die Steuerung von Arbeitsgängen und Terminen in einem zentralen Kalender möglich sein.

Durch die webbasierte Anwendung ist die Nutzung sowohl von PCs, Tablet-PCs oder Smartphones möglich sowie auch der standortunabhängige Zugriff auf bestimmte Daten. Dies bietet die notwendige Flexibilität bei schnell anstehenden Entscheidungen. Zugleich trägt die Möglichkeit der Dokumentation vor Ort zu einem optimierten Zeitmanagement bei.

Die Integration von Milchviehhaltung in Pflanzenbau ist eine Software-Konzeption, die neue Verfahren im Herdenmanagement gestattet. Module wie Melken, Füttern, Sortieren, Reproduktion und Gesundheit bestimmen die Managementbereiche im Bereich der Rinderhaltung. Beispielsweise bei der Fütterung sind enge Verbindungen zum Futterbau ersichtlich, sodass unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten eine fundierte Planungs- und Kostensicherheit bei der Kalkulation des zukünftigen Futtermittelbedarfs gewonnen wird. Das partnerschaftliche Konzept von 365FarmNet sieht dabei vor, dass hier – wie auch in den anderen Betriebsbereichen – weitere intelligente Lösungen von anderen Unternehmen aus der Agrarbranche dem Landwirt zur Verfügung gestellt werden. Die Integration von fodjan wurde bereits weiter oben ausgeführt. Schaumann wird in Kürze mit der Anbindung eines Zusatzbausteins BONSILAGE dabei unterstützen, die Effizienzsteigerung der Futterflächen mittels BONSILAGE-Produkte zu berechnen und durch entsprechend behandelte Silagen zu besseren tierischen Leistungen und einer ressourcenschonenden Produktion beizutragen.

Auch Umweltaspekte können durch die Vernetzung der Betriebszweige besser berücksichtigt werden, denn für die jährliche Nährstoffbilanzierung bilden neben betriebsbezogenen Daten auch schlag- und tierbezogene Informationen die Grundlage. Durch die Vernetzung der Daten aus Pflanzenbau und Tierhaltung kann schnell und nachweisbar eine Nährstoffbilanzierung erstellt werden. Diese dient sowohl der Dokumentation als auch der nachträglichen Bewertung der Düngestrategie und Optimierung der künftigen Düngepraxis. Nachhaltig positive Auswirkungen auf die Umwelt sind somit gegeben, da auf einer realistischen Datenbasis geplant werden kann. Mögliche Einsparung bei Medikamenten durch eine Verbesserung des Tierwohls stellen ebenso einen wesentlichen Faktor dar, sowohl was Betriebskosten als auch was die Entlastung der Umwelt betrifft. Die Software DairyNet ist neben der vernetzten Lösung in 365 FarmNet auch als lokale Stand-alone-Lösung verfügbar, sodass je nach Bedarf auch ein schrittweiser Einstieg möglich ist und den engen Zeitabläufen beim Melken oder Sortieren auf dem Betrieb Rechnung getragen wird. Die neue Systemlösung bietet dem Anwender deutlich erwei-

terte Möglichkeiten, seine Betriebsprozesse aus Pflanzenbau und Rinderhaltung in einer einzigen Software-Oberfläche abzubilden, zu dokumentieren, auszuwerten und zu steuern. So wird das Betriebsmanagement optimiert.

5 Ausblick

Bereits im Dezember 2014 wurde im Harvard Business Manager von PORTER und HEPPELMANN (2014) die Auflösung der Branchen in den landwirtschaftlichen Prozessen prognostiziert. Die Zukunft läge im Bereich eng verknüpfter, intelligent vernetzter Systeme, die über Schnittstellen an eine zentrale Agrarmanagementsoftware andocken. Die Vernetzung von Milchvieh und Pflanzenbau ist der erste Schritt eines zukunftsweisenden Betriebsmanagements. Es werden hiermit neue Standards gesetzt.

Langfristig ist zudem die Integration weiterer Betriebszweige vorgesehen. Von Biogas über Schweinemast bis hin zu Forstwirtschaft wird der Landwirt zukünftig all seine Betriebszweige – jeweils mit entsprechenden Anbindungen von Unternehmen der einzelnen Branchen – in nur einem Programm nutzen können. Die Vernetzung muss qualitativ hochwertige Informationen bereitstellen, um Entscheidungshilfen für eine sinnvolle Steigerung der Produktivität und eine Schonung von Ressourcen zu bieten.

Es ist jetzt bereits möglich, in 365FarmNet gezielt Lese- und Schreibrechte an Mitarbeiter zu vergeben. Denkbar ist auch eine Einbindung von Kooperationspartnern aus der Wertschöpfungskette oder von Dienstleistern, Tierärzten etc. Transporte könnten mittels GEO-Daten überwacht werden und so eine Dokumentationsoptimierung stattfinden.

Die Zukunft des landwirtschaftlichen Betriebsmanagements ist vernetzt. Sowohl große als auch kleinere Betriebe können durch optimiertes Datenmanagement Ressourcen sparen und Ökonomie und Ökologie in Einklang bringen.

Literatur

DLG Pressedienst (2014): Pressemitteilung: Innovationen & Trends auf der EuroTier 2014, 10. September 2014

Porter, M.E.; Heppelmann, J.E. (2014): Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern, Harvard Business Manager, Dezember 2014, S. 2–28

DeLaval Body Condition Scoring (BCS) – Automatisches System zur Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen

DeLaval Body condition score (BCS) – automatic system for dairy cows integrated into DelPro Herd management system

SUSANNE GRANZ

DeLaval Services GmbH, Wilhelm-Bergner-Str. 3, 21509 Glinde; susanne.granz@delaval.com

Schlüsselwörter: BCS, automatische Körperkonditionsbeurteilung, negative Energiebilanz, Milchvieh

Keywords: BCS, automatic body condition scoring, negative energy balance, dairy cattle

Zusammenfassung

Body Condition Scoring (BCS) ist eine Methode zur Körperkonditionsbeurteilung von Einzeltieren, Gruppen und Herden mit dem Ziel, negative Energiebilanzen zu vermeiden und eine Balance zwischen wirtschaftlicher Fütterung, guter Milchleistung und Tierwohl herzustellen. Bis jetzt wurde BCS nur manuell ausgeübt; dies ist zeitaufwendig und subjektiv.

DeLaval hat ein automatisches BCS-Verfahren für Tiere in Bewegung entwickelt, integriert in bestehende DeLaval-Melksysteme. Es basiert auf einer 3-D-Kamera mit Light Coding Technology. Mathematische Algorithmen transformieren die Tierrückenprofile der 3-D-Bilder in BCS-Noten. Tägliche BCS-Daten pro Tier werden im DeLaval DelPro Programm dargestellt und stehen Landwirten, Tierärzten und Fütterungsberatern als Entscheidungshilfe zur Verbesserung von Rationsgestaltung und Fruchtbarkeitsmanagement zur Verfügung.

Summary

Body Condition scoring (BCS) is a technique for assessing the condition of individual cows, groups and herds. The purpose is to avoid negative energy balance, to achieve a balance between economic feeding, good production and good welfare. So far it has been performed visual/tactile by human scorers.

DeLaval has developed an automatic BCS system based on a 3D-camera using Light Coding Technology and mathematical algorithms to transform 3D-pictures information into BCS on a daily basis. It is designed and works for walking cows and is integrated with existing milking systems. It makes a time consuming, inaccurate and manual process automated and precise. BCS data are presented in the DelPro Herd management system and can be used by farmer, vet or feed advisor as a tool to make better decisions on feed rations and reproduction management.

1 Einführung und Fragestellung

Hochleistungskühe geraten zu Beginn einer Laktation häufig in eine negative Energiebilanz, da ihr Energiebedarf für Milchproduktion und Erhaltung durch die Futteraufnahme (TM) zu diesem Zeitpunkt nicht gedeckt werden kann. Dieses Defizit kann bis zu einem gewissen Grad durch Einschmelzen körpereigener Fettreserven kompensiert werden. Werden die physiologischen Grenzen jedoch überschritten, kommt es zu Stoffwechselstörungen mit negativen Auswirkungen auf die allgemeine Gesundheit (z.B. Fettlebersyndrom, Ketose), Fruchtbarkeit (verspäteter Zyklusstart mit verlängerter Güstzeit) und Milchleistung (STAUFENBIEL et al. 1991).

Energiestatus und negative Energiebilanz lassen sich durch verschiedene Hilfsparameter abschätzen. Einer davon ist die visuelle Beurteilung der Körperkondition (BCS), bei der vom Grad der subkutanen Fettauflage bestimmter Rückenregionen des Tieres auf seinen entsprechenden Energiestatus rückgeschlossen wird. Üblicherweise wird eine Benotungsskala von 1–5 mit 0,25 Dezimalschritten verwendet, wobei 1 als besonders dünn und 5 als besonders fett definiert ist (EDMONSON et al. 1989).

Milchwirtschaftliche Beratungsorganisationen (Fütterung, Milchproduktionsmanagement) empfehlen die Anwendung der BCS-Noten als wertvolles Kriterium zur Futteranpassung und Rationsgestaltung, um die genannten Probleme zu vermeiden (HEINRICHS and ISHLER 1996).

Diese Methode wird in der Praxis derzeit nur manuell (visuell/taktil) durchgeführt. Wegen des hohen Zeit- und Kostenaufwands werden nur wenige Scores pro Tier und Laktation erhoben. Das Ergebnis ist subjektiv und abhängig davon, wie erfahren die jeweiligen Beurteiler (Landwirte, Fütterungsberater, Tierärzte) sind. 30 % Abweichung sind nicht selten (FERGUSON et al. 1994). Daher ist die Anwendung von BCS in der Praxis noch weniger verbreitet als von der Beratung empfohlen.

2 DeLaval Body Condition Scoring System

DeLaval hat ein automatisches Verfahren zur Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen mit einem eigenen BCS-Sensor entwickelt, das seit Anfang 2014 auf sechs Referenzbetrieben mit verschiedener Melktechnik und Herdengröße in mehreren Ländern getestet wird. DeLaval Body Condition Scoring wurde der Öffentlichkeit auf der EuroTier 2014 in Hannover vorgestellt und seit März 2015 werden erste kommerzielle Anlagen in Pilotländern installiert.

Das DeLaval Body Condition Scoring System erfasst automatisch die tägliche Körperkondition der Kühe in Bewegung, ohne dass es zu Einschränkungen im Kuhverkehr oder während der üblichen Melkroutinen kommt. Die BCS-Noten werden in das DeLaval DelPro Herdenmanagement-System integriert. Sie stehen Milchviehhaltern sowie deren Beratern als Entscheidungshilfe zur Optimierung des Fütterungs- und Herdenmanagements zur Verfügung.

3 Technik

3.1 3-D-Digitalkamera als Sensor zur BCS-Ermittlung

Eine 3-D-Digitalkamera wird oberhalb eines Selektionstores mit RFID-Tiererkennung installiert, das von den Kühen beim Verlassen von VMS-Melkroboter oder Melkstand/ Melkkarussell mehrmals täglich passiert wird (Abb. 1).

Die Kamera projiziert mittels Light Coding Technology ein Infrarot(IR)-Muster auf den Tierrücken und der Abstand der verschiedenen Punkte wird genutzt, um ein 3-D-Video zu erstellen. Daraus wird ein aussagekräftiges 3-D-Bild ausgeschnitten und das charakteristische Oberflächenprofil des Tierrückens durch mathematische Algorithmen in die entsprechende BCS-Note umgewandelt (Abb. 2).

Es wurden zwei unterschiedliche Algorithmen entwickelt: einerseits zur BCS-Beurteilung milchbetonter Rassen (HF, Rotvieh) und andererseits für die Zweinutzungsrasse Fleckvieh.



Abb. 1: BCS-Kamera, Montage oberhalb des VMS Ausgangstors

Fig. 1: BCS camera, mounted on top of VMS exit gate

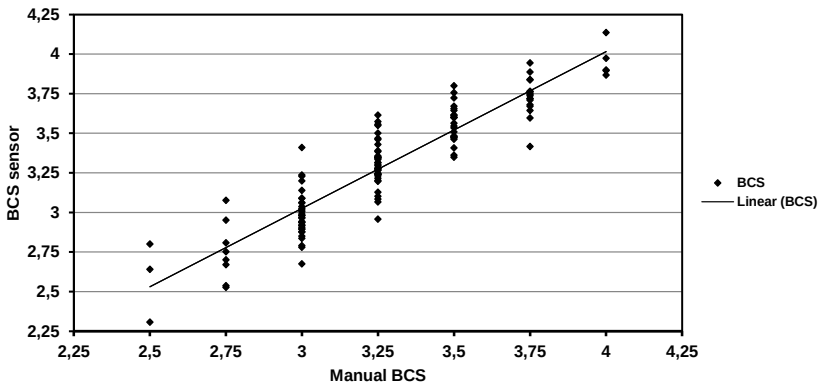


Abb. 2: Typisches 3-D-Bild vom Rücken einer Kuh, mit relevanten Messregionen

Fig. 2: Typical 3D-picture of the cow's back with specific areas of interest

Die Schätzgenauigkeit der Algorithmen wurde mithilfe erfahrener, externer BCS-Beurteiler validiert. Abbildung 3 weist mit dem Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,84$ eine sehr hohe Korrelation zwischen manuellen Scores als Gold Standard und Kamera-Scores auf. Die BCS-Wiederholbarkeit beträgt $\pm 0,1$.

BCS sensor vs manual BCS

 $R^2 = 0,8409$ Abb. 3: Schätzgenauigkeit der DeLaval BCS-Kamera (Bestimmtheitsmaß, R^2)Fig. 3: Data accuracy of DeLaval BCS camera (coefficient of determination, R^2)

3.2 BCS-Daten in der DeLaval DelPro Herdenmanagement-Software

Pro Tier und Tag wird jeweils ein BCS-Wert in die DeLaval DelPro Herdenmanagement-Software überführt und ermöglicht damit die Erfassung des Energiestatus der Kuh über die gesamte Laktation bis zur nächsten Abkalbung.

Die Daten werden in geeigneten Grafiken und Listen für das Einzeltier, die Gruppen und die Herde dargestellt (Abb. 4–6).

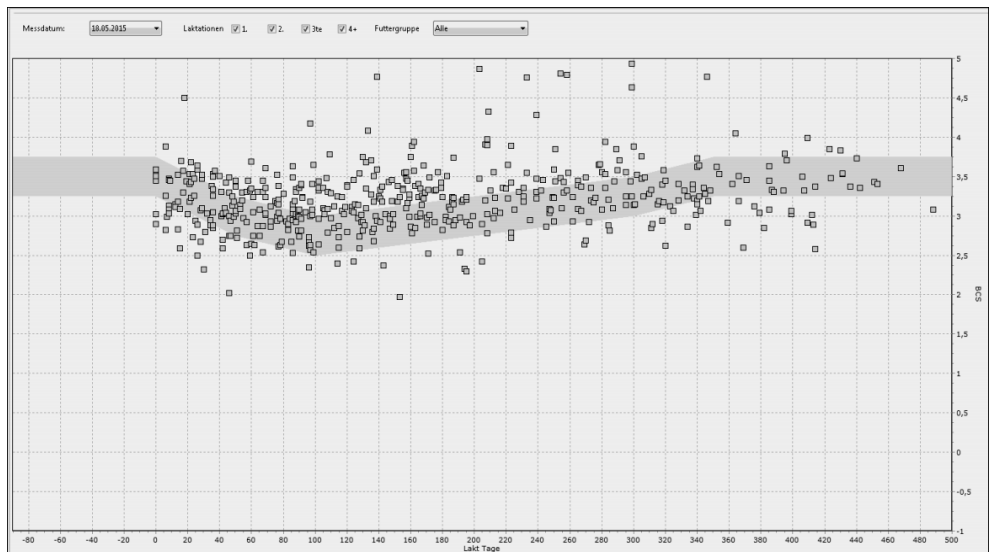


Abb. 4: BCS-Herdenanalyse (jeder Punkt repräsentiert ein Tier, bezogen auf die tierspezifischen Tage in Milch)

Fig. 4: Herd BCS analysis (each dot is one individual cow, correlated with the cow specific days in milk)

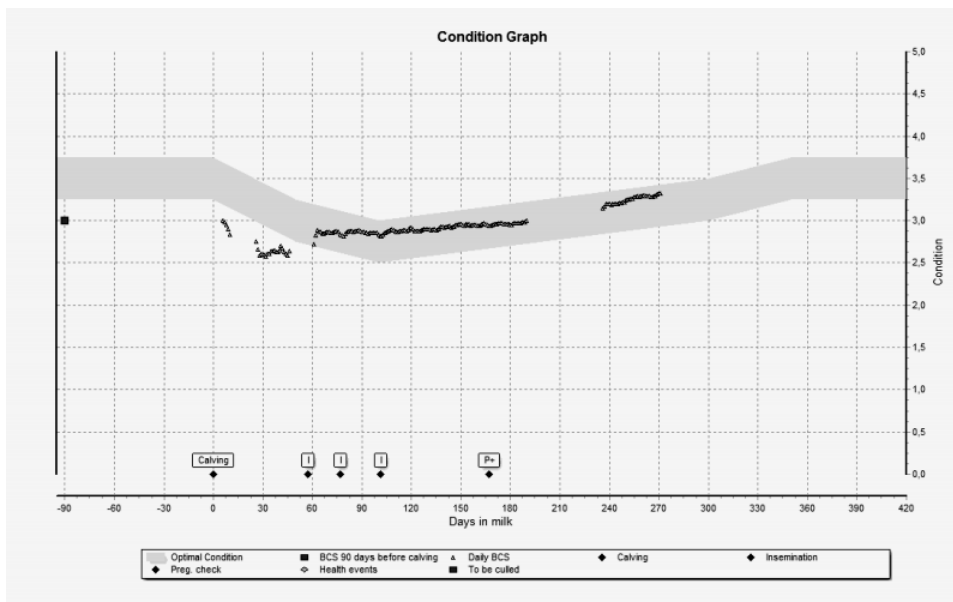
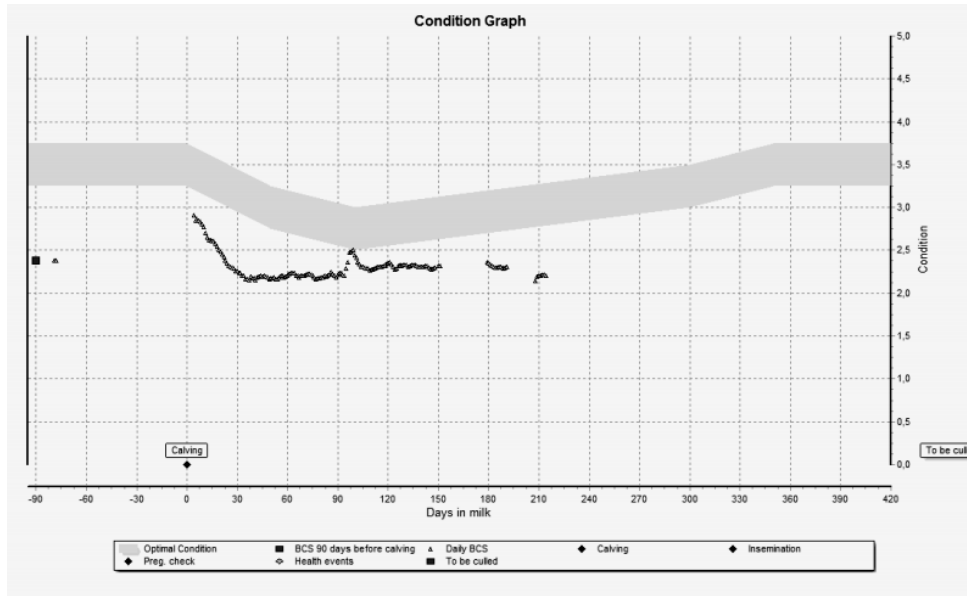


Abb. 5 und 6: Beispiele für unterversorgte (oben) und gut konditionierte (unten) Kühe
 Fig. 5 and 6: Examples for under conditioned (above) and well-conditioned (below) cows

Tierindividuelle positive und negative BCS-Trendabweichungen über 2 und 4 Wochen dienen als Alarmindikator und werden zusammen mit den absoluten BCS-Noten zur Bestimmung der Energieunter- bzw. -überversorgung herangezogen. Zusammen mit wei-

teren Informationen, wie Laktations- und Reproduktionsstatus, Milchmenge und Kraftfutterverbrauch, lassen sich damit Kühe mit potenziellem Handlungsbedarf herausfiltern.

Je nach den betrieblichen Gegebenheiten und Managementroutinen können entweder tierindividuelle Kraftfutteranpassungen vorgenommen, Kühe in TMR-Futtergruppen mit höherem oder niedrigerem Energiegehalt umgruppiert oder die Futterrezeptur spezifischer Futtergruppen angepasst werden.

4 DeLaval BCS-System – Anwendungspotenzial

Anwendungsmöglichkeiten und potenzieller finanzieller Vorteil:

- Fruchtbarkeit
 - Frischabgekalbte Kühe mit geringem BCS – erhöhtes Risiko für verspäteten Beginn des Reproduktionszyklus und Fruchtbarkeitsprobleme (2 €/Güstag (HEINRICHS and ISHLER 1996))
- allgemeine Gesundheit
 - Vermeidung zu fetter Kühe zum Kalbezeitpunkt; Verringerung von Kalbeschwierigkeiten, die auch die Gesundheit des Kalbes gefährden können
 - Vermeidung von Fettlebersyndrom, Ketose (€ 145 (SCHMIDT 2010)/klinischer Fall, € 55 (FERGUSON et al. 1994)/subklinischer Fall) kurz vor und nach der Kalbung
 - Verbesserung der Milchleistung in der neuen Laktation (bis zu 545 kg während der ersten 120 Tage (DOMEQ et al. 1997))
- Fütterung
 - Vermeidung von energetischer Über- und Unterversorgung der Kühe
 - Futtereffizienzsteigerung und Kosteneinsparung im wichtigen Kostensektor Fütterung (bis zu € 90/Jahr)

Literatur

- Domecq, J.J.; Skidmore, A.L.; Lloyd, J.W.; Kaneene, J.B. (1997): Relationship Between Body Condition Scores and Milk Yield in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 80, 101-122
- Edmonson A.J.; Lean I.J.; Weaver L.D.; Farver T.; Webster G. (1989): A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows, *J. Dairy Sci.* 12(1), 68-78
- Ferguson, J.O.; Galligan D.T.; Thomsen N. (1994): Principal descriptors of body condition score in Holstein cows, *J. Dairy Sci.* 77(9) 2695-2703
- Heinrichs, A.J.; Ishler, V.A. (1996): Body Condition Scoring as a Tool for Dairy Herd Management. PennState University, Departm. of Dairy and Animal Science, Extension circular 363
- Schmidt C. (2010): Früherkennung von Stoffwechselstörungen bei Milchkühen durch Elektronikeinsatz: Landwirtschaftskammer NRW, Haus Düsse, Sept. 2010
- Staufenbiel R.; Staufenbiel B.; Lachmann I.; Lukas, H. (1991): Fettstoffwechsel und Fruchtbarkeit der Milchkuh. *Prakt. Tierarzt* 72, 18-25

Evaluation of a NIRS sensor for determining forage moisture concentration on a round baler-wrapper combination

Untersuchung eines NIRS-Sensors zur Bestimmung des Feuchtegehalts von Anwelkgut in einer Rundballenpresse-Wickel-Kombination

MEHMET EVRENOSOGLU¹, HAMDI BILGEN²

¹ Hisarlar Agricultural Machinery R&D Center, Hisar Mah. 1047 Sok. No:2 Tepebasi/Eskisehir-TURKEY; mehmetevrenosoglu@hisarlar.com.tr

² Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, 35100 Bornova/Izmir-TURKEY, hamdi.bilgen@ege.edu.tr

Keywords: NIRS sensor, forage baler wrapper, forage mechanization, moisture content

Schlüsselwörter: NIRS-Sensor, Rundballenpresse, Silage, Mechanisierung, Feuchtegehalt

Summary

In order to produce a high-quality forage feed, it is essential to use latest technologies, which help to determine quality parameters matching the ideal condition for harvesting and conservation. The development and application of precision agriculture (PA) technology in forage mechanization, however requires many practices in and out of the field which requires high investment and time.

Measuring moisture concentration of forage in an accurate way requires oven-dried controlled conditions which is a time-consuming lab process. In this study a NIRS sensor is used in order to determine moisture concentration in the baling chamber of a baler-wrapper combination machine. The sensor will be compared with 3 other methods (hand method, heat-type and electrical conductivity forage moisture tester) and the differences between the methods will be discussed.

Zusammenfassung

Um eine qualitativ hochwertige Silage zu erzeugen, ist die Verwendung der neuesten Technologien notwendig, um die idealen Qualitätsparameter für Ernte und Silierung zu bestimmen. Die Entwicklung und Anwendung von Precision-Agriculture(PA)-Technologien in der Mechanisierung der Futtergewinnung erfordert zeit- und kostenintensive Techniken.

Die Bestimmung des Feuchtegehalts des Futters im Labor (Ofentrocknung) liefert genaue Werte, ist aber aufwendig. In dieser Studie wird ein NIRS-Sensor evaluiert, um den Feuchtegehalt in einer Rundballenpresse mit Wickeleinrichtung zu bestimmen. Die Daten des verwendeten Sensors werden mit drei anderen Messmethoden verglichen und diskutiert.

1 Introduction

The need for agricultural land in Turkey in means of forage and hay is increasing every year. This also increases the competition for land. Mainly corn for silage is been used in terms of forage feed in Turkey. The yield of this production related to dry matter content (DM) has a vital importance.

There are many options to optimize the process and harvest chain for forage feed such as automated cutting length adjustment, automated corn cracker clearance adjustment or online yield and DM measurement at the forage harvester. The aim of these techniques is to achieve the highest possible silage quality with a matching DM content and to give an impression about the DM yield per plot. BARNETT and SHINNERS (1998) tested several sensors for measuring the fresh mass (FM) yield at a forage chopper. AUERNHAMMER et al. (1995) tested a FM yield measurement system based on a radio-metric principle on a self-propelled forage harvester (SPFH). The system showed high reliability over a large amount of harvested silage maize and many fields. Other authors (KROMER et al. 1999) tested volumetric and mass-flow-rate measurement systems for FM yield determination. They found the best results for the volumetric measurement system where the compression roller displacement (similar to the deflection of the feed rollers) was measured. KORMANN (2001) tested several measurement principles in laboratory tests to determine the DM content of silage maize and found the following ranking to be theoretically applicable: near infrared reflectance (NIR), microwave reflectance, capacitance system, dielectric systems, microwave resonator, microwave transmittance and near infrared transmittance. He also conducted field tests with different systems. The near infrared reflectance was only tested with silage maize and resulted in average deviations of 0.4 % when the automatically determined DM content was compared with the manually determined DM content. For capacitance systems, the results were not satisfying and could not be improved with changes to the sensor (KORMANN 2001).

The goal of this study was to determine the accuracy of online DM measurement at the entrance of the baling chamber of a round baler-wrapper combination. Therefore, data were compared between three systems for DM content determination (hand method, heat-type and electrical conductivity forage moisture tester), with reference values from oven drying. Furthermore, the variability of DM content of the harvested plant material was evaluated and therefore, the number of required samples for reasonable results where a manual sample is taken to determine DM content.

2 Materials and Methods

An area of 18 ha of grassland at the Ekbir silage facility, approximately 20 km south of Ayvalık/Izmir, was available for the tests. In 2009, the grassland had 3 cutting operation. Only the second cut was used for the evaluations presented in this paper. The grass was cut one day before harvesting with the SPFH, using a tractor mounted disc mower and left on the ground for drying (6–8 hours/day). After the dew was dried the next morning, the wilted grass was windrowed. Due to the geometric shape of the plot – almost square – the windrows were uniform, guaranteeing the necessary material flow.

The harvested material was carried with trucks to the silo side, put on a conveyor belt, and fed with the conveyor into the round baler. At the entrance of the baling chamber it passed the NIR sensor.

The very simple alternative method was the conventional “squeeze test” which gives a value range, and mostly needs to be done with experienced personal.

The electronic conductance test was done with an electronic conductance moisture tester which provides an instantaneous moisture concentration reading. Most electronic conductance testers have a sensing probe and a hand-held display unit. The electrical resistance of the forage is measured between two metal contacts at the tip of the probe when inserted into the forage. Testers determine forage moisture concentration based on the relationship between moisture concentration and electrical conductivity (GAY et al. 2009).

Within the harvesting chain at defined measuring points representative samples from single wagon loads were taken manually for the determination of the DM content. It was decided to prepare and collect samples of either 6 % of the full wagon load or 0.7 % of the full wagon load for the determination of the DM content as well as the variability of the DM content for each load. To be able to separate and keep the samples in order, the wagons for a sampling rate of 6% were loaded with approx. 2 t of wilted and chopped grass and the wagons for a sampling rate of 0.7 % with approx. 4 t of wilted and chopped grass. After discharging the trailer at the silo, each load was distributed with a wheel loader at a layer thickness of about 0.6 m. Then a representative sample was taken by several individuals who walked across the material and filled large plastic bags with several manually taken material samples. The sampled material was mixed thoroughly once again and packed in bags (Crispac 300 x 600 mm, perforated). When 6 % load was sampled, more than 100 bags were filled and if 0.7 % of the load was sampled, more than 18 bags were filled. Thereafter, the FM weight of the bags which was between 700.4 and 1220.5 g was immediately determined with a weighing scale (accuracy: 0.1 g). Subsequently, a predrying was carried out on a set dryer at 25 to 45 °C. During the predrying process, the bags were turned three times. Then the samples were dried to constant mass in drying ovens at 105 °C and reweighed with a similar weighing scale as mentioned before. With this result, the average DM content per wagon load could be calculated. Reference weighing on the same cart scale for calibration was done for the FM yield per wagon.

For data analysis, the programs Microsoft Excel 2010 and JMP were used. An examination of the distribution of DM content values from oven drying was performed using the Kolmogorov-Smirnoff test. The data of two trailer loads with a sampling rate of 6 % were not normally distributed and were not taken into account for further evaluation of the sample size. The data from the remaining 18 wagon loads had a normal distribution.

3 Results and Discussion

For the determination of the variability of the DM content of the harvested wilted grass, a high number of samples is required. The number of required samples, to achieve different confidence levels and confidence intervals for the evaluated standard deviations is shown in Table 1. For statements made with 92 % probability and a confidence interval of ± 2.0 %, the number of required random samples is between 4 samples (maximum standard deviation evaluated for one wagon load where 0.7 % were sampled) and 13 samples (standard deviation evaluated for the whole plot) and increases with decreasing confidence intervals to a number of random samples between 61 samples and 145 samples (confidence interval = ± 0.5 %), respectively. If a confidence level of 83 % is sufficient, a smaller number of samples is required. In the case that the confidence interval for a sample is at ± 2.0 %, as the manufacturers are aiming for, the maximum number of random samples is 13 samples.

Tab. 1: Range of the mean dry matter content and maximum standard deviation of wilted grass for the sampled wagon loads separated by the size of the sampled fraction (0.7 % or 6 %) and for the whole plot (CI). Sample sizes are given for the maximum standard deviation evaluated for each fraction

Tab. 1: Bereich der mittleren Trockensubstanzgehalte mit Standardabweichung des Anwelkgrases bei den untersuchten Wagenladungen getrennt nach der Größe der beprobten Fraktion (0,7 % oder 6 %) und für die gesamte Parzelle

Fraction %	Samples ¹⁾ n	Mean DM content ²⁾ %	Standard deviation ³⁾ %	Sample size (n) (CL 92 %)(CI(%) below)				Sample size (n) (CL 83 %) (CI(%) below)			
				± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0
0,7	189	33.5-46.8	2.55	41	13	4	2	22	13	4	1
6	304	35.4-44.1	2.74	73	19	6	3	31	18	5	1
Plot	560	37.4	3.11	116	45	19	8	52	30	18	3

1) Total number of samples for all wagon loads with sampled fraction or for the total plot.

2) Minimum and maximum mean DM content for single wagon loads or for the total plot.

3) Maximum standard deviation for a single wagon or for the total plot.

The NIRS measurements showed a medium coefficient of determination ($R^2 = 0.53$) between the DM content recorded by NIRS and the manually determined DM content. For the hand-type method no linear relationship could be found ($R^2 = 0.009$). However, the average absolute deviations of the DM content using the NIR sensor were between -0.91 and -7.07 % and therefore similar to the average absolute deviations (between $+0.56$ and -7.57 %) measured with the conductivity plus temperature sensor. The knowledge of the DM content is crucial for the use of silage additives. Therefore, many farmers try to manually determine the DM content during harvest to define the amount of silage additive they want to use but also for billing purposes in case they buy substrate or animal feed. According to official recommendations for grass silage, 20 representative single samples of the size of a handful should be drawn if sampling between 1 to 10 t. Thereafter, two composite samples of these 20 single samples with a weight of 300 g

are required for oven drying if a total amount similar to a wagon load between 1 and 10 t is sampled, (N.N.1978). With the results in table 1, the official recommendations give a mean DM content with a confidence level of 99 % and a confidence interval between ± 1.0 % and ± 1.5 % for single wagon loads. Therefore the confidence interval of ± 2.0 % that was testified for NIRS measurement in a DLG Focus test (URFELL 2009) for silage maize and what the companies aim for would be achieved using the official recommendations. KORMANN (2001) carried out a similar test for silage maize. He compared sampling with a tube that was held into the material flow in the discharge spout of the SPFH with sampling from the wagon load (5 to 10 single samples were thoroughly mixed and one composite sample of about 1 to 2 kg was used for DM content determination) with the results from different sensors for DM content measurement. He found better results for the second method. The method with the tube in the material flow of the discharge spout resulted in material jams and the determined DM content underestimated the real DM content. The online determination of the DM content depends on the sensor that was used at the upper bunker level of the baler. The differences in moisture measurement using NIRS showed in a report of Urfell (2009) for silage maize deviations of the moisture contents compared with reference measurements between -0.77 % and $+1.96$ %. Therefore, it is much harder to measure the DM content of wilted grass. The dielectric conductivity and temperature sensor used showed a similar accuracy for the DM content than the NIR sensor used.

4 Conclusion

The necessary sample size for wilted grass is according to the results and depending on the confidence level and interval similar to the official recommendations for sampling of grass silage. The DM content was subject to larger deviations in comparison to results from oven drying. The NIRS measurement of DM content on the baler combination delivered good results, especially for the second group of samples (DM 31.3–32.6 %). The hand type method can also give ranges of values which might be useful if there is no other alternative. The dielectric conductivity method had good results (DM 33.5–35.7 %) but the touch sensors used in this method could not be used for a long period as the forage material is very corrosive (Therefore it is more often used in the hay balers). The NIRS method stands is a good alternative for such baler machines as it can also be alternated to a device that can measure not only DM content but also many nutrient values from the crop which can be a very critical decision support system for the farmers (especially livestock farms). Finally, with increasing accuracy of the measurement systems an optimization of forage management like better planning of feed, and an increase in feed and nutrient efficiency can be achieved.

Literature

- Auernhammer, H.; Demmel, M.; Pirro, P.J.M. (1995): Yield measurement on self propelled forage harvesters, Paper No. 951757, ASAE, St Joseph, MI, USA
- Barnett, N.G.; Shinnars, K.J. (1998): Analysis of systems to measure mass-flow-rate and moisture on a forage harvester. Paper No. 981118, ASAE, St Joseph, MI, USA
- Gay, S.; Grisso, R.; Smith, R. (2009): Determining Forage Moisture Concentration. Virginia Cooperative Extension, Publication 442-106, Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University
- Kormann, G. (2001): Studies on integration of continuously operating humidity measurement systems in selected forage harvesters (Untersuchungen zur Integration kontinuierlich arbeitender Feuchtemesssysteme in ausgewählten Futtererntemaschinen). Dissertation, Technische Universität München, Germany
- Kromer, K.-H.; Schmittmann, O.; Osman, A.M. (1999): Crop Yield Monitoring on Forage Harvesters. Paper No. 991051, ASAE, St Joseph, MI, USA
- N.N. (1978): Regulation on sampling and analysis for the official feed control (feed sampling and analysis- Regulation) from 21/03/1978 (Verordnung über Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Futtermittelüberwachung (Futtermittel-Probenahme- und -Analyse- Verordnung) vom 21.03.1978, in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. März 2000, BGBl. I p. 226, zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 14. März 2007, BGBl. I p. 335
- Urfell, J. (2009): HarvestLab - moisture measurement in silage maize used as a mobile device on John Deere Forage Harvester 7550i (HarvestLab – Feuchtemessung in Mais im mobilen Einsatz auf John Deere Feldhäcksler 7550i). In: DLG-Prüfbericht 5913 F

Acknowledgements

This project was supported by the HISARLAR R&D Center.

Auswirkungen eines Zitzengummis mit neuartiger Schaftform auf Merkmale der Zitzenkondition und der Eutergesundheit

Effects of a liner with a new barrel design on teat condition and udder health

ANGELIKA HAEUSSERMANN, CHRISTIAN PAHL, EBERHARD HARTUNG

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, 24098 Kiel;
ahaeussermann@ilv.uni-kiel.de

Schlüsselwörter: Zitzengummi, Milchentzug, Hyperkeratosen, Zitzenkondition, Mastitis
Keywords: liner, milking, hyperkeratosis, teat condition, mastitis

Zusammenfassung

Das Ziel der Studie war es, die Wirkung eines Zitzengummis mit konkav geformtem Schaft und variierenden Wandstärken auf die Zitze zu untersuchen. Die Zitzengummi-Variante wurde über einen Zeitraum von 16 Wochen in einem Halbeuterversuch getestet. Bewertet wurden die Zitzenkondition und der somatische Zellgehalt.

Die Variante übte keinen Einfluss auf die Dicke der Hyperkeratosen oder die Zitzenbasis aus. Hyperkeratosen an den Zitzen, die mit der Variante gemolken wurden, wiesen jedoch weniger häufig eine raue Oberfläche auf. Nach dem Melken als blau eingestuft wurden 12 % und 5 % der Zitzen, die mit der Referenz bzw. Variante gemolken wurden. Eine erhöhte somatische Zellzahl (geometrisches Mittel > 100.000 Zellen/ml) trat bei 31 % und 20 % der Viertel, die mit der Referenz bzw. Variante gemolken wurden, auf. Die mittlere Zellzahl der Viertel, die mit der Variante gemolken wurden, war nach 16 Wochen Versuchsdauer tendenziell niedriger. Insgesamt wirkte sich die Variante somit positiv auf wichtige Merkmale der Zitzenkondition und die somatische Zellzahl aus.

Summary

The aim of the study was to evaluate the effect of a liner with concave barrel shape and varying barrel wall thicknesses on the teat. The liner variant was tested in a split-udder design over a time period of 16 weeks. The evaluation included teat condition and somatic cell count (SCC).

The variant had no effect on thickness of hyperkeratosis or teat base. However, hyperkeratosis at teats milked with the variant had less often a rough surface. Blue teats after milking were found in 12 % and 5 % of the teats milked with the reference and variant liner, respectively. An increased SCC (geometric mean > 100,000 cells/ml) was found in 31 % and 20 % of the quarters milked with the reference and variant liner, respectively. Mean SCC of quarters milked with the variant was in tendency lower after 16 test weeks. In summary, the variant had positive effects on major characteristics of teat condition and SCC.

1 Einleitung

Eine gute Eutergesundheit setzt voraus, dass der eingesetzte Zitzengummi die Abwehrfunktion der Zitze nicht negativ beeinflusst. Die Aufgabe eines Zitzengummis ist in erster Linie die Rückmassage von Blut und Lymphflüssigkeit, die sich während des Melkvorgangs im Bereich der Zitzenkuppe ansammeln. Gleichzeitig soll ein guter Kontakt zur Zitze vorhanden sein, was die Haftung an der Zitze fördert und die Zitzenbasis schont. Die Wirkung des Zitzengummis auf die Zitze wird von Designkriterien, wie der Wandstärke, der Flexibilität des Kopf- und Wandbereichs, dem Schaftdurchmesser, der Schaftform und der effektiven Länge beeinflusst (MEIN et al. 1987, HAMANN et al. 1994).

Bewertet werden kann die Interaktion zwischen Zitzengummi und Zitze z.B. anhand der Zitzenkondition (HAEUSSERMANN et al. 2013). Hierbei werden kurz-, mittel- und langfristige Veränderungen an der Zitze erfasst (MEIN et al. 2001, WGM 2007), die mitunter als Indikatoren für die Einwirkung des Zitzengummis auf die Zitze dienen. Negative Einwirkungen auf die Zitzenkondition gehen häufig mit einer verminderten Barrierefunktion der Zitze gegenüber Erregern einher und deuten somit auf ein erhöhtes Infektionsrisiko hin (HAMANN 1994). Die somatische Zellzahl dient als zusätzlicher Indikator für das Infektionsrisiko. Da sich auch andere Einflüsse, wie die Vakuumhöhe oder die Pulsatoreinstellung, das Alter und der Laktationsstand der Tiere, Management und Umgebung auf die Zitzenkondition und somatische Zellzahl auswirken, ist es wichtig, solche äußeren Einflüsse unter Versuchsbedingungen möglichst konstant zu halten.

Das Ziel der Studie war es, die Wirkung eines Zitzengummis mit konkav geformtem Schaft auf die Zitze zu untersuchen. Der Schaft des getesteten Zitzengummis verfügt im horizontalen Schnitt über Wandanteile unterschiedlicher Stärke und unterscheidet sich somit sowohl von Zitzengummis mit runder Schaftform als auch von Zitzengummis mit drei oder vier planen Ebenen. Bewertet wurde die Zitzenkondition anhand der Merkmale Hyperkeratosen, Zitzenfarbe und Zitzenbasis sowie des somatischen Zellgehalts im Viertelanfangsgemelk. Als Referenz diente ein Zitzengummi mit runder Schaftform. Beide Zitzengummitypen wurden unter definierten Versuchsbedingungen zeitgleich in einem Halbeuterversuch eingesetzt. Ein sich anschließender Kontrollzeitraum zeigt darüber hinaus die Rückentwicklung der Merkmale bei Umstellung auf die Referenz.

2 Material und Methoden

Der Versuch wurde in einem Milchviehbetrieb (Deutsche Holstein, ca. 400 melkende Kühe) in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Die Kühe wurden dreimal täglich in einem Fischgräten-Melkstand mit 2x12 Melkplätzen gemolken (Betriebsvakuum 42 kPa, Pulsphasenverhältnis von 64:36, 60 Takte/min; DeLaval GmbH, Glinde). Die Melkroutine beinhaltete das Vormelken, das Zitzenreinigen und das Ansetzen für je sechs Melkplätze, eine automatische Melkzeugabnahme (Grenzwert 200 ml/min) sowie die Desinfektion der Zitzen (Dippen) und der Melkbecher nach jedem Melkvorgang.

Die Versuchsdauer, März bis September 2013, unterteilte sich in eine Versuchsphase (16 Wochen) und die sich anschließende Kontrollphase (8 Wochen). Die Bonitierung der Zitzen und die Milchprobenahme fanden jeweils in einem vierwöchigen Rhythmus statt,

d.h. einmal vor Beginn der Untersuchungen, um die Ausgangssituation zu erfassen, in der 4., 8., 12. und 16. Woche der Versuchsphase und in der 4. und 8. Woche der Kontrollphase. Bonitiert wurden die Ausprägung der zitzenendigen Hyperkeratosen in einer vierstufigen Skala (Note 1–4: normal, < 1 mm, 1–3 mm, > 3 mm), die Rauigkeit der Hyperkeratosen (normal, rau), die Farbe der Zitzen nach dem Melken (normal, rot, blau) und die Zitzenbasis (normal, Ringabdruck, fühlbare Schwellung). Die Bonitierung fand im direkten Anschluss (< 1 min) an den Melkvorgang statt. Die Zitzenfarbe und -basis wurden in der achten Versuchswoche nicht erfasst. Milchproben wurden ebenfalls im vierwöchigen Abstand genommen und auf ihren somatischen Zellgehalt (DCC, DeLaval Int. Tumba, Schweden) untersucht. Die Milchproben wurden direkt nach dem Vormelken und der Zitzenreinigung an den beiden hinteren Vierteln gewonnen.

Die Untersuchung wurde in Form eines Halbeuterversuchs durchgeführt. Vor Beginn der Versuchsphase und in der achtwöchigen Kontrollphase wurden Versuchs- und Referenzviertel mit dem Referenzzitzengummi, DeLaval Harmony 20M, gemolken. In der Versuchsphase wurden die beiden Versuchsviertel, vorne rechts und hinten links, mit der Variante, DeLaval Clover™ 20M, gemolken. Die beiden Referenzviertel, vorne links und hinten rechts, wurden in der Versuchsphase weiterhin mit dem Referenzzitzengummi gemolken.

Die Auswahl der Tiere erfolgte vor Beginn der Versuchsphase: frisch abgekalbte Kühe, Kühe im fortgeschrittenen Laktationsstadium, behandelte Tiere und Tiere mit atrophen Vierteln wurden von der Studie ausgeschlossen. Von den selektierten 302 Kühen verblieben für die Bewertung der Zitzenkondition insgesamt 150 Kühe, die bis zum Ende des Versuchs gemolken wurden. In der achten Versuchswoche wurden einmalig neue Tiere in die Untersuchung aufgenommen (n = 83 Kühe), sodass insgesamt bis zu 233 Kühe ausgewertet wurden.

Für die Auswertung der Milchproben wurde zu Beginn der Untersuchung, zusätzlich zu den vorgenannten Selektionskriterien, Tiere mit mehr als 160 Laktationstagen von der Studie ausgeschlossen. Von den selektierten 181 Kühen verblieben 151 Tiere bis zum Kontrollzeitraum in der Studie, die für die Auswertung der Zellzahl (logarithmiert) berücksichtigt wurden. Davon wurden 86 Tiere, die zu Beginn der Untersuchung sowohl im Gesamtgemelk (Milchleistungsprüfung) als auch in den Milchproben der beiden hinteren Vierteln unter 100.000 Zellen/ml Milch aufwiesen, für die weitere Auswertung herangezogen. Bewertet wurde der Anteil der Viertel, die im geometrischen Mittelwert über die Versuchswochen 8 bis 16 den Grenzwert von 100.000 Zellen/ml Milch auf einem oder auf beiden Vierteln überschritten.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM SPSS Statistics Vers. 21. Die Verteilung der Hyperkeratosen wurde mit dem χ^2 -Test überprüft, die Anzahl an Zitzen bzw. Vierteln mit auffälliger Zitzenkondition und Zellzahl mit dem McNemar-Test und die logarithmierte Zellzahl mit dem T-Test für gepaarte Stichproben.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Variante beeinflusste sowohl die Zitzenkondition als auch die Zellzahl der untersuchten Viertel. Die Ergebnisse sind im Einzelnen nachfolgend aufgeführt.

3.1 Hyperkeratosen

Bei der ersten Bonitierung wiesen 60 % der Zitzen keine Hyperkeratosen (Note 1) und 35 % eine Ausprägung (Dicke) von maximal 1 mm (Note 2) auf ($n = 150$ Tiere). Hyperkeratosen mit einer Ausprägung von 1–3 mm (Note 3) traten bei 4 % der Zitzen auf und Hyperkeratosen mit mehr als 3 mm (Note 4) zu etwa 1 %. In den ersten 16 Wochen des Versuchsverlaufs fiel die Anzahl der Zitzen ohne Hyperkeratosen auf 40 %, die der Zitzen mit der Note 2 stieg im Gegenzug auf 54 % ($n = 150$ Tiere). In den nachfolgenden acht Wochen der Kontrollphase stieg insbesondere die Zahl der Hyperkeratosen mit der Note 3 von knapp 6 % auf 16 % ($n = 150$ Tiere). Ein leichter Anstieg war ebenfalls für die Zahl der Hyperkeratosen mit der Note 4 auf knapp 2 % zu verzeichnen. Die Veränderungen während des Versuchsverlaufs waren in erster Linie durch das fortschreitende Laktationsstadium bedingt; die Variante hatte keinen Einfluss. Mögliche Einflussfaktoren sind weiterhin Änderungen im Einstreumanagement, die Jahreszeit, das Alter der Tiere oder Dippmittel (RUDOVSKY et al. 2011).

Neben der Ausprägung der Hyperkeratosen wurde deren Rauigkeit bewertet. Hyperkeratosen mit rauer Oberfläche waren bereits zu Versuchsbeginn selten und traten in weniger als 4 % der Zitzen auf. In den ersten vier Versuchswochen fiel die Häufigkeit unabhängig von der Zitzengummivariante auf 1 % der Zitzen ($n = 150$ Tiere). In den nachfolgenden zwölf Versuchswochen wurden insgesamt sieben der Zitzen, die mit dem Referenzzitzengummi gemolken wurden, als rau bewertet, aber nur eine der Zitzen, die mit der Variante gemolken wurden. Die Variante beeinflusste die Häufigkeit von Hyperkeratosen mit rauer Oberfläche in diesem Zeitraum signifikant ($p < 0.05$). Der Unterschied war aufgrund der insgesamt sehr geringen Inzidenz gering; größere Effekte sind in Herden mit vermehrtem Auftreten rauer Hyperkeratosen zu erwarten. Hyperkeratosen mit rauer Oberfläche sind nachteilig bezüglich der Infektionsgefahr mit Mastitisserregern zu bewerten, weil die raue Struktur das Anheften der Erreger erleichtert (NELJENHUIS 2004, PADUCH et al. 2012).

3.2 Zitzenfarbe

Bei der ersten Bonitierung wiesen 7 % (Referenz) bzw. 8 % (Variante) der Zitzen eine blaue Färbung nach dem Melken auf ($n = 150$ Tiere). Im Kontrollzeitraum betrug der Anteil jeweils 5 % der Zitzen ($n = 233$ Tiere). Weder bei der ersten Bonitierung noch im Kontrollzeitraum war ein Unterschied zwischen Zitzen, die mit dem Referenzzitzengummi oder mit der Variante gemolken wurden, festzustellen. Im Versuchszeitraum war dagegen ein positiver Einfluss der Variante ($p < 0.001$) zu erkennen. In diesem Zeitraum wurden 12 % der Zitzen, die mit dem Referenzzitzengummi gemolken wurden, und 5 % der Zitzen, die mit der Variante gemolken wurden, mindestens einmal als blau eingestuft ($n = 233$ Tiere). Eine blaue Färbung der Zitze nach dem Melken weist auf eine unzureichende Durchblutung und/oder Massage der Zitzen während des Melkvorgangs hin. Ein geringerer Anteil an Zitzen mit blauer Färbung nach dem Melken ist – bei sonst

unveränderten Vakuum- oder Pulsatoreinstellungen – grundsätzlich ein Indiz, dass der getestete Zitzengummityp besser zur Zitzenmorphologie der Herde passt.

Der Anteil an Zitzen mit roter Färbung nach dem Melken variierte im Versuchsverlauf zwischen 2 % und 4 % und wurde durch die Variante nicht beeinflusst.

3.3 Zitzenbasis

Der Anteil an Zitzen mit einer Schwellung an der Zitzenbasis nach dem Melken betrug 10 % bei der ersten Bonitierung ($n = 150$ Tiere), 12 % in der Versuchsphase ($n = 233$ Tiere) und 4 % in der Kontrollphase ($n = 233$ Tiere). Der jeweilige Anteil wurde durch die Variante nicht beeinflusst.

Der Anteil an Zitzen mit einem Ringabdruck nach dem Melken betrug 20 % bei der ersten Bonitierung ($n = 150$ Tiere), 46 % in der Versuchsphase ($n = 233$ Tiere) und 43 % in der Kontrollphase ($n = 233$ Tiere). Der jeweilige Anteil wurde durch die Variante nicht beeinflusst.

3.4 Somatische Zellzahl

Die Zellzahl wurde zum einen anhand der logarithmierten Mittelwerte und zum anderen anhand des Anteils an Vierteln mit mehr als 100.000 Zellen/ml Milch ausgewertet. Der logarithmierte Wert lag zu Beginn der Untersuchung sowohl für die Varianten- als auch die Referenzviertel im Mittel bei 4,6. Er stieg innerhalb der zwölf Versuchswochen auf 4,9 (Variante) bzw. 5,0 (Referenz) und glich sich in den nachfolgenden acht Wochen des Kontrollzeitraums auf 5,0 für Varianten- und Referenzviertel an. Der Anstieg des Zellgehalts von Beginn der Untersuchung bis zum Ende des Kontrollzeitraums war durch das fortschreitende Laktationsstadium bedingt. In Woche 16 des Versuchszeitraums war zudem ein tendenzieller Einfluss der Variante auf den Anstieg der logarithmierten somatischen Zellzahl erkennbar ($p < 0,1$).

Von den 86 Kühen, die zu Beginn der Untersuchung jeweils unter 100.000 Zellen/ml Milch aufwiesen, überschritten 32 Kühe auf mindestens einem der beiden hinteren Viertel den Wert von 100.000 Zellen/ml im geometrischen Mittel der Wochen 8–16 des Versuchszeitraums. Bei 12 der 32 Kühe waren beide Hinterviertel betroffen, bei 15 Kühen nur das Viertel, welches mit dem Referenzzitzengummi gemolken wurde, und bei 5 Kühen nur das Viertel, welches mit der Variante gemolken wurden. Die Anzahl an Vierteln, die mit der Variante gemolken wurden und eine erhöhte somatische Zellzahl aufwiesen (17 Viertel) war somit insgesamt um 31 % niedriger als die der Viertel, die den angegebenen Grenzwert überschritten und mit dem Referenzzitzengummi gemolken wurden (27 Viertel; $p < 0.05$). Der Wert von 100.000 Zellen/ml Milch wurde von der DVG (2002) als Grenzwert für die Definition einer Mastitis (unspezifisch/spezifisch) festgelegt. Um eine Mastitis erregerspezifisch nachweisen zu können, ist zudem ein Erregernachweis erforderlich (DVG 2002). Demgegenüber wurde der Grenzwert in der vorliegenden Untersuchung nicht für den Nachweis einer Mastitis sondern als Indikator dafür verwendet, dass das Viertel eine Immunabwehrreaktion zeigt und somit mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einem Erreger infiziert war/ist.

4 Fazit

Die Ergebnisse bestätigten einen positiven Effekt des getesteten Zitzengummis auf die Rauigkeit von Hyperkeratosen, den Anteil an Zitzen, die eine zyanotisch blaue Färbung nach dem Melken aufweisen, den mittleren somatischen Zellgehalt und den Anteil an Zitzen mit einem somatischen Zellgehalt über dem Grenzwert von 100.000 Zellen/ml Milch. Nicht beeinflusst wurden die Dicke der Hyperkeratosen und das Erscheinungsbild der Zitzenbasis.

Literatur

- DVG (2002): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. Sachverständigenausschuss "Subklinische Mastitis", Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft, 4. Auflage, Hannover
- Haeussermann, A.; Rudovsky, H.-J.; Schlaiss, G.; Pache, S.; Hartung, E. (2013): Bewertung der Zitzengummiwirkung im Halbeuterversuch. In: Tagungsband 14. Jahrestagung WGM, 17.-19. September, Kiel, S. 8-11
- Hamann, J.; Osteras, O.; Mayntz, M.; Woyke, W. (1994): Functional parameters of milking units with regard to teat tissue treatment. Bulletin International Dairy Federation 297, pp. 23-32
- Mein Graeme, A.; Williams, D.M.; Thiel, C.C. (1987): Compressive load applied by the teatcup liner to the bovine teat. Journal of Dairy Research 54, pp. 327-337
- Mein Graeme, A.; Neijenhuis, F.; Morgan, W.F.; Reinemann, D.J.; Hillerton, J.E.; Baines, J.R.; Ohnstad, I.; Rasmussen, M.D.; Timms, L.; Britt, J.S.; Farnsworth, R.; Cook, N.; Hemling T. (2001): Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds: 1. non-infectious factors. In: Proceedings 2nd International Symposium on mastitis and milk quality, Vancouver, BC, Canada, pp. 347-351
- Neijenhuis, F. (2004): Teat condition in dairy cows. PhD thesis, Utrecht University, The Netherlands
- Paduch, J.-H.; Mohr E.; Krömker V. (2012): The association between teat end hyperkeratosis and teat canal microbial load in lactating dairy cattle. Veterinary Microbiology 158, pp. 353-359
- Rudovsky, H.J.; Pache, S.; Schulz, J. (2011): Hyperkeratosen – Wo liegen die Ursachen? ART-Schriftenreihe 15, S. 75-78
- WGM (2007): Hilfestellung zur Beurteilung der Zitzenkondition und ihrer möglichen Ursachen. <http://www.wgmev.de/download/arbeitsgruppen.html?view=category&layout=table&tid=7>, Zugriff am 20.04.2015

Entwicklung eines neuen Melkbechers für sanftes Melken

Development of a new teat cup for gentle milking

ULRICH STRÖBEL¹, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER¹, TONI LUHDO², REINER BRUNSCH¹

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; ustroebe@atb-potsdam.de

² Universität Potsdam, Focus Area for Dynamics of Complex Systems (DYCOS), Karl-Liebknecht-Straße 24-25, 14476 Potsdam

Schlüsselwörter: Melkbecher, Zitzengummi, schonendes Melken, Zitzenspitze, Ringdichtung

Keywords: teat cup, liner, sensitive milking, teat end, ring seal

Zusammenfassung

Durch Fortschritte in der Melktechnik wurde die pro Tier benötigte Arbeitszeit beim Melken zwar verringert, jedoch wurde weder die Eutergesundheit fundamental verbessert noch die Belastung des Eutergewebes reduziert. Die Reduzierung des Vakuums im Melkbecher entlastet das Eutergewebe insbesondere am Ende des Melkvorgangs. Damit stellt sich die Frage, ob der Zweiraummelkbecher in der Weise weiterentwickelt werden kann, dass er zeitweise ohne Melkvakuum an der Zitze haftet. Ein neu entwickelter Melkbecherprototyp mit einer Funktionstrennung für Melken und Halten, der zeitweise ohne Melkvakuum am Euter haftet, wird im Folgenden beschrieben. Dabei werden Messergebnisse zu der Funktionsweise des neuen Melkbechers präsentiert.

Summary

The working time required per animal was reduced due to further development in milking technology but there were neither improves fundamentally for the udder health nor on decreasing the load of the udder tissue. A reduction of the vacuum in the teat cup relieves the udder tissue, especially at the end in each milking process. This raises the question, whether the conventional teat cup can be technical improved in such a way that it can milk for a time without vacuum on the teat end. A newly developed prototype of such a teat cup, with a separation of functions for milking and keeping is described in the article.

1 Einführung

Elektronische Messsysteme stellen die Schlüsseltechnologie zur weiteren Automatisierung der zukünftigen Nutztierhaltung dar (BREHME et al. 2008). Melktechnik ist eine wichtige Techniksparte im Bereich der Verfahrenstechnik der Nutztierhaltung (STRÖBEL et al. 2013). Auch im Bereich der Melktechnik kommen regelmäßig Neuentwicklungen zur weiteren Automatisierung der Arbeit auf den Markt. Was speziell die Vakuumapplikation in Melksystemen anbelangt, so kann festgestellt werden, dass stabile Vakuumverhältnisse in Melksystemen von mehreren Autoren als die unumstößliche Voraussetzung für das erfolgreiche maschinelle Melken angesehen werden (NORDEGREN 1980, SCHLAISS 1994). Stabile Vakuumverhältnisse werden derzeit von der Mehrheit der modernen Melksysteme erzeugt. Das Blindmelken und eine unnötig hohe Vakuumbelastung am Ende eines Melkvorgangs konnten bisher, insbesondere in Gruppenmelkständen, nicht flächendeckend behoben werden (STRÖBEL et al. 2015a). Weiter haben die Länge und der Durchmesser des Strichkanals eine Auswirkung auf die Einwanderung von Bakterien ins Euter (HOGAN et al. 1988). Auch HAMANN (1987) bestätigt, dass der Strichkanal die wichtigste physische und chemische Barriere für das Einwandern von Erregern darstellt. Die Ziele der durchgeführten gegenwärtigen Entwicklungsarbeit bestanden deshalb darin, eine Melktechnik zu präsentieren, bei der Melk- und Haltefunktion getrennt einstellbar sind. Damit soll der Melkbecher besonders am Melkende ohne Melkvakuum an der Kuhzitze haften und den Strichkanal entlasten (STRÖBEL et al. 2015a).

2 Material und Methoden

Die Abbildung 1 zeigt einen Prototyp des neuen Melkbeckers in der Außenansicht. Das Anlagenvakuum im Labormelkstand bei dem der neuartige Melkbecher betrieben wird, soll 35 kPa betragen. Der neue Melkbecher muss mit einem Lufteinlass in Melkbecher-nähe betrieben werden, damit der Abtransport der Milch gewährleistet ist. Der Becher kann, nach bisherigem Kenntnisstand, nur viertelindividuell ohne Milchsammelstück betrieben werden. Abbildung 2 zeigt die innere Konstruktion des neuen Melkbeckers als 3-D-Zeichnung (STRÖBEL et al. 2015a). Dem neuen Melkbecher wurden zwei schlauchartige, aufblasbare Kammern hinzugefügt, die mit Druckluft von ca. 350 kPa (Druck über dem atmosphärischen Luftdruck) beaufschlagt werden können. Die beiden aufblasbaren Kammern werden in Form von Ringdichtungen in die beiden sichtbaren Zwischenräume eingebaut. Diese Konstruktion mit drei ringförmigen Abtrennungen im oberen Bereich der Melkbecherhülse (Abb. 2) unterscheidet den neuen Melkbecher von herkömmlichen Konstruktionen. Die Ringdichtungen (also aufblasbaren Kammern) gleichen einem Fahrradschlauch in Miniatur, dessen Ventilanschluss bzw. Anschlussstutzen sich außen statt innen befindet (STRÖBEL et al. 2014).

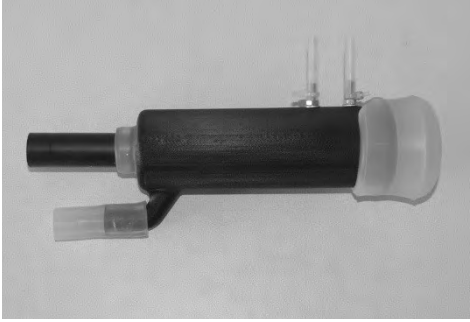


Abb. 1: Prototyp des neuen Melkbechers
(Foto: Stollberg/Ströbel)

*Fig. 1: Prototype of the new teat cup
(Photo: Stollberg/Ströbel)*

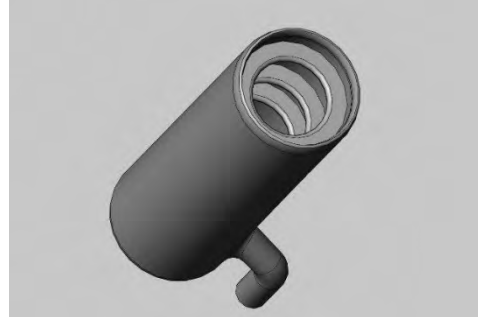


Abb. 2: Innenansicht des neuen Melkbechers
(Technische Zeichnung: Luhdo/Schröter/Ströbel)

*Fig. 2: Interior view the new teat cup
(Engineering drawing: Luhdo/Schröter/Ströbel)*

Der neu entwickelte Melkbecherprototyp wurde in ein viertelindividuelles Melksystem eingebaut, das sich im Melklabor des ATB in Potsdam befindet. Der Anschluss erfolgte über das Ankoppeln des Pulsschlauches und des langen Milchschauches (STRÖBEL et al. 2015a). Um die Haltefunktion des neuen Melkbechers an der Zitze zu testen, wurden die nachfolgend aufgezählten Größen erfasst: Abhängige Messgröße war das zitzenendige Melkvakuum. Mittels Nassmessung nach ISO 6690 (2007) konnte die exakte Höhe des zitzenendigen Melkvakuums im Labor bestimmt werden, bei welchem der neue Melkbecher sich ansaugt und ab welchem zitzenendigen Vakuum der Melkbecher wieder abfällt. Die Stellgrößen, welche das „Ansaugvakuum“ und „Abfallvakuum“ beeinflussen, waren im Laborversuch A das Anlagenvakuum, welches zwischen 5 kPa und ca. 40–50 kPa variiert wurde. Desweiteren wurde das Gewicht des Melkbechers erfasst; es wurde als Stellgröße zwischen ca. 200 g und 300 g variiert. Die Füllung der eingebauten aufblasbaren Kammern mit Druckluft wurde außerdem als Stellgröße variiert (350 kPa Überdruck oder 0 kPa Überdruck relativ zum atmosphärischen Luftdruck). Die Pulsation (60:40; 60 Takte/Minute) wurde an- und abgeschaltet und der Melkbecher wurde wechselweise ohne Milchfluss und mit einem Milchfluss von 1,0 l/min pro Euterviertel betrieben (STRÖBEL et al. 2015a). Weiterhin wurden Melkversuche im Laborversuch B bei einem festem Anlagenvakuum von 35 kPa, unterschiedlichen Milchflüssen und ohne Überdruck in den Ringdichtungen durchgeführt, um die Melkfunktion des neuen Bechers zu untersuchen. Die Ergebnisauswertung erfolgte mit der Software MatLab (STRÖBEL et al. 2015a). Die Wirkung der Stellgrößen auf den Zeitpunkt bzw. auf das zitzenendige Vakuum beim Melkbecherabfall, wurde in Versuch A erfasst und ausgewertet. Die Melkfunktion des Melkbechers wurde in Versuch B untersucht, indem der zeitliche Verlauf der Vakuumkurven am Pulsschlauch (Pulsvakuum), an der Vakuumpumpe (Anlagenvakuum) und an der Zitzenspitze der ISO-Kunstzitze (Melkvakuum) (ISO 6690 2007) verglichen wurde. Nach Erstellung der ersten Melkbecherkonstruktionen wurde ein Patent (DE102012103560) auf die erzielten Ergebnisse angemeldet (STRÖBEL et al. 2015a).

3 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 3 ist ein Ergebnisschaubild der durchgeführten Messreihen von Versuch A. Es handelt sich um eine Einzelmessung über ca. 80 Sekunden, bei der die Pulsation abgestellt war und der Milchfluss 1,0 l/min betrug. Weiterhin waren beide aufblasbaren Kammern mit einem Überdruck von 350 kPa (über Atmosphäre) beaufschlagt und das Melkbechergewicht betrug während der gesamten Messdauer 200 g. Die horizontale Linie im Schaubild zeigt den konstanten atmosphärischen Luftdruck von 101 kPa. Der Verlauf der dunklen talförmigen Kurve macht das Anlagenvakuum am Melksystem sichtbar, das relativ zur Atmosphäre zwischen 5 und ca. 50 kPa Vakuum variiert wurde. Das zitzenendige Melkvakuum wurde als helle talförmige Kurve im Schaubild dargestellt. Im Bereich bis ca. 25 Sekunden hat der Melkbecher sich nicht dauerhaft an der Kunstzitze festgesaugt, obwohl er vom Versuchsmitarbeiter jeweils knapp unter die Kunstzitze gehalten wurde (STRÖBEL et al. 2015a). Erst ab einem zitzenendigen Vakuum von relativ 20 kPa (ab ca. 25 s) hat sich der Melkbecher dauerhaft an der Zitze festgesaugt. Bei einer Zeit von ca. 40 Sekunden und hohem Vakuum hat der Melkbecher sich problemlos an der Zitze gehalten. In einer Zeit von ca. 70 Sekunden bei einem relativen Vakuum von ca. 5 kPa ist der Melkbecher dann erst wieder abgefallen. Ab einer Zeit von ca. 60 Sekunden wurde der Melkbecher regelmäßig mit der Hand angetippt, um die Vakuumschwelle für den Becherabfall zu finden (STRÖBEL et al. 2015a). Für Versuch A kann zusammenfassend festgestellt werden, dass der Melkbecher bei idealen Einstellungen (mit Überdruck in beiden aufblasbaren Kammern) auch bei einem zitzenendigen Melkvakuum von 5–10 kPa dauerhaft an der Zitze haften bleibt. In Folgeversuchen im Melklabor konnte das notwendige Melkvakuum sogar weiter auf 0–5 kPa abgesenkt werden (STRÖBEL et al. 2015a). In Fällen ohne Druckluftbeaufschlagung der aufblasbaren Kammern ist der neue Melkbecher hingegen mehrfach bereits bei einem Melkvakuum von 10–20 kPa abgefallen, nachdem er sanft angetippt wurde (STRÖBEL et al. 2015a).

Die gewünschte Wirkung der eingebauten aufblasbaren Kammern wurde somit bestätigt (STRÖBEL et al. 2015a). Weitere Ergebnisse zur vorhandenen Melkfunktion des neuen Melkbechers in Versuch B wurden bisher vorwiegend visuell ausgewertet und zeigen keine erheblichen Unterschiede beim Vakuumverlauf der Anlagen-, Puls- und Melkvakuumkurve im Vergleich zu konventionellen Melkbechern (STRÖBEL et al. 2015a). Bei Versuchen an der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung e.V. Ruhlendorf/Groß Kreutz an echten Kühen hat sich ebenfalls gezeigt, dass die Melkfunktion mit dem neuen Melkbecher erreicht wird. Weiter konnte festgestellt werden, dass die Haltefunktion bei Druckluftbeaufschlagung der Dichtringe bei lebenden Kühen bisher noch nicht zuverlässig funktioniert. Dies wird auf die große Vielfalt der Zitzenformen zurückgeführt (STRÖBEL et al. 2015b).

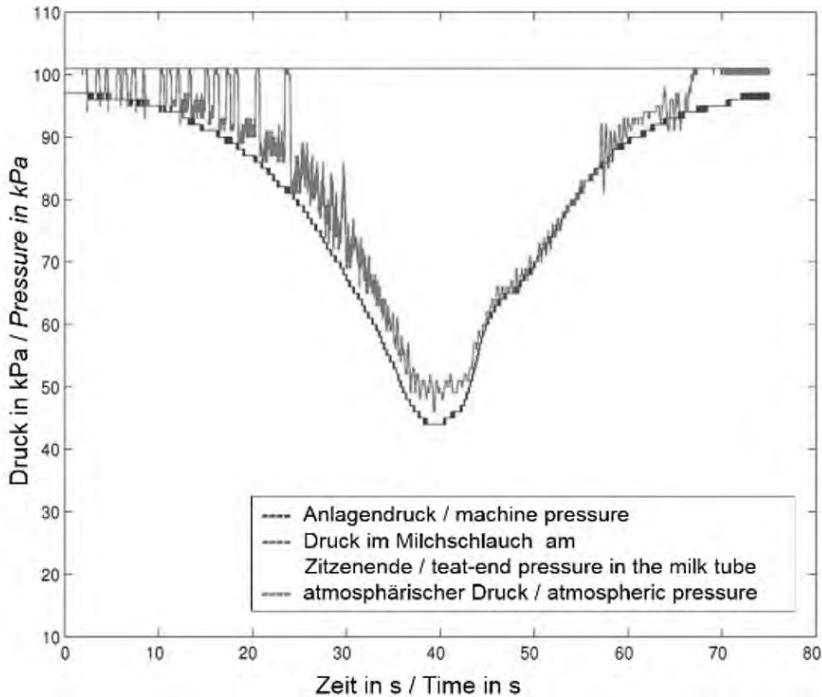


Abb. 3: Vakuum- bzw. Druckverlauf am Prototyp des neuen Melkbechers im Melklabor in Versuch A
 Fig. 3: Vacuum pressure profile of the teat cup prototype in the milking lab in experiment A

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Haltefunktion des neuen Bechers, unabhängig vom Melkvakuum, im Melklabor erreicht wird. Die bisherige Konstruktion des neuen Melkbechers kann in viertelindividuelle Melksysteme (unter Hinzunahme einer Druckluftversorgung für jedes Euterviertel) relativ problemlos integriert werden (STRÖBEL et al. 2015a). Eine negative Auswirkung auf die Reinigung und andere notwendige Funktionen des Melkbechers wird derzeit nicht erwartet. Das Potenzial des neuen Melkbechers für eine Markteinführung wird damit als äußerst hoch eingeschätzt (STRÖBEL et al. 2015b).

Literatur

- Brehme, U.; Stollberg, U.; Holz, R.; Schleusener, T. (2008): ALT pedometer – New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and Electronics in Agriculture* 62, 73-80
- Hamann, J. (1987): The role of machine factors in the aetiology and pathogenesis of mastitis. *Hohenheimer Arbeiten, Research on Milk Produktion, Stuttgart-Hohenheim*, S. 22-56
- Hogan, J.S.; Smith, K.L.; Todhunter, D.A.; Schoenberger, P.S. (1988): Rate of environmental mastitis in quarters infected with *Corynebacterium bovis* and *Staphylococcus* species. *Journal of Dairy Science* 71, 2520-2525
- ISO 6690 (2007): Milking machine installations – mechanical tests. International Organization for Standardization
- Nordegren, S.A. (1980): Cyclic Vacuum Fluctuations in Milking Machines. Stuttgart-Hohenheim, Germany: Dissertation, Eigenverlag
- Schlaß, G. (1994): Einfluss von modifizierter Zitzengummibewegung auf Milchabgabeparameter und zyklische Vakuumschwankungen. In: Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 255
- Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Luhdo, T.; Brunsch, R. (2015a): Ein Melkbecher, der ohne zitzenendiges Vakuum an der Kuhitze hält. In Pascal Savary, M.S. (Hrsg.): 5. Täglicher Melktagung „Nachhaltige Milchgewinnung“, Ettenhausen, S. 39-43
- Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Luhdo, T.; Brunsch, R. (2015b): Weiterentwicklung der Funktionsweise des Melkbeckers - Ist es möglich, dass ein Melkbecher ohne zitzennahes Vakuum am Euter haftet? Von <http://www.wgmev.de/> abgerufen
- Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Hoffmann, G.; Brunsch, R.; Luhdo, T. (2014): Schonend melken ohne Haftvakuum. *Agrarmanager* 2 (11), 58-61
- Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Brunsch, R. (2013): Entwicklung einer präzisen viertel-individuellen Vakuumregelung für Melkmaschinen. In M. S. Pascal Savary (Hrsg.), 4. Täglicher Melktagung - Automatisierung rund ums Melken (S. 21-25). Ettenhausen: Eigenverlag, ART-Schriftenreihe

Danksagungen

Die Studie wurde gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Vielen Dank für diese Förderung.

Leitfaden zur Verbesserung der Eutergesundheit in Betrieben mit automatischen Melksystemen

Code of practice for improvement of udder health on farms using automatic milking systems

HEIKE DIEZ, HEINZ BERNHARDT

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der TUM, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; agrarsystemtechnik@wzw.tum.de

Schlüsselwörter: Eutergesundheit, automatisches Melksystem, Management
Keywords: udder health, automatic milking system, management

Zusammenfassung

In mehreren Studien wurde belegt, dass die Eutergesundheit in Betrieben mit AMS schlechter ist als in Betrieben mit konventionellen Melksystemen. Ziel dieser Untersuchung war es deshalb, Betrieben mit Melkrobotern und Optimierungspotenzial im Bereich der Eutergesundheit einen Leitfaden an die Hand zu geben, mit dem sie die Eutergesundheit ihrer Herde verbessern können.

Es wurden zwölf Betriebe mit AMS, die überwiegend erhöhte Zellzahlen hatten, mit dem entwickelten Fragenkatalog analysiert und ausgewertet, um die größten Defizite in der Haltung und im Management mit Einfluss auf die Eutergesundheit auszuarbeiten. Die maßgeblichen Einflussfaktoren auf die Eutergesundheit konnten auch bei diesen Betrieben unterschiedlich stark wirkend als Ursache für die reduzierte Eutergesundheit festgestellt werden. Der entwickelte Leitfaden bezieht sich auf die Einflussfaktoren auf die Eutergesundheit, auf die Ergebnisse des Fragenkataloges und auf daraus abgeleitete Empfehlungen, die für die zu analysierenden Betriebe erarbeitet wurden.

Summary

It has been proven in several studies that the udder health on farms using an AMS is worse than on farms using conventional milking systems.

The aim of this study was to provide farms using milking robots with room for improvement in the area of udder health with a code of practice which would enable them to optimize the udder health of their herds.

12 farms with AMS which had predominantly elevated somatic cell counts were studied by using the developed questionnaire to evaluate the largest deficits in housing and management affecting udder health. The relevant influencing factors were also found to have varying significance on reduced udder health in the analyzed farms. The created code of practice refers to the influential factors on udder health, the results of the questionnaire and also to recommendations which resulted from this information and which was provided to the analysed farms.

1 Einführung

Die Eutergesundheit nimmt in Milchviehbetrieben eine entscheidende Rolle ein. Sie entscheidet nicht nur über die Qualität des hergestellten Produkts Milch, sondern hat einen wesentlichen Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg der Milchproduktion, denn Erkrankungen der Milchdrüse sind nicht nur teuer, sondern auch mit einem erheblichen Arbeitsaufwand für die Wiederherstellung der Eutergesundheit verbunden.

In Vergleichen der Eutergesundheit hatten Betriebe mit automatischen Melksystemen in den vergangenen Jahren meist schlechtere Kennzahlen als Betriebe mit konventionellen Melksystemen. Die Untersuchungen müssen in solche unterteilt werden, die die Eutergesundheit, vorrangig den Gehalt an somatischen Zellen, innerhalb eines Zeitraumes von meist weniger als einem Jahr vor und nach der Installation des Melkroboters untersucht haben, und in solche, die einen Vergleich zwischen Betrieben mit automatischen (AMS) und konventionellen Melksystemen (CM) vorgenommen haben. Bei erstgenannten Studien wurde in jüngeren Studien stets eine Erhöhung der Zellzahlen festgestellt, z. B. bei KLINKEL et al. (2013) um 22.000 Zellen/ml. In Studien mit Vergleich der Melksysteme wiesen die Melkroboterbetriebe höhere Zellzahlen vor: ALBRECHT (2011) stellte z. B. 38.000/ml höhere Zellzahlen bei AMS-Betrieben fest.

Die Ursachen hierfür sind vielschichtig und liegen betriebsindividuell in den verschiedensten Bereichen. Die Einflussfaktoren auf die Eutergesundheit, die in der Wissenschaft als maßgebend angesehen werden, sind Melktechnik und Melkeinstellungen (u. a. PALLAS 2002), Haltung und Hygiene (u. a. RENEAU et al. 2005), Fütterung und Stoffwechselerkrankungen (u. a. SURIYASTHAPORN et al. 2000), Zitzenkondition (u. a. LEWIS et al., 2000), Management (u. a. DUFOUR et al. 2011) und weitere Faktoren wie die Klauengesundheit (u. a. BORDERAS et al. 2008).

Ziel des Leitfadens ist es, dass Betriebsleiter mit AMS, die ein Bestreben nach einer besseren Eutergesundheit haben, die Ursachen für die ungenügende Eutergesundheit selbst herausfinden. Gleichzeitig sollen Ansatzpunkte zur Verbesserung gegeben werden. Der Leitfaden orientiert sich stark am Management des Betriebes, zu dem auch die Haltung und Fütterung zählt, und weniger stark an der Analyse der Eutererreger, die aber trotzdem nicht vernachlässigt werden darf. Konkrete Euterbehandlungsmaßnahmen werden nicht thematisiert. Das Ziel der Umsetzung des Leitfadens ist es, die Umweltbedingungen der Kühe so zu optimieren, dass möglichst wenig Eutererkrankungen auftreten.

2 Material und Methode

Für die Untersuchung des Leitfadens wurden zwölf Betriebe mit Erfahrung im AMS-Management und einer optimierungswürdigen Eutergesundheit ausgewertet. Es wurden deswegen in Zusammenarbeit mit dem LKV-Bayern und den regionalen Geschäftsstellen der Roboteranbieter Betriebe ausgewählt, die seit mindestens zwei Jahren mit einem AMS melken und die erhöhte Zellzahlen haben. Die durchschnittliche Zellzahl der Herde lag bei diesen Betrieben im Jahr 2013 von mindestens drei Probemelkungen über 200.000. Es wurden Betriebe mit Melkrobotern der vier häufigsten Fabrikate ausgewählt,

wobei hier nicht vorrangig auf eine vergleichbare Ausstattung der Fabrikate geachtet wurde. Das Kriterium der über zwei Jahre andauernden Erfahrung sollte im Vordergrund stehen. Die Nutzungsdauer schwankte zwischen 2 und 11 Jahren. Die AMS-Technik war dementsprechend unterschiedlich alt. Die Betriebe wurden zwischen Januar und März 2014 besucht.

Zur Betriebsanalyse wurde ein achtseitiger Fragenkatalog entworfen. Er basiert auf den aus der Literaturanalyse gewonnenen entscheidenden Aspekten für die Eutergesundheit und enthält neben den Erwartungen an den Melkroboter und dessen Nachteile verschiedene Bereiche der Technik, des Managements, der Haltung und der Fütterung. Dazu wurden u.a. bestehende Boniturschemata (Locomotion Score und Hygienescore) aber auch zwei selbsterstellte Bewertungsmaßstäbe (Hygiene der Liegebuchten und Laufflächen) verwendet, da es keine auf die Fragestellung passende Vorlagen gab. Des Weiteren wurden die Daten der Probemelkungen vom Jahr 2013 sowie die vom Managementprogramm aufgezeichneten Melkdaten von einem Zeitraum von sieben Tagen aufgenommen und ausgewertet.

Die gesammelten Daten wurden für einen horizontalen Betriebsvergleich zusammengefasst und die Ergebnisse in vergleichender Weise dargestellt. Dabei wurden Übereinstimmungen und Diskrepanzen zu den im Literaturteil dargestellten Erkenntnissen beschrieben. Für die Ergebnisse der Zwischenmelkzeiten und misslungenen Melkungen, Bonituren der Haltung und Tierhygiene, des Locomotion Scores, der Fütterungskennzahlen und der Zellzahlen wurden zur deskriptiven Statistik die Mittelwerte und die Minimal- und Maximalwerte berechnet. Für einige Teilbereiche wurden außerdem Korrelationswerte berechnet. Um die in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge zwischen Zellzahl und Stoffwechselerkrankungen für die analysierten Betriebe überprüfen zu können, wurden von den Kühen, die nach dem Fett-Eiweiß-Quotient an einer Stoffwechselerkrankung leiden, der Anteil der Kühe berechnet, die in der gleichen Probemelkung auch Zellzahlen über 400.000/ml haben. Aus den beschriebenen Ergebnissen wurden nachfolgend für jeden einzelnen Betrieb individuelle Empfehlungen aus den größten Mängeln abgeleitet, die die Landwirte erhalten haben und zur praktischen Umsetzung nutzen können. Die gewonnenen Ergebnisse dieses Feldtests wurden in den Leitfaden integriert, sodass nun eine eigenständige Bearbeitung durch den Landwirt möglich ist.

Aus den bei der Literaturanalyse gewonnenen entscheidenden Aspekten für die Eutergesundheit, den gesammelten Ergebnissen des Fragenkataloges sowie aus den Beratungsempfehlungen, die für die analysierten Betriebe zusammengestellt wurden, wurden Bereiche zusammengetragen, wo Landwirte ansetzen können, um die Zellzahlen ihrer Kühe zu reduzieren.

3 Ergebnisse und Diskussion

Für das gesamte Jahr 2013 liegt der durchschnittliche Zellgehalt von allen Betrieben bei 260.000/ml und damit im Schnitt um 42.000 Zellen/ml höher als im Jahr vor der Installation des Melkroboters. In neun Betrieben hat sich die Zellzahl verschlechtert, in drei Betrieben dagegen verbessert. Die Verschlechterung der Eutergesundheit war allerdings nur drei der neun Betriebe bewusst.

Die Hygiene war, sowohl für die Liege- als auch die Laufflächen insgesamt unzureichend. Nur ein Betrieb konnte für beide Bereiche die Vorgaben einhalten und zwei weitere Betriebe lediglich im Liegebereich. Alle anderen Betriebe erreichten die Zielvorgabe, überwiegend trockene Liegeflächen und geringe Verschmutzung mit weniger als 30 % Kotbedeckung auf der Lauffläche, was jeweils der Note 2 des Boniturschemas entspricht, nicht. Es konnten hohe Korrelationswerte zwischen der Hygiene der Haltungsumgebung und der Tiere festgestellt werden. Die Korrelation zwischen der Hygiene der Liegefläche und der Zellzahl lag bei 0,52 und für die Hygiene der Laufflächen bei 0,64.

Die Rationsvorgabe hinsichtlich der Kraftfutterhöchstmengen wurden in allen Betrieben eingehalten, lediglich die zu empfehlende Anfütterungskurve am Laktationsbeginn lag in vier Betrieben nicht vor und war in zwei weiteren Betrieben auf einen zu kurzen Zeitraum von unter 35 Tagen eingestellt. Der Milcherzeugungswert (MEZW) der Grundration, der nach BONSELS (2014) im Melkroboterbetrieb unterhalb der tatsächlichen durchschnittlichen Tagesmilchmenge liegen sollte, wurde dagegen nur in vier Betrieben eingehalten. In allen anderen Betrieben lag der MEZW 1,3 bis 6,5 kg über der Tagesmilchmenge, was zu einem schlechten Besuchsverhalten am Roboter und zu einer Überversorgung der Tiere mit negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit und den betriebswirtschaftlichen Erfolg führen kann. Durch die Überversorgung steigt die Gefahr, dass die Kühe nach der nächsten Kalbung in eine ketotische Stoffwechsellage fallen und es so zu einer Immunsuppression mit nachfolgender reduzierter Eutergesundheit kommt. Der Anteil der Kühe, die sowohl einen FEQ über 1,5, der als Hinweis auf eine Ketose betrachtet wird, als auch Zellzahlen von über 400.000/ml hatten, lag im Durchschnitt bei 18 %. Es liegt außerdem ein deutlicher Korrelationswert von 0,68 für den Zusammenhang von FEQ >1,5 und dem Zellgehalt im ersten Laktationsdrittel vor.

Im Bereich des Managements wurden u. a. die Dokumentation von Mastitisfällen, die in zehn Betrieben nicht im zufriedenstellenden Umfang vorgenommen wurde, und die Klauengesundheit überprüft. Nur in drei Betrieben konnte eine sehr gute Klauengesundheit festgestellt werden, in fünf Betrieben war sie dagegen unzureichend. Klauenleiden beeinträchtigen das Wohlbefinden und die Abwehrkraft der Kühe und haben damit auch einen negativen Einfluss auf die Eutergesundheit.

Bei der Auswertung der Melkdaten sind jeweils zwei Betriebe mit einem deutlich zu hohen Anteil der Kühe mit Zwischenmelkzeiten von länger als 14 Stunden und weniger als 6 Stunden aufgefallen. Hier wurde als Ziel maximal 8 % bzw. 3 % definiert. Für misslungene Melkungen gelten 5 % als akzeptabel (WINTER et al. 2009), was von drei Betrieben nicht eingehalten wurde.

Diese beschriebenen Mängel im Management stellten neben den Erkenntnissen aus der Literatur die Grundlage für die Entwicklung des Leitfadens dar, der die wesentlichen Schritte zur Analyse und zum Aufdecken von Schwachstellen im Hinblick auf die Eutergesundheit im eigenen Melkroboterbetrieb vorgibt.

Der Leitfaden besteht neben einem einführenden Anschreiben mit Erklärungen aus drei Teilen. Im Analyseteil wird die Herdensituation durchleuchtet, um die Problembereiche aufzudecken. Es sollen mindestens die letzten drei Probemelkungen hinsichtlich der Anteil der Kühe in drei Zellzahlklassen (< 200.000/ml; 200.000–400.000/ml; > 400.000/ml) und der Zellzahlen innerhalb der Laktationsdritteln ausgewertet werden. Außerdem sollen durch eine Dokumentation der Mastitisfälle und durch eine

Leitkeimbestimmung der Herde erste Rückschlüsse auf die Ursachen der optimierungswürdigen Eutergesundheit geschlossen werden. Im Hauptteil (Abb. 1) werden Zielwerte für die Bereiche Datenauswertung, Technik, Management, Stoffwechselauffälligkeiten, Fütterung und Haltung vorgegeben. Für den Fall, dass sich Abweichungen zwischen der Betriebssituation und den Zielwerten ergeben, werden konkrete Maßnahmen zur Verbesserung vorgeschlagen sowie Punkte aufgezeigt, wo ggf. zusätzlich Beratung in Anspruch genommen werden kann bzw. sollte. Der letzte Teil, der Anhang, besteht aus Informationen und Hilfestellungen für die im zweiten Teil untersuchten Bereiche. Der Leitfaden kann von den Landwirten selbst und mit einem überschaubaren Zeitaufwand bearbeitet werden. Mit einer konsequenten Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen werden sich die Umweltbedingungen für die Kühe dahingehend optimieren, dass sich die Risikofaktoren für Mastitiden reduzieren und gleichzeitig die Widerstandskraft der Kühe gegen Eutererkrankungen erhöht.

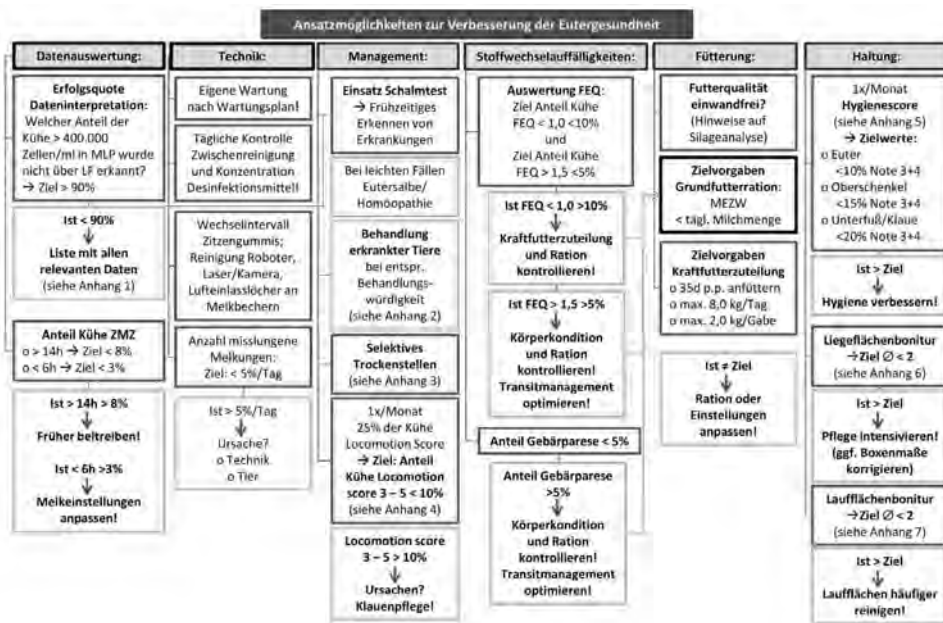


Abb. 1: Organigramm Hauptteil des Leitfadens

Fig. 1: Chart main part of guideline

4 Schlussfolgerungen

Die Einflussfaktoren auf die Eutergesundheit sind vielfältig, es konnte kein alleiniger Aspekt gefunden werden, der die Ursache für die schlechtere Eutergesundheit in Melkroboterbetrieben darstellt. Die Ursachen dafür sind vielmehr auf betriebsindividuelle Gegebenheiten und nicht allein auf die vorliegende Melktechnik zurückzuführen.

Die Landwirte haben oftmals Schwierigkeiten, die vom Managementprogramm gelieferten Daten zu interpretieren und daraus die notwendigen Maßnahmen abzuleiten. Die

Umsetzung ist teilweise nicht konsequent genug. Die Einstellung der Melkberechtigung ist gelegentlich nicht optimal. Die Beratung hinsichtlich der Einstellungen und Auswertungen sollte intensiviert werden.

Die schlechtere Eutergesundheit ist in den meisten Fällen nicht auf die Technik des automatischen Melksystems zurückzuführen, sondern auf eine mangelnde Umstellung und Anpassung des Managements auf das neue Melksystem. Die Umstellungsberatung war nicht in allen Fällen zufriedenstellend und die Begleitung im Management durch die Firmen sollte nach den Wünschen der Landwirte ausgebaut werden.

Der entwickelte Leitfaden soll Landwirte im AMS-Management in Hinblick auf Eutergesundheit unterstützen. Er liefert damit einen Beitrag zur Verbesserung des Managements mit Melkrobotern.

Literatur

- Albrecht, E. (2011): Roboter-Betriebe kämpfen mit hohen Zellzahlen. top agrar 6-2011, S. R12-R14
- Bonsels, Th. (2014): Fütterungsstrategien im AMS-Betrieb. Workshop Fütterung im Melkroboterbetrieb am LAZBW, Aulendorf, 21.1.2014
- Borderas, T.F. et al. (2008): Effect of lameness on dairy cows visits to automatic milking systems. Canadian Journal of Animal Science 88, pp. 1-8
- Dufour, S. et al. (2011): Effect of udder health management practices on herd somatic cell count. Journal of Dairy Science 94 (2), pp. 563-579
- Klinkel, N. et al. (2013): Umstellung auf AMS: Eutergesundheit bleibt Hürde. Elite online.
- Lewis, S. et al. (2000): The likelihood of subclinical mastitis in quarters with different types of teat lesions in dairy cows. Cattle Practice 8, pp. 293-299
- Pallas, S. (2002): Analyse von Eutergesundheit und Rohmilchqualität im automatischen Melksystem. Dissertation, Freie Universität Berlin
- Reneau, J.K. et al. (2005): Association between hygiene scores and somatic cell scores in dairy cattle. Journal of the American Veterinary Medical Association 227, pp. 1297-1301
- Suriyasathaporn, W. et al. (2000): Hyperketonemia and the impairment of udder defense: a review. Vet. Res. 31 (4), pp. 397-412
- Winter, P. et al. (2009): Praktischer Leitfaden Mastitis. Vorgehen beim Einzeltier und im Bestand. Stuttgart, Parey Verlag

Analyse der Zwischenmelkzeiten in automatischen Melksystemen – Vorstellung eines Beratungstools

Analysis of milking intervals in robotic milking systems – Presentation of an advisory tool

JAN HARMS¹, ANNA EMBACHER², CORNELIA WIESNER², RUPERT M. BRUCKMAIER³

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Düring-Platz 2, 85586 Grub; jan.harms@lfl.bayern.de

² LKV Bayern e.V., Haydnstraße 11, 80336 München

³ Universität Bern, Bremgartenstr. 109a, 3012 Bern, Schweiz

Schlüsselwörter: Automatisches Melksystem, Zwischenmelkzeit, Gemelksmenge

Keywords: robotic milking, milking interval, milk yield

Zusammenfassung

Beim Einsatz automatischer Melksysteme muss aufgrund der Freiwilligkeit des Melkvorgangs eine kürzere Zwischenmelkzeit eingestellt werden, als eigentlich erzielt werden soll. Bei der täglichen Kontrolle stehen jedoch zu lange Zwischenmelkzeiten im Vordergrund. Eine Überprüfung auf (zu) kurze Zwischenmelkzeiten und/oder zu geringe Gemelksmengen findet i. d. R. nicht statt. Beides ist jedoch aus physiologischer Sicht zu vermeiden.

Es wurde ein Werkzeug entwickelt, um Zwischenmelkzeiten und Gemelksmengen auszuwerten und für Landwirte sowie Berater einfach zugänglich zu machen. Dabei wurde auch analysiert, wie häufig ungünstige Kombinationen beider Werte auftreten. Im Rahmen von Arbeitskreisen wurden 82 Betriebe analysiert und beraten. 19,3 % der Zwischenmelkzeiten lagen unter 7 h. 7,3 % der Gemelke wiesen gleichzeitig Gemelksmengen unter 8 kg auf. Im Betrieb mit den höchsten Werten lagen die Kennzahlen bei 39,4 % bzw. 21,6 %, bei einer durchschnittlichen Tagesleistung von 26,4 kg.

Summary

Due to voluntariness of milking in robotic milking systems, the setting for the milking interval must be shorter than the target value. Daily routine focuses on long milking intervals; a monitoring of (too) short milking intervals and/or too low milk yields per milking is not performed on most farms. However, from a physiological point of view both should be avoided.

A tool was developed, to analyze milking intervals and milk yields and to give an easy access to the results for farmers and consultants. In this process it also was analyzed, how often unfavorable combinations of both values occurred. During workshops 82 farms were analyzed and discussed. 19.3 % of the milking intervals were below 7 h, and 7.3 % additionally showed a milk yield below 8 kg. At the farm with the highest values those figure were 39.4 % and 21.6 % at an average daily milk yield of 26.4 kg per cow.

1 Hintergrund, Stand des Wissens

Automatische Melksysteme haben nach wie vor hohe Zuwächse und haben bei den Neuverkäufen in einigen Regionen, so auch in Deutschland, andere Melksysteme bereits deutlich hinter sich gelassen. Weltweit dürften mittlerweile über 20.000 Betriebe automatisch melken.

Automatisches Melken bedeutet i.d.R., dass die zu melkenden Tiere die Melkbox letztendlich freiwillig aufsuchen, auch wenn dies teilweise durch den Tierumtrieb bzw. das Nachtreiben von Tieren unterstützt und ergänzt wird. In diesem Zusammenhang stehen seitens der Landwirte, aber auch der Firmen und der Beratung die „überfälligen“ und damit nachzutreibenden Tiere im Fokus. Den Anteil dieser Tiere zu reduzieren, ist ein wichtiges Ziel in der Diskussion um den Tierumtrieb, aber auch um die Einstellungen im Managementprogramm.

Aufgrund der Freiwilligkeit des Melkvorgangs wird dabei i.d.R. eine kürzere Zwischenmelkzeit eingestellt, als eigentlich erzielt werden soll. Für den Landwirt ist es dabei in den derzeit auf dem Markt befindlichen Managementprogrammen nur schwer auswertbar, bei welchen Zwischenmelkzeiten und mit welchen Gemelksmengen seine Herde oder ein bestimmtes Tier über längere Zeiträume tatsächlich gemolken werden. Gerade Tiere, die regelmäßig zu früh und/oder mit geringen Gemelksmengen gemolken werden, tauchen in den Standardauswertungen nicht auf.

Ein zu frühes Melken bei evtl. auch noch geringer Gemelksmenge (relativ zur Kapazität des Euters) ist jedoch aus physiologischer Sicht zu vermeiden. Wenn wenig Milch im Euter ist (relative Füllung) gibt es keine oder wenig Zisternenmilch, mit der die Zeit bis zum Einschießen der Milch überbrückt werden kann. Gleichzeitig dauert es aber besonders lang, bis die Milch einschießt, im Extremfall bis zu 3 Minuten (BRUCKMAIER und HILGER 2001, DZIDIC et al. 2004). Bei geringer Euterfüllung führen demnach geringe Zisternenmilchmenge und die besonders lange Reaktionszeit des Euters bis zum Einschies sen der Alveolarmilch zu einem hohen Zeitbedarf für eine angemessene Eutervorbereitung (BRUCKMAIER und HILGER 2001).

Wenn Kühe bei geringer Euterfüllung gemolken werden sollen, ist deshalb der zeitliche Aufwand für eine adäquate Eutervorbereitung (im AMS Reinigung + Wartezeit von maximal 45 Sekunden) u.U. länger als die eigentliche Melkzeit, was einer effizienten Nutzung des AMS widerspricht (WEISS und BRUCKMAIER 2005). Ein Melkbeginn an leeren Zitzen bei vollem Vakuum führt andererseits unmittelbar zu schlechter Melkzeughaftung aufgrund des fehlenden Milchdrucks in der Zitze. In der Folge kommt es zu erhöhtem Vakuum im Zitzengummikopf und entsprechendem Klettern des Melkzeugs, und zu einer starken Belastung des Zitzengewebes, was den weiteren Melkakt hinsichtlich Melkgeschwindigkeit und Ausmelkgrad massiv beeinträchtigen kann (BESIER et al. 2015).

Als weitere kritische Auswirkung zu frühen oder zu häufigen Melkens ist u.U. ein erhöhter Gehalt an freien Fettsäuren zu nennen, was zu Geschmacksveränderungen und Einschränkungen bei der Verarbeitung der Milch führen kann (KLUNDEL et al. 2000).

2 Zielsetzung

Ziel der Untersuchung war die Entwicklung eines Tools um Zwischenmelkzeiten und Gemelksmengen gemeinsam auszuwerten und für den Landwirt sowie den Berater einfach verständlich zugänglich zu machen. Ein Teilziel war dabei zu analysieren, wie häufig ungünstige Kombinationen von Zwischenmelkzeiten und Gemelksmengen auftreten.

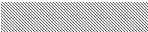
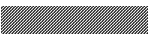
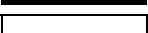
3 Material und Methode

In der Vorbereitung wurde der für die Milchkontrolle an die Kontrollverbände übermittelte Datensatz als bestmögliche Datengrundlage des Projekts herausgearbeitet, da er die wichtigsten Informationen wie Kuhnummer, Zwischenmelkzeiten und Gemelksmenge enthält und herstellerübergreifend verfügbar ist. Der Prototyp des Tools basiert auf Microsoft Excel, um in der Entwicklungsphase ein schnelles Anpassen zu ermöglichen.

Als kurze Zwischenmelkzeit wurde in der Untersuchung ein Wert von weniger als 7 h definiert, als lange Zwischenmelkzeit ein Wert über 16 h. Gemelksmengen unter 8 kg wurden als gering, solche über 14 kg als hoch eingestuft. Als normale Gemelksmengen galten Werte dazwischen. Die einzelnen Melkungen wurden entsprechend dieser Parameter nach folgenden Kriterien kategorisiert (Tab.1), wobei die Parameter zukünftig auch durch den Berater oder den Landwirt anpassbar sein sollen, um auf das Leistungsniveau der Herde eingehen zu können.

Tab. 1: Einteilung der Kategorien nach Zwischenmelkzeit und Gemelksmenge

Tab. 1: Classification in categories for milking interval and yield per milking

Farbe im Diagramm	Kategorie	Zwischenmelkzeit	Gemelksmenge
	A	kurz (<7 h)	normal (> 8 kg)
	B	kurz (<7 h)	gering (< 8 kg)
	C	lang (>16 h)	normal (< 14 kg)
	D	lang (>16 h)	hoch (> 14 kg)
	E	normal (7-16 h)	jede

Die Ergebnisse wurden ausschließlich im Rahmen von Arbeitskreisveranstaltungen präsentiert und mit den Teilnehmern diskutiert. Hauptgrund hierfür war, dass bereits in den ersten Veranstaltungen deutlich wurde, dass die physiologischen Grundlagen ausführlich erörtert werden müssen, um die Teilnehmer in die Lage zu versetzen, die entsprechenden Einstellungen des automatischen Melksystems zu verstehen und zielgerichtet einsetzen zu können. Als Nebeneffekt konnte auf diese Weise das Feedback der Teilnehmer unmittelbar in die weitere Entwicklung mit einfließen.

4 Ergebnisse

Bis 12/2014 wurden 82 Betriebe im Rahmen von Arbeitskreisen mit dem Tool analysiert und beraten (Abb. 1). Auf diesen Betrieben lagen im Mittel 19,3 % der Zwischenmelkzeiten unter 7 h, wobei 7,3 % der Gemelke auch Gemelksmengen unter 8 kg aufwiesen. Im Betrieb mit den höchsten Werten lagen diese Kennzahlen bei 39,4 % bzw. 21,6 %, wobei der Betrieb eine durchschnittliche Tagesleistung von 26,4 kg hatte.

In der gemeinsamen Erörterung der Ergebnisse mit den Teilnehmern der Arbeitskreise wurde deutlich, dass ein Auftreten kurzer Zwischenmelkzeiten über die Einstellungen des Systems zwar teilweise in Kauf genommen wird, das Auftreten in diesen Größenordnungen aber bei weitem nicht erwartet wurde. Als eine Ursache für das bewusste Inkaufnehmen kurzer Zwischenmelkzeiten und/oder geringer Gemelksmengen stellte sich in den Diskussionen in den Arbeitskreisen immer wieder der geringe Kenntnisstand bezüglich nachteiliger Auswirkungen heraus. So waren physiologische Zusammenhänge z.B. hinsichtlich der notwendigen Stimulationsdauer meist nicht bekannt, aber auch die möglichen Effekte auf die Kapazität des Systems wurden häufig nicht bedacht.

Gerade die Kombination aus kurzen Zwischenmelkzeiten und niedrigen Gemelksmengen (Kategorie B) war den Landwirten häufig nicht bewusst. Der Ansatz des Tools ist es hier, als Beraterwerkzeug nicht nur diese Werte grafisch aufzuzeigen, sondern auch deren Entwicklung über die Zeit sowie insbesondere auch für jedes Tier. Nur so wird der Landwirt in die Lage versetzt, auch zielgerichtete Maßnahmen zu ergreifen.

In Abbildung 2a und Abbildung 2b ist beispielhaft die Verteilung der Zwischenmelkzeiten eines Betriebs (durchschnittliche Tagesleistung je Kuh: ca. 25 kg) vor und nach der Beratung dargestellt.

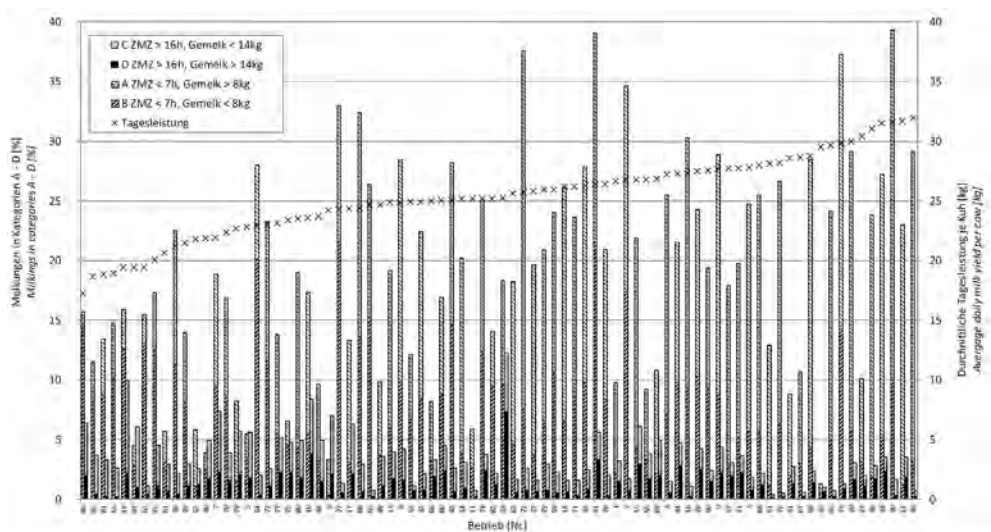


Abb. 1: Melkungen in den Kategorien für Zwischenmelkzeit und Gemelksmenge
Fig. 1: Milkings in the categories for milking interval and yield per milking

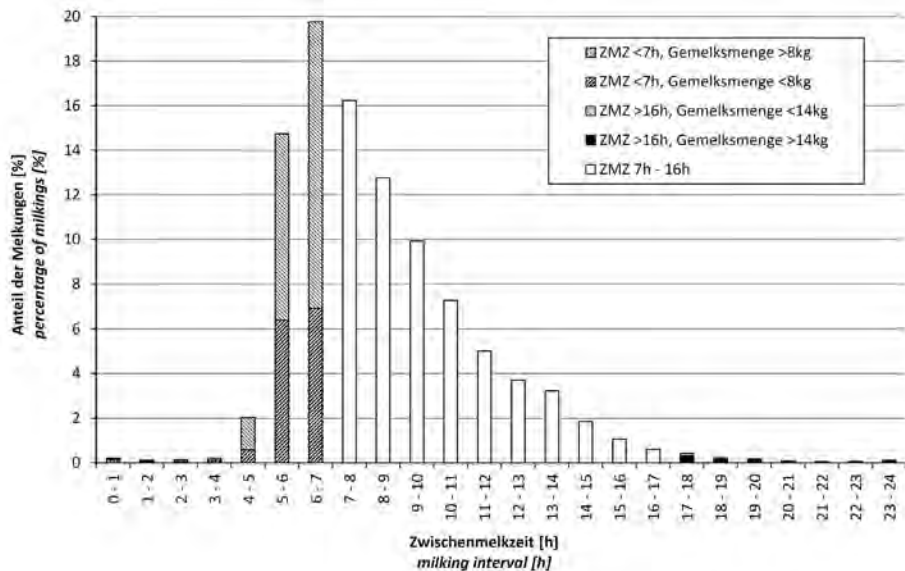


Abb. 2a: Verteilung der Melkungen in den Kategorien A-E vor der Beratung

Fig. 2a: Frequency distribution of the milkings in the categories A-E before advice

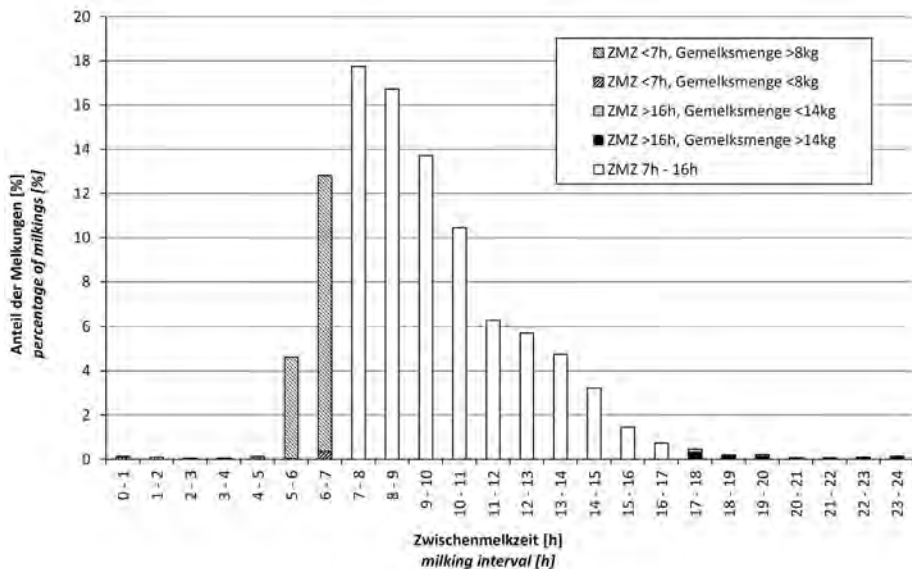


Abb. 2b: Verteilung der Melkungen in den Kategorien A-E nach der Beratung

Fig. 2b: Frequency distribution of the milkings in the categories A-E after advice

Es wird deutlich, dass vor der Beratung über 37 % aller Melkungen eine Zwischenmelkzeit unter 7 h aufwiesen und in über 14 % aller Melkungen gleichzeitig weniger als 8 kg Milch ermolken wurden.

Durch die Anpassung der Einstellungen am AMS konnte das Auftreten kurzer Zwischenmelkzeiten auf ca. 18 % aller Melkungen reduziert werden, wobei diese Melkungen fast ausschließlich Tieren mit hoher Leistung zuzuordnen sind, was sich im sehr geringen Anteil dieser Melkungen mit weniger als 8 kg Gemelksmenge widerspiegelt (0,6 %).

5 Ausblick

In den nächsten Schritten soll das Tool durch den LKV Bayern e.V. weiterentwickelt werden, um somit auch auf dessen entsprechend umfangreiche Datenbasis zugreifen können. Auf diese Weise können beispielsweise auch der Laktationstag oder die maximale Milchproduktion im Laufe der Laktation Berücksichtigung finden. Darüber hinaus wird ein Schwerpunkt der Weiterentwicklung auf der Verbesserung der Anwendbarkeit durch den Berater liegen.

Literatur

- Besier, J.F.; Lind, O.; Bruckmaier, R.M. (2015): Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: types, causes and impact on teat condition and udder health – a literature review. *Journal of Applied Animal Research*, in press
- Bruckmaier, R.M.; Hilger, M. (2001): Milk ejection in dairy cows at different degrees of udder filling. *J. Dairy Res.* 68, pp. 369–376
- Dzidic, A.; Macuhova, J.; Bruckmaier, R.M. (2004): Effects of cleaning duration and water temperature on oxytocin release and milk removal in an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 87, pp. 4163–4169
- Klungel, G.H.; Slaghuis, B.A.; Hogeveen, H. (2000): The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *J. Dairy Sci.* 83, pp. 1998–2003
- Weiss, D.; Bruckmaier, R.M. (2005): Optimization of individual prestimulation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, pp. 137–147

Rückstandsverhalten von quartären Ammoniumverbindungen bei der Desinfektion von Melkanlagen

Residue behavior of quaternary ammonium compounds used in the disinfection of milking installations

MARTIN KÜHBERGER, MICHAEL KUTZOB, JAN HARMS

Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürrewechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; martin.kuehberger@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter: Milchgewinnung, Desinfektion, Rückstände, quartäre Ammoniumverbindungen
Keywords: milk production, disinfection, residue, quaternary ammonium compounds

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Rückstandsverhalten von quartären Ammoniumverbindungen (QAV), die in Reinigungs-/Desinfektionsmitteln (R/D) für Melkanlagen Verwendung finden, untersucht.

In allen drei untersuchten Melksystemen wurden nach Anwendung eines entsprechenden R/D-Mittels erhebliche QAV-Gehalte in der anschließend ermolkenen Milch nachgewiesen. Die Rückstandsgehalte in der Milch waren nach einem anfänglich hohen Peak stark rückläufig, jedoch wirkten sich die hohen Anfangsgehalte nachhaltig auf den QAV-Gehalt der Sammelmilch aus. Bei Anwendung von QAV-haltigen Mitteln kann davon ausgegangen werden, dass in Absauganlagen regelmäßig, in Melkständen in Abhängigkeit von der Anzahl der gemolkenen Tiere, der derzeit gültige Grenzwert für QAV in der Tankmilch überschritten wird.

Summary

In the present study, the residue behavior of quaternary ammonium compounds (QAC) used in cleaning and disinfecting agents for milking equipment, was examined.

In all investigated milking systems, significant QAC concentrations in the milk were detected after use of an appropriate detergent. The residues in milk decreased significantly after an initial high peak, but the high initial levels had a lasting impact on the QAC content of the bulk milk. It can be assumed that in the application of QAC-containing agents in pipeline milking machine in milking parlors, depending on the number of animals milked, the permissible limit for QAC is regularly exceeded in the tank milk.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Jahr 2012 wurden, nach Rückstandsfunden von quartären Ammoniumverbindungen (QAV) in verschiedenen Lebensmitteln, die Grenzwerte für die beiden bedeutendsten Stoffgruppen BAC und DDAC auf 0,5 mg/kg Futter- bzw. Lebensmittel festgelegt. Zwischenzeitlich wurden diese Rückstandshöchstgehalte auf 0,1 mg/kg abgesenkt (EU-VO 2014).

Bei der Milchgewinnung kommen QAVs als desinfizierende Komponente bei der Reinigung/Desinfektion (R/D) von Melkanlagen und Milchtanks zum Einsatz. Diese Gruppe von R/D-Mitteln erlangten aufgrund spezifischer Vorteile (einfache Handhabung, geruchlos, geringe Aggressivität) insbesondere bei manueller Dosierung der Reinigungsmittel bzw. bei der Handreinigung von Anlagen eine gewisse Verbreitung. Die QAV bilden in den Anlagen einen bakteriostatischen Film, der jedoch den Nachteil hat, dass er schwer auszuspülen ist und es daher zu einer QAV-Belastung der nachfolgend ermolkenen Milch kommen kann (KIELWEIN 1981). In früheren Untersuchungen wurde festgestellt, dass das zu reinigende Material selbst, als auch das Nachspülverfahren (z.B. Temperaturerhöhung des Nachspülwassers) einen Einfluss auf die Effektivität der QAV-Abspülung hatte [HEHNSCHROT und WILDBRET 1985].

Im Rahmen eines Projekts (Modul 1 – Screening) wurden in Bayern 2012/13 intensive Rückstandsuntersuchungen auf QAV in der Sammelmilch von Tankwagen, aber auch auf Ebene der Einzellieferanten durchgeführt (HARMS und KÜHBERGER 2013).

In der vorliegenden Untersuchung (Modul 2 – Schwachstellenanalyse) sollte bestimmt werden, welche QAV-Gehalte in verschiedenen Melksystemen bei unterschiedlichen Einstellungen der R/D in der Rohmilch zu erwarten sind bzw. welche wesentlichen Einflussfaktoren auf die Höhe der QAV-Rückstände festzustellen sind. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse sollten nach Möglichkeit Beratungsempfehlungen zur Minimierung der QAV-Gehalte aus der R/D von Melkanlagen abgeleitet werden.

2 Material und Methode

Die Rückstandsuntersuchungen wurden in drei verschiedenen Melksystemen (automatisches Melksystem (AMS), Melkstand, Absauganlage) in Praxisbetrieben durchgeführt. Für die Versuchsdurchführung wurde ein flüssiges, alkalisches R/D-Mittel mit dem QAV Benzalkoniumchlorid (BAC) verwendet.

In den drei Systemen wurden die BAC-Gehalte der ermolkenen Milch nach einmaliger Reinigung der Melkanlage mit diesem Mittel untersucht. Das AMS bot bezüglich Probenziehung (Standardisierung) und Variabilität der Einstellungen der R/D Vorteile, sodass hier die intensivsten Versuchsreihen mit unterschiedlichen Einstellungen der R/D durchgeführt wurden. Im Melkstand, in der Absauganlage und in Milchlager tanks wurden die BAC-Gehalte bzw. deren Verlaufskurve bei einmaliger Reinigung mit dem QAV-haltigen R/D-Mittel (Standardreinigung) ermittelt.

Die Probenahme erfolgte in den einzelnen Versuchsvarianten jeweils nach einer bestimmten Anzahl von Melkungen (bzw. bestimmten Menge ermolkenen Milch) nach der R/D mit dem QAV-haltigen Mittel, sodass der Verlauf der BAC-Gehalte in Abhängigkeit von der Menge ermolkenen Milch festgestellt werden konnte.

Die Analyse auf BAC (C10–C16) wurde bei der MUVA-Kempten mittels LC-MS-MS (Flüssigchromatographie gekoppelt mit Tandem-Massenspektrometrie) durchgeführt. Die Bestimmungsgrenze (LOQ) lag für BAC bei 0,005 mg/kg Milch. Die erweiterte Messunsicherheit betrug $\pm 25 \%$.

3 Ergebnisse

In Abbildung 1 sind die Verläufe der BAC-Gehalte der drei R/D-Varianten im AMS dargestellt: 1) Standard-R/D; 2) heiß nachspülen; 3) Überdosierung des R/D-Mittels (5-fach). Es wurde je Variante eine Wiederholung durchgeführt, sodass in der Grafik die Mittelwerte von 2 Ergebnissen dargestellt werden. Die Probenahme erfolgte nach dem Abpumpen der jeweiligen Melkung aus der Druckleitung unmittelbar vor dem Milchlagertank.

Es konnte bei allen Versuchsvarianten ein hoher Anfangspeak an BAC bei den ersten Melkungen festgestellt werden. Der BAC-Gehalt war jedoch bereits nach wenigen Melkungen stark rückläufig.

Zwischen den beiden Varianten Standardreinigung (d. h. wie praxisüblich kalt nachspülen) und Reinigung mit erhöhter Nachspültemperatur konnte kein wesentlicher Unterschied im BAC-Gehaltsverlauf festgestellt werden. Das Nachspülen mit höherer Temperatur brachte somit nicht die erwarteten niedrigeren BAC-Gehalte. Im Versuch wurde bei den beiden Varianten der bisherige Grenzwert 0,5 mg bei der dritten bzw. vierten

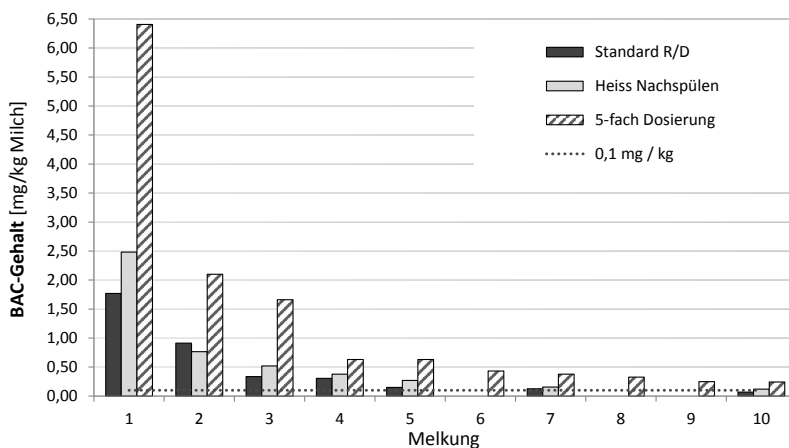


Abb. 1: BAC-Gehalte in Abhängigkeit von Melkungen bei unterschiedlichen Varianten im AMS

Fig. 1: BAC-content in dependency of milkings at different variants in the automatic milking system

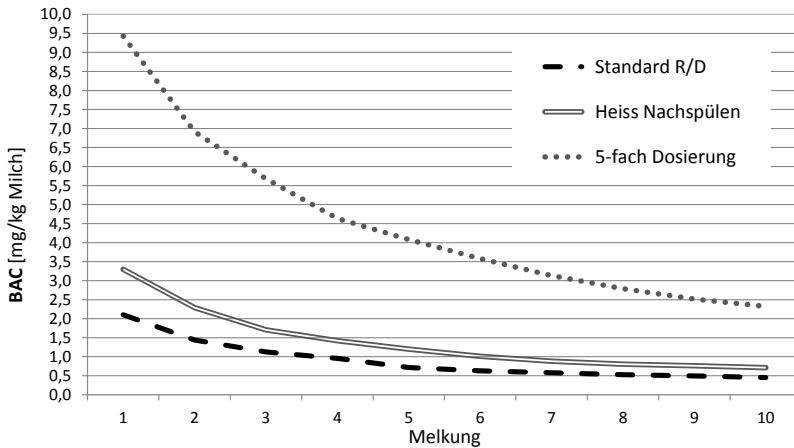


Abb. 2: Rechnerischer BAC-Gehalt der Tankmilch der drei Varianten im AMS

Fig. 2: Calculated BAC-content of the tank milk of the three variants (automatic milking system)

Melkung unterschritten. Der „neue Grenzwert“ (0,1 mg) wurde erst entsprechend später (nach ca. der 10. Melkung) unterschritten.

Aus der Grafik wird auch ersichtlich, dass die Dosierung des R/D-Mittels die festgestellten Rückstandsgehalte massiv beeinflusst. Bei einer 5-fachen Dosierung lag der Rückstandsgehalt zum Ende der 1. Melkung bei knapp 6,5 mg BAC/kg Milch. Der Grenzwert 0,5 mg wurde mit der 6. Melkung unterschritten, der neue Grenzwert erst nach etwa 20 Melkungen.

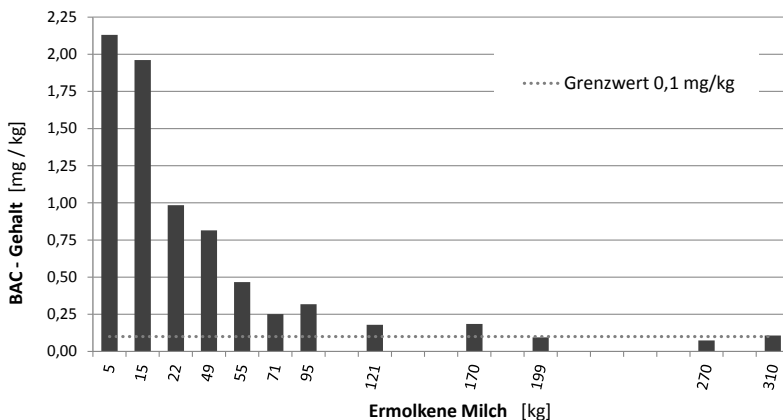


Abb. 3: BAC-Gehalte der ermolkene Milch (Standardvariante, Rohrmelkanlage)

Fig. 3: BAC-content of the produced milk (standard variation, pipeline milking machine)

Für eine Abschätzung der BAC-Gehalte der Ablieferungsmilch wurde aus den Ergebnissen der Proben der rechnerische BAC-Gehalt der Tankmilch ermittelt (Abb. 2). In der Tankmilch wirken sich die relativ hohen BAC-Mengen, die mit den ersten Melkungen eingebracht werden, nachhaltig auf die Verlaufskurve aus. Aufgrund des Verdünnungseffektes tritt eine Unterschreitung des Grenzwertes erst nach einer bestimmten Anzahl von Melkungen ein. So wurde bei der Standard-R/D-Variante im AMS ein BAC-Gehalt von 0,5 mg/kg Tankmilch je nach Versuchswiederholung erst nach 9–12 Melkungen (entspricht 150 bis 200 kg ermolkenen Milch) unterschritten.

In Abbildung 3 ist exemplarisch der Verlauf der BAC-Gehalte der ermolkenen Milch in einer Absauganlage (Standardeinstellung der R/D) dargestellt. Die dargestellten Ergebnisse zeigen den Verlauf bei Melkung mit 4 Melkzeugen auf einer Seite einer im Ring verlegten Rohrmelkanlage, wobei an den am weitest entfernten Plätzen zu melken begonnen wurde.

Es ist auch hier festzustellen, dass nach anfänglich sehr hohen BAC-Gehalten bei ca. 55 kg ermolkenen Milch der Gehalt unter 0,5 mg BAC/kg sank. Allerdings sanken die Gehalte im Beispiel erst nach rund 200 kg ermolkenen Milch unter den jetzt gültigen Grenzwert von 0,1 mg und blieben während des gesamten Melkprozesses auf Höhe dieses Grenzwertes. Dies lässt sich dadurch erklären, dass in der Absauganlage weniger Tiere je Melkzeug gemolken werden (da mehrere Melkzeuge im Einsatz sind).

In Abbildung 4 ist der rechnerische BAC-Gehalt der Tankmilch auf der Grundlage der oben dargestellten Ergebnisse aus der Rohrmelkanlage abgebildet. Auch hier lag der BAC-Gehalt aufgrund der anfänglich hohen Einträge lange über 0,5 mg/kg Tankmilch. Bei rund 200 kg Milch wurde der Grenzwert 0,5 mg unterschritten. Der neue Grenzwert von 0,1 mg/kg konnte jedoch nicht eingehalten werden. Bei 310 kg ermolkenen Milch lag der BAC-Gehalt der Tankmilch noch immer bei rund 0,36 mg/kg.

In der Rohrmelkanlage wurde ein zweiter Versuch mit 8 eingesetzten Melkzeugen durchgeführt. Es wurden hier insgesamt wesentlich höhere BAC-Gehalte festgestellt.

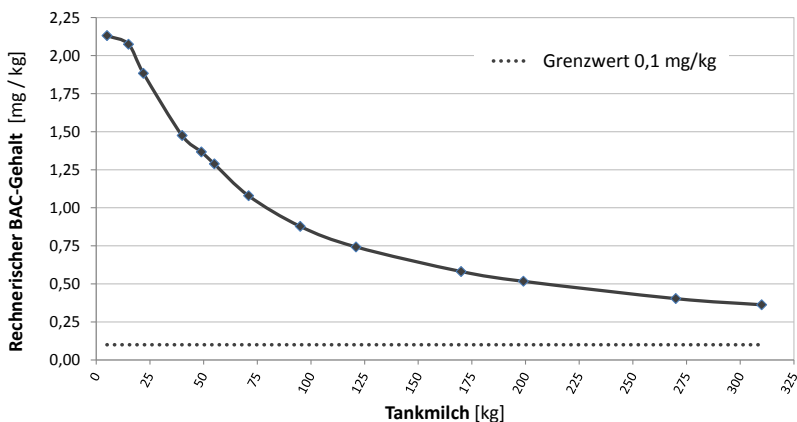


Abb. 4: Rechnerischer BAC-Gehalt der Tankmilch (Rohrmelkanlage)

Fig. 4: Calculated BAC-content of the tank milk (pipeline milking machine)

Der bei dieser Variante ermittelte Gehalt lag nach 270 kg ermolkenen Milch bei 0,80 mg BAC/kg Tankmilch.

Insgesamt muss festgestellt werden, dass es bei der Wiederholung der einzelnen Varianten in den verschiedenen Melksystemen starke Streuungen in den festgestellten Ergebnissen gab.

4 Folgerungen

Aus den Ergebnissen der Untersuchung wird ersichtlich, dass bei ordnungsgemäßer R/D der desinfizierende Wirkstoff (hier: BAC) zum Teil in den Anlagen verbleibt und in nicht unerheblichen Mengen mit der daraufhin ermolkenen Milch ausgeschwemmt wird. Die tatsächliche Höhe der Rückstandsgehalte der Tankmilch hängt dabei u. a. vom Melksystem, der Anzahl der gemolkenen Tiere, aber auch der Handhabung der R/D ab. Die im ersten Teil des Projekts vereinzelt festgestellten Grenzwertüberschreitungen von Lieferanten (> 0,5 mg QAV/kg Milch) erscheinen auf Grundlage der Versuchsergebnisse als plausibel.

Bei praxisüblicher Auslegung der Absauganlagen kann davon ausgegangen werden, dass der neu gültige Grenzwert von 0,1 mg QAV/kg Milch bei Anwendung von QAV-haltigen R/D-Mitteln regelmäßig überschritten würde. In Melkständen ist dies in Abhängigkeit von der Größe der gemolkenen Herde zu befürchten. Der neue Grenzwert ist dementsprechend einem faktischen Verbot der QAV-haltigen R/D-Mittel bei der Milchgewinnung gleichzusetzen.

Die Versuchsreihen der vorliegenden Untersuchung wurden in Praxis-Melkanlagen durchgeführt. Die starke Variation der Ergebnisse zwischen den Wiederholungen zeigt, dass entsprechende Rückstandsuntersuchungen in Praxisbetrieben schwer zu standardisieren sind. Die Etablierung von standardisierten Laboruntersuchungen in diesem Bereich wäre sinnvoll, um vergleichbare Aussagen zum Rückstandsverhalten von z.B. Inhaltsstoffen von R/D-Mitteln zu erhalten.

Literatur

- Harms, J.; Kühberger, M. (2013): Produktion von qualitativ hochwertiger Rohmilch – Schwachstellenanalyse und Beratungsempfehlungen, Modul 1 - Screening.
<http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/rinder/023118/index.php>, Zugriff am 25.02.2015
- Hehnschrott, D.; Wildbrett, G. (1985): Minderung des Tensidübergangs von Werkstoffoberflächen auf Lebensmittel. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A 181(5), S. 422-426
- Kielwein, G. (1981): Desinfektion in Tierhaltung, Fleisch- und Milchwirtschaft. Schliesser, T.; Strauch, D.; Ferdinand Enke, Stuttgart
- Verordnung (2014): Verordnung (EU) Nr. 1119/2014 der Kommission, vom 16. Oktober 2014, zur Änderung des Anhangs III der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Höchstgehalte an Rückständen von Benzalkoniumchlorid und Didecyldimethylammoniumchlorid in oder auf bestimmten Erzeugnissen

Arbeitsbedarf für das Melken in Abhängigkeit von Milchleistung und Milchfluss in verschiedenen Melkstandtypen und Melkstandgrößen

Labour requirement for milking in dependence on milk production level and milk flow in different type and size of milking parlour

JULIANA MAČUHOVÁ, VERONIKA PATZELT, BERNHARD HAIDN

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Prof.-Dürnwächter-Platz 2, 85586 Poing; juliana.macuhova@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter: Arbeitszeitbedarf, Melkstand Ausführung und Größe, Milchleistung, Milchfluss
Keywords: labour time requirement, type and size of milking parlour, milk yield, milk flow

Zusammenfassung

In Betrieben mit konventioneller Melktechnik wird die meiste Zeit für das Melken benötigt. In Verbindung mit der Melkleistung werden häufig Melkstandtyp und -größe sowie Ausführung der Melkroutine diskutiert. Jedoch bringen Änderungen in diesen Bereichen nicht immer die erwünschte Verbesserung der Effizienz der Arbeitsleistung. Ziel dieser Studie war es, mittels erstellter Kalkulationsmodelle (basierend auf Planzeiten des Arbeitszeitbedarfs für einzelne Arbeitselemente mit deren Einflussgrößen) den Einfluss der Jahresmilchleistung und des durchschnittlichen Milchflusses auf den Arbeitszeitbedarf in Melkständen unterschiedlicher Ausführung (Fischgräten, Side by Side und Autotandem) und Größe zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass Milchleistung und Milchfluss einen wesentlichen Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf haben können und bei der Planung von Melkständen berücksichtigt werden sollten.

Summary

On dairy farms with conventional milking technique, the milking is the most time consuming task. Regarding milking performance, milking parlour type, size, and performance of the milking routine are frequently discussed. However, the changes in these areas do not always lead to improvement of labour efficiency. The aim of this study was using created calculation models (based on planned times of the labour time required for individual work items with its influencing factors) to examine the influence of the annual milk yield and average milk flow on the labor requirements in milking parlours of different type (herringbone, side by side, and tandem) and size. The results show that milk production and milk flow can have a significant impact on the labour time required and should be considered in the planning of milking parlours.

1 Einleitung

Mit einem Anteil von ungefähr 40 % wird der meiste Arbeitszeitaufwand in Milchviehbetrieben für das Melken verwendet (OVER und KÜMMEL 2006, HESSE 2009, LAUR 2010, MAČUHOVÁ und HAIDN 2013). Bei Familienbetrieben, in denen hauptsächlich Familienarbeitskräfte ins Melken eingebunden sind, wird angestrebt, die Melkzeiten so kurz wie möglich zu halten. Infolgedessen werden häufig zu große und übermäßig ausgestattete Melkstände gebaut (LINCKE, 2009). Nicht immer wird dabei auf die Auslastung des Melkstandes (d.h. wie viel Kühe pro Melkeinheit gemolken werden) geachtet. Der Investitionsbedarf für einen neuen Melkstand, die Melktechnik sowie die dazugehörigen Gebäude ist jedoch einer der höchsten Anteile am Gesamtinvestitionsbedarf in der Milchviehhaltung (SIMON et al. 2009). Die Konsequenzen der Entscheidung sind für viele Jahre zu tragen. Somit kann es ein teuer erkaufte, schnelleres Melken sein, wenn nur eine geringe Zeiteinsparung erreicht wird. Es kann sogar vorkommen, dass gar keine Zeit eingespart wird (wenn z.B. der Arbeitszeitaufwand für die Melkstandreinigung höher ist als die eingesparte Arbeitszeit für das Melken bzw. wenn eine zweite Melkperson in den Melkvorgang eingebunden werden muss).

Einen objektiven Vergleich verschiedener Verfahren ermöglichen Kalkulationsmodelle zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs. Die Kalkulationsmodelle basieren auf Planzeiten des Arbeitszeitbedarfs für einzelne Arbeitselemente und deren Einflussgrößen. Für die Ermittlung der Planzeiten und deren Einflussgrößen werden Zeitstudien in den Betrieben durchgeführt (AUERNHAMMER 1986). Seit einiger Zeit wird am Institut für Landtechnik und Tierhaltung wieder an der Entwicklung der Kalkulationsmodelle für verschiedene Melkverfahren gearbeitet.

Ziel dieser Studie war es, mittels erstellter Kalkulationsmodelle den Einfluss der Jahresmilchleistung und des durchschnittlichen Milchflusses auf den Arbeitszeitbedarf in Melkständen unterschiedlicher Ausführung (Fischgrätenmelkstand (FGM), Side by Side Melkstand (SbS) und Autotandemmelkstand (ATD)) und Größe zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Als Datengrundlage wurden Planzeiten der LISL (Landwirtschaftlichen Informationssysteme Landtechnik) und der KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) Planzeitdatenbanken verwendet. Ferner, wurden Arbeitszeitmessungen in Form von Arbeitsbeobachtungen in mehreren Praxisbetrieben durchgeführt, um fehlende oder nicht mehr aktuelle Planzeiten zu ergänzen. Die Erfassung dieser Daten erfolgte mittels digitalen Messgeräts (MULTIDATA, Drigus GmbH). Die statistische Datenauswertung (nach DRIGUS GmbH 2010) und die Erstellung der Planzeiten sowie der Kalkulationsmodelle wurden in MS-Excel durchgeführt. Bei einer hinreichend genauen Schätzung des Mittelwertes soll ein relativer halber Vertrauensbereich (berechneter Epsilon-Wert; ϵ) von 10 % nicht überschritten werden. Wurde dies erfüllt, so wurde angenommen, dass der dazugehörige arithmetische Mittelwert für das ausgewertete Element den Anforderungen genügt. Konnte der geforderte Epsilon-Wert (ϵ') von 10 % nicht erreicht werden, so wurden, wenn möglich, weitere Messungen durchgeführt. Um

zu berechnen, wie groß der erforderliche Stichprobenumfang n' war bzw. immer noch ist, um ein ε' von 10 % bei einer Wahrscheinlichkeit von 95 % zu erreichen, wurde die Formel von DRIGUS GmbH (2010) angewendet.

In den Kalkulationsmodellen werden neben der tatsächlichen Melkarbeit auch alle Rüstarbeiten vor und nach dem Melken, außer Kuhumtrieb (vor und nach dem Melken), berücksichtigt. Für die Modellrechnungen wurden folgende Annahmen getroffen: Bestandsgröße von 100 Kühen, zweimaliges Melken pro Tag, Melkstand mit einem Quergang beim Austrieb, Ausführung der kompletten Melkroutine vor und nach dem Melken (d.h. Vormelken, Euterreinigen, bei ATD automatische Vorstimulation, bei 18 % der Kühe wird die Melkeinheit während des Melkens kontrolliert, 10 % der Kühe werden manuell und die restlichen automatisch nachgemolken, Zitzendippen nach dem Melken), Melken der Kühe mit Sondernmilch (direkt nach Kalbung bzw. behandelte Tiere) im Melkstand in eine Kanne.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die erstellten Planzeiten lagen in Bereichen, die auch in anderen Studien beobachtet wurden (O'BRIEN 2004, GEIDEL 2008, FÜBBEKE 2011). Der Arbeitszeitbedarf in den untersuchten Melkstandtypen ist in Abhängigkeit von der Jahresmilchleistung, dem durchschnittlichen Milchfluss und der Anzahl der Melkzeuge bei einer gleichbleibenden Melkroutine in Abbildung 1 dargestellt. Es zeigt sich, dass der Arbeitszeitbedarf je nach Melkstandtyp stärker oder weniger stark durch die Milchleistung und den durchschnittlichen Milchfluss (d.h. damit bedingte Dauer des Melkens) beeinflusst wird.

So haben ab einer bestimmten Milchleistung beide Faktoren unter den gewählten Annahmen (z.B. im ATD bei einer Melkstandgröße von 2 x 3 Melkzeugen) bei allen Milchflüssen, außer dem höchstem, einen Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf. Dieser ist beim niedrigsten Milchfluss (1,5 kg/min) z.B. ab einer Milchleistung von 6.500 kg/Kuh und Jahr und bei einem Milchfluss von 2,25 kg/min ab 9.500 kg/Kuh und Jahr zu sehen. Der Grund dafür ist, dass ab einer bestimmten Milchleistung der Melker die Melkroutine schneller durchführen kann, als das Melken aller Kühe pro „Durchgang“ dauert, d.h., der Melker hat Wartezeiten. Bei einem höheren Milchfluss steigt dementsprechend auch die Höhe der Milchleistung, ab der Wartezeiten auftreten. Ist die Milchleistung niedriger, ist der Melker voll ausgelastet. Dadurch kann es dazu kommen, dass der potenziell mögliche Tierumtrieb pro Melkplatz nicht erreicht wird und die Kühe vorm oder im Melkstand warten müssen.

Zusätzliche Melkeinheiten im Melkstand reduzieren die Melkzeiten nur, solange der Melker Wartezeiten während des Melkens hat (HANSEN 1999). Bei zwei zusätzlichen Melkeinheiten im ATD gegenüber der Ausgangsmelkstandgröße ist dies bei fast allen Milchflüssen und Milchleistungen nicht mehr der Fall. Damit kann der Vorteil der zusätzlichen Melkplätze nicht genutzt werden und infolgedessen der Arbeitszeitbedarf wegen der größeren Melkstandfläche sogar höher sein. Während die Melkstandfläche von 2 x 3 ATD bei ungefähr 54 m² liegt, beträgt die Fläche bei einem 2 x 4 ATD schon 67,5 m², was der Fläche eines 2 x 10 SbS ohne Schnellaustrieb entspricht.

Bei FGM und SbS aller Melkstandgrößen können bei dem niedrigsten durchschnittlichen Milchfluss (1,5 kg/min) und bei fast allen Milchleistungen keine deutlichen Vorteile von SbS im Vergleich zu FGM beobachtet werden. Ab bestimmten Milchleistungen ist dies auch bei höheren Milchflüssen der Fall. Bei einem Milchfluss von 2,0 kg/min ist der Vorteil des SbS nur bis zu einer Jahresmilchleistung von 7.000 kg bei 2 x 5, von 8.000 kg bei 2 x 6 und von 9.000 kg/Kuh bei 2 x 7 zu beobachten. Nur bei dem höchsten Milchfluss (2,5 kg/min) und den zwei größeren Melkständen (2 x 6 und 2 x 7) ist bei allen Milchleistungen ein etwas niedrigerer Arbeitszeitbedarf im SbS zu erreichen.

Damit kann z.B. bei einer Milchleistung von 7.500 kg pro Kuh und Jahr (durchschnittliche Milchleistung bayerischer Fleckviehkühe: 7.266 kg (LKV 2013)) und einem durchschnittlichen Milchfluss von 2 kg/min (entspricht dem Durchschnittswert für bayerische Fleckviehkühe (LKV 2013)) im FGM kaum oder nur durch eine höhere Anzahl Melkzeuge eine geringe Erhöhung der Arbeitseffizienz erzielt werden. Bei einem SbS verbessert sich die Arbeitseffizienz durch zusätzliche zwei Melkzeuge im Vergleich zu 2 x 5 Melkzeugen. Weitere zwei Melkzeuge bringen jedoch keine Verbesserung. Damit ist die Arbeitseffizienz im 2 x 3 ATD höher als im FGM (alle Größen) und auch im SbS bei der Größe 2 x 5 und nur etwas niedriger als im 2 x 6 und 2 x 7.

4 Schlussfolgerungen

Die Modellberechnungen zeigen, dass bestimmte Niveaus an Milchleistung und Milchfluss einen wesentlichen Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf haben können und bei der Planung von Melkständen berücksichtigt werden sollten. Natürlich ist bei der Züchtung auf den durchschnittlichen Milchfluss zu achten. Jedoch müssen höhere Milchflüsse nicht zwangsläufig eine Verbesserung der Arbeitseffizienz mit sich bringen, insbesondere dann, wenn auch andere Bedingungen nicht stimmen. Durch eine Erhöhung der Anzahl Melkzeuge können je nach Melkstandtyp bei gleichbleibender Melkroutine nur dann arbeitswirtschaftliche Vorteile erreicht werden, wenn die von Milchfluss und Milchleistung beeinflusste Dauer des Melkens sonst zu Wartezeiten für den Melker führen würde. Damit kann der Melker mehrere Melkeinheiten bedienen, es muss jedoch darauf geachtet werden, dass auch die Melkplätze weiterhin effektiv ausgelastet sind. Wenn bereits bei niedrigeren Milchflüssen keine Wartezeiten für den Melker zu beobachten sind, bringen nur Änderungen in der Melkroutine arbeitswirtschaftliche Verbesserungen.

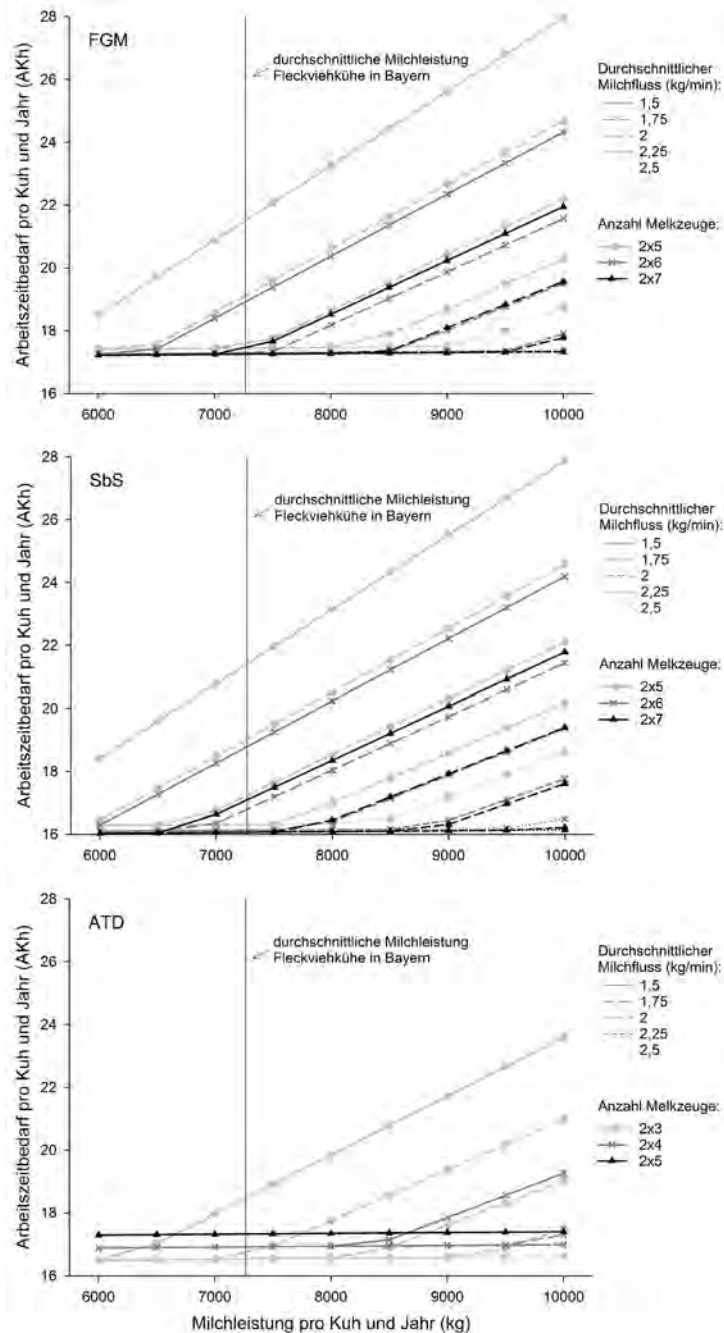


Abb. 1: Arbeitszeitbedarf für das Melken in Abhängigkeit von Milchleistung, durchschnittlichem Milchfluss und Anzahl der Melkeinheiten im FGM, SbS und ATD bei einer Bestandsgröße von 100 Kühen
 Fig. 1: Labour requirement for milking depending on milk yield, average milk flow and number of milking units in herringbone, side by side and tandem milking parlours at a herd size of 100 cows

Literatur

- Auernhammer, H. (1986): Landwirtschaftliche Arbeitslehre – Manuskriptdruck der Vorlesung Weihenstephan
- Drigus, GmbH (2010): Grundlagen der Statistik, Benutzerhandbuch
- Fübbeker, A. (2011): Konventionelle Melktechnik: Verfahrensvergleich aus arbeitswirtschaftlicher Sicht. Für hohe Leistung muss alles stimmen. Bauernblatt 19. November 2011, 40–41
- Geidel, S. (2008): Für jede Herde die richtige Melkmaschine. https://www.smul.sachsen.de/lfulg/download/Fuer_jede_Herde_die_passende_Melkmaschine1.pdf, Zugriff am 20.02.2014
- Hansen, M.N. (1999): Optimal number of clusters per milker. *Journal of Agricultural Engineering Research* 72, 341–346
- Hesse, A. (2009): Arbeitsproduktivität in der Milchviehhaltung. In: AG der Milchviehberatungsringe Rheinland-Pfalz (Herausgeber), BZA-Rind 2008, Rinderreport Rheinland-Pfalz 2008, April 2009, 44–48
- LKV (2013): Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2013. Ergebnisse und Auswertungen. 96 S. http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/mlp_jahresbericht2013.pdf, Zugriff am 20.02.2014
- Laur, D. (2010): In: Laur, D.; Münch, T.; Over, R. (2011): Arbeitszeiteffizienz steigern mit moderner Melktechnik oder – die 35-Stunden Kuh ist Realität. Bachelorarbeit HfWT Nürtingen. Landinfo 4, 34–35
- Lincke, K. (2009): Wieviel Melktechnik braucht man im Melkstand – was ist sinnvoll? Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2009, 17–22
- Mačuhová, J.; Haidn, B. (2013): Zeit ist Geld! Zukunfts-Strategien für bayerische Milchviehbetriebe. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 203, 39, 52–54
- O'Brien, B.; O'Donovan, K.; Gleeson, D. (2004): Influence of work routine elements of milking on milking parlour performance. 54th EAAP Annual Meeting, Bled, Slovenia, 5.–8. September 2004
- Over, R.; Kümmel, A. (2006): Erst Effizienz, dann Mitarbeiter. DLG-Mitteilungen 7, 20–23
- Simon, J.; Kränsel, E.; Kupke, S.; Schön, W.; Stötzel, P.; Zahner, J. (2009): Bauliche Lösungen für wachsende Milchviehbetriebe. In: Wendl, G. (Hrsg.), Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern, Landtechnisch-bauliche Jahrestagung, 25.11. 2009, Triesdorf, Schriftenreihe 14, 55–96

Optimizing the performance of automatic milking systems – influences and indicators to increase productivity and efficiency

Optimierung der Leistung automatischer Melksysteme – Einflüsse und Kennzahlen zur Steigerung von Produktivität und Effizienz

DANIEL HERD¹, ARJEN VAN DER KAMP²

¹ Lely Deutschland GmbH, Industriestr. 8–10, 89367 Waldstetten, Germany; dherd@lely.com

² Lely International N.V., Cornelis van der Lelylaan 1, 3147 PB Maassluis, The Netherlands

Keywords: automatic milking systems, key performance indicators, optimization, increasing efficiency

Schlüsselwörter: Automatisches Melksystem, Leistungskennzahlen, Optimierung, Effizienzsteigerung

Summary

Optimizing the performance of milking robots is an important topic in dairy farming. In this article the analysis of data from almost 10,000 Lely Astronaut automatic milking systems is shown. First, the milk production per robot per day was analyzed. Reliable data about milk yield per robot per day are shown from 600 to 3,000 kg/(robot · d). The average farm achieves 2,000 kg/(robot · d) had 62.87 cows per robot with a milk speed of 2.68 kg/min. Number of refusals dropped to 0.99 when increasing milk yield per robot to 2,400 kg. Second, the influence of cows per robot was analyzed. Milk production per cow per day was highest with 60 to 65 cows per robot (28.84 resp. 28.79 kg/(cow · d)). This data shows how to maximize robot performance. It should be considered that adding more than 65 cows per robot can result in less milk per cow per day and fewer refusals and therefore more stress for cows and more work for farmers.

Zusammenfassung

Die Optimierung der Roboterleistung ist ein wichtiges Thema in der Milchproduktion. In diesem Artikel werden Daten von fast 10.000 automatischen Melksystemen der Marke Lely Astronaut analysiert. Im ersten Schritt wurde die Milchleistung je Roboter und Tag untersucht. Es werden verlässliche Daten von 600 bis 3.000 kg/(Roboter · d) gezeigt. Betriebe mit durchschnittlich 2.000 kg/(Roboter · d) melken 62,87 Kühe je Roboter mit einer Melkgeschwindigkeit von 2,68 kg/min. Die Anzahl Verweigerungen je Kuh sank auf 0,99 bei einer Milchmenge von 2.400 kg/(Roboter · d). Im zweiten Schritt wurde der Einfluss der Anzahl an Kühen je Roboter untersucht. Die Milchproduktion je Kuh war mit 28,84 bzw. 28,79 kg/(Kuh · d) am höchsten mit 60 bzw. 65 Tieren je Roboter. Die Daten zeigen wie die Roboterleistung maximiert werden kann. Es sollte bedacht werden, dass bei mehr als 65 Kühen je Roboter die Milchleistung je Kuh und die Verweigerungen sinken, und dass damit der Stress für Kühe und die Arbeit für den Landwirt steigen können.

1 Introduction

The performance and efficiency of milking robots are often discussed and is important for dairy farmers (ALBERTI and THOMSEN 2012). In a study by CASTRO et al. (2012) the performance and productivity of 29 dairy farms with in total 34 milking robots were analyzed. These farms produced per year $549,734 \text{ kg} \pm 126,432 \text{ kg}$ of milk with 52.7 ± 9.0 cows per robot and with 2.69 ± 0.28 milkings per cow per day. The biggest influence on milk production per robot was the number of cows per robot and the milk speed, whereas the number of milkings and refusals had a lower impact.

BONSELS (2014) calculated robot performance by using different factors. He calculated a maximum milk production per robot per day of $2,363 \text{ kg}/(\text{robot} \cdot \text{d})$ with 73 cows/robot and a milk speed of $2.8 \text{ kg}/\text{min}$. Besides these performance indicators free time, lactation days of the herd and milk amount per milking are also important factors that influence robot performance.

2 Objective

In this study the performance of almost 10,000 Lely Astronaut milking robots were analyzed. Different parameters like milk production per robot per day, milk production per cow per day, milk speed per cow, number of cows per robot, milkings and refusals per cow per day were used for the analysis.

First, the influence of milk yield per robot per day on number of cows per robot, milk yield per cow per day, number of milkings, number of refusals and milk speed was analyzed. Second, the influence of number of cows per robot on milk yield per robot, milk yield per cow per day, number of milkings and refusals was analyzed.

This analysis shows how to optimize the performance of a milking robot. Which factors should be considered in order to optimize milk yield per robot per day or milk yield per cow per day?

3 Data

Data of almost 10,000 Lely Astronaut milking robots were analyzed. Monthly averages per farm from 2014 were used for the analysis. Because of the low number of farms and therefore not reliable data, data were not used for the analysis below $600 \text{ kg}/(\text{robot} \cdot \text{d})$ and above $3,000 \text{ kg}/(\text{robot} \cdot \text{d})$. Data were grouped, checked for normal distribution and the groups were tested for statistical differences with an ANOVA test.

4 Results

Figure 1 and 2 show different indicators that influence milk production per robot per day. Two important factors that can be seen in fig. 1 are milk yield per cow per day and number of cows per robot. Farms with an average of 2,000 kg/(robot · d) have 62.78 cows with a milk yield of 31.41 kg/(cow · d); by increasing to 3,000 kg/(robot · d) the number of cows per robot increases to 71.30 and milk yield per cow to 41.38 kg/(cow · d). The analysis shows that above 2,400 kg/(robot · d) the number of cows per group is not statistically significant anymore.

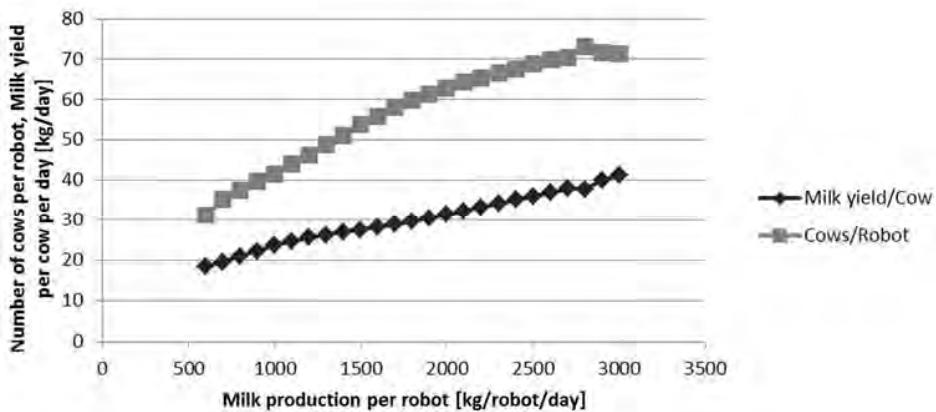


Fig. 1: Effect of milk production per robot per day [kg/(robot · d)] on number of cows per robot, milk yield per cow per day [kg/d]

Abb. 1: Effekt der Milchproduktion je Roboter [kg/(Roboter · d)] auf die Anzahl Kühe je Roboter und der Milchleistung je Kuh und Tag [kg/d]

Figure 2 shows the effect of milk production per robot per day on number of milkings, refusals per cow per day and milk speed. It can be seen that the number of milkings stays almost constant by increasing milk production per robot. The number of milkings (2.6) is highest between 1,500 to 2,000 kg/(robot · d) and lowest (2.3) with 3,000 kg/(robot · d). No major significant differences regarding number of milkings were found.

While the number of milkings does not change the number of refusals decreases significantly while milk production per robot increases (Fig. 2). The average number of refusals is highest (4.40) with 600 kg/(robot · d). It decreases to 1.55 at 2,000 kg/(robot · d) and is lowest (0.44) at 3,000 kg/(robot · d). The average number of refusals per cow at 2,400 kg/(robot · d) is at 0.99. Between 2,400 and 3,000 kg/(robot · d) it stays below 1.

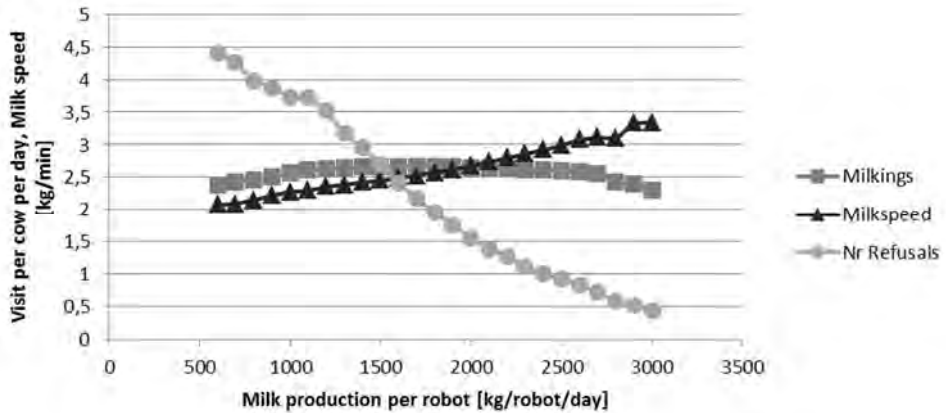


Fig. 2: Effect of milk production per robot per day [kg/(robot · d)] on milkings, refusals and milk speed [kg/min]

Abb. 2: Effekt der Milchproduktion je Roboter [kg/(Roboter · d)] auf die Anzahl Melkungen, Verweigerungen und der Melkgeschwindigkeit [kg/min]

Figure 3 shows the effect of the number of cows per robot on milk yield per robot. It can be seen that there is a statistically significant increase of milk yield per robot below 75 cows/robot. Above 80 cows/robot no significant differences on milk production per robot can be found. With 80 cows per robot an average milk production per robot of 2,103 kg/(robot · d) is reached.

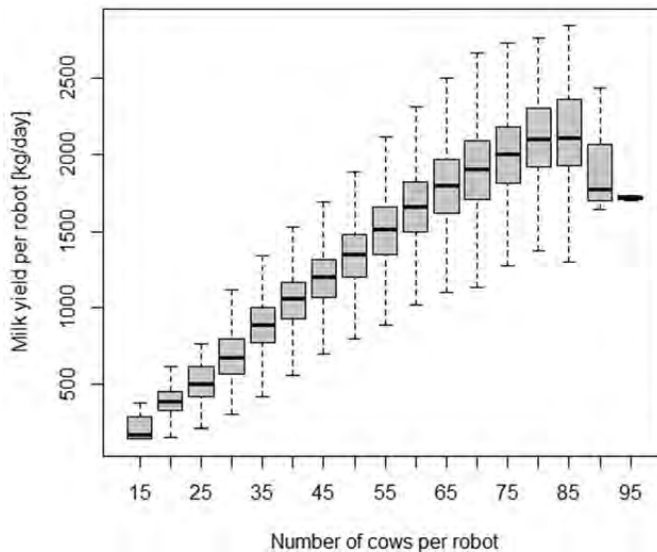


Fig. 3: Effect of number of cows per robot on milk yield per robot [kg/(robot · d)]

Abb. 3: Effekt der Anzahl Kühe je Roboter auf die Milchproduktion je Roboter [kg/(Roboter · d)]

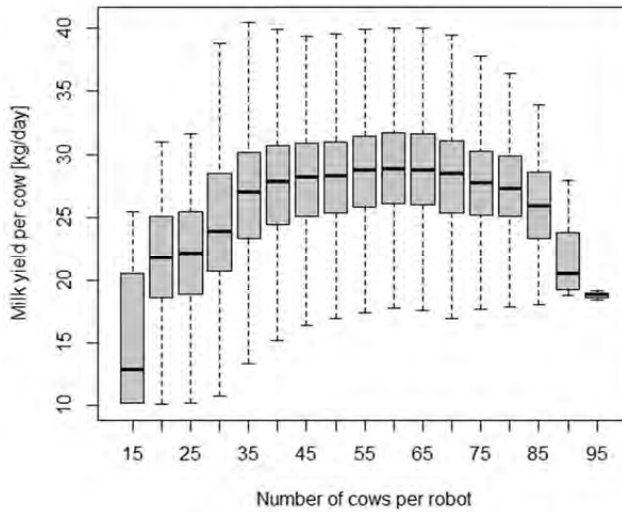


Fig. 4: Effect of number of cows per robot on milk yield per cow [kg/(cow · d)]

Abb. 4: Effekt der Anzahl Kühe je Roboter auf die Milchleistung je Kuh [kg/(Kuh · d)]

Figure 4 shows the effect of the number of cows per robot on milk yield per cow. It can be seen that milk yield per cow is low with only a few cows per robot; it increases by having more cows at the robot to a maximum and after that it decreases again. The average milk production per cow is 28.84 kg/(cow · d) (60 cows/robot) and 28.79 kg/(cow · d) (65 cows/robot). There is no significant difference of milk yield per cow between 60 and 65 cows per robot. Milk yield per cow is significantly less below 60 cows/robot and above 70 cows/robot.

5 Discussion

Today automatic milking systems are able to produce 3,000 kg of milk per robot per day. This is due to high milk production per cow, high milk speed and high cow numbers per robot.

In a study by CASTRO et al. (2012) it was proven that the number of cows per robot and milk speed have the most influence on robot production. This can be seen in Figure 1 as well. Whereas milk yield/(cow · d) is also important to consider. Figure 1 shows that with very high milk yields per robot the number of milkings are slightly reduced, and at the same time the milk speed increased. This leads to the hypothesis that on high producing farms, cows are not milked frequently enough resulting in high milk yields per milking and therefore in high milk speed. This effect needs to be further investigated, especially if cow and udder health stay the same when milkings, refusals decrease and milk yield per milking increases.

BONSELS (2014) calculated milk yield per robot per day. The maximum milk yield he showed was 2,363 kg/(robot · d) with 73 cows/robot and a milk speed of 2.8 kg/min. In this study 2,400 kg/(robot · d) is reached with 67.5 cows, a milk speed of 2.93 kg/min and 35.17 kg/(cow · d). That means that in order to reach a high milk yield per robot today's farms increase milk speed and milk production per cow.

The analysis shows that there are different strategies to optimize the performance of milking robots. In order to maximize milk production per robot it is important to maximize the number of cows per robot and milk yield per cow. Adding more cows to a robot has a negative effect on the milk production per cow if more than 65 cows are milked at a robot. Figure 4 clearly shows if farmers want to maximize milk yield per cow they should aim for 60 to 65 cows per robot. In order to maximize robot production and by the same time milk production per cow per day farm management is of crucial importance.

It is also shown that the number of refusals drops below one if milk production per robot is increased above 2,400 kg/(robot · d). It is advised to have at least more than one refusal per cow per day. If it is less the number of fetch cows can increase and therefore the amount of labor too. These aspects also emphasize the importance of a good management on farm.

6 Conclusions

The results show that many aspects need to be considered when optimizing robot performance. Increasing cows to the robot does not necessarily improve robot performance since there can be a negative effect on milk production per cow per day. The key figures such as milk production per cow, number of milkings and refusals need to be taken into account. In order to optimize the whole system a good farm management is needed and it is advised to balance between milk production per robot, milk yield per cow, number of refusals and labor requirements for the management. It is also important that these goals need to be aligned with farmer's targets and expectations.

Literature

- Alberti, J.; Thomsen, J. (2012): Wann rechnet sich ein Melkroboter. In: Top Agrar Ratgeber Melkroboter Management, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup
- Bonsels, T. (2014): Automatische Melksysteme in der Praxis. *Milchpraxis* 52(1)
- Castro, A.; Pereira J.M.; Amiama, C.; Bueno, J. (2012): Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 95(2), pp. 929-936

Einsatz des vollautomatischen Melkkarussells AMR™ in der Praxis: Erfahrungen und Untersuchungen in der Umstellungszeit

Automatic Milking Rotary AMR™ in practical use – First investigations and experiences during change-over period

MARTIN WIEDEMANN¹, ANDREAS MELFSEN¹, BERIT FÜLLNER², HEIKO SCHOLZ²

¹ DeLaval GmbH, Wilhelm-Bergner-Str. 5, 21509 Glinde; martin.wiedemann@delaval.com

² Hochschule Anhalt, FB LOEL, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg

Schlüsselwörter: AMR, Zellzahl, Hyperkeratosen, Ansetzrate, Tierverhalten

Keywords: automatic milking rotary, SCC, teat condition, success rate attaching, animal behavior

Zusammenfassung

Seit der Vorstellung des ersten automatischen Melkkarussells AMR™ im Jahr 2010 sind bereits 11 Anlagen in Betrieb (Stand: April 2015). Während der Einführungszeit wurden die ersten deutschen Anlagen zum Teil wissenschaftlich begleitet. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass das vollautomatische Melken im Karussell mit einer Ansetzrate von mehr als 95 % in der Praxis angekommen ist. Die Zitzenkondition bleibt über die Laktation konstant auf einem guten bis sehr guten Niveau. Zudem wurde die Eutergesundheit vor und nach Umstellung auf die neue Melktechnik in drei Unternehmen u. a. über die Tankmilchzellzahl beobachtet. Die Ergebnisse zeigen auch hier, dass keine negative Beeinflussung durch den Einsatz einer neuartigen Melktechnik auftritt. In einem Unternehmen wurden die Verhaltensweisen der Kühe im Time-Sampling-Verfahren untersucht: Insgesamt zeigt sich, dass mit dem zentralen Melken durch das AMR™ die Verhaltensweisen positiv beeinflusst werden können. Weitere Untersuchungen in Bezug auf Arbeitswirtschaftlichkeit und Kosten müssen angestellt werden, um die – sich in den Betrieben bereits abzeichnenden – enormen Arbeitskräfte- und Kosteneinsparungen zu verifizieren.

Summary

Since the introduction of the first automatic milking rotary AMR™ in 2010 already 11 plants are in operation (as of April 2015). During the start-up period, the first German installations were scientifically supported in part. The first results show that the fully automatic milking in a rotary has arrived in practice with a success rate in attaching of more than 95 %. The teat condition remains via lactation constant at a good to very good level. The results of SCC sampling also show that no adverse effect occurs by the use of this novel milking equipment. In one barn, the behavior of the cows were studied: Overall, the cow behavior over the day can be influenced positively with the central milking by the AMR™.

1 Einführung

Der Einsatz automatischer Melksysteme hält nun auch in sehr großen Milchviehherden mit bis zu 1.000 Kühen nachhaltig Einzug. So beträgt der Anteil automatischer Melksysteme, bei allen nach dem Jahr 2011 realisierten und geplanten Melktechnikprojekten rund 50 % (LASSEN und SCHIERHOLZ 2011).

Gründe für den Einsatz eines vollautomatischen Melksystems sind, neben der Einsparung von Arbeitszeit, vor allem die zunehmend immer schwierigere Möglichkeit, klassische Melker-Fachkräfte zu bekommen. Vor diesem Problem stehen sowohl die großen Betriebe mit Lohnarbeitskräften, aber auch sehr schnell wachsende Familienbetriebe. Somit entscheiden sich häufig beide Betriebsformen für ein automatisches Melkverfahren.

2 AMR™ – Automatisches Melkkarussell

Das weltweit erste vollautomatisierte Melkkarussell AMR™ vereint die Vorzüge des vollautomatischen Melkens in der VMS™ Einzelbox und die des konventionellen Karussellmelkens. So automatisiert das AMR™ erstmalig modular die Eutervorbereitung und das Ansetzen der Melkbecher sowie das Sitzendippen/-sprayen in einem Melkkarussell. Durch drei unterschiedliche Robotermodulare – beim Vorbereiten und Ansetzen in doppelter Ausführung – werden die einzelnen Arbeitsschritte durchgeführt. Mit dem jetzigen Stand der Technik können im Gruppenmelkverfahren bis 90 Kühe in der Stunde automatisch gemolken werden. Der Funktionsablauf im AMR™ sieht wie folgt aus (Abb. 1):

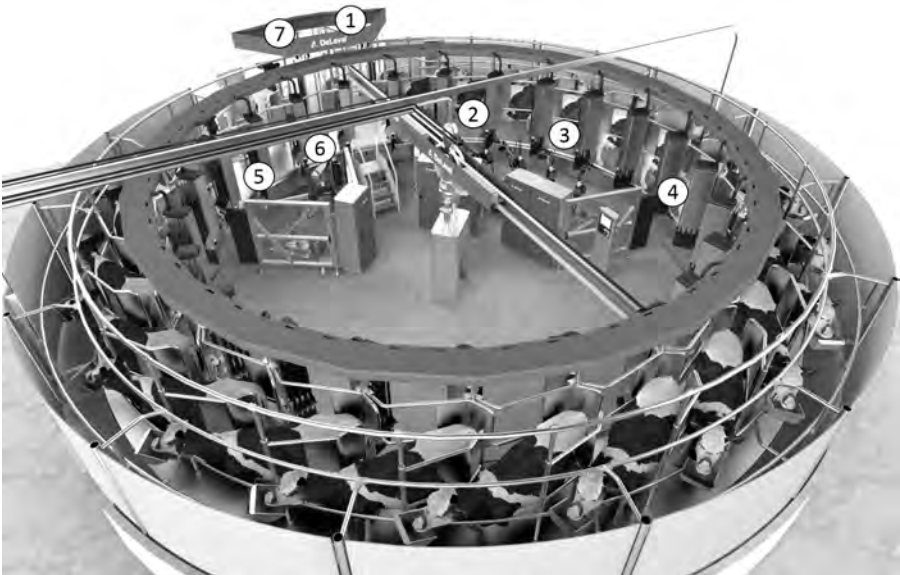


Abb. 1: Funktionsabläufe im automatischen Melkkarussell AMR™
 Fig. 1: AMR™ step by step

1. Im Eingangsbereich wird die Kuh über RFID erkannt und über das Herdenmanagementprogramm wird geprüft, ob eine Melkberechtigung vorliegt.
2. Ist die Kuh melkberechtigt werden die Viertel mit einem separaten Vorbereitungsbecher gereinigt und vorgemolken, wobei eine optimale Stimulation der Kuh einhergeht. (DZIDIC et al. 2004). Das Gemisch aus wenigen Strahlen Vorgemelk und Reinigungswasser wird separat entsorgt.
3. An den folgenden Ansetzrobotern werden die Melkbecher paarweise angesetzt.
4. Die Viertel werden nun unabhängig voneinander gemolken; die Melkbecher werden aufgrund des Viertel-Milchflusses abgenommen (240–300 g/min). Das Anlagenvakuum ist im Vergleich zu konventionellen Melksystemen erhöht auf 45–47 kPa eingestellt. Sollten Abnormalitäten der Milch entweder über den Blutwert oder über die elektrische Leitfähigkeit detektiert werden, wird die Melkung abgebrochen und eine Meldung an den Schichtleiter versendet.
5. Am Ende der Rotation werden die Zitzen individuell durch einen separaten Roboter mit Desinfektionsmittel besprüht. Durch den Einsatz eines separaten Robotermoduls kombiniert mit einer TOF-Kamera kann hier der Verbrauch auf weniger als 8 ml minimiert werden wobei die Gefahr des Eintrages von Desinfektionsmittel in die Milch ausgeschaltet wird.
6. Die Plattform wird nach jeder Kuh mit einem Deck-Flush-Modul, die Melkbecher werden mit einem Back-Flush gereinigt.
7. Das erste Selektionstor nach dem AMR™ entscheidet, ob die Kuh in die Gruppe (vollständige Melkung), über eine VIP-Linie zurück auf das Karussell (unvollständige oder abgebrochene Melkung) oder in einen Separationsbereich (markiert für Behandlung) geleitet wird.

Die Hauptaufgaben des betreuenden Personals liegen neben der Überwachung des Systems darin, die Melkgruppen zum Vorwarte Hof zu bringen. Dabei können die Boxenpflege und die visuelle Kontrolle der Herde einhergehen. Die Selektion von Tieren mit Auffälligkeiten, wie Mastitis, Brunst etc. erfolgt nach dem Melken vollautomatisch in einem zentralen, nahe dem Melkzentrum angeordneten Behandlungsbereich.

Mit Einführung von automatischen Melksysteme wird das Melkpersonal, durch die Bereitstellung eines attraktiven Arbeitsplatzes, von der schweren körperlichen Arbeit befreit und die Arbeitszeit für das eigentliche Melken wird drastisch reduziert. Ebenfalls werden im AMR™ alle relevanten Melkdaten, z.B. Milchfluss, Milchmenge, elektr. Leitfähigkeit, viertelbezogen erfasst und über das Herdenmanagementsystem ausgewertet. Somit wird wertvolle Zeit gewonnen, um den Fokus auf „Problemkühe“ und das Herdenmanagement zu richten.

Das AMR™ ist eine Lösung des automatischen Melkens für größere Herden, die flexibel genug ist, um verschiedenen Betriebsmodellen gerecht zu werden: von der klassischen Laufstallhaltung mit Gruppenmelken oder freiwilligem Kuhverkehr bis zur Weidehaltung, wie es z.B. in Tasmanien auf der Gala-Farm praktiziert wird.

3 Erste Untersuchungen und Ergebnisse

3.1 Entwicklung der Milchqualität während der Umstellungsphase

In zwei ausgewählten Unternehmen in Deutschland konnte während der Phase der Umstellung von konventionellem Milchentzug zum vollautomatischen Melken mit dem AMR™ eine auf vergleichbarem Niveau ermittelte mittlere Zellzahl in der Tankmilch beobachtet werden (Abb. 2). Es zeigte sich aber auch, dass die Zellzahl der abgelieferten Milch eine leichte Erhöhung mit Fortschreiten des automatischen Melkens aufzeigte, was jedoch durch den Einbau einer chemischen Zwischendesinfektion der Melkbecher schnell reguliert werden konnte, sodass im Unternehmen 1 dann wieder Zellzahlen von unter 200.000 Zellen je ml Milch erreicht werden konnten.

Im Unternehmen 3 kann nach 60 Tagen nach der Umstellung wieder ein vergleichbarer Gehalt an Zellen in der Sammelmilch wie etwa 90 Tage vor der Umstellung (etwa 200.000 Zellen je ml Milch) beobachtet werden, wobei im Zeitraum dazwischen wegen des Umbaus mit einem Ausweichmelkstand gemolken wurde und somit die Zellzahl auf mehr als 300.000 Zellen je ml anstieg.

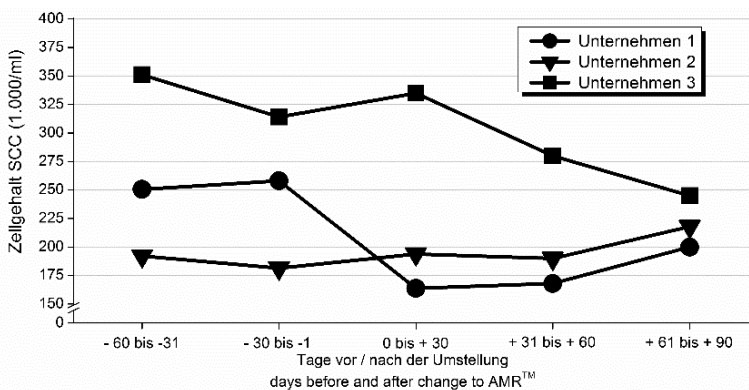


Abb. 2: Entwicklung der Zellzahl der Tankmilch in 3 Unternehmen im Zeitraum 60 Tage vor bis 90 Tage nach der Umstellung auf das AMR™

Fig. 2: Bulk-tank-SCC on 3 farms during 60 days before and 90 days after change to AMR™

3.2 Entwicklung der Zitzenkondition während der Umstellungsphase

Im Unternehmen 1 wurden seit der Umstellung auf das automatische Melken unter anderem der Score der Hyperkeratosen im Verlauf der Laktation bei den Kühen erfasst. Grundlage der Klassifizierung war die Skala nach MEIN et al., wobei Score 1 „keine Keratinansammlung“ und Score 4 „rauhe, zerklüftete Hyperkeratosen“ zeigt (MEIN et al. 2001). Hierbei zeigte sich, dass die beiden vorderen Striche mit im Mittel 81 % gegenüber den hinteren Strichen mit durchschnittlich 88 % den etwas geringeren Anteil am Score 1 + 2 aufwiesen. Im Verlauf der Laktation ergeben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede (Abb. 3), was für eine sehr gute Melkarbeit des Systems spricht.

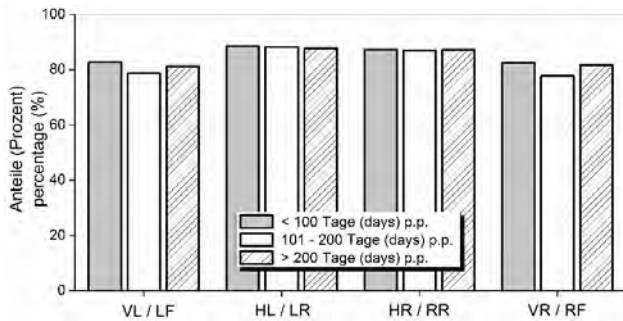


Abb. 3: Anteil der Hyperkeratosen mit Score 1+2 in Abhängigkeit vom Strich und den Tagen post partum im Unternehmen 1 (n = 1.401 Messungen an 341 Kühen)

Fig. 3: Percentage of hyperkeratosis with score 1+2 on teat level and days in lactation at farm 1 (n = 1.401 observations at 341 cows)

3.3 Auswertung der Ansetzrate

Seit August 2013 wurde in regelmäßigen Abständen die Ansetzrate der Roboter bewertet. Mit der Umstellung des Systems auf die TOF-Kameras im Okt. 2013 konnte eine Ansetzrate von mehr als 95 % erfolgreich angesetzter Striche erreicht werden (Abb. 4).

Die verbleibenden 5 % werden entweder per Hand angesetzt oder die Kühe werden erneut über das erste Sortiertor auf das Karussell geleitet, was jedoch den realen Durchsatz etwas vermindern kann.

Einen signifikanten Effekt der Linearen Bewertung der Euter (DHV-Schema) auf die Ansetzrate konnte nicht beobachtet werden.

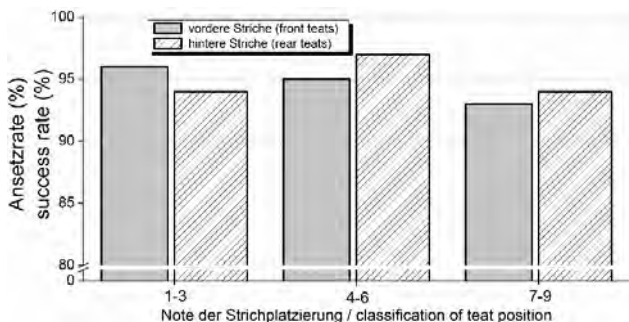


Abb. 4: Ansetzrate der Melkbecher bei differenzierten Strichplatzierungen

Fig. 4 : Success-rate of cup-attachment at different teat-positions

3.4 Liege- und Fressverhalten

Im Unternehmen 1 wurde das Liege- und Fressverhalten der Kühe monatlich über mehr als 2 Jahre im Time-Sampling-Verfahren (5-Minuten-Intervall) untersucht. Es zeigte sich, dass die Tiere im Mittel mehr als 11 Stunden je Tag mit Liegen verbrachten, wobei hier jahreszeitliche Schwankungen zu erkennen sind. Die Kühe verbrachten weiterhin durchschnittlich 6 Stunden je Tag mit dem Fressen. Gegenüber anderen Unternehmen der Milchproduktion (konventionelles Melken und AMS) ergeben sich signifikante Unterschiede in den Verhaltensweisen.

Insgesamt zeigt sich, dass mit dem zentralen Melken durch das AMR™ die Verhaltensweisen positiv beeinflusst werden können oder gegenüber anderen Melksystemen unverändert blieben. Gerade gegenüber den Einzelboxen-Systemen (AMS) konnten bisher höhere Liegezeiten der Kühe bei gleichzeitig signifikant geringerem Zeitbudget für das Stehen inklusive Melken beobachtet werden (AMR: 460 ± 110 Minuten je Tag; AMS: 526 ± 138 Minuten je Tag). Das längere Stehen der Kühe in den AMS-Einzelbox-Betrieben resultiert überwiegend in einer längeren Phase des Stehens vor dem Betreten der Melkeinheit (SCHNEIDER et al. 2013).

Literatur

- Dzidic, A.; Macuhova, J.; Bruckmaier, R.M. (2004): Effects of Cleaning Duration and Water Temperature on Oxytocin Release and Milk Removal in an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science* 87, S. 4163-4169
- Lassen, B.; Schierholz, F. (2011): Mehr Roboter und Karusselle. *DLG-Mitteilungen* 8, S. 84-87
- Mein, G.A.; Neijenhuis, F.; Morgan, W.F.; Reinemann, D.J.; Hillerton, J.E.; Baines, J.R.; Ohnstad, I.; Rasmussen, M.D.; Timms, L.; Britt, J.S.; Farnsworth, R.; Cook, N.; Hemling, T. (2001): Evaluation of Bovine Teat Conditions in Commercial Dairy Herds. *Proc. NMS and AABP meeting, Vancouver*, S. 347-351
- Schneider, M.; Schuchardt, H.; Scholz, H. (2013): Verhaltensweisen von Milchkühen bei konventionellem Melken und unter den Bedingungen des AMS/VMS. 06. Mitteldeutscher Rinderworkshop, Hochschule Anhalt

Auswirkungen eines Energieausfalls beim Melkroboter auf das Tierwohl und die Milchleistung

Effects of a simulated power cut in AMS on animal welfare and milk yield

ANJA GRÄFF¹, MANFRED HÖLD², JÖRN STUMPENHAUSEN², HEINZ BERNHARDT¹

¹ Technische Universität München, Center of Life and Food Sciences, Agricultural Systems Engineering, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan; anja.graeff@wzw.tum.de

² Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, University of Applied Sciences Weihenstephan-Triesdorf, Faculty of Agricultural and Nutritional Sciences, Am Hofgarten 1, 85354 Freising-Weihenstephan

Schlüsselwörter: AMS, Energieausfall, Milchmenge, Stall 4.0, Tierwohl

Keywords: AMS, power cut, milk yield, barn 4.0, animal welfare

Zusammenfassung

Untersuchungen innerhalb des Konzeptansatzes „Integrated Dairy Farming – Stall 4.0“ analysieren Auswirkungen eines zeitlich begrenzten Energieausfalls beim AMS auf das Tierverhalten. Dabei werden besonders die Milchleistung und das Tierwohl auf einem bayerischen Praxisbetrieb näher betrachtet. Die Ergebnisse zeigen verschiedene Belastungsreaktionen, insbesondere einen Rückgang der Milchleistung sowohl beim Einzeltier als auch bei der gesamten Herde.

Summary

Scientific experiments within the design approach “Integrated Dairy Farming – Barn 4.0” will demonstrate cattle behavior in situations driven by a power load management. The study investigates in particular how energy failures, energy fluctuations and postponements might influence cattle’s daily routine, especially animal welfare and milk yield.

1 Einleitung und Zielstellung

Eine Vielzahl von Faktoren, wie z.B. weniger körperliche Arbeit, mehr Flexibilität und ein tierindividuelles Melken bedingen heute eine deutliche Zunahme der Automatisierung in bayerischen Milchviehbetrieben. In den letzten Jahren ist die Anzahl der Betriebe mit automatischen Melksystemen (AMS) auf rund 1.200 Betriebe gestiegen (SPRENGEL und KORNDÖRFER 2014).

Die Nutzung eines AMS bedingt nicht nur eine Veränderung in der Arbeitsorganisation, sondern geht auch einher mit einem geänderten Energiemanagement. Dieses muss gewährleisten, dass die für die Automatisierung notwendige Netzleistung durchgängig 24 Stunden zur Verfügung steht.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Stabilität in Europas Stromnetzen in den letzten Jahren relativ konstant war. Allerdings kam es in verschiedenen Mitgliedsstaaten zu unterschiedlichen Versorgungszuverlässigkeiten (ROON und BUBER 2013). Bedeutendere Stromausfälle in Deutschland gab es dennoch, zuletzt am 25. November 2005 in Nordrhein-Westfalens bei dem ca. 250.000 Menschen bis zu vier Tagen und am 4. November 2006 in weiten Teilen Europas wo ca. 10 Millionen Haushalte für zwei Stunden ohne Strom waren.

Gerade im zukünftigen, hochgradig technisierten und automatisierten Milchviehstall wird zunehmend Energie in Form von Strom und Wärme benötigt. Um einerseits einen hohen Anteil an eigen produziertem Strom am Gesamtstromverbrauch zu erreichen und andererseits die Belastung des öffentlichen Stromnetzes möglichst gering zu halten, wurde daher das Projekt „Integrated Dairy Farming – Stall 4.0“ gestartet.

Das Ziel des Teilprojektes „Tier-Technik-Interaktion“ innerhalb des Konzeptansatzes „Stall 4.0“ besteht darin, mögliche Belastungsreaktionen von Milchkühen beim energiebedingten Ausfall von Melkrobotern zu quantifizieren. Um Belastungsreaktionen erkennen zu können, wurden Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität gemessen, Kortisol-Metaboliten-Ausschüttung, Wiederkautätigkeit, Bewegung und das Verhalten aufgezeichnet und ausgewertet. Exemplarisch werden in diesem Poster die Anzahl der AMS-Besuchshäufigkeiten im Zusammenhang mit der Milchleistung vor, während und nach einem simulierten Stromausfall sowohl für einzelne Tiere als auch die Auswirkung auf die gesamte Herde gezeigt.

2 Tiere, Material und Methode

Die Versuche wurden 2014 in den Monaten März bis August auf vier unterschiedlichen oberbayerischen Milchviehbetrieben (B1 bis B4), die die Lely Astronaut Melktechnik verwenden, durchgeführt. Die Anzahl der melkenden Kühe lag auf den jeweiligen Betrieben zwischen 52 und 73 Tieren. Auf jedem Versuchsbetrieb wurden 12 laktierende Kühe der Rasse Fleckvieh für den Versuch ausgewählt. In allen Betrieben wurden sowohl trächtige, als auch sich im Zyklus befindliche Tiere beobachtet. Die Anzahl der Laktationsperioden lag im Bereich von einer bis sieben Laktationen, im Mittel 2,4 Laktationen. Das Alter der Kühe lag zwischen zwei und acht Jahren. Das durchschnittliche Alter lag somit bei 3,9 Jahren und damit leicht unter dem Durchschnittsalter des deutschen Milchviehs von 4,6 Jahren im Jahre 2011 (ADR 2013). Insgesamt umfasste die Versuchsdauer jeweils 13 Tage pro Versuchsbetrieb. Sechs Tage vor Datenaufnahme wurden den Tieren die Brustgurte zur Messung der Herzaktivität angelegt, damit sie sich daran und an die Versuchsabläufe gewöhnen konnten (Gewöhnung). Der Zeitraum der Datenerfassung erstreckte sich je Betrieb über sieben Tage hinweg, wobei jede Basal-Messung drei Tage lang dauerte und die Testmessung vier Tage. Die Basal-Messung erfasste den Zustand der Tiere ohne den Einfluss eines energiebedingten Ausfalls des AMS.

Für die eigentliche Testmessung wurde das gewöhnliche Melkverhalten der Fokuskühe analysiert, um dann am ersten Testtag der jeweiligen Fokuskühe ihr Melkanrecht einmalig innerhalb von 24 h für zwei Stunden zu sperren (Blockzeit). Am zweiten Testtag wurde die Melkanrechtssperre auf vier Stunden ausgeweitet, um die Wahrscheinlich-

keit einer AMS-Abweisung zu erhöhen. An den beiden darauffolgenden Testtagen wurde die Melkanrechtssperrung tierindividuell auf zwei bis maximal vier Stunden festgelegt, um die Euterbelastung nicht zu hoch werden zu lassen und um die Milchmengenleistung nicht zu weit abzusenken.

Die hier betrachteten Daten „Milchmenge“ und „Milchertrag voraussichtlich“ stammen aus dem Softwareprogramm der Firma Lely Holding S.à.r.l. für die Astronaut Melktechnik (LELY o.J.) des dritten Betriebes B3.

Alle Daten wurden zunächst mit dem Programm Excel 2010 gesammelt, grafisch aufbereitet und werden derzeit mit dem Programm „R“ (R version 3.0.1, The R Foundation for Statistical Computing) ausgewertet.

3 Ergebnisse

Es zeigt sich anhand der Videoüberwachungen, dass die direkten Stressreaktionen der Tiere deutlich länger zu beobachten sind als der eigentliche „Technikausfall“. Es konnte beobachtet werden, dass manche Tiere trotz Melkanrecht über mehrere Stunden nicht mehr freiwillig den AMS aufsuchten, sondern vom Betriebsleiter zum AMS getrieben werden mussten. Erste Auswertungen der Milchmenge der Fokuskühe zeigen, dass nicht erst zum Zeitpunkt des simulierten Energieausfalles, sondern auch schon in der Eingewöhnungsphase eine Differenz von prognostizierter zu tatsächlich ermolkenener Milchmenge auftrat.

Durch die Programmierung der Blockzeit für die jeweilige Fokuskuh kam es zu einem Anstieg der AMS-Besuche.

Abbildung 1 zeigt exemplarisch, dass die ermolkenene Milchmenge der Fokuskuh 6 im B3 im Durchschnitt 3,1 Liter unter der vom Roboter vorhergesagten Milchleistung lag. Die größte Abweichung mit 5,5 Liter, gab es am letzten Testtag. An diesem Tag wurde am AMS für die Fokuskühe keine Blockzeit mehr gesetzt.

Fokuskuh 6 im B3 besuchte den AMS durchschnittlich 3,75-mal am Tag, wobei dreimal erfolgreich gemolken wurde. Durch das Setzen der Blockzeiten stieg die Anzahl der Besuche auf bis zu neunmal am zweiten Testtag an, allerdings blieb es bei drei erfolgreichen Melkungen am Tag.

Abbildung 2 zeigt die Milchleistung einer Vergleichskuh mit gleichen Laktationstagen wie Fokuskuh 6 aus dem Betrieb B3, die sich nicht in der Gruppe der Fokuskühe befand. Sie trug daher keine Messtechnik und war auch keiner Probenentnahme oder Blockzeit unterworfen. Hier erkennt man, dass die vom AMS berechnete, prognostizierte Milchmenge fast identisch mit der tatsächlich ermolkenen Milchmenge ist. An den ersten zwei Testtagen ist die tatsächlich ermolkenene Milchmenge geringer als die prognostizierte.

In den Tagen vor dem simulierten Stromausfall für die Fokuskühe besuchte die Vergleichskuh den AMS durchschnittlich dreimal am Tag mit durchschnittlich 2,1 erfolgreichen Melkungen. Ab dem Tag des simulierten Ausfalls bis zum letzten Versuchstag stieg die Anzahl der Besuche von zwei auf sieben an. Die Zahl der erfolgreichen Melkungen blieb mit 2,3 fast gleich.

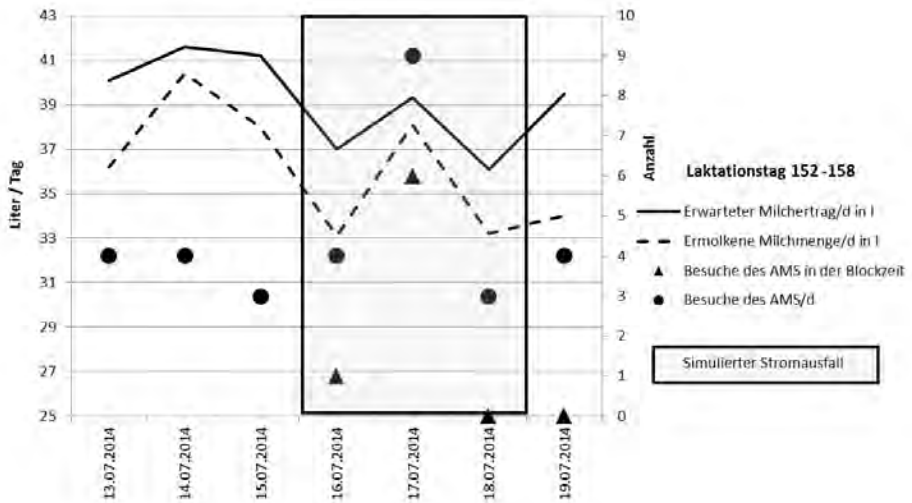


Abb. 1: Milchleistung und Besuchshäufigkeit des AMS der Fokuskuh 6 im B3

Fig. 1: Milk yield and AMS visits of focus cow 6 in B3

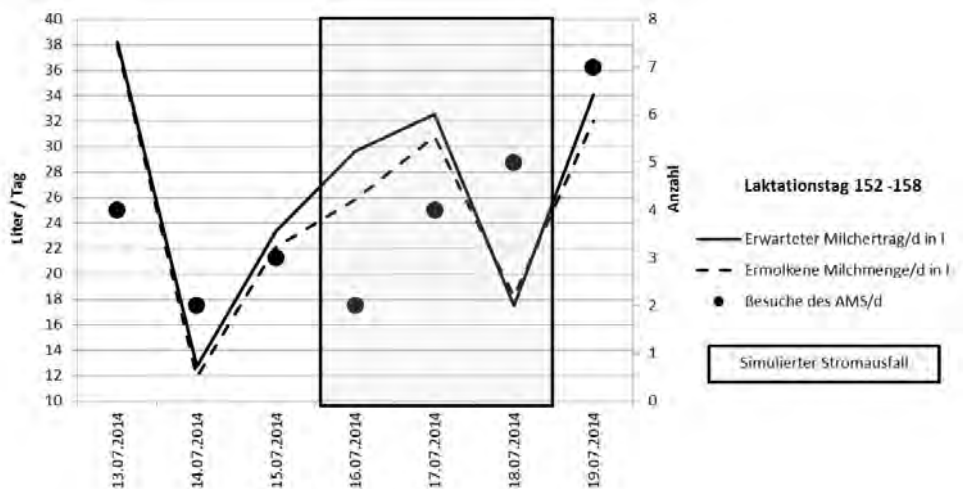


Abb. 2: Milchleistung und Besuchshäufigkeit des AMS einer Vergleichskuh im B3

Fig. 2: Milk yield and AMS visits of a comparable cow in B3

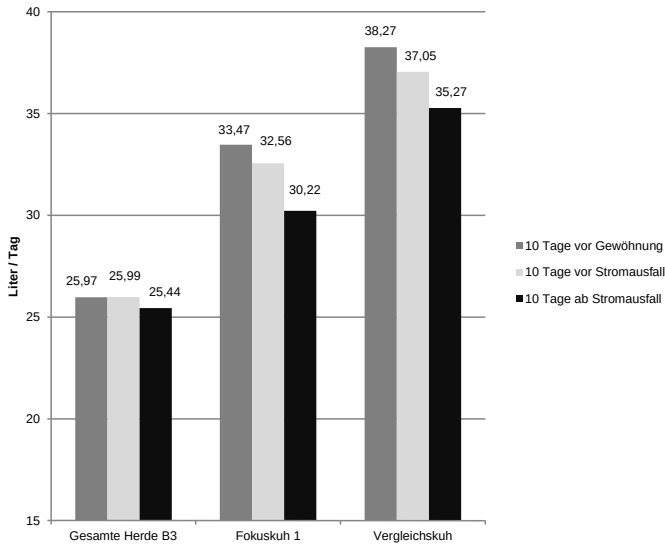


Abb. 3: Durchschnittliche Milchmenge vor, während und nach einem simulierten Stromausfall
 Fig. 3: Average milk yield before, during and after a simulated energy failure

In Abbildung 3 wird deutlich, dass die Auswertung der Milchleistung der gesamten Herde des Betriebes B3 mit 67 melkenden Kühen eine nahezu gleichbleibende durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Tag im Zeitraum von zehn Tagen vor Versuchsbeginn und vor der Simulation des Stromausfalls (inklusive der Gewöhnungsphase) ergibt. Ab dem Zeitpunkt des simulierten Stromausfalls (Blockzeiten) bis zehn Tage danach, verringerte sich die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Tag um mehr als 0,5 Liter.

Tierindividuell lässt sich dies exemplarisch an der Milchleistung von Fokuskuh 1 und einer Vergleichskuh außerhalb der Testgruppe mit ähnlichem Laktationsstadium darstellen. Sowohl bei der Fokuskuh als auch bei der Vergleichskuh verringert sich die Milchleistung ab dem simulierten Stromausfall nahezu identisch, um sieben bzw. sechs Prozent.

4 Diskussion und Fazit

Belastungsreaktionen können durch verschiedene Hormone, durch physiologische und/oder Verhaltensparameter nachgewiesen werden und geben damit Aufschluss über das Tierwohl. In dieser Arbeit wird versucht, die Milchleistung als Teil dieser Beurteilungskriterien zu betrachten. Allerdings müssen noch intensive statistische Auswertung und eine Verknüpfung aller Ergebnisse untereinander erfolgen.

Als erstes Teilergebnis bleibt festzuhalten, dass durch den Stressor „Energieausfall beim AMS“ simuliert durch das tierindividuelle Setzen von Blockzeiten, die Milchleistung nicht nur der betroffenen Kühe, sondern der ganzen Herde zurückgeht. Dies kann

möglicherweise durch das bestehende Ranggefüge innerhalb der Herde erklärt werden: Handelt es sich bei einer Fokuskuh um eine ranghöhere Kuh, so blockiert diese den AMS für alle rangniedrigeren Tiere. Diese müssen warten, bis für sie der Zugang zum AMS wieder frei wird und gelangen dadurch möglicherweise zusätzlich in eine Stresssituation, einhergehend mit zurückgehender Milchproduktion. Kühe die unmittelbar vom simulierten Energieausfall betroffen waren (Fokuskühe), reagierten auf die mehrfachen Abweisungen des AMS mit zurückgehender Milchleistung. Dies kann als möglicher Stressindikator angesehen werden. Im Sinne des Tierwohls sollte daher ein länger anhaltender Energieausfall beim AMS unbedingt vermieden werden.

In dem Teilprojekt „Tier-Technik-Interaktion“ innerhalb des Konzeptansatzes „Integrated Dairy Farming – Stall 4.0“ sollen Auswertung dieser Arbeit und aller weiteren Testergebnisse mit einfließen. Es sollen mögliche Belastungsreaktionen von Milchkühen beim energiebedingten Ausfall von Melkrobotern dargestellt werden. Die Gesamtergebnisse sollen letztendlich Aufschluss geben, ob Schwankungen oder Ausfälle in der Energieversorgung Auswirkungen auf das Tierverhalten haben, bzw. ob zeitliche Verschiebungen im gewohnten Tagesablauf, z.B. bei der Melkroutine, Stressreaktionen bei der Milchkuh hervorrufen. Es können somit ethologischer Kriterien zur quantitativen und qualitativen Analyse und Bewertung tierartgerechter Verhaltensweisen bei zunehmend automatisierten Verfahrenstechniken im Milchviehstall, unter Berücksichtigung autonomer Steuerungsoptionen, im Rahmen eines umfassenden On-Farm Energiemanagementsystems entwickelt und validiert werden.

Literatur

- ADR, Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. (2013): Hintergrund-Informationen zur Rinderzucht in Deutschland. <http://www.milchwirtschaft.de/downloadcenter/landwirte.php>, Zugriff am 20.03.2015
- Lely Holding S.à.r.l. (o.J.): Farmmanagement: Management eines robotergesteuerten Betriebes. http://www.lely.com/uploads/original/documents/Brochures/Farming_tips/Farm_management_brochures/Lely_kennisdocument_Management_DE.pdf, Zugriff am 02.09.2013
- Sprengel, D.; Korndörfer, R. (2014): Eigene Stärken und Schwächen erkennen. Betriebsvergleich für AMS-Betriebe frei geschaltet. LKV-Journal 1, S. 20
- Roon von, S.; Buber, T.: Versorgungsqualität und -zuverlässigkeit als Standortfaktor (2013). <https://www.ffegmbh.de/aktuelles/veroeffentlichungen-und-fachvortraege/351-versorgungsqualitaet-und-zuverlaessigkeit-als-standortfaktor>, Zugriff am 29.09.2014

Stickstoffdeposition im Umfeld eines Außenklimastalls für Milchvieh

Nitrogen deposition around an outdoor climate house for dairy cattle

KATJA BONKOSS, STEFAN NESER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT),
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; katja.bonkoss@LfL.bayern.de

Schlüsselwörter: Emissionen, Stickstoffdeposition, Tierhaltung
Keywords: emissions, nitrogen deposition, animal husbandry

Zusammenfassung

Die Reduzierung umweltrelevanter Ammoniakemissionen und Stickstoffeinträge hat in den letzten Jahren nach Ausweisung eines europaweiten Schutzgebietsnetzes („Natura 2000“) und vor dem Hintergrund internationaler Grenzwertvereinbarungen (EU-NEC-Richtlinie) an Bedeutung gewonnen. Da die Emissionsquellen größtenteils aus der Landwirtschaft (v.a. aus der Rinderhaltung) stammen, ist hier mit großem Einsparpotenzial durch geeignete Minderungsstrategien zu rechnen.

Da es an belastbarem Datenmaterial (v.a. bei frei belüfteten Milchviehställen) mangelt, werden in diesem Forschungsvorhaben N-Depositionsdaten erhoben und die Ammoniakausbreitung im Computermodell simuliert. Die Notwendigkeit und die Wirksamkeit von Depositionsbarrieren wie Hecken oder Agroforststreifen werden mittels Windkanalmodell überprüft.

Summary

Over the last years reducing of harmful ammonia emissions and nitrogen depositions becomes more importance due to the designated European Nature 2000 Network and internationally agreed climate protection targets (EU National Emission Ceilings Directive). As most ammonia emission sources are agricultural in particular of cattle farming, there shall be presumed a large potential for emission reduction measures.

Because there is a lack of reliable data material in particular from freely ventilated cattle stables, in this research project nitrogen deposition data are raised and the dispersion of ammonia will be computer-simulated. Moreover, the need and effectiveness of deposition barriers like hedges or agroforest stripes will be model-checked in a border layer wind tunnel.

1 Zielsetzung

Rund 95 % des deutschlandweiten Ammoniakausstoßes werden der Landwirtschaft – davon etwa die Hälfte der Rinderhaltung – zugeordnet. Um Effektivität und Wirtschaftlichkeit von Minderungsansätzen für Ammoniak und N-Einträge beurteilen zu können, fehlen jedoch bis dato ausreichend empirische und validierte Daten v. a. aus dem Umfeld frei belüfteter Ställe.

Im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsvorhabens führt die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Ammoniakimmissions- und -depositionserhebungen im Nahbereich (bis 250 m) eines Außenklimamilchviehstalls durch. Die standörtliche Ammoniakausbreitung und N-Deposition wird mittels TA-Luft-konformem Ausbreitungsmodell simuliert. Eine Windströmungssimulation und Wirksamkeitsüberprüfung verschiedener Depositionsbarrieren erfolgt modellhaft im Grenzschichtwindkanal. Im Rahmen des bis Ende 2016 andauernden Vorhabens sollen abschließend Handlungsempfehlungen für die Genehmigungspraxis von Stallanlagen erarbeitet werden.

2 Material und Methode

In der Umgebung eines Außenklimastalls (ca. 120 Milchkühe) werden seit September 2014 in 2- bis 3-wöchigem Abstand die Hauptfraktionen der trockenen und nassen Stickstoffdeposition erfasst:

- Gasförmiger Ammoniak mittels Immissionsmessungen an 12 Messstellen gemäß VDI-Richtlinie 3869 Blatt 4 (Passivsammler Typ Ferm-IVL)
- Nass deponiertes Ammonium und Nitrat in Niederschlagssammlern (gekühlte Bulk-sammler; Eigenbau)

In den Passivsammlern (PP-Gehäusetubus Ø 2,5 cm; Aufnahme­fläche rund 6,3 cm²) befinden sich je zwei Edelstahl-Siebronden als Wind- und Verschmutzungsschutz und zwei Whatman-Quarzfaserfilter als Turbulenzbarriere bzw. Sorptionsmedium. Die Quarzfaserfilter werden passend ausgestanzt, 4 Stunden bei 500 °C geglüht und vor der Exposition mit einer Phosphorsäurelösung gemäß VDI-Konvention beschichtet (Säuregehalt der Beschichtungslösung 5 %). Jede Probenahmestelle besteht aus einem 3,50 m hohen Edelstahlmast (Eigenbau) mit Wetterschutzdach, unter dem zwei Sammlertuben (Doppelbestimmung) an einer Magnethalterung befestigt sind. Die quantitative Konzentrationsbestimmung mittels Fotometrie führt ein Auftragslabor durch (Qualitätsüberprüfung der Ergebnisse in Vergleichsuntersuchungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), Augsburg).

Aus drei ständig exponierten Niederschlagssammlern (Bulksammler gemäß VDI 4320 Blatt 1) werden nach der gleichen Sammeldauer ebenfalls Proben entnommen und der fotometrischen Laboranalyse auf Ammonium und Nitrat zugeführt. Die Sammelgefäße sind gekühlt und mit einem vogelgeschützten Zufuhrtrichter (Sammel­fläche rund 0,05 m², ca. 1,60 m Höhe über dem Boden) versehen.

Als Erhebungsstandort wurde ein Landwirtschaftsbetrieb ca. 2,5 km südöstlich von Weiden i. d. Oberpfalz gewählt (Oberpfälzer Hügelland; 430–460 m ü. NN; Jahresnieder-

schläge ca. 660 mm; Jahresdurchschnittstemperatur 8,6 °C), dessen Außenklimastall in nordwestlicher bis östlicher Richtung zwischen 140 und 210 m Waldabstand aufweist. Am Betriebsstandort gibt es keine weitere Tierhaltung. Die bereits etablierten (MP weiß markiert) bzw. im Aufbau befindlichen Probenahmestellen (MP schwarz markiert) sind Abbildung 1 zu entnehmen.



Abb. 1: Messpunktpositionen (Stand 03/2015) (MP – Passivsammler, B – Bulksammler)

Fig. 1: Distribution of measurement points (status 03/2015) (MP – passive collectors, B – bulk collectors)

Beim Beobachtungsobjekt handelt es sich um einen rund 82 m langen und 16 m breiten Liegeboxenlaufstall mit Schieberentmischung und offenem Futtertisch an der Südwestseite. Zur Ergebnisinterpretation und als wichtige Datengrundlage für nachfolgende Ausbreitungs- und Depositionsmodellierungen wurden verschiedene meteorologische Parameter (u.a. Windrichtung (10 m) und -geschwindigkeit (2,50 m; 10 m), Lufttemperatur (2 m; 10 m) und -druck (in 10 m), Niederschlagssumme (1 m; 10 m)) zeitintegriert erhoben. Die bodennahen Aufzeichnungen der Wetterstation Almesbach (Agrarmeteorologie Bayern (AgMB), ca. 215 m südwestlich; Stunden- und Tageswerte) werden seit Mitte November 2014 durch eigene Wetterdaten aus 10 m Höhe (Vaisala Weather Transmitter (2008); viertelstündliche Mittelwert- bzw. Summenbildung) ergänzt. Die eigene Wetterstation befindet sich rund 30 m südöstlich vom Beobachtungsobjekt.

Für die Standorte der Passivsammler wurden möglichst frei angeströmte Stellen nordwestlich bis südöstlich von den Betriebsgebäuden ausgewählt. Zuverlässige standörtliche Windrichtungsdaten lagen zum Planungszeitpunkt nicht vor. 5 Messorte liegen am Waldsaum, um den gasförmigen Ammoniak eintrag in den Baumbestand beurteilen zu können. Die drei Bulksammler wurden in einer Reihe mit Abständen zwischen 15 und 20 m in möglichst freier Anströmung auf der an der Stallostseite gelegenen Hangkante platziert.

3 Ergebnisse

Die bisherigen Messreihen zeigen eine rasche Abnahme der gasförmigen Ammoniak-einträge in der Transmission bis zu einem Quellenabstand von knapp 250 m (Tab. 1).

Tab. 1: Beobachtete Ammoniakimmissionskonzentrationen (09/2014 – 01/2015)

Tab. 1: Measured concentrations of ammonia imissions (09/2014 – 01/2015)

MP_Abstand	Lage	Lee Hgkt. ¹⁾ %	Arithmet. Mittel NH ₃ [µg/m ³], 3,5 m über Grund									MP
			02.–18.09.14	18.09.–02.10.14	02.–16.10.14	16.10.–06.11.14	06.11.–27.11.14	27.11.–18.12.14	18.12.14–08.01.15	08.01.–23.01.15	23.01.–25.02.15	
MP4_10 m	Futterm.	20	55,5	25,7	42,3	30,4	46,8	24,4	12,7	21,1	14,5	30,4
MP5_25 m	Wiese	14	9,6	8,0	12,1	7,2	9,2	4,6	3,4	6,5	5,3	7,3
MP1_30 m	Wiese	12	28,2	30,8	35,7	31,0	21,0	27,3	16,5	19,5	16,9	25,2
MP12_60m	Wiese	17	-	-	7,7	7,4	4,7	3,7	6,8	5,0	3,3	5,5
MP9_85 m	Wiese	6	-	-	13,0	11,0	6,3	7,1	5,0	5,1	5,6	7,6
MP11_105 m	Wiese	13	-	-	4,1	3,2	2,9	1,1	1,1	1,9	1,8	2,3
MP6_140 m	Waldrd.	16	2,5	2,2	2,8	2,5	2,2	1,2	2,5	2,1	1,5	2,2
MP8_160 m	Waldrd.	6	4,8	5,8	5,0	4,4	3,3	3,4	2,1		2,5	3,9
MP2_210 m	Waldrd.	8	5,6	7,5	6,6	6,3	4,3	3,2	2,6	3,3	3,0	4,7
MP7_210 m	Waldrd.	7	2,7	2,4	2,7	2,5	2,2	1,6	1,1	1,4	1,5	2,0
MP10_215 m	Wiese	11	-	-	11,2	9,7	5,7	3,9	4,3	9,6	6,7	7,3
MP3_290 m	Waldrd.	11	4,9	6,8	5,3	5,7	4,9	2,0	1,9	2,5	2,7	4,1
Mittel	Gesamt		14,2	11,2	12,4	10,1	9,5	6,9	5,0	7,1	5,4	8,5

¹⁾ Eigene Erhebungen aus Mitte 11/2014 bis Anfang 04/2015; max. Anströmungswinkel bei < 50 m: 30°, ansonsten 15°.

Die an der Messtrasse Nordwest bis Nordnordwest (MP1, 9, 8 und 2) gemessenen Ammoniakimmissionskonzentrationen sind Abbildung 2 zu entnehmen. Der Wiederanstieg der Ammoniakbelastung an MP2 im Vergleich zu MP8 dürfte in der häufigeren Leeexposition dieses Probenahmeortes begründet sein. Laut eigener Erhebungen (Mitte 11/14 bis Anfang 04/15) gab es in 10 m Höhe folgende Windrichtungsverteilung: in fast 22 % der Zeit Wind aus Ost bis Südost, in rund 27 % der Zeit Südwest- bis Westsüdwestwind und in fast 24 % der Zeit Wind aus Westnordwest bis Nord.

Um nähere Aussagen über das „Abklingverhalten“ im Nahbereich zwischen 50 und 100 m zu bekommen, wird im Frühjahr 2015 eine Messstellenerweiterung (Abb. 1) unter Berücksichtigung von Windrichtungsverteilung und ersten Ergebnissen vorgenommen.

In Abbildung 3 sind die bis dato (09/14 bis 03/15) erhobenen Ammonium-, Nitrat- und Niederschlagseinträge in den Bulkgefäßen (AgMB und eigene Daten) dargestellt. Die größte Differenz zwischen den Datensätzen für die mittleren täglichen Niederschlagssummen trat mit rund $0,6 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$ im Januar auf. Ansonsten betrugen die Unterschiede max. $0,2 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$. Die größeren Mengen wurden meist durch das AgMB gemessen.

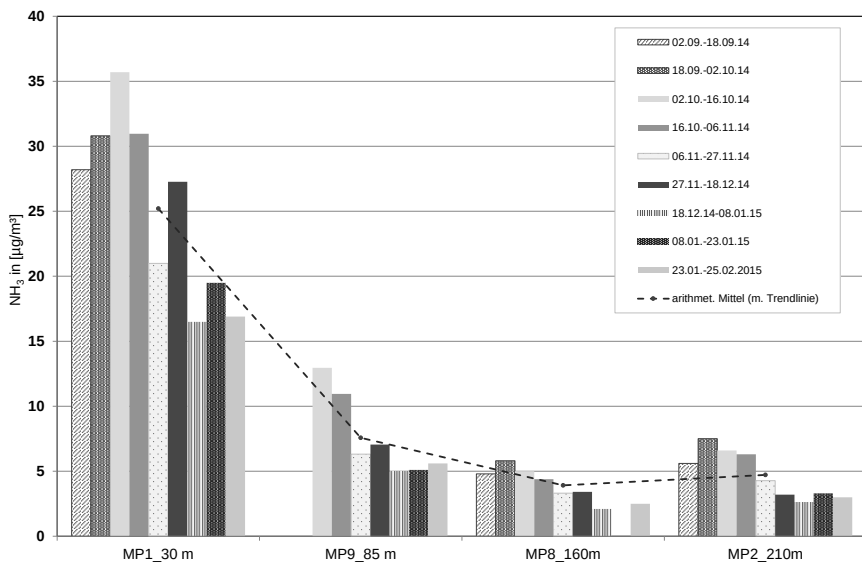


Abb. 2: NH₃-Immissionskonzentrationen – Messtrasse Northwest bis Nordnordwest
 Fig. 2: Concentrations of ammonia imissions – path Northwest to Northnorthwest

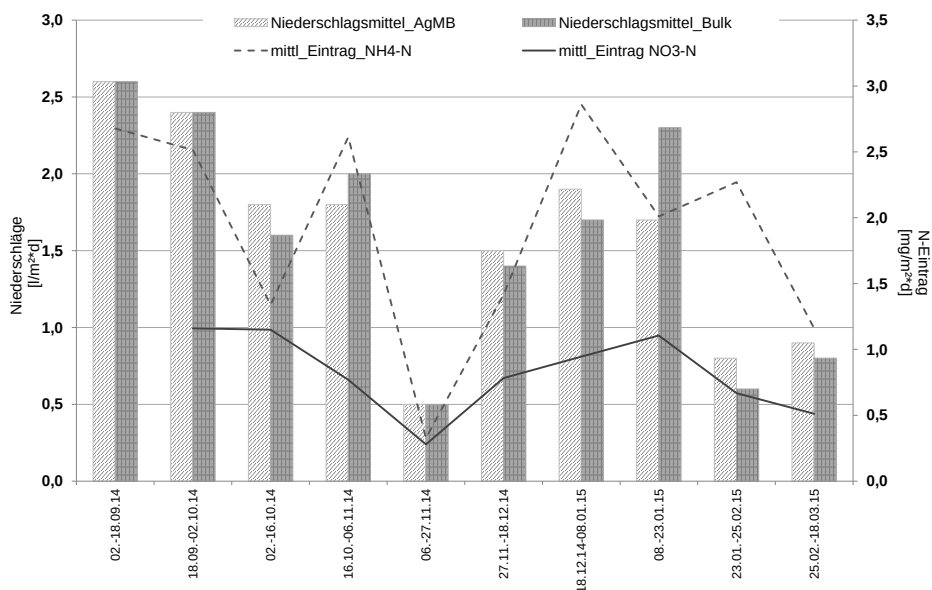


Abb. 3: Ammonium- und Nitratreinträge in den Bulksammlern (09/14 bis 03/15)
 Fig. 3: Entry of ammonium and nitrate into the bulk samplers (09/14 to 03/15)

In der ersten September- und in der zweiten Oktoberhälfte kam es zu mehreren Starkregenereignissen, während von Dezember bis Januar geringere aber häufigere Regenfälle vorkamen. Die höchste Bulk-N-Deposition von 2,6 bis fast 2,9 mg/m² · d Ammonium-N und rund 0,2 mg/m² · d Nitrat-N trat dementsprechend Ende Dezember/Anfang Januar auf. Das Verhältnis zwischen Ammonium- und Nitrat-N in der Herbst/Winter-Messperiode lag bei rund 2,7:1. Innerhalb von knapp 200 Tagen errechnet sich ein nasser Gesamt-N-Eintrag von fast 5,2 kg/ha · a, wobei im Vergleich zu Literaturdaten (DÄMMGEN et al. 2005) bisher ein standortabhängiger Überhang des Ammoniumstickstoffs auftritt.

4 Fazit und Ausblick

- Die Ammoniakimmissionen zeigen mit zunehmendem Quellenabstand ein rasches Abklingen in der Fläche und sind bisher mit Literaturdaten vergleichbar (LfU 2015). In den wärmeren Frühjahrs- und Sommermonaten wird von steigenden Ammoniakimmissionen ausgegangen.
- Die Datenbasis in 40 bis 100 m Stallentfernung ist für eine Beurteilung des „Abklingverhaltens“ noch unzureichend, was in einer Messstellenerweiterung berücksichtigt wird.
- Auch die nasse Gesamt-N-Deposition ist bis dato mit Literaturdaten vergleichbar, wobei der höhere Ammonium-N- im Vergleich zum Nitrat-N-Anteil auf verstärkte Stickstofffrachten aus landwirtschaftlich geprägten Gebieten schließen lässt.
- Die nächsten Arbeitsschritte sind eine Ausbreitungs- und Depositionsmodellierung gemäß TA Luft (2002), sowie eine Abstandsermittlung gemäß LAI-Konvention und die Einordnung der gewonnenen Daten anhand neuerer Literaturdaten (LfU 2015, UBA 2014).

Literatur

- Dämmgen et al. (2005): Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkung auf Waldökosysteme (ANSWER-Projekt), Schlussbericht, Oldenburg, Göttingen, Braunschweig
- LfU (2015): Ammoniak-Immissionsmessungen in Bayern. http://www.lfu.bayern.de/umwelt-qualitaet/umweltbeobachtung/schadstoffe_luft/eutrophierung_versauerung/ergebnisse/index.htm, Zugriff am 30.03.15
- UBA (2014): Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge und kritischer Belastungsschwellen zur kontinuierlichen Bewertung der ökosystemspezifischen Gefährdung der Biodiversität in Deutschland – PINETI (Pollutant INput and EcosysTem Impact), Teilbericht 3, Aufstockung des Vorhabens, TEXTE 62 /2014, Dessau-Roßlau

Untersuchung klimarelevanter Gase in einem planbefestigten Milchviehstall und der anschließenden Flüssigmistlagerung

Investigation of climate relevant gases in a dairy house with slatted floor and the following slurry storage

ALEXANDER SCHMITHAUSEN¹, MANFRED TRIMBORN^{1,2}, WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 5, 53115 Bonn; schmithausen@uni-bonn.de

² Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Karlrobert-Kreiten-Str. 13, 53115 Bonn

Schlüsselwörter: Treibhausgase, Emission, Methan, Lachgas, Milchvieh

Keywords: greenhouse gases, emission, methane, nitrous oxide, dairy cattle

Zusammenfassung

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft und das Bewusstsein der Konsumenten gegenüber landwirtschaftlichen Produkten sowie der Auflagen in Bezug auf Emissionsschutzmaßnahmen führen zu einer langfristigen Gesamtbetrachtung der in der Landwirtschaft entstehenden Emissionen. Im Bereich der Milchviehhaltung wurde in der Vergangenheit vermehrt das vom Tier selbst ausgehende Methan betrachtet. Das weitaus klimarelevantere Lachgas wird in der vorliegenden Untersuchung mit einbezogen. Messungen an unterschiedlichen Stellen des Haltungssystems Milchvieh haben differierende Ergebnisse ergeben. Mithilfe der „Closed-chamber-Technik“ wurde die Anreicherung der Gase Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) über einen zeitlichen Verlauf analysiert. Dies trifft auf Messungen im Laufbereich der Tiere sowie in der Vorgrube des Flüssigmistlagers und auf dem außerhalb gelegenen Flüssigmistlager selbst zu. Lachgas kann vereinzelt im Bereich der Vorgrube erfasst werden. Die Zusammenhänge und Verhältnisse der Gase zueinander bedürfen weiterer Messungen, die ebenfalls andere Witterungsbedingungen und Temperaturverhältnisse miteinbeziehen.

Summary

The structural change in agriculture and the awareness of the consumers together with restrictions of emission protective measures lead to a long overall view of emissions originate out of agriculture. In dairy farming so far the focus increasingly was on methane which comes from the animal itself. The vastly more appreciable nitrous oxide is included in the present research. Measurements on different positions of the dairy housing system devoted varying results. With the closed chamber technique the enhancement of carbon dioxide, methane and nitrous oxide was analyzed about a temporal progress. This applies on measurements in the loafing area of the animals, together with the pre-tank and the slurry storage outside the stable. Nitrous oxide can be isolated captured in the area of the pre-tank. The context and ratios of the gases to each other still have to be evaluated concerning to other weather and temperature conditions.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen der aktuellen Klimapolitik und dem Strukturwandel in der deutschen Landwirtschaft treten die Emissionen klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft und insbesondere der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung vermehrt in den Fokus von Politikern, Landwirten, Umweltschützern und interessierten Bürgern.

Mit dem Erlass des Umweltministeriums vom 19. Februar 2013 „Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen“ fordert das Land Nordrhein-Westfalen u. a. eine Flüssigmistbehälterabdeckung bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Tierhaltungsanlagen: „Bei zu errichtenden Anlagen ist eine Lagerung in geschlossenen Behältern oder in Behältern mit Zeltdach als Stand der Technik zur Minderung der Emissionen von Gerüchen und Ammoniak anzusehen“ (MKULNV 2013). Bestehende Anlagen sind ebenfalls in einer Frist von einem Jahr entsprechend aufzurüsten.

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Freisetzung klimarelevanter Gase. Neben Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Ammoniak (NH_3) spielt Lachgas (N_2O) in der Milchviehhaltung eine relevante Rolle. N_2O ist mit einem CO_2 -Äquivalenzfaktor von 296 wesentlich klimarelevanter als beispielsweise CH_4 mit einem CO_2 -Äquivalenzfaktor von 23 (IPCC 2006). CH_4 wird in überwiegender Form vom Tier selbst gebildet und mit dem Ruktus ausgestoßen; es entsteht aber auch bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern. NH_3 -Emissionen entstehen hauptsächlich bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. N_2O -Emissionen fallen vor allem aufgrund von Umwandlungsprozessen (Nitrifikation, Denitrifikation) nach Düngung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen an. Während N_2O -Emissionen im Zuge des Wirtschaftsdüngermanagements beschrieben werden, sind in der Literatur kaum Angaben über N_2O -Emissionen tierischer Herkunft bzw. aus dem Stallbereich zu finden (PLACE et al. 2011). Deshalb ist das Ziel des Forschungsvorhabens, das Bildungspotenzial der klimarelevanten Gase CO_2 , CH_4 und N_2O im planbefestigten Bereich eines Milchviehstalls und des dazugehörigen Flüssigmistlagerbereichs darzustellen.

2 Material und Methoden

Die Stallung der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn, in der die Untersuchung durchgeführt wird, verfügt über ein in der Milchviehhaltung übliches Querlüftungssystem und besitzt 64 Tierplätze. Der planbefestigte Boden wird mit einem Faltschieber abgeschoben, wobei der anfallende Flüssigmist in einer mittig vom Stall lokalisierten Vorgrube gesammelt und in einem externen Hochbehälter aus Beton gelagert wird (Abb. 1). Es besteht die Möglichkeit der Erfassung und Bewertung der Futter- und Wasseraufnahme sowie zusätzlicher Parameter auf Einzeltierebene (Milchleistungsparameter, Tiergewichte u. a.).

Da N_2O im Vergleich zu anderen klimarelevanten und umwelttoxischen Gasen in geringeren Konzentrationen auftritt, werden die Messungen nicht auf Stallebene durchgeführt, sondern verschiedene freisetzende Oberflächen einzeln als „Flächenquelle“

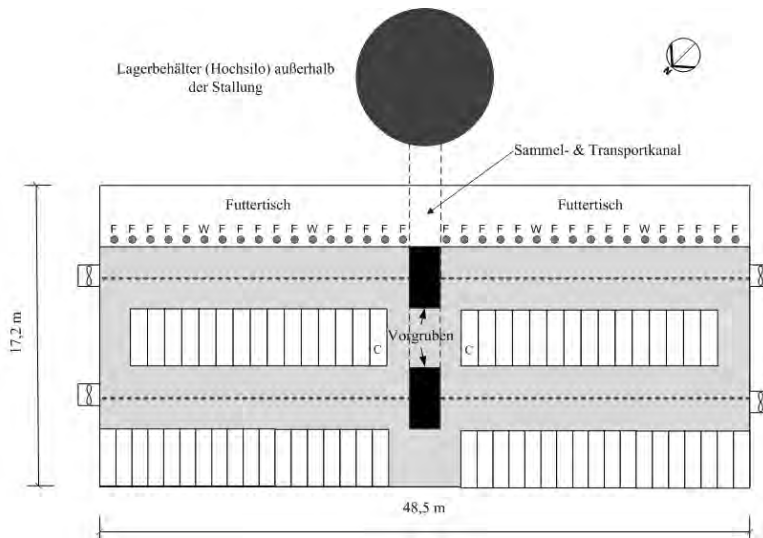


Abb. 1: Skizze der Versuchsstallung und den vorhandenen Flüssigmistlagerstätten (C: Kraftfutterstation; F: Futterwiegetrog; W: Wassertränke)

Fig. 1: Layout of the research stable and the present slurry storage systems (C: concentrate station; F: balanced feed trough; W: water trough)

betrachtet. Der Vorteil hierbei liegt in der unmittelbaren Begutachtung der Emissionsquelle.

Punktuell erfolgt die Probenahme mithilfe der Closed-chamber-Methode an potenziell relevanten Stellen (HUTCHINSON and MOSIER 1981). Es existieren relevante Stellen, wobei nicht alle Stallbereiche für die Haubentechnik (qualitativ) geeignet sind. Um ein repräsentatives Bild für ein an sich sehr heterogenes Haltungssystem zu erhalten, wurden für das System „planbefestigter Milchviehstall“ typische Bereiche ausgewählt. Diese relevanten Flächen sind „Urinlachen“, „frisch abgesetzte Kothaufen“, Laufwege, aber auch die „Vorgrube“ und das „Flüssigmistlager“ selbst. Die Emissionen der Gase bei der Lagerung des Flüssigmists werden also innerhalb und außerhalb der Stallung betrachtet.

Die Gasproben werden mit evakuierten „Headspacevials“ (20 ml), entnommen und anschließend mit einem Gaschromatografen der Fa. SRI Instruments (GC-FID/ECD, 8610 C, SRI Instruments, Torrance, USA) auf den N₂O-, CH₄- und CO₂-Gehalt analysiert.

Anhand des Konzentrationsanstiegs in den geschlossenen Hauben über die Zeit errechnet sich die Emissionsrate je Flächeneinheit und Zeit. Dazu werden 4 bis 5 Gasproben über einen Zeitraum von 30 bis 60 Minuten genommen.

Erste Ergebnisse stammen aus den Herbstmonaten 2014 und Wintermessungen Anfang 2015. Noch folgende Untersuchungen in den wärmeren Jahreszeiten lassen u.U. auch Schlussfolgerungen zum Haltungssystem und Betriebsmanagement (Flüssigmistschiebeintervall, Liegeboxeneinstreu) sowie zur Art der Lagerung (Vorgrube des Faltschiebers und Endlager im Außenbereich) zu.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die ersten Untersuchungen weisen unterschiedliche Gasbildungspotenziale an den aeroben und anaeroben Stellen der Lagerung von Flüssigmist auf. Die verschiedenen Kompartimente des Stalls zeigen zum Teil deutliche Unterschiede in den Emissionsmustern, also der Zusammensetzung der Spurengase. In der Vorgrube konnten neben CH_4 und CO_2 bereits auch Emissionen von N_2O gemessen werden, das vermutlich in einer sich rasch bildenden Schwimmschicht aus Einstreumaterial entsteht.

In Abbildung 2 ist beispielhaft ein typischer Konzentrationsanstieg zu sehen, der einen homogenen Anstieg von rund 0,5 ppm N_2O in der Stunde verdeutlicht. Ein Konzentrationsanstieg von weniger als 0,1 ppm N_2O in der Stunde lässt sich mit dem Messsystem in der Regel nicht mehr signifikant nachweisen.

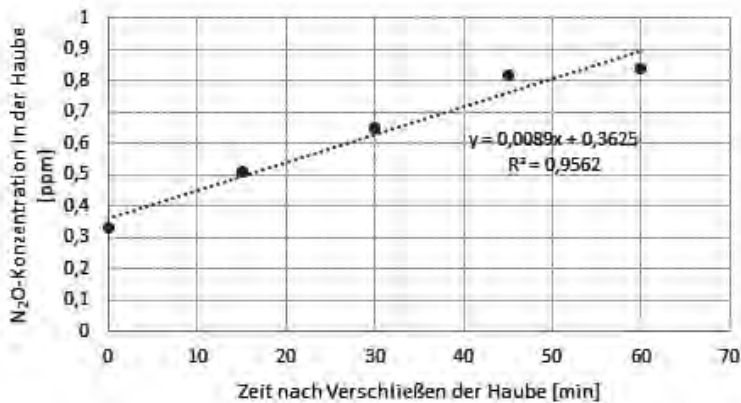


Abb. 2: N_2O -Konzentrationsanstieg (in ppm) in der Haube während der Messung auf der Schwimmschicht in der Vorgrube im Herbst 2014

Fig. 2: N_2O -concentration (ppm) in the hood during the measurement on the swim layer in the pre-tank in autumn 2014

Da eine fundierte Datengrundlage notwendig ist um eine repräsentative Aussage über die Gesamtemissionen eines Stallsystems treffen zu können, gibt Tabelle 1 Auszüge über die bisherigen Messungen und die unterschiedlichen Spurengasemissionen in den verschiedenen Kompartimenten.

Tab. 1: Spurengasemissionen ausgewählter Stallkompartimente

Tab. 1: Trace gas emissions of selected stable compartments

Bildungsrate [$\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$]	Urinstelle	Kotstelle	Flüssigmist- vorgrube	Flüssigmist- behälter
Methan (CH_4)	26,1	54,1	374,4	29.043
Kohlenstoffdioxid (CO_2)	26.586	3.670	6.993	18.863
Lachgas (N_2O)	0,278	0,075	4,11	0,098
Verhältnis CH_4/CO_2	0,001	0,015	0,054	1,54

Die verschiedenen Klimagase sind in ihrer Intensität unterschiedlich und variieren teilweise stark zwischen den Stellen der Probenahme. Die Verhältnismäßigkeit zwischen CH_4 und CO_2 schafft hier eine gute Vergleichbarkeit. Das Verhältnis steigt zur Lagerung im Flüssigmistbehälter hin an. Eine mögliche Erklärung sind geringe Freisetzung und ein weiterer Abbau in der Vorgrube. Bei der nachgeschalteten Lagerung im Hochbehälter herrschen anaerobe Bedingungen und eine biogasähnliche Ausgasung mit einem engen CH_4/CO_2 -Verhältnis findet statt. Bei den Messungen an Urinstellen ist das Verhältnis am kleinsten; da hier kein anaerober Abbau organischer Substanzen stattfindet, entstehen nur geringe CH_4 -Emissionen. Vielmehr wird hier Harnstoff abgebaut und im Urin gelöstes CO_2 freigesetzt. An den frischen Kotstellen findet zunächst eine Freisetzung des intestinal gebildeten CH_4 statt. Da auch hier keine anaeroben Bedingungen herrschen, beginnt die weitere CH_4 -Bildung erst im Bereich der Vorgrube. Beim Vergleich der CH_4/CO_2 -Verhältnisse der Emissionen aus Lagerung im Behälter und Urinstelle ergibt sich somit ein Unterschied um einen Faktor von über 1.500 (Tab. 1). Die Zusammensetzung der Spurengasemissionen eines einzelnen Bereichs im Stall kann somit nicht die Gesamtemissionen des Stalls widerspiegeln. Vielmehr müssen zur Ermittlung der Gesamtemissionen die verschiedenen Kompartimente erfasst und anhand ihres Flächenanteils gewichtet werden.

Insgesamt sind die entstehenden Konzentrationen von dem in der Vorgrube lagernden Flüssigmist auf das Flächenverhältnis des Gesamtstalles gesehen nicht derart gravierend. Die Vorgrube besitzt bei dieser Stallung eine Grundfläche von ca. 17 m^2 im Vergleich zur Gesamtstallfläche von ca. 370 m^2 (reine Lauffläche).

Die N_2O -Emissionsraten waren während der Messungen in der Winterphase auf der Flüssigmistlagerstätte nicht relevant, wobei zeitgleich der Füllstand zu berücksichtigen ist. Ein Temperatureinfluss lässt sich allerdings erkennen. Voruntersuchungen zu höheren Temperaturen haben bereits vereinzelt relevante Emissionen gezeigt. Daten zu entsprechenden Witterungseinflüssen bleiben abzuwarten.

4 Fazit und Ausblick

Der erste Teil dieser Studie konnte die Funktionsfähigkeit der eingesetzten Methoden auf Stallebene bestätigen. Mit den bisher vorliegenden Daten kann noch keine definitive Aussage getroffen werden, ob und wo ausschlaggebende „Emissionsherde“ für die jeweiligen Gase zu finden sind.

Weiterhin werden zusätzliche Daten für gasförmige Emissionen von frei gelüfteten Tierställen benötigt. Insbesondere Langzeituntersuchungen über unterschiedliche Witterungsperioden (vier Jahreszeiten) sind von Interesse und werden beispielsweise auf die Auswirkungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit untersucht. Ebenso soll der Zusammenhang der Gaskonzentrationen im Verhältnis zueinander zukünftig betrachtet werden. Für die Versuchsdurchführung auf dem Flüssigmist-Hochbehälter muss zum Zeitpunkt eines niedrigeren Füllstandes noch eine geeignete Messtechnik konstruiert werden, wobei gleichzeitig aufgrund der variierenden Schwimmschichtstruktur, die Schwimmfähigkeit der starren Probenahmehauben auf der Flüssigmistoberfläche erzielt werden muss.

Literatur

- Hutchinson, G.L.; Mosier, A.R. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, pp. 311-316
- IPCC (2006): Guidelines for National Greenhouse Gas. Inventories Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) (2013): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen: Düsseldorf, 19. Februar 2013
- Place, S.E.; Pan, Y.; Zhao, Y.; Mitloehner, F.M. (2011): Construction and Operation of a Ventilated Hood System for Measuring Greenhouse Gas and Volatile Organic Compound Emissions from Cattle. *Animals* 1, pp. 433-446

Danksagungen

Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Die Untersuchungen werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziell unterstützt (GZ: BU 1235/8-1).

Dieses Forschungsprojekt wurde teilweise von Mitgliedern des Zentrums für Integrierte MilCHForschung (CIDRe) durchgeführt, Universität Bonn (Bonn, Deutschland).

Bioscrubber for removal of NH_3 , CH_4 , N_2O , CO_2 emissions from intensive livestock house exhaust air

Biowäscher zur Reduzierung von NH_3 -, CH_4 -, N_2O - und CO_2 -Emissionen aus der Abluft aus intensiver Nutztierhaltung

FANG LIU¹, CLAUDIA FIENCKE¹, CINDY WIENKE¹, CARSTEN CUHLS²,
NGUYEN THANH PHONG², CHRISTIAN RADAU³, RENJIE DONG⁴, EVA-MARIA PFEIFFER¹

¹ Department of Soil Science, Hamburg University, Allende-Platz 2, 20146 Hamburg, Germany;

² Gewittra GmbH, Gierlichsstraße 6, 53840 Troisdorf, Germany; liufangfergie@gmail.com

³ RIMU Agrartechnologie GmbH, Harrenstetter Straße 29, 49757 Werlte, Germany

⁴ China Agricultural University, Qinghua East Road 17, 100083, Beijing, China

Keywords: bioscrubber, ammonia, methane, nitrous oxide, CO_2 , intensive livestock production

Schlüsselwörter: Biowäscher, Ammoniak, Methan, Lachgas, CO_2 , intensive Nutztierhaltung

Summary

Emission of ammonia and climate relevant greenhouse gases from intensive livestock especially pork production is increasingly perceived and therefore is in some cases regulated by law. The application of bioscrubber is one of the main techniques widely used for cleaning of the exhaust air from intensive livestock houses. However, the main system performances of the reduction rates of each gas are not fully investigated. The main objective of this study was to get an overview of the current situation of bioscrubber by determining the removal efficiency of ammonia (NH_3), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and carbon dioxide (CO_2) in 24 bioscrubber plants mainly in pig houses. An average ammonia removal efficiency of 80 % was found for the bioscrubber plants. However, methane and carbon dioxide were not well reduced by the bioscrubbing process. Some of the bioscrubber even produced more methane after treatment, with an increasing of 69 % in the outlet gases. The bioscrubber also behave as a producer of nitrous oxide. Regarding to the system performances, further research is necessary to explore how process conditions can be adjusted in order to reduce the production and emission of methane and nitrous oxide to adapt it to the local conditions.

Zusammenfassung

Die Emission Ammoniak und klimarelevanter Treibhausgase, die bei der intensiven Tierhaltung entstehen, wird zunehmend wahrgenommen und ist daher in einigen Fällen gesetzlich geregelt. Der Einsatz von Biowäschern stellt eines der wichtigsten Techniken zur Reinigung der Abluft aus Ställen der Massentierhaltung dar. Allerdings sind die Abbauleistungen der Wäscher für die einzelnen Treibhausgase noch nicht vollständig erforscht. Das Hauptziel dieser Studie war es, einen Überblick über die aktuelle Abbauleistung der Biowäscher durch die Bestimmung der Reinigungsleistung

von Ammoniak (NH_3), Methan (CH_4) Lachgas (N_2O) und Kohlendioxid (CO_2) in 24 Biowäscheranlagen, hauptsächlich angeschlossen an Schweineställe, zu erhalten. Die Biowäscher hatten eine durchschnittliche Ammoniakabbauleistung von 80%. Dagegen wurden Methan und Kohlendioxid in den Biowäschern nicht gut abgebaut. Einige der Biowäscher produzierten, mit einer Zunahme von 69 % mehr Methan nach der Behandlung im Biowäscher. In den Biowäschern wurde zudem Lachgas gebildet. Weitere Forschung ist notwendig, um die Bedingungen der Abbauleistungen der Biowäscher für Methan und Lachgas in Zukunft noch zu erhöhen.

1 Introduction

Intensive livestock production contributes substantially to economy in terms of employment and export of products in many countries. However, it is also connected with a number of environmental effects, which include emissions of ammonia (NH_3) and the climate relevant greenhouse gases methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). Despite low concentrations usually found, concerns regarding their presence in the environment are increasing. The risks of NH_3 emissions relate to acidification of soils and waters and high levels of nitrate in surface and drinking waters. CH_4 and N_2O are substantially contribute to the enhanced greenhouse effect with a global warming potential (GWP) of 23 and 296 respectively, as compared to CO_2 (GWP=1, IPCC, 2013). In this sense, the development of innovative techniques that ensure an efficient removal of waste gases is crucial.

Scrubber, as alternative or additional treatment systems for removal of waste gases in the last years, has been researched, which is a most widespread approach in pig houses. There are two types of scrubbers have been generally applied, which are acid scrubber and bioscrubber. Acid scrubbers are based on the entrapment of ammonia in acid liquid that is recirculated over a packed bed and the frequent discharge of the resulting ammonium salt solution at a concentration of about 150 g/L. It was reported that acid scrubbers can get an average ammonia removal efficiencies of 96 % for farm-scale operated plants. But the average removal efficiency for odor was low than 30 % and showed a large variation due to a low pH kept in solution (MELSE and OGINK 2005). Bioscrubber is based on the microbiological degradation of the odorants to water, CO_2 and mineral salts. The bacteria convert ammonia into nitrite and nitrate, and methane into carbon dioxide. The ability of acid scrubber for the removal of ammonia is promising at both technical and farm-scale level (MELSE 2009), but less research was showed on the performance of bioscrubber plants on the reduction of NH_3 and CH_4 from waste gases (LOPEZ et al. 2013).

The objective of this research was to get a first impression of the current performance of the bioscrubbers for livestock operations by determining the effect and removal efficiency of NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2 emissions in 24 bioscrubber plants in farm scale in northern Germany. The concentrations of these gases were measured before and after the bioscrubbers. Future measurements will be carried out in the coming two years in order to get reliable data on long-term performance on four of the bioscrubber plants. It is noted that these pilots are in their first phase of development. The aim of the research

is to support the optimization towards higher removal performance. Based on the results additional research will be carried out in order to improve performance, reliability, and stable operation of the systems.

2 Material and Methods

A schema of an up-flow bioscrubber operation is shown in Figure 1. In one plant two bioscrubbers are arranged in series, one for the reduction of ammonia, dust and odor and one for the reduction of methane (number 24). Seal airbags and glass tubes equipped with single polypropylene fittings were used to collect gas samples for analysis. A pump was used to sample the air from the inlet and outlet of the bioscrubber. The pump air-flow rate was 0.2 L/min. Four gases (CH_4 , CO_2 , NH_3 , and N_2O) were measured from air samples using different methods and instruments. CH_4 , CO_2 and N_2O were analysed by a gas chromatography analyser with a flame ionization detector (7890A, Agilent Technologies, United States). NH_3 was measured using individual short-term Draeger tubes (ammonia 2/a, Draeger, Germany). The parameters of pH, electrical conductivity (EC) and temperatures of water and gas were measured in the field plants. The concentration of DIN: ammonium (NH_4^+), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-) and total N- of the recirculation water and the biofilm generated in the packing bed were sampled and measured in two of the bioscrubber plants.

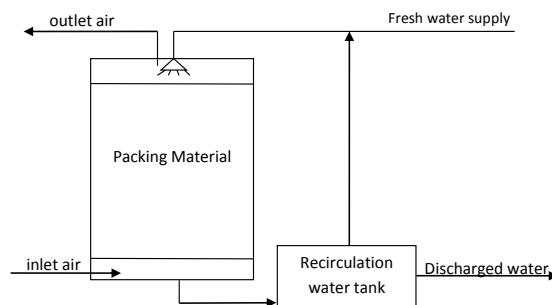


Fig.1: Schematic of the bioscrubber

Abb. 1: Schematische Darstellung der Biowäscher

3 Results and discussion

In Table 1, the operation pH, airflow rate, electricity conductivity, temperature of the circulation water and inlet gas during the analysis is shown. During the winter time in January, the temperature of the water and air are below 17.7°C, while in the summer time in July and August is above 17.0 °C.

Table 1: Specifications of the bioscrubbers
 Tabelle 1: Erhobene Daten der Biowäscher

Plants	Date	Airflow rate [%]	pH	EC [ms/cm]	Temperature of water [°C]	Temperature of exhaust air [°C]
1	03.01	-	-	-	-	-
2	03.01	-	-	-	-	-
3	08.07	78	7.0	12.9	17.0	24.0
4	07.02	58	6.3	18.5	18.2	22.7
5	07.09	60	7.2	19.8	-	-
6	07.11	24	6.4	13.0	25.0	21.3
7	07.02	62	7.2	21.3	23.3	26.8
8	07.12	45	6.7	-	-	-
9	03.01	-	-	-	-	-
10	07.02	88	6.9	18.8	19.0	26.6
11	07.02	47	6.2	15.0	17.3	25.8
12	08.07	52	4.3	13.6	23.0	26.0
13	07.11	-	6.7	-	25.4	23.0
14	07.10	73	6.1	19.0	21.0	18.0
15	05.15	83	7.0	13.9	18.7	21.5
16	07.09	45	7.2	14.5	-	-
17	05.17	80	7.4	9.9	19.3	23.0
18	07.01	64	6.8	15.0	20.4	26.0
19	05.27	66	7.1	18.0	18.0	21.0
20	07.01	92	6.9	26.0	18.0	26.0
21	05.27	83	6.9	20.5	18.5	25.1
22	01.16	62	7.2	12.7	14.4	15.9
23	01.16	66	7.3	21.1	13.6	16.4
24	01.16	47	6.5	19.9	17.6	17.7

The concentrations of NH_3 , N_2O , CH_4 , and CO_2 in the inlet and outlet air of the bioscrubber plants were shown in Figure 2. The average ammonia concentration before and after the bioscrubbers were (11.91 ± 3.59) and (1.15 ± 1.03) ppm respectively, representing an average ammonia removal efficiency of 80 % by the activity of aerobic chemolithoautotrophic nitrifying bacteria (Fig. 2). During this process, NH_3 is converted to nitrate via nitrite with additionally formation of nitrous oxide (FIENCKE and BOCK 2004). Furthermore, the N_2O concentrations in the outlet air were all higher than the inlet air for all the bioscrubbers. It means that a significant amount of the inlet $\text{NH}_3\text{-N}$ is not leaving as $\text{NO}_2\text{-(aq.)}$, $\text{NO}_3\text{-(aq.)}$ or $\text{N}_2\text{(g)}$, but is converted to $\text{N}_2\text{O(g)}$ by aerobic nitrification or anaerobic denitrification. In order to further understand the N_2O convert rate to $\text{NH}_3\text{-N}$, the water in the recirculation tank was analysed from plant 23 and 24. About 9.3% and 7.2% of the $\text{NH}_3\text{-N}$ was transferred to nitrite and nitrate and 19.9 % and 20.7 % $\text{NH}_3\text{-N}$ were converted to $\text{N}_2\text{O-N}$ respectively for these two bioscrubber plants. This is much higher nitrous oxide production in this bioscrubbers than in a described biotrickling filter system which about 1-5 % of the NH_3 is assumed to be converted to N_2O (MELSE 2013). It is know from literature that process parameters of denitrification systems influence the formation of N_2O . E.g. a too high O_2 concentration, a high

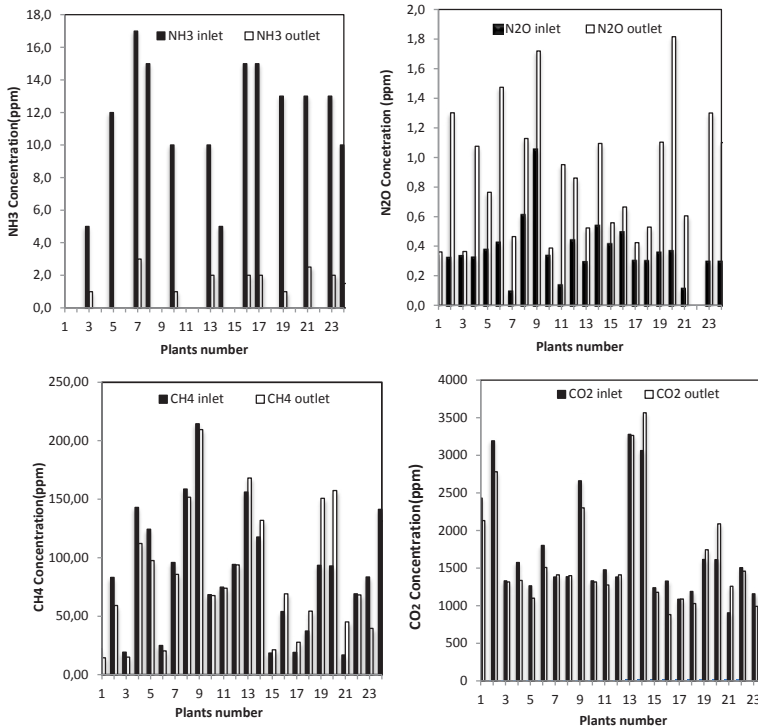


Fig. 2: Gas concentrations of NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2 of the inlet and outlet air of the bioscrubber plants
 Abb. 2: Gaskonzentration von NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2 der Zu- und Abluft der Biowäscheranlagen

nitrite concentration, and a too high nitrogen/organic matter ratio might result in an increase of N_2O production (TEMMINK 2008, KAMPSCHREUR et al. 2009). Unfortunately, no further information on these process parameters is available for the bioscrubber systems that were monitored. Since N_2O is a climate relevante gas and it will be interesting to be further analysed.

Instead of the regulation of ammonia, dust and odor emission from pig houses, there is no reglementation of the emission of the climate relevant gases methane and carbon dioxide. Methane and carbon dioxide removal were much less efficient than the removal of ammonia. There is no significant reduction of carbon dioxide. For CH_4 , the removal efficiency of the bioscrubbers from the intensive livestock houses ranged from production of -69.2 % to reduction of 34.8 % (Fig. 3). The effect on the production of CH_4 emission is not yet well understood, which might be produced from the circulation water by anaerobic digestion. In the future, the biofilm, potential and the number of the methane oxidizing activity from the plants will be measured. Further research is also necessary to optimize management of the bioscrubber systems regarding to the system performance.

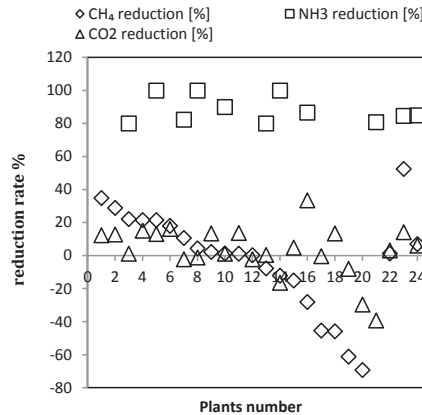


Fig. 3: Removal efficiencies of CH₄, NH₃, CO₂

Abb. 3: Minderungs-Wirkungsgrade für CH₄, NH₃, CO₂

4 Conclusions

Bioscrubber at pig houses has the capacity of achieving high removal efficiencies for ammonia, dust and odor. This provides an attractive option for large scale livestock operations to remain in operation in areas with nearby located residential areas and sensitive ecosystems. However, the emission of the gases nitrous oxide, a potent greenhouse gas, is an undesirable production in the biological treating system. Methane can be reduced and produced in these bioscrubber plants, while carbon dioxide was not well treated. Further research is necessary to understand and explain the large production of nitrous oxide and the large differences in CH₄ reduction and production that were found in this study, and to explore how process conditions can be adjusted in order to reduce the production of CH₄ and N₂O, for example, by optimizing bioscrubber processes or diet of pigs. A number of aspects have to be improved in the current generation of bioscrubber to make it an effective and acceptable option.

Acknowledgements

The authors would like to gratefully acknowledge the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) for the financial support of the research program and China Scholarship Council for the financial support for the study.

Literature

The literature can be requested from authors.

Bioaerosole aus Legehennenanlagen – Emissions- und Immissionsmessungen

Bioaerosols from poultry farms – emission and immission measurements

JENNIFER DEICHMANN

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Am Park 3, 04886 Köllitsch;
Jennifer.Deichmann@smul.sachsen.de

Schlüsselwörter: Bioaerosol, Geflügel, Emission, Immission
Keywords: bioaerosol, poultry, emission, immission

Zusammenfassung

Um das Ausbreitungsmodell zur Expositionsabschätzung von Bioaerosolen weiter zu entwickeln, werden verlässliche Messdaten benötigt. Um solche Daten zur Verfügung zu stellen, wurden an 2 Legehennen- und einer Putenmastanlage Messungen zur Bioaerosolkonzentration und -reichweite durchgeführt. An den 2 Legehennenanlagen wurde eine Messtrasse mit 6 Messpunkten (1 Vorbelastung, 1 Emission, 4 Immission) in Windrichtung eingerichtet, um sowohl Emissions- als auch Immissionskonzentrationen zu bestimmen. Die Ergebnisse zeigen, dass einzelne Bioaerosolkomponenten eine Reichweite von 500 m deutlich übersteigen. Es zeigt sich eine deutliche Abklingkurve der Bioaerosolkonzentration mit steigendem Abstand zur Anlage. Die Herangehensweise der Messungen mit der Kombination aus Impaktion und Impingement hat sich als geeignet erwiesen, Bioaerosolkonzentrationen zu erfassen.

Summary

To enhance the dispersion model used to assess bioaerosol exposure reliable data are needed. To provide this data a study was conducted to measure the range and concentration of bioaerosols on two layer farms and one turkey farm. On the two layer farms there were 6 measuring points (1 preload, 1 emission, 4 immission) established on one straight line downwind to measure emissions as well as immissions. Results show a range of bioaerosol elements of far more than 500 m. There was a distinct decay curve in bioaerosol concentration with increasing distance to the farm. The technical approach of combining impaction and impingement proved suitable for measuring bioaerosol concentrations.

1 Einleitung

Bioaerosole sind Gemische aus unbelebten und belebten luftgetragenen Partikeln biologischer Herkunft, die durch ihre komplexe Zusammensetzung vielfältige biologische Wirkungen entfalten können. In Studien zur Arbeitssicherheit wurde nachgewiesen, dass die Bioaerosolexposition in Kompostierungsanlagen zu Schleimhautreizungen, Abnahme der Lungenfunktion und chronischer Bronchitis bei den Mitarbeitern führen kann (BÜNGER et al. 2006). Auch die Anwohner solcher Kompostierungsanlagen zeigten vermehrt Symptome wie Husten und Müdigkeit (HERR et al. 2003). Für den Bereich der Tierhaltung konnte gezeigt werden, dass Schweinehalter im Vergleich zu Rinder- und Geflügelhaltern die höchste Prävalenz an Atemwegssymptomen (Auswurf, Giemen, Kurzatmigkeit, Asthma, Nasallergien) aufwiesen (RADON et al. 2001). Zudem konnte für Schweine- und Geflügelhalter eine Korrelation zwischen dem Auftreten von Symptomen und der täglich im Stall verbrachten Zeit festgestellt werden. Je mehr Zeit die Tierhalter im Stall verbrachten, desto häufiger traten Symptomen wie Husten, Kurzatmigkeit, Nasenreizung und Giemen auf. Ob die Gesundheit der anliegenden Bevölkerung ebenfalls durch die Immission von Bioaerosolen aus Tierhaltungsanlagen beeinträchtigt wird, wurde in den Studien AABEL (Atemwegserkrankung und Allergien bei Einschulungskindern in ländlicher Region) und NiLS (Niedersächsische Lungenstudie) untersucht. Diese Studien konnten keine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Bioaerosolkonzentration und Erkrankungen der Bevölkerung nachweisen. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass bei erhöhter Empfindlichkeit (Atopie) der exponierten Person bzw. bei einer ungewöhnlich hohen Exposition (mehr als 12 Ställe um Umkreis von 500 m zum Wohnort) gesundheitliche Beeinträchtigungen entstehen können. Demnach scheinen Schwellenwerte zu existieren, ab denen gesundheitsschädliche Effekte auftreten. Die Exposition spielt demnach eine wichtige Rolle bei der Risikobewertung von Bioaerosolen.

Mit dem Ziel die Emissions- sowie die Immissionssituation im Umfeld von Tierhaltungsanlagen zu beschreiben, werden derzeit in einem Projekt des Landesamtes für Landwirtschaft Umwelt und Geologie in Sachsen 2 Legehennenanlagen hinsichtlich Bioaerosolkonzentration und -reichweite untersucht.

2 Methodik

2.1 Untersuchungsorte

Die Untersuchungen werden in den Jahren 2014 und 2015 in 2 Legehennenanlagen sowie einer Putenmastanlage durchgeführt. Legehennenanlage 1 besteht aus 3 baugleichen Ställen mit jeweils 15.000 Tieren in Volierenhaltung. Legehennenanlage 2 besteht aus einem Stall mit 20.000 Tieren in Volierenhaltung mit Auslauf. Der Stall der Putenmastanlage enthält 1.700 Tiere in Bodenhaltung auf Stroh. Hier wird ausschließlich die Bioaerosolemission untersucht, da es aufgrund örtlicher Gegebenheiten nicht möglich war, die Immission in die Untersuchung einzubeziehen. Die Lüftung erfolgt bei allen drei Anlagen über Abluftkamine im First- und Giebelbereich des Daches. Die Zuluft strömt über verstellbare Wandventile in den Stall.

2.2 Vorgehensweise

Aus Kapazitäts- und Praktikabilitätsgründen wurde das Fächermodell aus der VDI RL 4251 auf einen Messschenkel reduziert. Auf diesem Messschenkel wurden 4 Messpunkte im Lee (150 m, 250 m, 350 m, 500 m), 1 Messpunkt im Luv (500 m) sowie der Emissionsmesspunkt eingerichtet. Voraussetzung für diese Herangehensweise sind stabile Anströmungsbedingungen und eine Validierung der gewonnen Daten. Die Probenahme erfolgt im Luv und Lee mittels MAS-100 Eco. Die Emissionsproben werden mithilfe eines Emissionsimpingers in einem der Abluftkamine gesammelt. Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung wird am Lee-Messpunkt in 500 m Entfernung zusätzlich zum MAS-100 Eco ein AGI 30 (Impingement) sowie ein Kleinfiltergerät eingesetzt. An einem Messtag werden 3 Probenahmen mit jeweils 30-minütiger Dauer synchron an allen Messpunkten durchgeführt. Die meteorologischen Daten werden kontinuierlich von einer Messstation am Stall sowie am letzten Messpunkt in 500 m Entfernung erfasst.

2.3 Parameter

An allen genannten Messpunkten werden die Parameter Gesamtbakterienzahl, Anzahl Staphylokokken sowie die Gesamtpilzzahl erfasst. Weitere Parameter, die an ausgewählten Messpunkten erfasst werden, sind die Anzahl an Enterokokken, Enterobakterien, *S. aureus* sowie die Endotoxinkonzentration.

Die Probenahme erfolgt nach den VDI-Richtlinien 4257 Blatt 2, 4252 Blatt 2 und 3, die Analytik nach VDI 4253 Blatt 2 und 3. Die Impaktionsmessungen an den Immissionsmesspunkten dienen der Erstellung einer Ausbreitungskurve, insbesondere der Staphylokokken.

3 Ergebnisse

Die Herangehensweise stellt hohe Anforderungen an die Probenahmebedingungen (Personalverfügbarkeit, Meteorologie, Erreichbarkeit der Messpunkte) und schränkt daher die Anzahl realisierbarer Messtage stark ein. Die bisherigen Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Herangehensweise geeignet ist, um die Zielstellung des Projektes zu erfüllen.

Da die Messungen zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen sind, werden für die Ergebnisdarstellung die bis zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Daten herangezogen. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Zwischenergebnisse. Da sich im Verlauf des Projektes noch Änderungen der Werte ergeben werden, wird hier lediglich die Zehnerpotenz der Mediane angegeben.

Die Emissionskonzentrationen an Gesamtbakterien und Staphylokokken liegen bisher im Bereich 10^6 KBE/m³. Die Immissionskonzentration beider Parameter fällt mit steigendem Abstand zur Anlage ab. Die Gesamtbakterienkonzentration am Messpunkt 4 (500 m) liegt nach jetzigem Kenntnisstand bei 10^2 KBE/m³ und übersteigt damit die Vorbelastungskonzentration von 10^1 KBE/m³.

Betrachtet man den Parameter Gesamtpilzzahl zeigt sich im Vergleich zur Vorbelastung (10^2 KBE/m³) nur eine leichte Erhöhung der Emissions- (10^3 KBE/m³) wie auch der Immissionskonzentration an allen Messpunkten (10^3 KBE/m³).

S. aureus wurde in der Emission der Legehennenställe sporadisch nachgewiesen, in der Putenmastanlage gelang der Nachweis in quantifizierbarer Menge gegen Ende der Mastperiode. In der Immission konnte *S. aureus* nicht nachgewiesen werden.

Enterobakterien wurden im Bereich 10^2 KBE/m³ von den Anlagen emittiert und bis zu einer Entfernung von 150 m in geringer Konzentration (< 10 KBE/m³) nachgewiesen. Speziesdiagnosen kultivierter Enterobakterien ergaben allerdings bisher Spezies, die als Pflanzenepiphyten bekannt und wahrscheinlich nicht fäkalen Ursprungs sind (*Pantoea* spp.).

Die Enterokokkenkonzentration lag in der Emission im Bereich 10^4 KBE/m³. Die Immissionskonzentration beträgt am Messpunkt 1 (150 m) 10^1 KBE/m³ und fällt am Messpunkt 2 (250 m) auf < 10 KBE/m³ ab.

Die Endotoxinkonzentration in der Abluft liegt bei 10^3 EU/m³. Am Messpunkt 4 (500 m) werden bisher mittlere Konzentrationen von $1,5$ EU/m³ nachgewiesen, was die in Sachsen erfassten Hintergrundwerte von $0,1$ – $0,3$ EU/m³ (LfULG 2015) aber noch deutlich übersteigt.

Bei der stichprobenartigen Differenzierung von Staphylokokken konnte *S. equorum* als vorherrschender Keim für die Legehennenanlagen identifiziert werden. Die Staphylokokkenflora hängt sowohl von der Tierart als auch vom Lebensalter der Tiere ab. Bei den Mastputen wurden wesentlich geringere Staphylokokkengehalte nachgewiesen als bei den Legehennen. Unter den bei den Mastputen gefundenen Staphylokokken waren *S. lentus*, *S. cohnii*, *S. equorum* sowie *S. hominis*. Der Staphylokokkengehalt stieg mit zunehmender Mastdauer an (STENGEL et al. 2014).

4 Diskussion

Die Fragestellung nach der Emissions- und Immissionskonzentration von Bioaerosolen an Geflügelanlagen sowie der Reichweite einzelner Bioaerosolkomponenten konnte mit der gewählten Herangehensweise beantwortet werden. Trotz der hohen Anforderungen an die Messbedingungen hinsichtlich Personalverfügbarkeit, Meteorologie und Möglichkeit zur Errichtung der Messtrassen konnten Daten in ausreichendem Umfang gesammelt werden. Wie erwartet, zeigte sich u.a. eine Abhängigkeit der Bioaerosolimmissionskonzentration von der Übereinstimmung der Windrichtung mit der eingereichten Messtrasse. Diesem Zusammenhang muss in der Auswertung Rechnung getragen werden.

Die Ergebnisse zeigen eine im Vergleich zur Vorbelastung deutlich erhöhte Immissionskonzentration an Gesamtbakterien und Staphylokokken. Besonders die Staphylokokken zeichnen sich durch ihr geringes Vorkommen in der Hintergrundbelastung als Leitparameter aus. Die Gesamtpilzzahl eignet sich hingegen weniger zur Beschreibung der durch Tierhaltungsanlagen zusätzlich verursachten Bioaerosolbelastung. Ihre Schwankungsbreite ist bedingt durch andere natürliche Quellen (z.B. Vegetation, Boden) sehr hoch, sodass erhöhte Immissionswerte nicht einwandfrei auf die Tierhaltung als Quelle zurückgeführt werden können.

Vergleicht man die in Sachsen ermittelten Hintergrundkonzentrationen mit den gemessenen Konzentrationen am Messpunkt 4 (500 m) zeigt sich, dass sowohl die Kon-

zentration der Gesamtbakterien als auch die des Endotoxins am Messpunkt 4 (500 m) etwa 10fach höher sind als die Hintergrundkonzentration. Der Staphylokokkengehalt der Luft am Messpunkt 4 (500 m) ist mehr als 20-fach erhöht. Dies weist auf Transmissionsstrecken der einzelnen Bioaerosolkomponenten hin, die 500 m deutlich übersteigen. Enterokokken und Enterobakterien hingegen werden selten in größerer Entfernung als 250 m gefunden.

Die in der Immission bisher gefundenen Staphylokokkenspezies sind mehrheitlich der Risikogruppe 1 der Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe 466 zuzuordnen. Laut Richtlinie 2000/54/EG handelt es sich bei Stoffen der Risikogruppe 1 um Stoffe, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen. Dies deutet darauf hin, dass die Infektionsgefahr durch Bioaerosolimmissionen von Geflügelanlagen gering ist. Diese Einschätzung muss jedoch noch durch weitere Untersuchungen bestätigt werden.

Literatur

- Bünger et al. (2006): A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *International archives of occupational and environmental health*; 80, 306-3012
- Herr et al. (2003): Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occup Environ Med* 60, 336-342
- LfULG (2015): unveröffentlicht
- Radon et al. (2001): Respiratory symptoms in European animal farmers. *European Respiratory Journal* 17, 747-754
- Stengel (2014): Untersuchung zur Staphylokokkenflora aus Bioaerosolen von Geflügelställen. VDLUFA-Schriftenreihe

Untersuchungen zum Stand der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung in Bayern

Investigations of the use of exhaust air purification in animal husbandry in Bavaria

KARIN PÖHLMANN, STEFAN NESER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 85354 Freising;
karin.poehlmann@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter: Abluftreinigung, Mastschweine, Stand der Technik, Geruch, Ammoniak
Keywords: exhaust air purification, fattening pigs, state of the art, odour, ammonia

Zusammenfassung

In der Nutztierhaltung werden Bau und Betrieb von Abluftreinigungsanlagen zunehmend gefordert, jedoch gelten diese Anlagen, vor allem aus Kostengründen, nicht als Stand der Technik. Exemplarische Praxisuntersuchungen an Anlagen in Bayern sollen Erfahrungswerte über Handhabung und Funktionssicherheit solcher Anlagen liefern und dabei helfen, Anforderungen an Betreiber, Hersteller und Genehmigungsbehörden in Bayern abzuleiten. Vorgestellt werden erste Ergebnisse der Geruchs- und Ammoniakmessungen.

Summary

In Germany, the use of exhaust air purification plants is stipulated more and more in animal husbandry. Particularly because of the costs the use of this technology is not yet state of the art for animal husbandry. In Bavaria, exemplary investigations were made on the use of such plants in animal husbandry. It is planned to derive therefrom standards for farmers, plant manufacturers and regulatory authorities in Bavaria. The paper shows first results of the measurements of odour and ammonia.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Der Bau, die Erweiterung und der Betrieb von Nutztierställen werden in der Öffentlichkeit zunehmend kritisch betrachtet. Abluftreinigung gilt in der Tierhaltung derzeit vor allem aus Kostengründen nicht als Stand der Technik, kann im Einzelfall jedoch einen wichtigen Beitrag leisten, einen Standort zu sichern oder zu erschließen. In einzelnen Bundesländern (bislang Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein) sind sog. Filtererlasse in Kraft getreten, die für große Schweineställe den Einbau einer Abluftreinigungsanlage zwingend vorsehen.

Auf bundesdeutscher Ebene (Novellierung der TA Luft) wie auch auf europäischer Ebene (Überarbeitung der BREF documents – Intensive Rearing of Poultry and Pigs) wird derzeit diskutiert, ob und unter welchen Voraussetzungen Abluftreinigungssysteme zum Stand der Technik erklärt werden können. Ein wesentliches Augenmerk wird hierbei auf die Betriebskosten gerichtet.

Veröffentlichungen zu Praxisuntersuchungen an Abluftreinigungsanlagen liegen bislang überwiegend aus den norddeutschen Bundesländern oder dem benachbarten Ausland, wie den Niederlanden, vor (z. B. CIELEJEWSKI 2013). Die Agrarstruktur in Bayern unterscheidet sich jedoch in den Bestandsgrößen und der räumlichen Dichte des Nebeneinanders landwirtschaftlicher Nutztierhaltung von den dort vorliegenden Verhältnissen.

Ziel eines Forschungsprojektes ist daher, die Betriebssicherheit der in Bayern eingesetzten Techniken der Abluftreinigung exemplarisch zu untersuchen. In erster Linie sollen hierbei Erkenntnisse über Handhabung und Funktionssicherheit bestehender Anlagen im Praxisbetrieb gewonnen werden. Anhand festgestellter Defizite und positiver Erfahrungen ist ein weiteres Ziel die Ableitung von Anforderungen an Betreiber und Hersteller, ggf. auch an Genehmigungsbehörden, in Bayern.

2 Vorgehensweise

Um einen ersten allgemeinen Überblick über den aktuellen Einsatz der Abluftreinigung in Bayern zu erhalten, wurde zu Beginn des Projektes eine Umfrage an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführt und ausgewertet. Demnach waren in Bayern im Bereich der Schweinehaltung mindestens 40 Abluftreinigungsanlagen in Betrieb (Stand Frühjahr 2014). Für weitere Tierarten kommen solche Anlagen in Bayern bislang noch nicht zum Einsatz. Der Anteil der Anlagen, die über eine Zertifizierung nach DLG verfügen, oder in Anlehnung an den Cloppenburg-Leitfaden arbeiten, ist sehr gering.

Seit Herbst 2014 wird an vier Mastschweineställen (ca. 1.000–2.000 Mastplätze) mit insgesamt sieben Abluftreinigungsanlagen gemessen. Drei der vier Ställe sind mit jeweils zwei parallel arbeitenden Wäschern ausgestattet. Es handelt sich um Anlagen von drei verschiedenen Herstellern, wobei drei Rieselbettreaktoren und eine dreistufige Anlage ausgewählt wurden. Geplant sind mindestens vier Messkampagnen mit Kurzzeitmessungen. Diese finden zu allen Jahreszeiten statt: Herbst und Frühjahr als Übergangsjahreszeiten sowie Winter und Sommer als Zeiten mit geringsten und höchsten Lufraten. Gemessen werden Ammoniakkonzentration (IR-photoakustisch mit M.A.C. 2040) und

Geruch (Olfaktometrie nach DIN EN 13725 bzw. VDI 3884 Blatt 1 (E)). Die Ammoniakkonzentrationen eines Filters werden im Roh- und Reingas parallel erfasst. Ist ein auf beiden Seiten stabiles Niveau der Konzentrationen erreicht, beginnt parallel zur Ammoniakmessung die Entnahme der Geruchsproben, jeweils 4 Beutel (Nalophan) roh- und reingasseitig mit einem Standard-Vakuum-Probennehmer der Firma Ecoma. Die olfaktometrische Messung und Auswertung der Geruchsproben erfolgt innerhalb von sechs Stunden durch eine Messstelle nach § 29 b BImSchG.

Weitere Erhebungen sind pH-Wert und Leitfähigkeit sowie Ammonium-N-Gehalt im Waschwasser, Randparameter wie Außentemperatur, relative Luftfeuchte, Differenzdruck (vor und nach der Abluftreinigung), Lüfterstellungen, Verbrauchsabfragen (Strom, Wasser, ggf. Säure), Belegungszahlen der angeschlossenen Ställe, Betreibererfahrungen sowie der Betriebszustand inkl. festgestellter Probleme im Betrieb.

3 Erste Ergebnisse

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung sind zwei der veranschlagten vier Messkampagnen abgeschlossen und befinden sich in der Auswertung.

3.1 Geruch

Am Beispiel der beiden Anlagen des Betriebes D zeigen Abbildung 1 und 2 eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Olfaktometrie (jeweils Herbst- neben Wintermessung).

Für Anlage 1 des Betriebes D (Abb. 1) konnte im Herbst keine Reduzierung der Geruchsstoffkonzentration nachgewiesen werden, im Reingas befand sich ein deutlicher Rohgasgeruch. Im Winter erreichte die gleiche Anlage sowohl die Anforderung „kein Rohgasgeruch im Reingas“ als auch eine Reingaskonzentration von unter 300 GE pro m³ Luft. Zwischen der Herbst- und der Wintermessung hat ein Waschwasseraustausch stattgefunden. Der pH-Wert lag im Herbst bei 7,8, im Winter bei 8,3. Die Leitfähigkeitsmessung ergab im Herbst 34,4 mS/cm, im Winter 15,4 mS/cm.

Auch die baugleiche Anlage 2 des Betriebes D (Abb. 2) zeigt in der Wintermessung eine deutlich bessere Geruchsminderungsleistung als bei der Herbstmessung, allerdings konnte hier die Anforderung „kein Rohgasgeruch im Reingas“ nicht erfüllt werden, auch wurde eine Geruchsstoffkonzentration von 300 GE pro m³ Luft knapp nicht erreicht. Die Werte für pH und Leitfähigkeit sind mit denen der Anlage 1 identisch, da beide Anlagen das gleiche Wasserbecken nutzen.

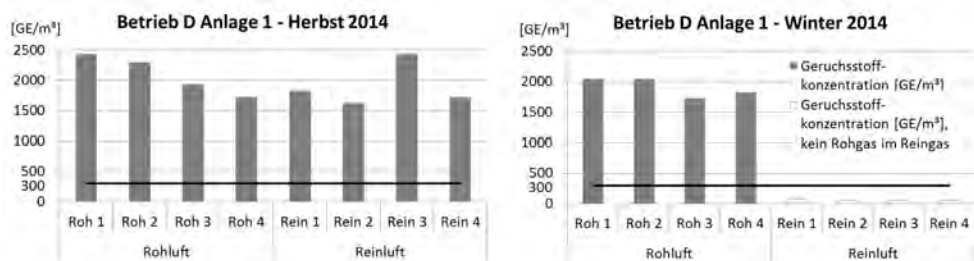


Abb. 1: Anlage D1 – Gegenüberstellung der Geruchsstoffkonzentrationen Herbst/Winter
Fig. 1: Plant D1 – comparison of odourant concentration (autumn/winter)

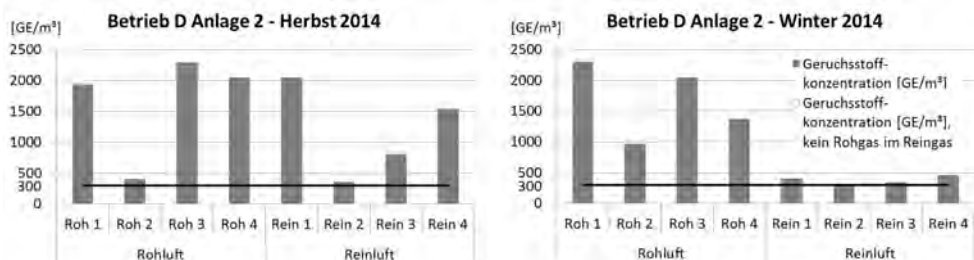


Abb. 2: Anlage D2 – Gegenüberstellung der Geruchsstoffkonzentrationen Herbst/Winter
Fig 2: Plant D2 – comparison of odourant concentration (autumn/winter)

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der bisherigen Geruchsmessungen in der Reinluft ist für alle untersuchten Anlagen nachfolgend in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Olfaktometrie – Ergebnisse der Messungen im Reingas (Zusammenfassung)
Tab. 1: Olfactometry – results of clean air measurement (summary)

Betrieb Anlage	Herbst 2014 (11.11.–24.11.2014)		Winter 2014/15 (04.02.–23.02.2015)	
	Geruchsstoff- konzentration $\leq 300 \text{ GE/m}^3$	Geruch „kein Rohgasgeruch im Reingas“	Geruchsstoff- konzentration $\leq 300 \text{ GE/m}^3$	Geruch „kein Rohgasgeruch im Reingas“
A	2 von 4	nein	nein	z. T.
B 1	2 von 4	nein	nein	z. T.
B 2	ja	nein	3 von 4	z.T.
C 1	nein	nein	nein	nein
C 2	nein	nein	nein	nein
D 1	nein	nein	ja	ja
D 2	nein	nein	nein	nein

Insgesamt lässt sich bislang feststellen, dass besonders das Einhalten des Kriteriums „kein Rohgasgeruch im Reingas“ Schwierigkeiten bereitet. Die häufig geforderte maximale Geruchsstoffkonzentration von 300 GE pro m³ Reinluft wurde hingegen öfter erreicht oder nur knapp verfehlt.

3.2 Ammoniak

Die Ergebnisse der Ammoniakmessungen variieren untereinander sehr stark, sowohl bei der Höhe der Ausgangskonzentrationen im Rohgas als auch beim erzielten Wirkungsgrad des Wäschers. Ein Emissionsminderungsgrad von 70 % und mehr konnte bei den bisherigen Kurzzeitmessungen meist nicht erreicht werden. Bei einer Anlage (Herbstmessung) waren die Ammoniakkonzentrationen im Reingas sogar deutlich höher als die Ausgangskonzentrationen im Rohgas. Hier lag der pH-Wert des Waschwassers mit 8,6 deutlich über dem empfohlenen Bereich (lt. HAHNE (2006) bei Rieselbettreaktoren maximal 7,5).

Exemplarisch werden an dieser Stelle wiederum Ergebnisse aus Betrieb D (Wintermessung) vorgestellt (Abb. 3). Der durchschnittliche Wirkungsgrad dieser Messung beträgt bei Anlage D1 79 %, bei Anlage D2 67 %. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass aufgrund von Kondensatbildung in den Schläuchen die Wintermessungen (wie an allen anderen Anlagen auch) mit Kondensatabscheider durchgeführt worden sind. Gerade aus diesem Grund erwarten wir von den Ergebnissen der ausstehenden Frühjahrs- und Sommermessungen mehr Sicherheit in der Aussage.

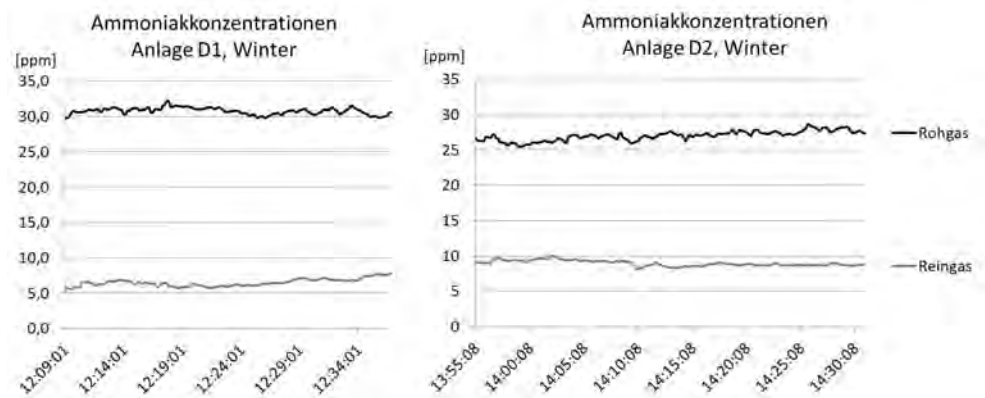


Abb. 3: Betrieb D, Wintermessung – Gegenüberstellung der NH₃-Konzentrationen
 Fig 3: Farm D – comparison of ammonia concentration (winter)

3.3 Auffälligkeiten

Wie die eingangs zitierten Quellen vermuten lassen, sind auch bei den in Bayern untersuchten Anlagen Besonderheiten festzustellen, die einem optimalen Betrieb der Abluftreinigung entgegenstehen dürften.

So werden z. B. zwei der sieben untersuchten Anlagen mit geringerem Filterkörperbesatz betrieben, als von den Anlagenherstellern vorgesehen. Weiter fehlt es z. T. auch an geeigneten Ausfall-Warnsystemen, sodass z. B. der Ausfall einer Pumpe (und damit eines Filters) nicht angezeigt wird. Ebenso sind nicht alle Anlagen mit pH-Wert-Sonden ausgestattet, sodass ein pH-Wert, der deutlich über dem Optimum liegt, unentdeckt bleibt, mit der Folge, dass zeitweise im Reingas höhere Ammoniakkonzentrationen vorliegen als im Rohgas.

4 Fazit und Ausblick

Im beobachteten Zeitraum lässt sich bei den untersuchten Abluftreinigungsanlagen eine hohe Anfälligkeit für Unregelmäßigkeiten feststellen. Ohne den weiteren Messungen und Ergebnissen vorweg zu greifen, lässt sich bereits zum jetzigen Zeitpunkt feststellen, dass sowohl die Planung als auch der Betrieb der Anlagen hohe Anforderungen an die Anlagenbauer und die Landwirte stellen.

Es sind noch zwei weitere Messkampagnen vorgesehen (Frühjahr und Sommer). Die ersten Wasserproben aus den Wasserbecken der Rieselbettreaktoren bzw. aus der Säurestufe der dreistufigen Anlage befinden sich derzeit in einem Labor zur Analyse. Eine umfassende Betrachtung der Messergebnisse und deren Randparameter sowie ein Vergleich der Verbräuche (Strom, Wasser) stehen noch aus.

Literatur

- Cielejewski, H. (2013): Abluftreinigungsanlagen - Technik und Kosten. Landwirtschaftskammer NRW Münster, Vortrag BLS am 5. Dezember 2013
- Hahne, J. (2006): In: KTBL (Hrsg.) (2006): Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen. Verfahren – Leistungen – Kosten. KTBL-Schrift 451, Darmstadt, S. 21 ff.

Der Auslauf in der ökologischen Schweinemast: Punktuelle Messung von Ammoniakemissionen mit einer dynamischen Haube

The outdoor run in organic pig fattening: Measurement of ammonia emissions in a grid with a dynamic chamber

GESA MIELKE¹, RALF BUSSEMAS¹, MARCUS CLAUSS², STEFAN LINKE², HEIKO GEORG¹

¹ Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst; gesa.mielke@ti.bund.de

² Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig

Schlüsselwörter: Ammoniakemissionen, Auslauf, ökologische Schweinemast

Keywords: ammonia emissions, outdoor run, organic pig production

Zusammenfassung

Gegenwärtig liegen nur begrenzt Daten über das Ammoniakemissionsverhalten von Ausläufen in der ökologischen Schweinemast vor. Die Bestimmung von gasförmigen Emissionen aus frei gelüfteten Stallhaltungssystemen ist aufgrund von wetterbedingten Schwankungen, insbesondere durch den nicht definierten Luftvolumenstrom, erschwert. Auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Trenthorst wurden Ammoniakemissionen (NH₃-Emissionen) aus planbefestigten, eingestreuten Ausläufen von Mastschweinen gemessen. Dazu kam eine dynamische Messhaube in Kombination mit einem photoakustischen Messverfahren (Innova 1312) zum Einsatz. Die NH₃-Emissionen der gesamten Auslaufläche wurden nach einem definierten Raster gemessen und so ein heterogenes Verschmutzungsbild der Auslaufläche festgestellt. Die Kotflächen erwiesen sich mit 10,1 g NH₃/(d · m²) als hotspots im Gegensatz zu wenig bis nicht verschmutzten Bereichen mit 6,0 g NH₃/(d · m²).

Summary

Currently, only few data of ammonia emissions are available from outdoor runs in organic pig fattening because the measuring of gaseous emissions in open housing systems is complex due to the problem of changing weather conditions – especially different ventilation rates. Therefore, ammonia emissions were measured with a dynamic chamber and a multi-gas monitor (Innova 1312) at the experimental farm of Thünen-Institute of organic farming in northern Germany. For this, the outdoor run of organic fattening pigs was split in a defined grid with nine patches resulting in a heterogeneous contamination pattern. The faecal contaminated areas resulted in hotspots with emissions of 10.1 g NH₃/(d · m²). Clean and less fouled areas released only 6.0 g NH₃/(d · m²).

1 Einleitung und Problemstellung

In der ökologischen Tierhaltung ist ein Zugang zu einem Freigelände vorgeschrieben (EG-Öko-VO 2007). Der Auslauf bietet den Tieren die Möglichkeit natürliche Umweltreize, wie Regen oder Sonnenschein, wahrzunehmen. Gleichzeitig können allerdings gasförmige Emissionen in Form von Ammoniak in die Atmosphäre entweichen. Ammoniak ist für Eutrophierung und Versauerung von Ökosystemen verantwortlich (ERISMAN et al. 2007, KRUPA 2003). In hohen Konzentrationen ist NH_3 lungenschädlich (ERISMAN et al. 2003).

In geschlossenen Schweinemastställen können NH_3 -Emissionen relativ problemlos durch Messungen an Lüftungs- und Filteranlagen bestimmt werden (BLANES-VIDAL et al. 2008). Die Erfassung von Emissionen aus offenen Ställen und Ausläufen ist hingegen schwer durchführbar, weil neben der Gaskonzentration stets auch die Luftwechselrate definiert werden muss (BERRY et al. 2005). Daher ist die Datenlage von NH_3 -Emissionen aus Ausläufen noch unzureichend. Außerdem wurden offene Stallsysteme in Bezug auf ihr Emissionsverhalten bisher überwiegend als diffuse Flächenquelle beurteilt. Weil aber strukturierte Schweineställe ein heterogenes Verschmutzungsbild aufzeigen, z.B. eine Kotecke (BUSSEMAS und WIDMAIER 2011), stellt sich die Frage, inwieweit die Emissionsflächen differenziert beurteilt werden können. Ziel ist es, zunächst ein geeignetes Messverfahren zu erproben, welches mit einem konstanten Luftvolumenstrom unter gleichzeitigem Ausschluss der freien Lüftung arbeitet, um die NH_3 -Emissionen zu ermitteln. Zusätzlich soll das heterogene Verschmutzungsbild der Auslauffläche abgebildet werden.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Wulmenau, Schleswig-Holstein, statt. Zur Verfügung stand ein BAT(Beratung artgerechte Tierhaltung)-Kistenstall mit vier Buchten mit jeweils zehn Endmastplätzen. Es waren jeweils neun Schweine pro Bucht eingestallt. Der modulare Stall gliedert sich in einen eingestreuten Liegebereich sowie Fressbereich im Inneren des Stalls und einen planbefestigten Auslauf. Außerdem befinden sich im Auslauf die Tränke und Raufutterraufe, wodurch das Abkotverhalten dorthin gelenkt wird. Die Buchten 1 und 2 waren vollständig überdacht, die Buchten 3 und 4 dachfrei. Täglich bekamen die Tiere ein Kilogramm Kleeagrassilage pro Schwein in die Raufutterraufe. Der Auslauf hatte eine Größe von 11 m^2 und bot so mit $1,1 \text{ m}^2/\text{Tier}$ Platz für zehn Endmastschweine. Dadurch hatten die Schweine während den Versuchsmessungen ein doppelt so großes Platzangebot im Auslauf wie nach EG-Öko-VO (2008, Anhang III) vorgeschrieben ist ($0,6 \text{ m}^2/\text{Schwein}$ bis 50 kg Lebendgewicht). Die mittlere Lebendmasse der Tiere betrug zum Beginn der Gasmessungen (23.06.2014) 32 kg und zum Versuchsende (17.07.2014) 49 kg . Während der Gasmessungen befanden sich die Schweine aufgrund ihres ausgeprägten Erkundungsverhaltens sowie der empfindlichen Messapparatur nicht im Auslauf. An acht Tagen (zweimal wöchentlich) wurden in der Zeit vom 23.06. bis 17.07.2014 die NH_3 -Emissionen aus den Ausläufen gemessen. Die Gasmessungen und

anschließenden Entmistungen erfolgten jeweils montags und donnerstags. Danach wurde jede Bucht mit jeweils 20 kg Getreidestroh pro Bucht eingestreut. Die erste relevante Entmistung fand am 20.06.2014 statt. Bis zum Messen der NH_3 -Emissionen akkumulierte der Mist im Auslauf. Temperatur, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und Globalstrahlung wurden mit einer Kompaktwetterstation am Auslauf gemessen. In Tabelle 1 sind die Wetterbedingungen vom 20.06. bis 17.07.2014 und exemplarisch während der Messung am 30.06.2014 dargestellt.

Tab. 1: Wetter während des gesamten Versuchszeitraums und während der Messung in Bucht 3 am 30.06.2014

Tab. 1: Weather conditions during the full examination period and on 2014.06.30, 4–6 pm

Datum	Einheit	20.06.–17.07.2014	30.06.2014 16–18 Uhr
Mittlere Temperatur	°C	17,8	15,0
Mittlere Globalstrahlung	km/h	226,3	181,4
Mittlere Windgeschwindigkeit	W/m ²	3,7	0,04
Niederschlag	mm	106,6	0
Mittlere relative Luftfeuchte	%	81,2	99,0

Die gesamte Auslaufläche wurde in neun gleichmäßige Rasterfelder eingeteilt. Danach erfolgte eine visuelle Beurteilung der verschmutzten Fläche. Für einen Gesamtüberblick der Auslaufläche wurde(n) zunächst die Kotecke(n) definiert. Danach erfolgte eine detailliertere Beurteilung durch eine Einteilung der dominierenden Frischmiststrukturen in vier Kategorien: Silage, Einstreu, Kotecke sowie Beton. Zur Bestimmung der Emissionen stand eine Kombination aus dynamischer Messhaube, verbunden über einen PTFE-Probeschlauch, mit einem fotoakustischen Multi-Gas-Monitor (Innova 1312) zur Verfügung. Die dynamische Haube, nach dem Bauprinzip von CLAUSS et al. (2013), verfügt über eine Netto-Grundfläche von einem Quadratmeter. Mittels eines Ventilators wird ein konstanter Luftvolumenstrom von einem Meter pro Sekunde hergestellt. Der Multi-Gas-Monitor ermittelt die NH_3 -Emissionen. Die neun Felder wurden im zehnmütigen Messintervall systematisch mit der Haube abgerastert. Anschließend erfolgte die Frischmistwiegtung eines jeden Rasterfeldes. Als Frischmist wird an dieser Stelle das gesamte Substrat im Auslauf bezeichnet. Es besteht aus Einstreu, Silageresten und/oder einem Kot-/Harnmisch der Tiere. An vier Tagen erfolgte zusätzlich die Entnahme von Mistproben aus allen Rasterfeldern mit anschließender Analyse von Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$), pH-Wert und Trockensubstanz.

3 Ergebnisse

Die mittleren NH_3 -Emissionen sind in den Kotecken mit $10,16 \text{ g}/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$ fast doppelt so hoch wie in den Nicht-Kotecken mit $5,97 \text{ g}/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$. In Tabelle 2 sind wichtige Parameter aus den Kotecken und den Nicht-Kotecken des gesamten Messzeitraums aufgeführt.

Tab. 2: Mittlere NH_3 -Emissionen, $\text{NH}_4\text{-N}$ im Frischmist, Frischmistmasse und Trockensubstanz aus den Kotecken und Nicht-Kotecken des gesamten Messzeitraums vom 23.06. bis 17.07.2014

Tab. 2: Mean ammonia emissions, $\text{NH}_4\text{-N}$ in manure, amount of manure, dry matter of faecally and not-faecally contaminated areas during the full measurement period

Parameter	Einheit	Kotecken	S. D.	Messwerte (n)	Nicht-Kotecken	S. D.	Messwerte (n)
NH_3 -Emissionen	$\text{g}/\text{d} \cdot \text{m}^2$	10,16	4,8	51	5,97	4,7	237
$\text{NH}_4\text{-N}$	g/kg	1,65	1,2	25	0,67	0,6	118
Frischmistmasse	kg	37,57	15,7	51	10,79	8,8	237
Trockensubstanz	%	19,64	3,9	25	29,10	15,2	118

Im Folgenden werden die Ergebnisse exemplarisch an der Bucht 3 vom 30.06.2014 aufgezeigt. In Abbildung 1 ist die visuelle Verschmutzungsverteilung unter Berücksichtigung der Rasterung dargestellt; ebenso die Lage der angrenzenden Raufutterraufe und Tränke sowie des Zugangs zum Stall, zur Nachbarbucht 4 und des Personalgangs. Zu unterscheiden sind Flächen, die überwiegend mit Silage, Einstreu oder Kot bedeckt beziehungsweise unbedeckt sind (Abb. 1).

In Abbildung 2 sind die NH_3 -Emissionen (linke Darstellung) und die Frischmistmengen (rechte Darstellung) pro Rasterfeld am 30.06.2014 für die Bucht 3 dargestellt, wobei die Ausrichtung der Bucht Abbildung 1 entspricht. Die Emissionen innerhalb der Bucht reichen von $1,8 \text{ g NH}_3/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$ in Feld 1 bis $5,8 \text{ g NH}_3/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$ in Feld 9; das Frischmistaufkommen von 8 kg in Feld 8 bis 45 kg in Feld 9.

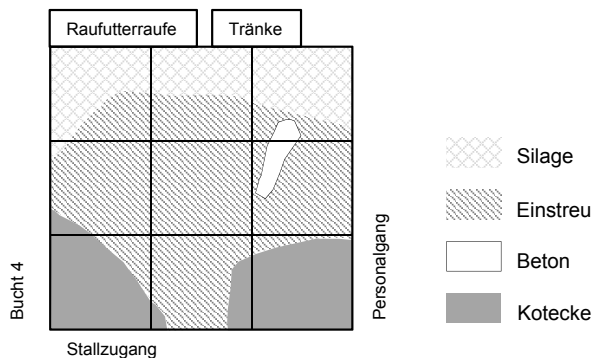


Abb. 1: Skizzierte Verschmutzungsverteilung der Bucht 3 am 30.06.2014

Fig. 1: Distribution of pollution in pen 3 on 2014-06-30

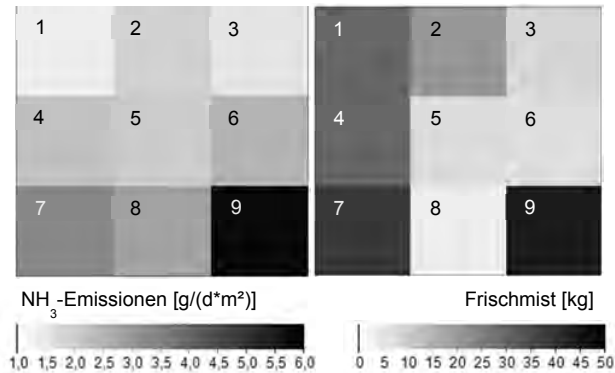


Abb. 2: NH₃-Emissionen und Frischmistmenge pro Rasterfeld am 30.06.2014 in Bucht 3
 Fig. 2: Ammonia emissions and amount of manure in the grids of pen 3 on 2014-06-30

Es zeigt sich eine Übereinstimmung der NH₃-Emissionen und der Frischmistmasse beispielsweise in den Feldern 3 und 5 mit jeweils niedrigeren Werten und in Feld 9 mit den Maximalwerten. Insbesondere das Feld 1 weist eine stärkere Abweichung der Beziehung von NH₃-Emissionen und Frischmistmenge auf.

4 Diskussion und Fazit

Die vorgestellte Methode ermöglicht es, NH₃-Emissionen im Auslauf von Mastschweinen gerastert zu messen. Die kleine Grundfläche der Messhaube, die sonst als Nachteil der Kammertechnik genannt wird (GREATOREX 2000), ist bei dem beschriebenen Messansatz gewollt. Eine gerasterte Datenaufnahme und somit punktuelle Bewertung der emittierenden Fläche eines Schweineauslaufs ist aufgrund der heterogenen Verschmutzungsverteilung sinnvoll. Schon eine visuelle Beurteilung der Auslaufoberfläche zeigt deutlich heterogene Substrate. Die anschließende Messung von NH₃-Emissionen und Frischmistmengen spiegelt den ersten Eindruck wider. Bei der Gesamtbetrachtung ergeben sich mittlere NH₃-Emissionen von 10,1 g/(d · m²) in den Kotecken. Die Nicht-Kotecken emittieren dagegen mit 6 g NH₃/(d · m²) nur fast halb so stark. Die hohen Standardabweichungen weisen auf eine hohe Variabilität der NH₃-Emissionen hin. Dies ist damit zu begründen, dass weitere Faktoren, wie Witterung, Buchtengesamtgewicht der Schweine und Stetigkeit der Kotecke auf die NH₃-Emissionen einwirken. Untersuchungen von IVANOVA-PENEVA et al. (2008) in nicht eingestreuten Ausläufen haben ähnliche NH₃-Emissionen von verschmutzten Flächen in Höhe von 11,4 NH₃/(d · m²) ermittelt. Saubere Flächen waren mit 2,7 g NH₃/(d · m²) niedriger. In der Detailbetrachtung vom 30.06.2014 in Bucht 3 wies Feld 9 mit 5,8 g NH₃-N/(d · m²) die höchsten NH₃-Emissionen und Mistmengen auf. Die Schweine legten dort eine Kotecke an, welche visuell erfasst wurde. Auch in Feld 7 wurde eine Kotecke angelegt, wodurch die Exkremente auf zwei Stellen im Auslauf verteilt wurden. Zu berücksichtigen ist, dass eine höhere Frischmistmenge nicht immer in einer erhöhten NH₃-Emission resultiert. Feld 1 hatte

zwar eine hohe Frischmistmasse, jedoch befand sich dort vermehrt Silage aus der dort vorhandenen Raufutterraufe, womit die geringeren NH_3 -Emissionen zu begründen sind. Die dargestellten Daten stellen eine Momentaufnahme im Sommer dar. Weitere Messungen in den verschiedenen Jahreszeiten sind u. a. für eine fundierte Beurteilung nötig.

Literatur

- Berry, N.R.; Zeyer, K.; Emmenegger, L.; Keck, M. (2005): Emissionen von Staub (PM10) und Ammoniak (NH_3) aus traditionellen und neuen Stallsystemen mit Untersuchungen im Bereich der Mastschweinehaltung. Agroscope FAT Tänikon, Ettenhausen Empa, Dübendorf
- 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 & Environment* 124, pp. 237-244
- Bussemas, R.; Widmaier, A. (2011): Biologische Schweinehaltung - Fütterung, Management und Tiergesundheit. D-Mainz und D-Bad Dürkheim: Bioland Verlags GmbH und Stiftung Ökologie und Landbau (SÖL)
- Clauß, M.; Linke, S.; Stolz, H.; Hinz, T. (2013): Probenahme von Bioaerosolen an aktiven Flächenquellen – Evaluierung eines optimierten Designs für eine Messhaube mit Hilfe der numerischen Strömungssimulation. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft* 73 (9), S. 367-371
- Erismann, J.W.; Grennfelt P.; Sutton, M. (2003): The European perspective on nitrogen emission and deposition, *Environment International* 29, pp. 311-325
- Erismann, J.W.; Bleeker, A.; Galloway, J.; Sutton, M.S. (2007): Reduced nitrogen in ecology and the environment. *Environmental Pollution* 150, pp. 140-149
- Greatorox, J.M. (2000): A review of methods for measuring methane, nitrous oxide and odour emissions from animal production activities. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik Uppsala
- Krupa, S.V. (2003): Effects of atmospheric ammonia (NH_3) on terrestrial vegetation: a review. *Environmental Pollution* 124, pp. 179-221
- Ivanova-Peneva, S.G.; Aarnink, A.J.A.; Verstegen, M.W.A. (2008): Ammonia emissions from organic housing systems with fattening pigs, *Biosystems Engineering* 99, pp. 412-422
- EG-Öko-Vo (2007): Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen
- EG-Öko-Vo (2008): Verordnung (EG) Nr. 889/2008 der Kommission vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle

Emissionsminderung aus Geflügelställen durch kombinierte Abluftreinigung

Reduction of emissions from poultry housing by combined exhaust air treatment systems

CAROLINA STROHMAIER¹, GERD-CHRISTIAN MAACK¹, RALF KOSCH², SVEN KÜNNEN², EHAB MOSTAFA³, WOLFGANG BÜSCHER¹

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

² Big Dutchman International GmbH, Auf der Lage 2, 49360 Vechta

³ Cairo University, Faculty of Agriculture, Agricultural Engineering Department, El-Gammaa Street, 12613 Giza, Ägypten

Schlüsselwörter: Geflügelhaltung, Abluftreinigung, Emissionsminderung, Geruchsreduktion

Keywords: poultry housing, exhaust air treatment, reduction of emissions, odour reduction

Zusammenfassung

In der Geflügelhaltung ist bislang nur die Reinigung der Abluft von Ammoniak und Staub möglich. Eine Geruchsreduzierung kann mit vorhandener Technik nicht erzielt werden. Ähnlich wie in einigen Bundesländern in der Schweinehaltung bereits üblich, werden wohl in Zukunft auch Abluftreinigungsanlagen für die Geflügelhaltung als „Stand der Technik“ gelten und somit obligat werden.

In ersten Messungen konnte bei einem für die Geflügelhaltung erhältlichen Staubfilter eine Abscheideleistung von 58 % (PM₁₀) festgestellt werden. In weiteren Untersuchungen soll ermittelt werden, wie sich der Wirkungsgrad dieses Filters erhöhen lässt. Außerdem sollen eine chemische sowie eine biologische Reinigungsstufe angeschlossen werden, um ein Abluftreinigungssystem zu entwickeln, das aus der Abluft von Geflügelställen nicht nur Ammoniak und Staub, sondern auch Geruch abscheidet.

Summary

Reduction of odour, which is caused by poultry housing, is currently impossible with the available exhaust air treatment systems. These techniques only allow the cleaning of the exhaust air from ammonia and dust. In some federal states of Germany exhaust air treatment systems that reduce ammonia, dust and odour are already labelled as “state of the art” for pig housing and in the near future it will become obligatory for poultry housing too.

In first measurements, an efficiency of 58 % for PM₁₀ was measured at a dust filter available for poultry farming. The aims of further studies include the increase of the dust filter efficiency and the reasonable combination of it with a chemical and a biological cleaning device so that not only ammonia and dust, but also odour may be reduced properly.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Abluftreinigungsanlagen zur Emissionsminderung von Staub, Ammoniak, Geruch und Bioaerosolen werden in der Tierhaltung in der Bundesrepublik zunehmend für die Genehmigungsfähigkeit „großer“ Stallanlagen eingefordert. Bislang gelten sie in der Geflügelhaltung im Gegensatz zur Schweinehaltung noch nicht als „Stand der Technik“. Dieser Zustand könnte sich laut Filtererlass allerdings in naher Zukunft ändern: Es ist davon auszugehen, „[...] dass sich der Stand der Technik auch bei Anlagen zur Geflügelhaltung kurz- bis mittelfristig signifikant weiterentwickeln wird“ (MKULNV 2013). Derzeit sind für die Geflügelhaltung nur zwei Systeme für die Reinigung der Abluft von Staub und Ammoniak DLG-zertifiziert, wobei die Geruchsminderung dabei nicht abgedeckt wird (DLG 2010, 2014). Hieraus lässt sich ein dringender Forschungsbedarf auf diesem Gebiet ableiten (HAHNE 2012).

Die vorhandenen Komponenten der Abluftreinigung in der Geflügelhaltung (physikalische und chemische Stufe) sollen daher mit einer biologischen Stufe kombiniert werden, um eine mehrstufige Abluftreinigungsanlage zu entwickeln, die sich neben der Staub- und Ammoniakminderung auch zur Geruchsabscheidung eignet.

2 Material und Methode

In den ersten Voruntersuchungen wurde der Fokus auf die erste Stufe der geplanten Abluftreinigungsanlage, die Staubabscheidung, gelegt. Zur Minderung von Staub in der Abluft wurde der „StuffNix“, ein Filter der Firma Big Dutchman International GmbH, Vechta, verwendet, dessen Wirkung auf dem Fliehkraftprinzip beruht (BIG DUTCHMAN 2010).

Im untersuchten Stallgebäude werden auf zwei Etagen 40.500 Legehennen in Volieren gehalten. Das Gebäude verfügt über eine zentrale, giebelseitige Abluftführung (16 Abluftkamine) und eine traufseitig installierte Zuluftführung. Für Sommerlufraten stehen zusätzliche Zuluftöffnungen im First zur Verfügung.

Zur Messung der Staubkonzentration im Roh- sowie im Reingas wurden Aerosolspektrometer (Modell 1.108) der Firma Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG, Ainring, eingesetzt. Der Wirkungsgrad wurde mit folgender Formel berechnet:

$$\eta = \left(1 - \frac{c_{Reingas}}{c_{Rohgas}}\right) \times 100$$

3 Ergebnisse

An zwei Messtagen wurden die Staubkonzentrationen roh- sowie reingasseitig ermittelt (Abb. 1). Bei den Kurzzeitmessungen ergaben sich bezüglich des Abscheidegrads von Staub der Größenfraktion PM_{10} ähnliche Werte: Die Konzentration in der Abluft konnte jeweils um 58 % vermindert werden. Für $PM_{2,5}$ ergaben sich niedrigere Wirkungsgrade. Während am 13.10.2014 37 % der Stäube in dieser Größenfraktion abgeschieden werden konnten, wurde am 22.01.2015 ein Wirkungsgrad von 23 % erreicht. Vergleicht man die Rohgasstaubkonzentrationen, zeigt sich mit $8,13 \text{ mg m}^{-3}$ am 22.01.2015 eine ungleich höhere Belastung der Abluft gegenüber dem 13.10.2014 mit nur $3,20 \text{ mg m}^{-3}$.

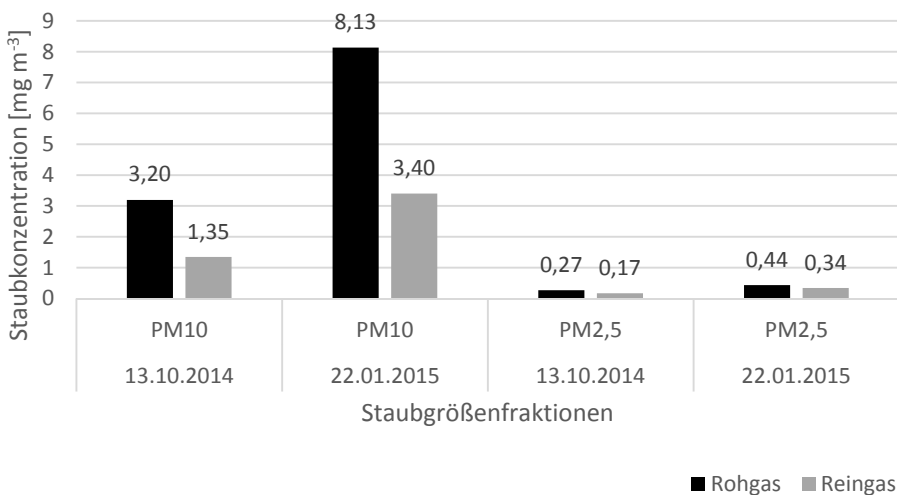


Abb. 1: Staubkonzentrationen in den Größenfraktionen PM_{10} und $PM_{2,5}$ gemessen in Roh- und Reingas
 Fig. 1: Dust concentration in size fraction PM_{10} and $PM_{2,5}$ measured in crude gas and clean gas

4 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse für PM_{10} decken sich mit denen einer ähnlichen Untersuchung des Staubfilters „StuffNix“ aus dem Jahre 2011, wo die Filtereffizienz für diese Partikelgrößenfraktion bei 57 % lag. Beim Vergleich der Abscheidegrade von $PM_{2,5}$ fällt allerdings auf, dass die aktuellen Werte mit 37 % bzw. 23 % ungleich niedriger sind als der damals gemessene, wo eine Staubrückhaltung von 63 % erreicht werden konnte (MOSTAFA und BÜSCHER 2011). Eine mögliche Erklärung für den geringeren Wirkungsgrad in dieser Partikelgrößenfraktion wäre, dass größere Staubpartikel durch den Aufprall auf den „StuffNix“ und die anschließende Verwirbelung in diesem mechanisch zerkleinert und dann reingasseitig von der Messtechnik als kleinere Partikel erfasst werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass feine Partikel vom Staubfilter nicht in ausreichendem

Maß erfasst werden können und diesen in prozentual größeren Anteilen passieren als grobe Staubpartikel. Eine Möglichkeit wäre hier, mithilfe von Wasser-Sprühvernebelung unmittelbar am „StuffNix“ die Akkumulation zu unterstützen und größere Staubpartikel zu bilden, die mittels Filter abgeschieden werden können.

In den Vorversuchen wurden Kurzzeitmessungen durchgeführt, deren Ergebnisse aufgrund der im Tagesverlauf schwankenden Luftvolumenströme sowie Tieraktivitäten nur bedingt aussagekräftig sind. Um ein differenziertes Bild zu erhalten, werden zukünftig Tagesgänge aufgezeichnet. Daneben sollen Messungen ergänzend unter Laborbedingungen im Windkanal durchgeführt werden. Dort lassen sich verschiedene Faktoren wie Druckabfall am Filter, Durchströmungsgeschwindigkeiten sowie Anströmwinkel genauer und einfacher in die Untersuchungen einbeziehen.

Nach Abschluss der Untersuchungen zur Erhöhung der Abscheideleistung des Staubfilters, der die erste Stufe in der Abluftreinigungsanlage bilden soll, wird der zweite Untersuchungsschwerpunkt auf der Erprobung verschiedener Filtermaterialien für den Biofilter liegen. Hierzu sollen neben Wurzelholz auch Papierpads sowie Plastikfüllkörper auf ihre Tauglichkeit hin getestet werden. Gemeinsam mit einem Nasswäscher, der als chemische Stufe zwischen die physikalische und biologische Stufe geschaltet werden soll, bildet er die mehrstufige Abluftreinigungsanlage (Abb. 2). Neben der Ausstattung eines Legehennenstalls soll der Einbau auch in einer Hähnchenmastanlage stattfinden, um die Einsatztauglichkeit unter verschiedensten Bedingungen untersuchen zu können.

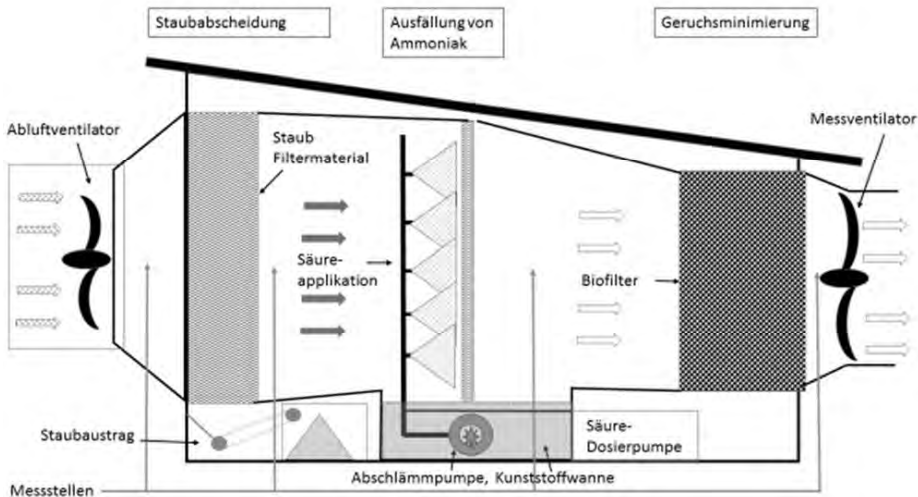


Abb. 2: Möglicher Aufbau einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage
 Fig. 2: Potential setup of a combined exhaust air treatment system

Literatur

- Big Dutchman (2010): MagixX & StuffNix. Abluftreinigungssysteme zur effektiven Minderung von Emissionen aus Geflügelställen. Firmenunterlagen
- DLG e.V. – Testzentrum Technik und Betriebsmittel (2010): DLG-Prüfbericht 5952. Big Dutchman GmbH, Abluftreinigungssystem MagixX-B, Groß-Umstadt
- DLG e.V. – Testzentrum Technik und Betriebsmittel (2014): DLG-Prüfbericht 6212. Schulz Systemtechnik GmbH, 2-stufige Abluftreinigungsanlage EMMI für die Hähnchenschwermast, Groß-Umstadt
- Hahne, J. (2012): Abluftreinigung für die Geflügelhaltung – bislang nur ein Teilerfolg. Landtechnik 67, S. 208-211
- MKULNV (2013): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen. Erlass des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 19. Februar 2013. Online verfügbar unter https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/landwirtschaft/erlass_tierhaltungsanlagen.pdf, Zugriff am 31.03.15
- Mostafa, E.; Büscher, W. (2011): Indoor air improvement from particle matters for laying hen poultry houses. Biosystems Engineering 109, pp. 22-36

Förderungshinweis

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird in Kooperation mit dem Industriepartner Big Dutchman International GmbH, Vechta, durchgeführt. 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 (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKS 28-1-72.003-13).

Investigation of gas emissions and spreading inside and outside of a naturally ventilated poultry house using a 3D CFD model

Untersuchung von Gasemissionen und deren Ausbreitung innerhalb und außerhalb eines natürlich belüfteten Stalls mit einem 3-D-CFD-Modell

FERNANDO ROJANO¹, PIERRE-EMMANUEL BOURNET¹, PAUL ROBIN²,
MELYNDA HASSOUNA², CHRISTOPHER Y. CHOI³, MURAT KACIRA⁴

¹ EPHor Lab. Agrocampus-Ouest 2, Rue Le Notre, 49000 Angers, France; rojanoag@agrocampus-ouest.fr

² SAS Lab. INRA, 65 Rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes, France

³ Biological Systems Engineering, University of Wisconsin, Madison, WI 53706 USA

⁴ Agricultural and Biosystems Engineering, The University of Arizona. Tucson, AZ 85721 USA

Keywords: poultry house, climate modelling, gas dispersion

Schlüsselwörter: Geflügelstall, Klimamodellierung, Gasausbreitung

Summary

Using Computational Fluid Dynamics (CFD), we investigated the spread of gases inside and around of a poultry house. A 3D CFD model takes account of the natural ventilation combined with heat and water vapour produced by the animals. In order to validate a 3D CFD model a cycle of production for experimental purposes located West of France during the spring, 2014 was used to retrieve data. In the first step, there is a validation of a 3D CFD model based on the interior climate. In the second step, the aim was to identify how the gases might be dispersed in the surrounding environment. Water vapour was accurately logged in space and time for the interior of the building, and then utilized to predict the plume development in the building's surroundings.

Zusammenfassung

Mithilfe der numerischen Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics; CFD) untersuchten wir die Ausbreitung von Gasen in und um einen Geflügelstall. Ein 3-D-CFD-Modell berücksichtigt die natürliche Belüftung in Kombination mit von den Tieren erzeugten Wärme und Wasserdampf. Um dieses 3-D-CFD-Modell zu validieren, wurden während eines Produktionszyklus in einem Betrieb im Westfrankreichs im Frühjahr 2014 Daten erhoben. Zunächst erfolgte die Überprüfung des dreidimensionalen CFD-Modells auf der Basis des Raumklimas. In der zweiten Stufe sollte die Verteilung der Gase in der Umgebung untersucht werden. Dazu wurde der Wasserdampf räumlich und zeitlich genau im Gebäudeinnenbereich registriert, um die Fahnenentwicklung in der Umgebung des Gebäudes vorherzusagen.

1 Introduction

Livestock buildings are a viable alternative to grow animals where a successful production relies on the living conditions such as the climate given to the animals. The design of the building focuses on maximizing contributions of natural ventilation which can reduce operating costs; however, the uncertainties of weather can create in the animal house unfavourable interior climate and potentially high concentration of gases. The animals and rearing system which are the main sources of heat and moisture require ventilation capable to remove excess of them in order to maintain the temperature and humidity that is beneficial for the animals. Otherwise, animals may be exposed to an unfavourable climate and air quality.

The current work has the aim to analyse natural ventilation by means of an enhanced 3D CFD model that includes features of a particular poultry house as well as the heat and moisture sources from animal and rearing system associated to specific natural ventilation regimes. The reliability of the 3D CFD model is demonstrated with the simulation of two operating conditions provided to the poultry house. From those simulations, the aim was to replicate thermal and moisture gradients created by the stagnant and wake regions inside the poultry house; and to validate the climate distribution using experimental data. The experimental setup logged data pertaining to temperature and moisture over two planes (vertical and horizontal) that could assist in the assessment of a 3D CFD model performance. Then, the same model was implemented to estimate the main parameters related to characterize the removal rates and plume of evacuated moisture that would arise. This information can be considered relevant in the dispersion of pollutants, pathogens and particles from poultry house as they have a negative impact in the neighbouring areas.

2 Materials and Methods

2.1 Experimental data

Experimental data was collected from a poultry house in an experimental station “Le Magneraud” West of France (46.15 N, -0.69 W). The dimensions and specifications are provided in Figure 1a. The poultry house had walls and roof made of polystyrene of 4 cm as insulator (thermal conductivity equal to $0.05 \text{ W m}^{-1} \text{ C}^{-1}$) with lateral curtains of plastic (thermal conductivity equal to $0.3 \text{ W m}^{-1} \text{ C}^{-1}$) and traps located along one side of the building as shown in Figure 1a.

Exterior climate was logged with a meteorological station (AWS310, Vaisala, France) located near the building that logged wind velocity and direction, air temperature and relative humidity data. Interior temperature ($\pm 0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) and humidity ($\pm 3 \text{ } \%$) were logged with 13 portable sensors (DL-101T USB, Voltcraft, France) spatially distributed. The data acquisition system placed the sensors distributed over a vertical and horizontal plane that followed the scheme shown in Figure 1a, logging data that covered a half of the building. Vertical plane was defined based on three lines (B, C and D) that were placed at 0.7 m, 1.4 m and 2 m from the floor, also, this plane intersected a trap. Horizontal plane considered three lines (A, C and E) at 1.4 m from the floor and 2.38 m between them.

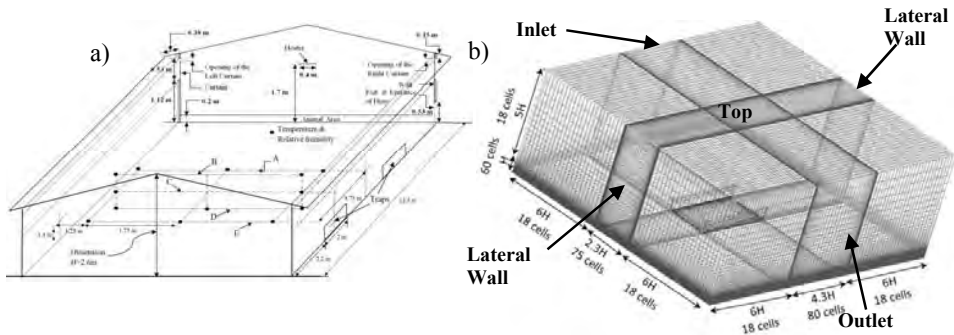


Fig. 1: a) Experimental setup and sensor location, and b) grid and boundary conditions
 Abb. 1: a) Versuchsaufbau und Sensorposition, b) Raster und Randbedingungen

Two typical operating conditions (Case I and II) at the late stage of production were studied with the wind blowing perpendicular to the ridgeline (with a range $\pm 14.4^\circ$), and the poultry house having an orientation of 22° NE. The two operating conditions were primarily differentiated with opened traps during the day for Case I and closed traps during the night for Case II. In both cases, opening of the curtains was the same (30 cm). The two datasets to replicate in the 3D CFD model were chosen based on stability in the temperature (Case I: $25.6 \pm 0.6^\circ\text{C}$; Case II: $15.6 \pm 0.5^\circ\text{C}$), humidity (Case I: $10 \pm 0.18 \text{ g[H}_2\text{O]} \text{ kg}^{-1}[\text{Dry Air}]$; Case II: $10.8 \pm 0.34 \text{ g[H}_2\text{O]} \text{ kg}^{-1}[\text{Dry Air}]$) and wind velocity (Case I: $1.4 \pm 0.2 \text{ ms}^{-1}$; Case II: $0.5 \pm 0.15 \text{ ms}^{-1}$).

2.2 CFD Modelling

The grid was built with hexahedral-cell-type using ICEM of Ansys, (2014) that distributed the cells in 60 % and 40 % at the surroundings and interior of the poultry house, respectively. The domain under study was defined based on the ridge height (H) equal to 2.6m. Figure 1b illustrates the mesh distribution over the domain which implied 1104730 cells. The finite volume approach followed the Reynolds average method of the Navier-Stokes equations because this approach has demonstrated reliability when applied in similar problems (BJERG et al. 2013). The turbulence was replicated by the kinetic energy k and dissipation rate ε through the k - ε realizable model. The equations were numerically solved by using Fluent of Ansys (2014). Animal heat and water vapour emissions followed the empirical equations that CIGR (2002) recommended for correlating total heat and weight of animal under basal heat metabolism. The animal weight was estimated based on a weight curve identified in the work of ROJANO et al. (2014). Also, heat emitted from litter would equal 10% of the total animal heat produced according to MEDA (2011), which can be split in sensible and latent heat by 60 % and 40% respectively.

Initial conditions were found by simulating under steady state conditions and used for the unsteady-state initial conditions. The input data of the steady state conditions were taken from the experimental data (Case I: Temp. Ext = 25.4°C , Hum. Ext = $10.3 \text{ g[H}_2\text{O]} \text{ kg}^{-1}[\text{Dry Air}]$ and wind speed of 1.7 m s^{-1} & Case II: Temp. Ext = 15.5°C , Hum.

Ext = 11.08 g[H2O] kg⁻¹[Dry Air] and wind speed of 0.5 m s⁻¹), in conjunction with remaining settings according to Table 1. The left side of the domain was set as the inlet (ventilation inlet) whereas the right side of the domain as the outlet (pressure outlet) at atmospheric pressure of 100.4 kPa. The top side as well as the lateral walls of the domain were set as walls with slip conditions with a magnitude of the wind velocity (Fig. 1b). The indoor floor was set with a constant temperature observed in field measurements and outdoor floor was set as adiabatic. All the walls were treated as enhanced wall treatment according to Fluent of Ansys (2014) to improve calculations of the thermal and convective boundary layer. The simulation considered incompressible ideal gas and buoyancy effects. The wind profile, kinetic energy and turbulence energy dissipation were calculated based on the equations recommended by RICHARDS and HOXEY (1993).

Tab. 1: Operating conditions for Case I and II

Tab. 1: Betriebsparameter für Fall I und II

	Case I	Case II
Day of production	69	45
Time	15:30–17:00	22:40–00:10
Traps	Open	Closed
Average floor indoors temperature	24 °C	22.3 °C

3 Results

The solver Fluent of Ansys (2014) found the numerical solution using SIMPLE method and a second-order upwind discretization scheme. The convergence had to meet residuals lower than 10⁻⁵ in the continuity, x, y and z velocity, energy dissipation; and lower than 10⁻⁸ in water vapour and energy.

The 3D CFD model was validated under the two operating conditions (Case I and II) and overall results were as follows: Case I had a RMSE of 0.8 °C and 0.64 g[H2O] kg⁻¹[Dry Air] for temperature and humidity, respectively, in contrast, Case II had a RMSE of 1.02 °C and 1.15 g[H2O] kg⁻¹[Dry Air] for temperature and humidity, respectively. Despite Case I had the minimum RMSE, the operating conditions implied traps open where animals could have left the poultry house thus causing a misrepresentation of the heat and moisture originated by them. Then, operating conditions of Case II served to evaluate the governing equations for the heat and moisture originated by the animals

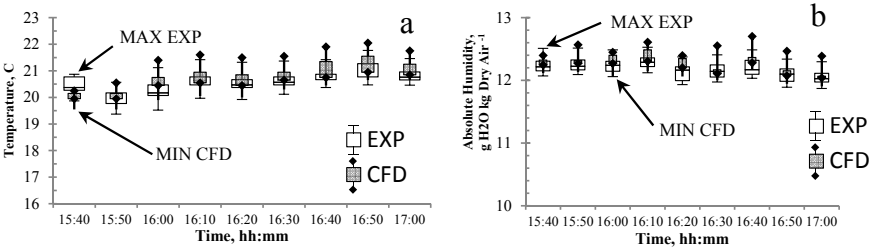


Fig. 2: Three-dimensional CFD model validation using Case II for a) temperature and b) humidity
Abb. 2.: Validierung des dreidimensionalen CFD-Modells in Fall II, a) Temperatur und b) Luftfeuchtigkeit

and rearing system; even though the night time simulation implied that animal emissions might be reduced due to less physical activity. With these conditions, changes over time for Case II are shown in Figure 2. As there were 13 locations spatially distributed, data were summarized with standard deviation, maximum and minimum values. Thus, capability of the 3D CFD model to replicate thermal and humidity gradients can be verified in terms of accuracy and consistency along the time. Over 9 time steps, the thermal and humidity gradients did not undergo significant changes. Figure 2 shows temperature, humidity and streamlines at the level of the vertical plane (Lines B, C and D, accordingly to Fig. 1a) that also included an opened trap. Even though the two cases were dissimilar in the operating conditions, the wind originated whirls at the interior and downstream area of the building which were dominated by the freestream from the surroundings of the building. The top and right sides of the building were predominantly governed by the freestream (Fig. 3 c & f) that pushed to the floor the air exiting the building due to the roof angle. This fact was found in the two cases demonstrating that regardless of the curtain and/or traps opening for air discharge, heat and gases will mainly spread horizontally, following the dominant exterior air currents. The 3D CFD model considered only 15 m downstream the poultry house where plume spreading was identified. For instance, in Case I dispersion was near the floor whereas in Case II, it occurred lifting of the plume as heat and gases moved away of the building.

In order to assess gas profiles, moisture concentration was computed after leaving the building. Figure 4 summarizes the two cases and also illustrates the profile of the

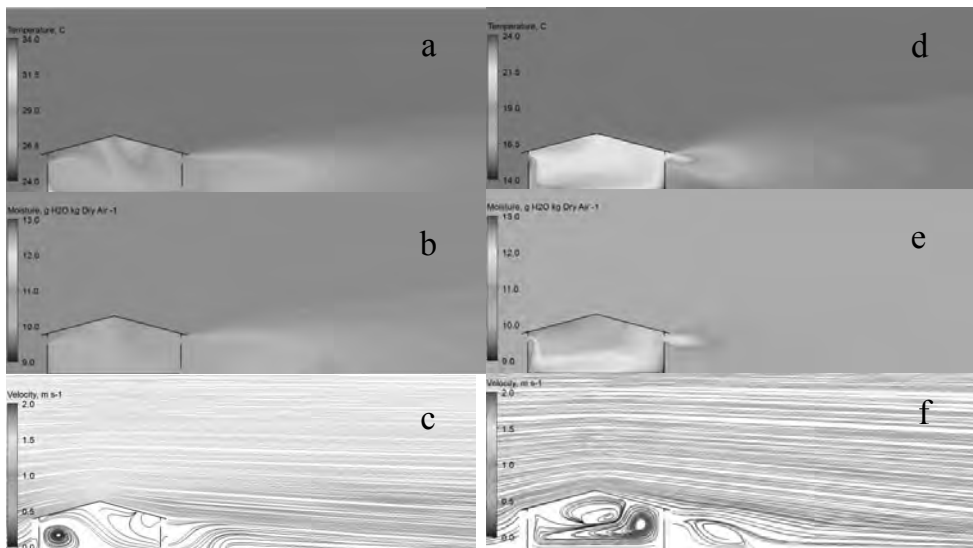


Fig. 3: CFD results for case I (a, b & c) at time 16:20 h (19/06/2014) and Case II (d, e and f) at time 23:20 h (05/06/2014); both cases with 100 % of the animals indoors. Predicted temperature (a and d) humidity (b and e) and stream lines, (c and f) of the two cases

Abb. 3: CFD -Ergebnisse für Fall I (a, b und c) zum Zeitpunkt 16:20 h (19/06/2014) und Fall II (d, e und f) zum Zeitpunkt 23:20 h (2014.05.06); in beiden Fällen mit 100 % der Tiere im Innenbereich. Vorhergesagte Temperatur (A und D), Luftfeuchtigkeit (B und E) und Stromleitungen (c und f) für beide Fälle

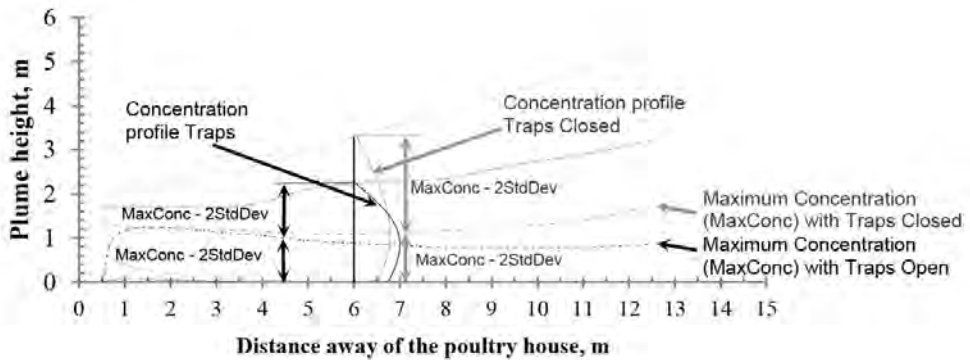


Fig. 4: Estimated gas dispersion for traps open and closed

Abb. 4: Geschätzte Gasdispersion für offene und geschlossene Fallen

dimensionless concentration expected at 6 m away of the building. The plume development was identified over the same vertical plane illustrated in Figure 1a (lines B, C and D). According to Figure 4 opened traps incremented the concentration at the bottom part and plume rising did not happen, but closed traps had a profile concentration with a tendency to rise.

4 Conclusions

1. A 3D CFD model of a naturally ventilated poultry house was validated with spatio-temporal experimental data under two contrasting operating conditions: traps opened (Case I) and closed (Case II).
2. Natural ventilation assisted in the discharge of heat and moisture and moisture profile was considered to analyse plume development.
3. Estimated plume development/spreading of the two cases was identified downstream the poultry house.

Literature

- Ansyes (2014): Ansyes User's Guide. Canonsburg, Pa.
- Bjerg, B.; Cascone, G.; Lee, I.-B.; Bartzanas, T.; Norton, T.; Hong, S.-W.; Seo, I.-H.; Banhazi, T.; Liberati, P.; Marucci, A.; Zhang G. (2013): Emissions from naturally ventilated livestock buildings Review Modelling of ammonia emissions from naturally ventilated livestock buildings. Part 3 : CFD. Biosystems Eng. 116(3), pp. 259–275
- CIGR (2002): Heat and Moisture Production at Animal and House Level. In: Pedersen, S.; Sallvik, K. (Eds.): 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Horsens, Denmark
- Meda, B. (2011): Une approche dynamique des flux d'éléments et d'énergie des ateliers de production avicole avec ou sans parours: Conception et Application du Modèle MOL-DAVI. Agrocampus Ouest, Rennes, France
- Richards, P.J.; Hoxey, R.P. (1993): Appropriate boundary conditions for computational wind engineering models using the k- ϵ turbulence model. J of Wind Eng and Industrial Aerodynamics 47, pp. 145–153
- Rojano, F.; Bournet, P.-E.; Robin, P.; Hassouna, M.; Choi, C.Y.; Kacira, M. (2014): Test of two different schemes through CFD to include heat and mass transfer induced by animals inside a broiler house. Int. Conf. of AgEng, Zurich, Switzerland, July 6–10

Determine the flow characteristics of naturally ventilated dairy barns to optimize barn climate

Bestimmung der Durchströmungscharakteristik frei gelüfteter Milchviehställe zur Optimierung des Stallklimas

SABRINA HEMPEL¹, LINA WIEDEMANN¹, CHRISTIAN AMMON¹, MERIKE FIEDLER¹, CHAYAN SAHA^{1,2}, DAVID JANKE¹, CHRISTIANE LOEBSIN³, JOST FISCHER⁴, BARBARA AMON¹, GUNDULA HOFFMANN¹, CHRISTOPH MENZ⁵, GUOQIANG ZHANG⁶, ILAN HALACHMI⁷, AGUSTIN DEL PRADO⁸, FERNANDO ESTELLES⁹, WERNER BERG¹, REINER BRUNSCH¹, THOMAS AMON¹

¹ Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany; shempel@atb-potsdam.de

² Bangladesh Agricultural University, Mymensingh-2202, Bangladesh

³ State Institute for Agriculture and Fishery Mecklenburg Vorpommern (LFA-MV), Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf, Germany

⁴ University Hamburg, Neue Rabenstr. 13, 20354 Hamburg, Germany

⁵ Potsdam institute for climate impact research (PIK), Telegraphenberg A31, 14473 Potsdam, Germany

⁶ Aarhus University, Inge Lehmanns Gade 10, 8000 Aarhus, Denmark

⁷ Agricultural Research Organization (ARO), Volcani Center, PO Box 6, Bet Dagan 50250, Israel

⁸ Basque Centre For Climate Change (BC3), Alameda Urquijo, 4, 4^o-1^o, 48008 Bilbao, Spain

⁹ Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain

Keywords: flow pattern, air exchange, barn climate, modeling

Schlüsselwörter: Strömungsmuster, Luftwechsel, Stallklima, Modellierung

Summary

Emissions and climate of naturally ventilated dairy barns depend directly on external weather conditions and are highly variable in space and time.

We model the complex flow patterns numerically and physically. The results of model simulations and on-farm data are mutually validated. In the framework of the FACCE-ERA-Net project OptiBarn regional sustainable environmental and animal friendly adaptation strategies facing climate change will be developed.

Zusammenfassung

Bei Tierhaltungssystemen mit freier Lüftung hängen Stallklima und Emissionen direkt von den äußeren Wetterbedingungen ab und sind räumlich und zeitlich hoch variabel.

Wir modellieren diese komplexen Strömungsmuster numerisch und physikalisch. Die Ergebnisse von Modellsimulationen und Stallmessungen werden wechselseitig validiert. Im Rahmen des FACCE-ERA-Net-Projektes OptiBarn werden regionale, nachhaltige umwelt- und tiergerechte Anpassungsstrategien für die Milchviehhaltung im Hinblick auf den erwarteten Klimawandel entwickelt.

1 Introduction

Modern sustainable livestock husbandry must be environmental- and animal-friendly. Energy-efficient systems with natural ventilation, as common for dairy cattle, are sophisticated for academic description and particularly vulnerable to climate change, since barn climate and emissions are directly dependent on the weather conditions. Extreme weather events and variability in outdoor climate parameters like temperature, humidity or wind, for example, will be directly reflected in the barn climate (FIEDLER et al. 2013, SAHA et al. 2013). Without sound adaptation strategies climate, change will lead to suboptimal conditions for animals.

The barn climate affects animal welfare and is also affected by the animals themselves (SHOSHANI and HETZRONI 2013). By estimating the climatic boundary conditions, the resulting airflow characteristics and the animals' responses, the FACCE-ERA-Net project OptiBarn will propose sound technical and management options to improve indoor climate control (WU et al. 2012, HALACHMI 2004, DEL PRADO et al. 2011). The project comes up with numerical models to describe the characteristics of selected barns for typical boundary conditions. In the framework of a three-column-concept numerical simulations are mutually validated with physical models in a boundary layer wind tunnel and on-farm data from case study measurements (FIEDLER et al. 2014). Only by combining different methodologies, the complex airflow characteristics inside and outside of naturally ventilated barns can be mapped to determine air exchange rates with sufficient accuracy. This is crucial to characterize barn climate and emissions. The results support the development of adapted ventilation and design concepts. OptiBarn assesses technical optimization approaches for the barn climate, the interaction with the animals, and economic and environmental impacts of adaption options. One key aspect will be the estimation of uncertainty in the projections.

Here we show first results of the airflow modeling and measurements in Northern Germany as well as conclusions on adaptation needs.

2 Material and methods

2.1 Numerical modeling

Computational fluid dynamics (CFD) simulations permit a high resolution while design modifications, thermo induced effects and nonstationary boundary conditions can be studied. The impacts of different boundary conditions were investigated with the open CFD software OpenFoam 2.3.0 in a quasi-2-D simulation. A modeling domain of 300 m x 1m x 90 m (L x W x H) with an average mesh width of 30 cm was chosen. The roof of the barn was modeled while side walls were considered totally open. A large eddy simulation (LES) with reference wind speed of 6.25 m/s at 90 m and a logarithmic wind profile with roughness length 0.01 m was used to draw general conclusions on the airflow patterns (FIEDLER et al. 2014). In addition, 3-D simulations of the scale model were conducted using the commercial software ANSYS CFX 14.5 with a Reynolds averaged Navier-Stokes (RANS) simulation, reference wind speed 8.17 m/s at 0.09 m height

and turbulence intensity 5 %. The computational domain was 5.06 m x 6.06 m x 2.03 m. The barn geometry was mapped in detail.

2.2 Physical modeling

In the large boundary layer wind tunnel (20 m x 3 m x 2.3 m) at ATB the flow of a barn model of 1:100 (dimensions 0.962 m x 0.342 m x 0.107 m) was investigated, hereafter referred as “scale model”. Laser light section was used for flow visualization. Quantitative air velocity measurements with 1 Hz temporal resolution were carried out with a 2-D laser Doppler anemometer (LDA) from Dantec Dynamics (Skovlunde, DK). The obtained data is spatially and temporally high resolved, statistically representative and completely 3-D eddy-resolving with controlled boundary conditions similar to the atmospheric boundary layer close to the barn (FIEDLER et al. 2014). A reference wind speed $v > 1$ m/s was chosen to assure operation in the turbulent regime.

2.3 On-farm data

Long-term experiments were carried out at a commercial dairy building, located in Northeast Germany. The building is 96.15 m x 34.2 m x 4.2 m at the sides and up to 10.7 m height at the gable peak with an internal volume of 25.499 m³ (70 m³ per animal, loose housing with free stalls). The dairy building with a sheet metal roof was naturally ventilated by air introduced through adjustable curtains in the sidewalls (which are protected by nets), space boards in one gable wall at the western side, and open doors in both gable walls. The long side wall of the barn is facing the prevailing wind direction. Relevant parameters of barn climate were monitored at different locations inside the building: Ultrasonic anemometers from Gill Instruments (Lymington, UK) recorded profiles of the airflow with 1 Hz sampling frequency (cf. Fig. 1 for positions). In addition, temperature and relative humidity were recorded every 10 minutes with TH data loggers from Comark Instruments (Beaverton, USA) at the positions a, L, B and D.

2.4 Temperature-Humidity-Index (THI)

The THI accounts for the combined effects of environmental temperature and relative humidity and assesses the risk of heat stress. Here, THI is estimated as based on the CIGR 2006 definition where T refers to air temperature in °C and H refers to the relative humidity in percentage (CIGR 2006).

3 Results and discussion

Long-term measurements in Germany indicate that even for highly symmetric buildings the spatial patterns of airflow are very heterogeneous (cf. Fig. 1) and the flow is turbulent. The detailed airflow patterns are significantly influenced by the size and position of openings (cf. Fig. 2 a and b) and by the outdoor climate, in particular the incoming wind (SAHA et al. 2013). On going numerical studies show, depending on the temperature gradients, also an impact of natural convection on the main flow patterns. Hence, statements about airflow characteristics must be restricted to defined boundary conditions. The measurements indicate that for a typical, nearly orthogonal inflow of the barn

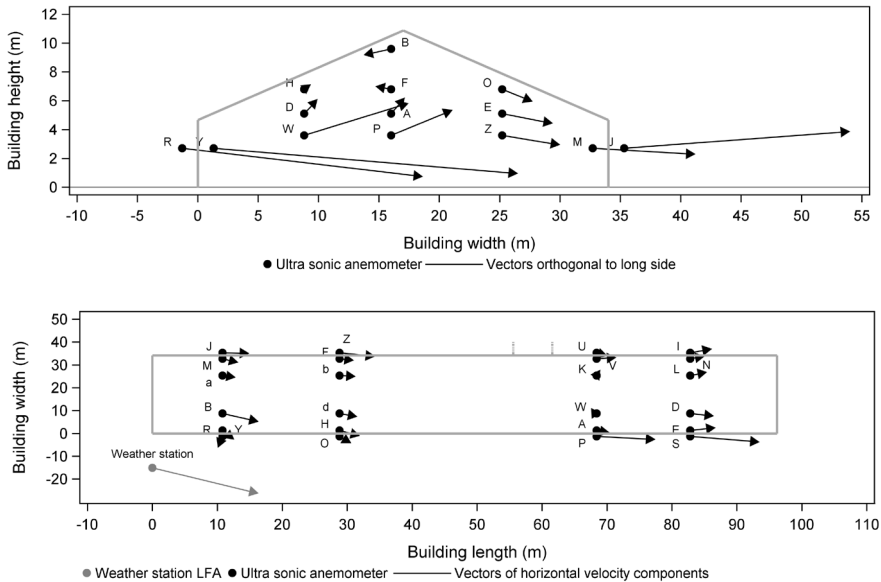


Fig. 1: Vector field of a vertical (top – April 2014) and a horizontal (bottom – August 2014) wind profile measured with ultrasonic anemometers during orthogonal inflow. Averages of one hour are shown. All vectors are scaled by factor 10.

Abb. 1: Vektorfeld eines vertikalen (oben – April 2014) und eines horizontalen (unten – August 2014) Windprofils gemessen mit Ultraschallanemometern bei orthogonaler Anströmung. Gezeigt sind Stundenmittel. Alle Vektoren um Faktor 10 verlängert.

under study with open sidewalls a meandering main flow occurs where the front half of the barn experiences much higher wind speed in the animal occupied zone than the back half. At the same time we observed a backflow of air close to the roof top (Fig. 1).

The generic pattern is reproduced in the wind tunnel and in different numerical simulations (cf. Fig. 2). In addition, the modeling permits to display the airflow pattern with much higher spatial and temporal resolution. It turned out that there is a large eddy structure below the roof which is responsible for the recirculation. A jet effect at the inlet of the barn yields high wind speed in the lower front half of the barn.

How pronounced the pattern is, depends on the boundary conditions. Crucial parameters are, for example, the turbulence of the inflow, determined by buildings and vegetation surrounding the barn, and the size of side wall openings in wind direction (SAHA et al. 2013). The general pattern, however, persists as illustrated in Figure 2. Hence, cattle in the front half of the barn may experience large wind chill while those in the back half of the barn may have poor thermal condition due to very low wind speeds on hot days.

This is of particular interest since climate projections indicate that barns will have to buffer more weather extremes and hot periods in the future. The THI measurements revealed that alarming up to dangerous heat stress occurs even today under moderate climate conditions. In 2013 about 1 % of the August measurements were alarming and 0.2 % even dangerous (cf. Fig. 3). Year-to-year variability is, however, large. In 2014, for example, no alarming measurements

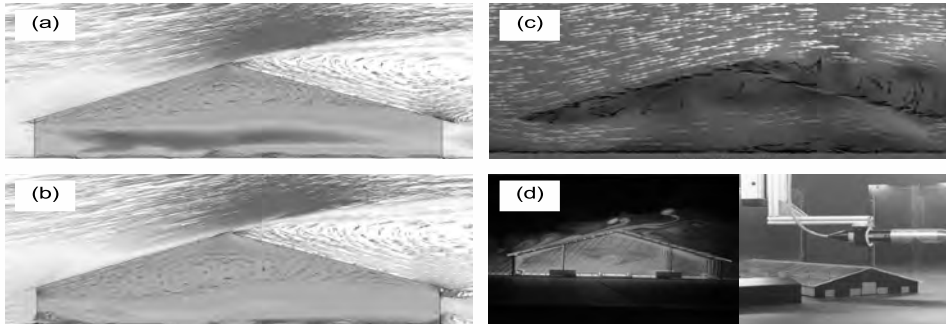


Fig. 2: (a) Schematic picture based on a RANS simulation of the scale model with open side walls. The arrow density is a measure of wind speed – here between 0 m/s and 8 m/s. (b) Analogue to 2(a), but only the middle parts of the side walls were open. (c) Average airflow pattern through the real barn with open side walls based on a LES run. The arrow density indicates wind speed between 0 and 10 m/s. (d) The scale model is shown in the wind tunnel during laser light section (left) and LDA measurements (right).

Abb. 2: (a) Schematisches Bild basierend auf einer RANS-Simulation des Skalenmodells mit offenen Seitenwänden. Die Pfeildichte ist ein Maß für die Windgeschwindigkeit – hier zwischen 0 m/s und 8 m/s. (b) Analog zu Abbildung 2(a), aber nur die mittleren Teile der Seitenwände waren geöffnet. (c) Mittleres Strömungsmuster im realen Stall mit offenen Seiten basierend auf einer LES-Rechnung. Die Pfeildichte gibt Windgeschwindigkeiten zwischen 0 m/s und 10 m/s an. (d) Das Skalenmodell im Windkanal ist während eines Laserlichtschnitts (links) und LDA-Messungen (rechts) gezeigt.

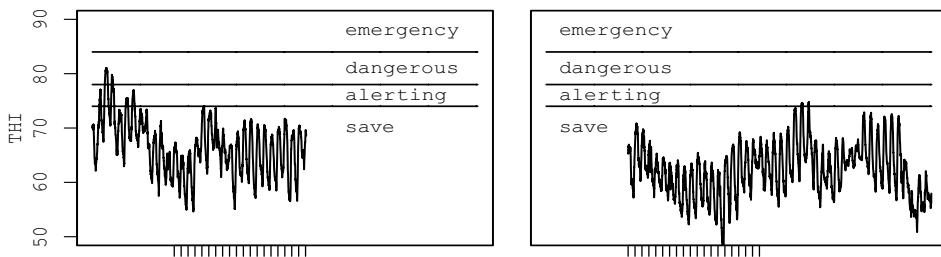


Fig. 3: Temperature-humidity-index (THI) averaged over four test points in the barn

Abb. 3: Temperatur-Feuchte-Index (THI) gemittelt über vier Messstellen im Stall

were recorded in the same period (Fig. 3). Hence, smart climatization concepts are required which react to the outdoor conditions and consider the individual animal.

4 Conclusion and outlook

Spatial patterns of airflow are very heterogeneous and highly non stationary. They are reflected in temperature and humidity fields and are crucial to characterize the barn climate. The main flow is affected by the ever changing climatic boundary conditions and convection caused by the sensible heat of the animals. Numerical and physical modeling combined with on-farm data renders a better understanding of the complex flow patterns.

For the geometry and boundary conditions studied in this example, particularly the back half of the barn needs additional ventilation. More comprehensive numerical models will be included in follow-up studies to quantify the influence of barn geometry and thermo induced convection under different atmospheric boundary conditions. In the OptiBarn project, ongoing measurements in Germany will be complemented with similar measurements in Spain and Israel to identify generic airflow patterns for different boundary conditions, to transfer the adaptation techniques, and to define a more sophisticated heat load index. Climate conditions, individual animal responses, and management options will be included in the modeling process to support the development of smart climatization concepts.

Literature

- Fiedler, M.; Berg, W.; Ammon, C.; Loebstin, C.; Sanftleben, P.; Samer, M.; von Bobrutzki, K.; Kiwan, A.; Saha, C. K. (2013): Air velocity measurements using ultrasonic anemometers in the animal zone of a naturally ventilated dairy barn. *Biosystems Engineering*, 116, 3, 276-285
- Saha, C.K.; Ammon, C.; Berg, W.; Loebstin, C.; Fiedler, M.; Brunsch, R.; von Bobrutzki, K. (2013): The effect of external wind speed and direction on sampling point concentrations, air change rate and emissions from a naturally ventilated dairy building. *Biosystems Engineering*, 114, 3, 267-278
- Shoshani, E.; Hetzroni, A. (2013): Optimal barn characteristics for high-yielding Holstein cows as derived by a new heat-stress model. *Animal*, 7, 01, 176-182
- Wu, W.; Zhang, G.; Bjerg, B.; Nielsen, P.V. (2012): An assessment of a partial pit ventilation system to reduce emission under slatted floor - Part 2: Feasibility of CFD prediction using RANS turbulence models. *Computer and Electronics in Agriculture*, 83, 134-142
- Halachmi, I. (2004): Designing the automatic milking farm in a hot climate. *Journal of dairy science*, 87, 3, 764-775
- del Prado, A.; Misselbrook, T.; Chadwick, D.; Hopkins, A.; Dewhurst, R. J.; Davison, P.; Buttler, A.; Schröder, J.; Scholefield, D. (2011): SIMSDAIRY: a modelling framework to identify sustainable dairy farms in the UK. Framework description and test for organic systems and N fertiliser optimisation. *Science of the Total Environment*, 409, 19, 3993-4009
- Fiedler, M.; Fischer, J.; Hempel, S.; Saha, C. K.; Loebstin, C.; Berg, W.; Amon, B.; Brunsch, R.; Amon, T. (2014): Flow fields within a dairy barn – Measurements, physical modeling and numerical simulation, *Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering*, Zurich 2014, 1-8
- CIGR (2006): Animal housing in hot climates. Working group report, Irenilza, 1-105

Nutzung von Synergieeffekten in der Abluftreinigung durch Integration eines Luft-Luft-Wärmetauschers

Utilization of synergy effects in exhaust air treatment by integration of an air-to-air heat exchanger

MANUEL S. KROMMWEH, WOLFGANG BÜSCHER

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

Schlüsselwörter: Abluftreinigung, Wärmerückgewinnung, Rieselbettreaktor, Emissionen, Lüftung
Keywords: exhaust air treatment, heat recovery, trickle-bed reactor, emissions, ventilation

Zusammenfassung

Die Abluftreinigung gewinnt in der Nutztierhaltung zunehmend an Bedeutung, wobei u.a. die Technik der Biorieselbettreaktoren (Biowäscher) zum Einsatz kommt. Dadurch werden Emissionen aus Stallanlagen vermindert, indem Staub, Ammoniak und Geruch aus der Stallluft abgeschieden werden. Das Institut für Landtechnik der Universität Bonn entwickelt derzeit in Kooperation mit der Industrie eine Anlagentechnologie, bei der Abluftreinigung und Wärmerückgewinnung in einer Verfahrensstufe kombiniert werden sollen, um damit Synergieeffekte zu nutzen (Wärmerückgewinnung, Abluftreinigung, Kostenreduzierung). Dazu wurde ein Prüfstand konstruiert.

Der Temperaturänderungsgrad der Prüfstanduntersuchungen befindet sich in Abhängigkeit der Versuchsvariante und der Luftvolumenströme zwischen 0,30 und 0,48.

Summary

In livestock management, exhaust air treatment is gaining increasingly in importance where among others the technology of biological trickle-bed reactor (bioscrubber) is used. Thereby, emissions from animal housing systems are reduced by separating dust, ammonia and odour. In collaboration with an industrial partner, the Institute of Agricultural Engineering is developing a new plant technology: Exhaust air treatment and heat recovery shall be combined in one process stage to utilize synergy effects (heat recovery, exhaust air treatment, cost reduction). For this a test bench was designed.

Depending on the experimental variant as well as the air flow rate, the temperature differential (temperature efficiency) of the test bench is in-between 0.30 and 0.48.

1 Einleitung

Die landwirtschaftliche Nutztierhaltung hat sich in den letzten Jahren zunehmend mit energetischen und umwelttechnischen Fragestellungen auseinanderzusetzen. Die Wärmeverluste eines zwangsbelüfteten, wärme gedämmten Stallgebäudes im Winter werden zu 70 % bis 90 % durch die Lüftung verursacht (LINDLEY und WHITAKER 1996). Zur Minimierung dieser Wärmeverluste hat sich der Einsatz wärmerückgewinnender und zuluftkonditionierender Techniken (z.B. Luft-Luft-Wärmetauscher, Erdwärmetauscher) bewährt, durch die eine Einsparung an Energie- und Heizkosten erzielt werden kann (RÖSMANN 2012). Darüber hinaus haben Erdwärmetauschersysteme im Sommer zusätzlich einen positiven Einfluss auf das Stallklima, indem die warme Außenluft gekühlt und damit Hitzestress reduziert werden kann (VAN CAENEGEM 2008, KROMMWEH et al. 2014).

Die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen an Tierhaltungsanlagen des Landes Nordrhein-Westfalen sind zuletzt durch den sogenannten Filtererlass angehoben worden, indem u. a. die Abluftreinigung für Schweinehaltungsanlagen zum Stand der Technik erklärt wurde (MKULNV 2013). Infolgedessen müssen in Zukunft alle nach der Bundes-Immissionsschutzverordnung genehmigungspflichtigen Schweinehaltungsanlagen mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet werden. Dieser Erlass wird derzeit interdisziplinär kontrovers diskutiert, wobei vor allem die für den Landwirt zusätzlich entstehenden Kosten durch Bau und Einsatz von Abluftreinigungsanlagen thematisiert werden.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes, welches vom Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn in Kooperation mit der Firma Schönhammer Wärmetauscher und Lüftungstechnik durchgeführt wird, soll eine neue einstufige Anlagentechnologie zur Reduzierung von Emissionen bei gleichzeitiger Wärmeübertragung von Ab- auf die Zuluft entwickelt werden. Dabei wird die Technik der Abluftreinigung (Rieselbettreaktor) mit derjenigen der Wärmerückgewinnung (Luft-Luft-Wärmetauscher) in einem System kombiniert, um somit mögliche Synergieeffekte schaffen und nutzen zu können:

- Rückgewinnung von thermischer Energie durch Übertragung auf die Zuluft zur Einsparung von Heizenergie im Stall, Schonung fossiler Energieträger und Verbesserung des Stallklimas (Raumluftqualität) durch höhere Luftraten (RÖSMANN 2012, KROMMWEH et al. 2014);
- Reinigung der Abluft von Staub, Ammoniak und Geruch (gemäß den aktuellen Prüfanforderungen der DLG) im Sinne des Umwelt- und Anwohnerschutzes;
- Minderung der Gesamtkosten für die Abluftreinigung durch Einsparung von Heizkosten zur Akzeptanzsteigerung der oftmals unvermeidlichen Abluftreinigungstechnik.

Die Entwicklungsidee des sogenannten Tauschwäschers ist durch die Firma Schönhammer patentrechtlich geschützt (Patent No. EP1815902, 20.09.2007).

2 Material und Methode

Das Institut für Landtechnik hat einen Tauschwäscher-Prüfstand entwickelt (Abb. 1), an dem derzeit die Kombination von Rieselbettreaktor und Luft-Luft-Wärmetauscher in kleintechnischem Maßstab untersucht wird. Die Grundfläche des Prüfstands beträgt $1,44 \text{ m}^2$. Während die Abluft vertikal von unten nach oben durch die Anlage geführt wird, gelangt die Frischluft horizontal durch das Wärmetauschelement in das Gebäudeinnere. Das Wärmetauschelement ($1.200 \text{ mm} \times 1.200 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$) ist aus Polystyrol gefertigt; der Lamellenabstand beträgt 20 mm . Die handelsüblichen Kreuzstruktur-Füllkörper (Polypropylen) verfügen über eine spezielle Füllkörperoberfläche von $150 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$ und sind dreilagig im Prüfstand geschichtet (900 mm Höhe). Das Waschwasser zirkuliert bei einer Berieselungsdichte von $2.700 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ innerhalb des Prüfstands. Die verdunstungsbedingten Wasserverluste werden manuell nachgefüllt. Zu- und Abluft werden jeweils durch einen baugleichen Ventilator gefördert.

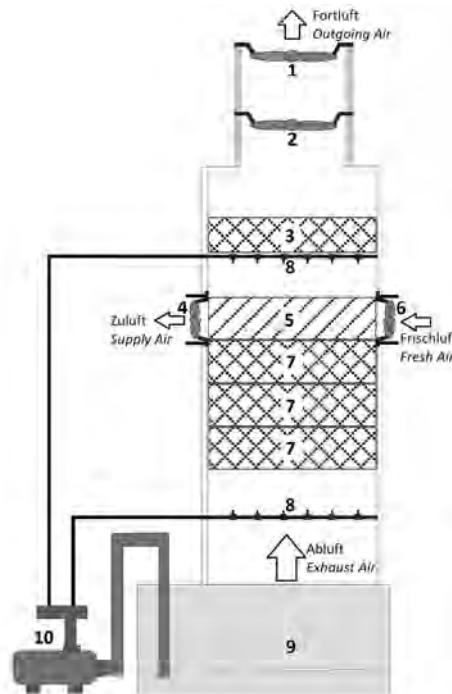


Abb. 1: Funktionsskizze des Tauschwäscher-Prüfstands; Versuchsvariante 2 (SCHÖNHAMMER 2015, verändert). 1: Abluftventilator; 2: Messventilator Abluft; 3: Tropfenabscheider; 4: Zuluftventilator; 5: Wärmetauschelement; 6: Messventilator Zuluft; 7: Füllkörper; 8: Düsenstock; 9: Waschwasserbecken; 10: Umwälzpumpe

Fig. 1: Schematic sketch of exchange-washer test bench; experimental variant 2 (based on SCHÖNHAMMER 2015). 1: exhaust fan; 2: exhaust air measuring fan; 3: droplet separator; 4: supply air fan; 5: heat exchanger; 6: supply air measuring fan; 7: filling material; 8: liquid distributor; 9: washing water tank; 10: circulation pump

Im Vordergrund dieser Untersuchung steht der Einfluss des Waschwassers auf die Ablufttemperatur sowie die Frage der optimalen Positionierung des Wärmetauschelements innerhalb des Rieselbettreaktors. Dazu werden aktuell drei unterschiedliche Einbausituationen untersucht (Komponentenanordnung von unten nach oben):

Variante 1: Düsenstock, Füllkörper, Düsenstock, Wärmetauscher, Tropfenabscheider

Variante 2: Düsenstock, Füllkörper, Wärmetauscher, Düsenstock, Tropfenabscheider

Variante 3: Düsenstock, Wärmetauscher, Füllkörper, Düsenstock, Tropfenabscheider

Während der Prüfstandmessungen werden folgende Messgrößen in einem Messintervall von 30 Sekunden erfasst:

- Luftvolumenstrom von Zu- und Abluft mittels saugseitig installierter und kalibrierter Messventilatoren (Firma REVENTA® GmbH & Co. KG), die mit ALMEMO®-Datenloggern (Firma AHLBORN Mess- und Regeltechnik GmbH) gekoppelt sind;
- Temperatur und Luftfeuchtigkeit von Frisch-, Zu-, und Abluft mittels Temperatursensoren und Datenloggern der Firma AHLBORN;
- Waschwasserverbrauch durch manuelles Auslitern.

Parallel zu den Prüfstandmessungen wurde eine Versuchsanlage auf einem landwirtschaftlichen Betrieb errichtet, um die Praxistauglichkeit des Tauschwäschers zu erforschen. Bei dem Stallgebäude handelt es sich um einen zwangsbelüfteten, wärmedämmten Schweinemaststall für 960 Tiere mit zentraler Unterflurabsaugung. Die DLG-zertifizierte Rieselbettreaktortechnologie der Firma RIMU wurde hier mit einem speziell angefertigten Wärmetauschmodul kombiniert. An dieser Versuchsanlage können ebenfalls alle drei o.g. Kombinationsvarianten in praxi getestet werden. Neben den energetischen Fragestellungen soll dort in verschiedenen Tagesmessungen auch die Abscheideleistung von Staub, Ammoniak und Geruch ermittelt werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse der Prüfstandmessungen lassen eine Rückgewinnung thermischer Energie durch Übertragung von der warmen Abluft auf die kühlere Frischluft erkennen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich – sofern nicht anders angegeben – auf Versuchsvariante 3. Abbildung 2 stellt beispielhaft den Temperaturverlauf einer Übernachtmessung am Prüfstand bei einer Ventilatorleistung von 20 % dar ($\bar{x}_{\text{Luftvolumenstrom Zuluft}} = 534 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$; $\bar{x}_{\text{Luftvolumenstrom Abluft}} = 739 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$). Die Abluft kühlte sich durch Passage der Anlage von durchschnittlich 17,4 °C auf mittlere 11,1 °C ab. Ein Teil der Wärmeenergie wurde auf die Zuluft übertragen, die im Mittel um 6,0 K erwärmt worden ist; der andere Teil der Energie wird durch das Waschwasser entzogen. Die durchschnittliche Heizleistung ($\dot{Q}$) dieser Messung lag bei 1,1 kW ($\dot{Q}_{\text{max}} = 1,3 \text{ kW}$). Eine weitere Messung (Versuchsvariante 3; Zu- und Abluftventilatoren unter Volllast) lässt bei einer Frischlufttemperatur von 4,4 °C eine durchschnittliche Heizleistung von 3,3 kW ($\dot{Q}_{\text{max}} = 4,1 \text{ kW}$) erkennen. Die beobachtete Heizleistung ist in Anbetracht der Dimensionierung des Wärmetauschers durchaus positiv zu bewerten. Eine entsprechende Vergrößerung des Wärmetauschelements könnte zu deutlich höheren Leistungen führen, wobei die

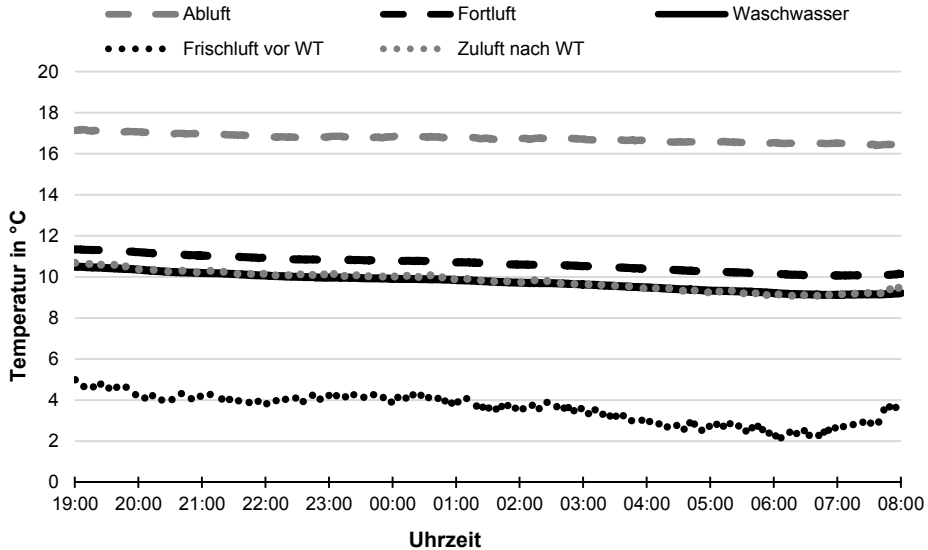


Abb. 2: Temperaturverlauf Tauschwäscher-Prüfstandmessung vom 05./06.01.2015; Versuchsvariante 3; 20 % Ventilatorleistung

Fig. 2: Temperature profile exchange-washer test bench measurement, 5th/6th January 2015; experimental variant 3; fan performance 20 %

Heizleistung eines Wärmetauschers naturgemäß von der Frischlufttemperatur (Außentemperatur) sowie dem jeweiligen Luftdurchsatz (zu- und abluftseitig) abhängig ist: Mit sinkenden Außentemperaturen wird bei gleicher Innentemperatur ein höherer Anwärmeffekt (und damit eine höhere Heizleistung) erwartet (RÖSMANN 2012). Beim Tauschwäscher scheint bezüglich des Anwärmeffektes eine gewisse Einschränkung gegeben zu sein, die in Abbildung 2 erkennbar wird: Die Zulufttemperatur entspricht in etwa der Temperatur des Waschwassers, d.h. die Frischluft wird nur bis zum Temperaturniveau des Waschwasser erwärmt.

Nach derzeitigem Auswertungsstand ist noch keine fundierte Aussage darüber zu treffen, welche der drei Versuchsvarianten die vorteilhafteste Positionierung des Wärmetauschelements beinhaltet. Die Abluftreinigungsleistung des Tauschwäschers ist nicht Bestandteil der Prüfstandmessungen in Bonn, da dort nur unbelastete Hallenluft zur Verfügung steht. Die laufenden Praxismessungen werden darüber Auskunft geben. Grundsätzlich wird jedoch nicht erwartet, dass sich durch die Kombination eine verminderte Abscheideleistung eines zertifizierten Rieselbettreaktors ergibt.

Literatur

- Krommweh, M.S.; Rösmann, P.; Büscher, W. (2014): Investigation of heating and cooling potential of a modular housing system for fattening pigs with integrated geothermal heat exchanger. *Biosystems Engineering* 121, S. 118-129
- Lindley, J.A.; Whitaker, J.H. (1996): *Agricultural Buildings and Structures*. Society for engineering in agricultural, food, and biological systems, St. Joseph, MI, pp. 347-356
- MKULNV (2013): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen. Erlass des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 19. Februar 2013
- Rösmann, P. (2012): Heizen und Kühlen in Tierställen mit regenerativen Energiequellen. Dissertation. Institut für Landtechnik, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. VDI-MEG-Schrift 509
- Schönhammer (2015): Prüfstandskizze. Fa. Schönhammer Wärmetauscher und Lüftungstechnik GmbH, Mengkofen
- Van Caenegem, L. (2008): Energieeffizienz in Abferkelställen durch Erdwärmenutzung. In: *Energieeffiziente Landwirtschaft*, KTBL-Schrift 463, KTBL, Darmstadt, S. 162-172

Förderungshinweis

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird in Kooperation mit dem Industriepartner Schönhammer Wärmetauscher und Lüftungstechnik GmbH, Mengkofen durchgeführt. Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 28-1-75.011-11).

Analysis of the dynamics of heat and mass transfer in a naturally ventilated poultry house using CFD

Analyse der Dynamik von Wärme- und Stoffübertragung in einer natürlich belüfteten Stall mit CFD

FERNANDO ROJANO¹, PIERRE-EMMANUEL BOURNET¹, PAUL ROBIN²,
MELYNDA HASSOUNA², CHRISTOPHER Y. CHOI³, MURAT KACIRA⁴

¹ EPHor Lab. Agrocampus-Ouest 2, Rue Le Notre, 49000 Angers, France; rojanoag@agrocampus-ouest.fr

² SAS Lab. INRA 65 Rue de Saint-Brieuc 35042 Rennes, France

³ Biological Systems Engineering, University of Wisconsin. Madison, WI 53706 USA.

⁴ Agricultural and Biosystems Engineering, The University of Arizona. Tucson, AZ 85721 USA.

Keywords: livestock building, climate modelling, animal heat generation

Schlüsselwörter: Stallgebäude, Klimamodellierung, Tierwärmeerzeugung

Summary

A 2D CFD model was developed to simulate interior climate of a poultry house. To validate the CFD model, an experiment was conducted in West of France during spring 2014. Two cases were evaluated: Case I and II at the early (19th day) and late (69th day) stage of production, respectively. For Case II, the CFD model evaluated three different densities of animals (33 %, 66 % and 100 % of the 10 hens m⁻²). This work was focused on the temperature and humidity gradients, and then, estimate sensible and latent heat losses. With respect to Case I, the model predicted 10.6 air changes per hour (± 0.45 standard deviation) and also estimated that sensible and latent heat losses of 76 % and 24 %, respectively. With respect to Case II, the model predicted 25.2 air changes per hour (± 2.6 standard deviation) and estimated sensible and latent heat losses approximately of 64 % and 36 %, respectively.

Zusammenfassung

Um das Raumklima eines Geflügelstalls zu simulieren, wurde ein 2-D-CFD-Modell entwickelt. Für die Validierung des CFD-Modells wurde ein Versuch im Frühjahr 2014 in Westfrankreich durchgeführt. Zwei Versuchsszenarien wurden dabei evaluiert: in der frühen (19. Tag) und der späten (69. Tag) Produktionsstufe. Im Fall II (späte Produktionsstufe) wurden zusätzlich drei unterschiedliche Besatzdichten (33 %, 66 % und 100 % der 10 m⁻² untersucht. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf dem Verlauf der Temperatur und der Luftfeuchte und demzufolge dem sensiblen und latenten Wärmeverlust. Im Fall I wurden mit dem Modell 10,6 Luftwechsel pro Stunde ($\pm 0,45$ Standardabweichung) mit geschätzten 76 % sensiblen bzw. 24 % latenten Wärmeverlusten vorhergesagt. Im Fall II hingegen 25,2 Luftwechsel pro Stunde ($\pm 2,6$ Standardabweichung) mit geschätzten 64 % sensiblen bzw. 36 % latenten Wärmeverlusten.

1 Introduction

Poultry house climate conditions can be studied using modelling techniques that handle the dynamics of heat and mass transport phenomena. The availability of such techniques based on numerical solutions such as Computational Fluid Dynamics (CFD), makes it possible to replicate the micro-climate of a defined domain and also the heat and mass (i.e. humidity) sources interacting with natural ventilation. The CFD model can be enhanced by incorporating the governing equations that describe the animals, heaters and rearing system as the main contributors of sensible and latent heat in the poultry house. In this way, the present work investigates spatial and temporal variability of the indoor temperature and humidity under typical operating conditions of a poultry house. Experimental data was used to support the study's findings, specifically assisting in the validation of a 2D CFD model by means of the thermal and humidity gradients.

The CFD model was established by following a methodology developed by ROACHE (1994) to identify the appropriate mesh to apply to a domain defined accordingly to ROJANO et al. (2014). Subsequently, the model was used to validate the spatiotemporal variability of temperature and humidity. The research was focused on Case I at the beginning of the growing cycle in order to assess the influence of the heaters and animals under low ventilation rates; and a Case II at the end of the growing cycle in order to analyse the influence of three densities of animals under high ventilation rates and heaters turned off. Validation of the 2D CFD model through temperature and humidity served to predict the system's capacity to exchange sensible and latent heat by natural ventilation.

2 Materials and Methods

2.1 Experimental data

An 84-day cycle of organic production in a poultry house at the experimental station "Le Magneraud", located in France (46.15 N, -0.69 W), was selected for this study. All the walls and roof were composed of polystyrene (thickness: 4 cm and thermal conductivity: $0.05 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$); lateral curtains had maximum opening of 53 cm and composed of polyethylene (thickness: 0.5 mm and thermal conductivity: $0.33 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$). The building had two heaters uniformly distributed along the length, and each had a heating of 4.8 kW.

Wind direction and velocity, air temperature, relative humidity and solar radiation data were collected by a weather station (AWS310, Vaisala, France) placed 30 m away from the building. Inside the building, a vertical plane was established to monitor climate. The vertical plane was defined based on three lines (B, C and D) placed at 0.7 m, 1.4 m and 2 m from the floor. Along each axis, temperature ($\pm 0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) and relative humidity ($\pm 3 \text{ } \%$) were collected by a data logger (DL-101T USB, Voltcraft, France). Exterior climate data were filtered to retain only cases when the wind was blowing perpendicular to the ridgeline of the building (range $\pm 14.4^{\circ}$) which had an orientation of 22° NE. Two periods: Case I (19th day) and Case II (69th day) were chosen to be modelled according to the settings of Table 1 and input data shown in Figure 1b. An analysis of a two-dimensional cross-view plane was conducted that included a heater and a trap (Fig. 1a).

Tab. 1: Cases simulated in CFD

Tab. 1: Simulierte Versuchsszenarien im CFD-Modell

	Case I	Case II
Curtain opening	6 cm	30 cm
Traps	Closed	Open
Heater	On	Off
Density of hens	10 hens m ⁻²	Variable
Average outdoors temperature	16.3 °C	25.6 °C
Average floor indoors temperature	34 °C	24 °C
Average shortwave radiation	743 W m ⁻²	835 W m ⁻²
Average longwave radiation	199 W m ⁻²	243 W m ⁻²

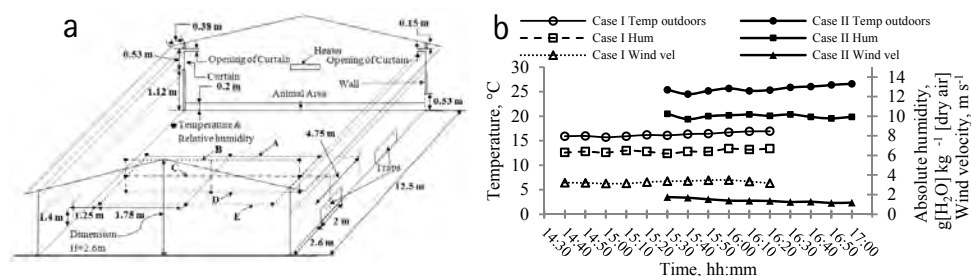


Fig. 1: a) Experimental setup and sensor location, b) input data

Abb. 1: a) Versuchsaufbau und Sensorstelle, b) Eingangsdaten

2.2 CFD Modelling

The ridge height (H) equal to 2.6 m was a reference dimension used to define the entire domain, which had a height and length of $7H$ and $12.3H$, respectively (being the poultry house placed $3H$ from the left side); other specifications are indicated in Figure 1a. The modelling followed a finite-volume approach with the Navier-Stokes equations by means of Reynolds-average method. Turbulence quantities relied on two additional equations to determine the kinetic energy k and dissipation rate ϵ . FLUENT of Ansys (2014) was used to find the numerical solutions using the turbulence k - ϵ realizable model as it proved to be consistent in various similar studies dedicated to livestock buildings (BJERG et al. 2013). The long- and short-waves were evaluated by means of the Discrete Ordinate Model (DOM) as the work of BOURNET et al. (2007) wherein accurate predictions were obtained.

The heat and water vapour emitted by the animals followed the CIGR (2002) equations, computing an empirical basal heat metabolism based on the weight of the animal, which was determined on a weight curve identified in the work of ROJANO et al. (2014). Additionally, the estimations of sensible and latent heat produced by the litter were based on experimental outcomes that established a correlation between total heat produced by the animal and that produced by the litter (MEDA 2011). This author found that the litter's heat generation would equal 10 % of the total heat produced by the animal, which can be split in sensible and latent heat producing 60 % and 40 % respectively.

The amount of heat of the heater was constant with by-products such as water vapour derived from propane. A perfect combustion that followed the stoichiometry equation estimated the sensible and latent heat with 677.6 W and 52.4 W, respectively.

The simulation was conducted under unsteady state conditions; however, the initial conditions were based on the outcomes of the steady state conditions by taking field measurements for Case I and II at 14:40 and 15:30, correspondingly (Fig. 1b) and remaining settings according to Table 1. The left side of the domain was set as the inlet (ventilation inlet) and the right side of the domain as the outlet (pressure outlet) with the same value as that of the operating conditions of 100.4 kPa. The top side of the domain was set as a wall with slip conditions. The indoor floor was set with a constant temperature observed in field measurements and outdoor floor was set as adiabatic. All the walls were treated as “enhanced wall treatment” according to FLUENT (2014) in order to improve calculations pertaining the thermal and convective boundary layer. The simulation considered incompressible ideal gas and influence of buoyancy. The wind profile, kinetic energy and turbulence energy dissipation were calculated based on the equations recommended by RICHARDS and HOXEY (1993).

3 Results

An acceptable grid of 185220 cells was found by following the methodology of ROACHE (1994) with higher density of cells imposed close to the wall. The DOM was set with 15 iterations of the energy equation and the number of angles equal to 7. The incident solar rays angle, to be set as a boundary condition in the top, was found by using the coordinates of the poultry house and time. Heat flux due to longwave was estimated based on the outdoor temperature and emissivity equal to 0.64. FLUENT (2014) found the numerical solution by following the SIMPLEC method with a skewness correction equal to two and a second-order upwind discretization scheme. The convergence had to meet residuals lower than 10^{-6} in continuity, x and y velocity, energy dissipation; and lower than 10^{-12} in water vapour, discrete ordinates and energy.

The validation of the 2D CFD model is summarized in Table 2; where Case II evaluated 33 %, 66 % and 100 % of the 10 hens m^{-2} since in these operating conditions traps were opened and animals could exit the house. Operating conditions of Case I effectively demonstrated the accuracy of the 2D CFD model; however, animals had still low-level of sensible and latent heat emissions as they were in the early growing stage. In Case II, simulations of 66 % and 100 % of the animals had a minimum RMSE according to the experimental data; this result agrees with the number of animals observed in the building which was approximately 75 % of the full population.

Thermal and humidity gradients created by the two operating conditions (Case I and II) are shown in Figure 2. For instance, operating conditions of Case I involved thermal and humidity gradients that are larger than those of Case II due to the operation of the heater; homogeneity was prevalent away of the neighbouring areas of heater and the air entrance and exit. In contrast, operating conditions of Case II attenuated thermal and humidity gradients given that heat produced by animals was distributed across the bottom area and also had higher ventilation than Case I.

Tab. 2: CFD model validation

Tab. 2: Bewertung des CFD-Modells

Case	Temp. RMSE [$^{\circ}\text{C}$]	Hum. RMSE [$\text{g}(\text{H}_2\text{O}) \text{ kg}^{-1}(\text{Dry Air})$]
I	1.0	0.26
II (33 %)	1.9	0.48
II (66 %)	1.3	0.37
II (100 %)	0.9	0.58

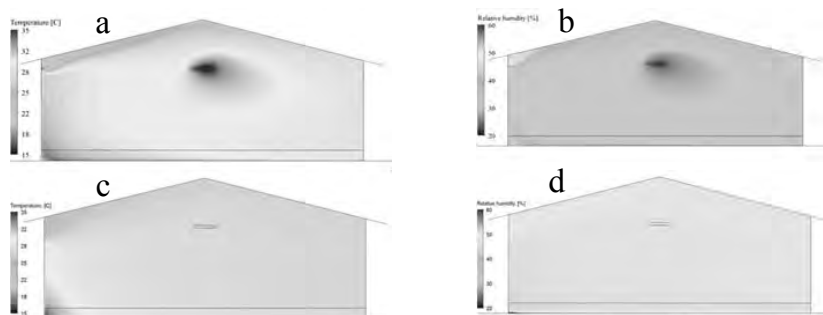


Fig. 2: Predicted thermal (a, c) and humidity (b, d) gradients of the poultry house for operating conditions named as Case I (a & b) and II-100% of animal density (c & d)

Abb. 2: Prognostizierte Wärmegradienten (a, c) und Luftfeuchtigkeitsgradienten (b, d) des Geflügelstalls für Fall I (a & b) und Fall II -100 % der Besatzdichte (c & d) in den genannten Betriebsbedingungen

From the 2D CFD model, air changes per hour (ACPH) were computed with the virtual tracer gas methodology recommended by OULD KHAOUA et al. (2006). Case I had 10.6 ACPH (± 0.45 standard deviation) and Case II-100 % of animal density had 25.2 ACPH (± 2.6 standard deviation). Thus, temperature and humidity data from experiments and predictions were taken into account to estimate sensible and latent heat losses due to the natural ventilation (Figure 3). For instance, Case I had latent heat losses lower than 25 % of the total, in contrast, Case II had less than 35 % of the total; even though in Case II animals emitted 3.5 times more water vapour than they did in Case I. Nevertheless, in Case I a 25 % of water vapour was emitted by the heater. Variability of the climate was computed as standard deviation to emphasize the impact in the successive calculations related to heat losses. Though there was less climate variability in Case II than in Case I, the ACPH in Case II caused higher standard deviations of heat losses than in Case I.

4 Conclusions

An enhanced 2D CFD model that included natural ventilation, heaters, and animal and rearing system was validated by means of two contrasting operating conditions. Given that temperature and humidity inside the poultry house change spatially and that a representative location for monitoring climate is difficult to define; this work considered distributed temperature and humidity to indicate the bias estimation by means of the standard deviation that could impact in the accuracy of prediction of heat losses. Additionally, the ACPH can also be a significant source of discrepancy when computing

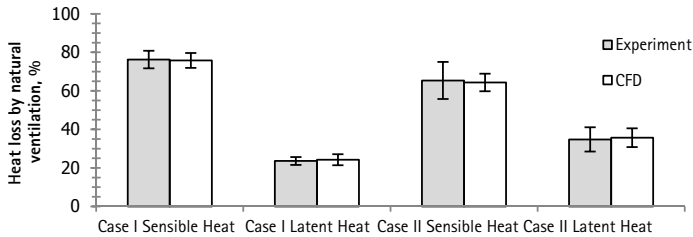


Fig. 3: Experimental and predicted sensible and latent heat losses with the operating conditions for Cases I and II – 100 % as described in Table 1

Abb. 3: Experimentelle und vorhergesagten sensible und latente Wärmeverluste mit den Betriebsbedingungen für Fall I und II – 100 %, wie in Tabelle 1 beschrieben

heat losses. On the basis of two cases considered, this analysis claims that temperature and humidity gradients originated by the operating conditions of Case I are greater than those of the Case II and contributes to a standard deviation in heat losses less than 10% for both, experiments and predictions. In contrast, the ACPH of Case II are greater than those of Case I and caused a standard deviation in heat losses up to 18 % according to the experimental data and up to 13 % based on the predictions. From these two exemplary cases, it was illustrated that heat losses in naturally ventilated poultry houses can be better estimated at low ACPH such as the Case I. However, further work is still needed to optimize the experimental setup and in particular the number of sensors and locations at which they could retrieve meaningful data based on the building's operating conditions.

Literature

- Bjerg, B.; Cascone, G.; Lee, I.-B.; Bartzanas, T.; Norton, T.; Hong, S.-W.; Seo, I.-H.; Banhaz, T.; Liberati, P.; Marucci, A.; Zhang G. (2013): Emissions from naturally ventilated livestock buildings Review Modelling of ammonia emissions from naturally ventilated livestock buildings. Part 3 : CFD. Biosystems Eng. 116(3), pp. 259–275
- Bournet, P.E.; Ould Khaoua, S.A.; Boulard, T. (2007): Numerical prediction of the effect of vent arrangements on the ventilation and energy transfer in a multi-span glasshouse using a bi-band radiation model. Biosystems Eng. 98(2), pp. 224–234
- CIGR (2002): Heat and Moisture Production at Animal and House Level. In: Pedersen, S.; Sallvik, K. (Eds.): 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Horsens, Denmark
- Fluent (2014). Ansys Fluent User's Guide. Canonsburg, Pa.
- Meda, B. (2011): Une approche dynamique des flux d'éléments et d'énergie des ateliers de production avicole avec ou sans parcours: Conception et Application du Modèle MOL-DAVI. Agrocampus Ouest, Rennes, France
- Ould Khaoua, S.A.; Bournet, P.E.; Migeon, C.; Boulard, T.; Chassériaux, G. (2006): Analysis of Greenhouse Ventilation Efficiency based on Computational Fluid Dynamics. Biosystems Engineering 95(1), pp. 83–98
- Richards, P.J.; Hoxey, R.P. (1993): Appropriate boundary conditions for computational wind engineering models using the k- turbulence model. J of Wind Eng and Industrial Aerodynamics 47, pp. 145–153
- Roache, P.J. (1994): Perspective: A method for uniform reporting of grid refinement studies. J. of Fluids Engineering 116(3), pp. 405–413
- Rojano, F.; Bournet, P.-E.; Robin, P.; Hassouna, M.; Choi, C.Y.; Kacira, M. (2014): Test of two different schemes through CFD to include heat and mass transfer induced by animals inside a broiler house. Int. Conf. of AgEng, Zurich, Switzerland, July 6–10

Solarstromspeicher in Form von Eiswasser zur Milchkühlung

Solar electricity storage in the form of ice water for the milk cooling

JOSEF NEIBER, STEFAN NESER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT),
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; josef.neiber@LfL.bayern.de

Schlüsselwörter: Eiswasserkühlung, Stromspeichersysteme, Photovoltaik, Energieeffizienz, Tierhaltung
Keywords: ice water cooling, electricity storage systems, photovoltaic, energy efficiency, animal husbandry

Zusammenfassung

Mit dem Einsatz von Stromspeichern kann die Verwendung eigen erzeugter regenerativer Energie erhöht werden. Die Eiswasserproduktion ist eine Möglichkeit Solarstrom zu speichern und bedarfsgerecht zu nutzen.

Eine zeitlich aufgelöste Erfassung sowohl der Solarstromerzeugung als auch der Verbrauchswerte von zwei Milchkühlungen an der Versuchsstation Grub ermöglichen einen Vergleich der unterschiedlichen Kühlsysteme und die Bewertung der Eiswasserbereitung als Stromspeichersystem. Die Erneuerung und Umrüstung des Milchkühlsystems im Melkstandbereich durch eine energieeffiziente Kühl- und Tankanlage mit Vorkühlung der Milch und einer separaten Eiswasserbank zur Solarstromnutzung reduzierten den Energieverbrauch um mehr als 60 % und den Netzstrombezug um 50 %.

Summary

With the installation of electricity storage systems the use of own generated regenerative energy can be raised. The ice water production is a possibility to store solar power and to use it whenever required.

A temporally defined measurement of the solar power production as well as the consumption values of two milk cooling plants at the experimental station Grub allow a comparison of the different cooling systems and the evaluation of the ice water preparation as an electricity storage system. The renewal and refitting of the milk cooling in the segment of the milking parlour by an energy-efficient cooling and storage system with precooling of the milk and a separate ice water bank for the solar electricity use reduce the energy consumption over 60 % and the relation of power demand from the grid about 50 %.

1 Einleitung

Die Einbindung und Nutzung von eigen erzeugter regenerativer Energie ist aus ökonomischer Sicht (Einspeisevergütung für Solarstrom ist niedriger als der Bezugspreis für Strom) aber auch aus ökologischen Motiven (Einsparung fossiler Energieträger) sinnvoll (GROZDEK (2009)). Durch die zunehmende Automatisierung (automatische Melk- und Fütterungssysteme) steigt der Elektroenergieverbrauch in viehhaltenden Betrieben tendenziell an. Eine Möglichkeit zur Kostenreduzierung ist die Eigenstromnutzung von Solarstrom. Um hohe Eigenverbrauchsquoten realisieren zu können, ist eine Abstimmung der Photovoltaikanlagengröße an den Verbrauch des Betriebes erforderlich. Mit dem Einsatz von Stromspeichern kann die Verwendung des selbst erzeugten Stroms optimiert und Leistungsspitzen geglättet werden. Die Speicherung und bedarfsbezogene Nutzung des auf dem Stalldach erzeugten Stroms ist jedoch aufgrund bisher noch fehlender Wirtschaftlichkeit von Batteriespeicherlösungen (Bleisäure, Lithiumionen-Batterien) höchst selten. Die Eiswasserproduktion kann eine praktikable Lösung für die Speicherung von Solarstrom darstellen.

Ziel der Untersuchungen ist daher, die Eigennutzung von Solarstrom für die Milchkühlung mit einer Eiswasserkühlung auf dem Versuchsbetrieb Grub zu evaluieren und die Eigenstromnutzung zu optimieren.

2 Material und Methode

2.1 Photovoltaik und Milchkühltechnik der Versuchsstation Grub

Auf den Milchviehställen der Versuchsstation (VS) Grub wurde eine Forschungs- und Demonstrationsphotovoltaikanlage mit einer maximalen Gesamtleistung von 44 kWp errichtet und mit einer Regeleinheit für die Nutzung von Solarstrom für die Milchkühlung ausgestattet. Die Milchviehherde der Versuchsstation Grub ist in zwei Gruppen aufgeteilt. In der einen Gruppe werden 65 Milchkühe mit einem automatischen Melksystem (AMS) gemolken. Die Abkühlung der Milch auf Lagertemperatur erfolgt im Direktkühlverfahren. In der Vergleichsgruppe werden 55 Kühe in einem Fischgrätenmelkstand (FG) gemolken. Bis Ende 2013 wurde die Milch mit einer im Milchkühltank integrierten Eiswasserkühlung abgekühlt. Es wurde grundsätzlich Eiswasser produziert, über dieses die Milch im Tank heruntergekühlt wurde. Anfang 2014 wurde die Milchkühltechnik des Melkstandbereichs komplett erneuert und in eine kombinierte Kühlanlage umgerüstet. Es wurden ein Vorkühler, ein neuer Milchtank sowie eine separate Eiswasserbank mit einem Speichervolumen für die Milch von vier Herdengemelken eingebaut. Zusätzlich wurde das Kühlaggregat an die Außenwand des Gebäudes angebracht, um dessen Effizienz zu steigern.

2.2 Funktionsübersicht Eiswasserkühlung

Die Milch wird im dreistufigen System zuerst mit Brunnenwasser (Stufe 1) und anschließend mit Eiswasser (Stufe 2) über einen Plattenkühler auf Lagertemperatur, wie in Abbildung 1 dargestellt, heruntergekühlt. Das angewärmte Brunnenwasser steht den Milchkühen als Tränkwasser zur Verfügung. Sofern die auf dem Dach des Milchviehstal-

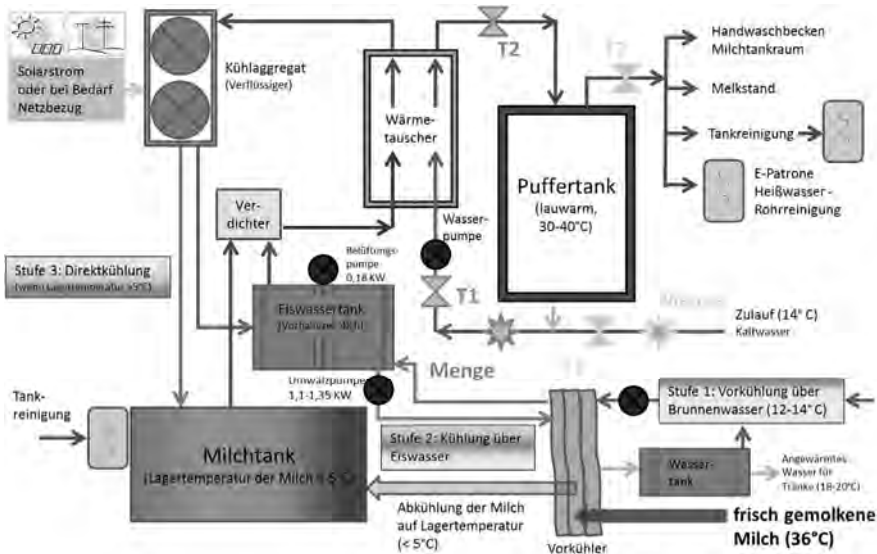


Abb. 1: Funktionsskizze - Kühlung (Kombination aus Eiswasser-, Vor-, Direktkühlung) und Wärmerückgewinnung am Melkstand der Versuchsstation Grub

Fig. 1: Functional diagram - cooling (combination of ice water cooling, precooling, direct cooling) and heat recovery at the milking parlour of experimental station Grub

les installierte Photovoltaikanlage ausreichend Strom erzeugt, wird Eiswasser produziert. Wenn kein Eiswasser zur Verfügung steht, wird die Milch im Direktkühlverfahren (Stufe 3) im Tank auf Lagertemperatur heruntergekühlt.

Zur Bereitung von Eiswasser (mit Solarstrom) und zur Direktkühlung ist ein Kühlaggregat vorhanden. Dieses kühlt Kühlflüssigkeit zur Eiswasserbereitung oder/und zur Direktkühlung herunter. Die dabei entstehende „Wärme“ wird über einen Wärmetauscher dem vorhandenen Pufferspeicher zugeführt und steht der Spülung des Milchtanks und der Melkanlage sowie für die Euterbrausen zur Verfügung. Wenn der Vorrat an Warmwasser im Puffer nicht ausreicht, erfolgt die Bereitstellung von Warmwasser derzeit über ein elektrisches Heizschwert (HÄRLE und NEIBER 2014).

2.3 Datenerfassung und Auswertung

Die Energieerzeugung der Photovoltaikanlage wird mit einem Datalogger und der Energieverbrauch des Milchviehstalls wird getrennt nach den einzelnen Funktionsbereichen über installierte Stromzähler erfasst. Die Daten werden in einer zentralen Datenbank gespeichert. Die exakte und zeitlich aufgelöste Messung (1/4-h-Messintervalle) ermöglicht neben der Auswertung von absoluten Verbrauchswerten auch die Darstellung von Lastprofilen, das Erkennen von Spitzenlastzeiten und die Ableitung der möglichen Nutzung am Betrieb eigen erzeugter Energie von der Photovoltaikanlage.

3 Ergebnisse

Aufgrund der unterschiedlichen Kühlsysteme in der Versuchsstation Grub können zum einen die Energieverbrauchswerte analysiert und zum anderen die Eiswasserbank als Stromspeichersystem bewertet werden. In Abbildung 2 sind die Lastprofile der Milchkühlungen vor der Umrüstung und in Abbildung 3 nach der Umrüstung der Milchkühlung des Melkstandbereichs jeweils in der Sommerwoche (hohe solare Einstrahlung) vom 07.07. bis 13.07.2013 bzw. vom 07.07. bis 13.07.2014 sowie die Leistungsprofile der Solarstromerzeugung der Photovoltaikanlage gegenübergestellt. Für die Bewertung der Nutzung des eigen erzeugten Solarstroms wurden wegen der Vergleichbarkeit für beide Zeiträume (in 2013 und 2014) die Solarerträge aus dem Jahr 2014 herangezogen. Diese lagen im Tagesdurchschnitt dieser Woche bei 129,1 kWh/Tag.

3.1 Vergleichswerte des Stromverbrauchs der Milchkühlungen

Für die Abkühlung der gemolkenen Milch am AMS im Direktkühlverfahren wurde jeweils in der Woche vom 07.07. bis 13.07. im Jahr 2013 durchschnittlich 21,1 kWh pro Tag und im Jahr 2014 durchschnittlich 21,8 kWh pro Tag verbraucht. Im Melkstandbereich wurden zur Abkühlung der Milch im gleichen Zeitabschnitt in 2013 noch mit der alten Kühl- und Tanktechnik 42,5 kWh/Tag und im Jahr 2014 mit der Umstellung auf die Kombination Eiswasser-, Vor-, Direktkühlung im Durchschnitt lediglich 16,7 kWh/Tag benötigt. Gründe für die Energieeinsparung liegen sowohl im technischen Bereich durch eine energieeffiziente Kühl- und Tankanlage mit Vorkühlung der Milch als auch im baulichen Bereich durch eine bessere Dämmung des Milchtanks und dem günstigeren Aufstellort des Kühlaggregats an der Nordostseite außerhalb des Gebäudes.

3.2 Eigenstromnutzung und Eigenstromdeckungsgrad

Im Jahr 2013 lag die berechnete Eigenstromnutzung, der Anteil des erzeugten Solarstroms, der entweder zeitgleich durch die Stromverbraucher oder zur Ladung eines Speichers genutzt wird, bei 30 %, im Jahr 2014 lediglich bei 23 %. Begründet ist diese geringere Eigenverbrauchsquote durch den geringeren Stromverbrauch der Kühlanlage des Melkstands. Der Eigenstromdeckungsgrad beschreibt den Anteil des Stromverbrauchs, der durch die Photovoltaikanlage und vom Speichersystem versorgt wird. Das kann durch den zeitgleichen Direktverbrauch des erzeugten Solarstroms oder durch die Entladung des Speichers erfolgen. Je höher der Eigenstromdeckungsgrad ist, desto weniger Energie muss deshalb aus dem Stromnetz bezogen werden. Der Deckungsgrad mit Solarstrom für die Milchkühlanlagen der Versuchsanlage in Grub lag im Jahr 2013 bei 60 % und in 2014 bei 78 %. Dies ist auch bei einem Vergleich der Abbildung 2 und 3 ersichtlich. Die Verbrauchsprofile der Milchkühlungen nach der Umrüstung, sind in wesentlich größerem Umfang innerhalb der Leistungsprofile der Solarstromerzeugung.

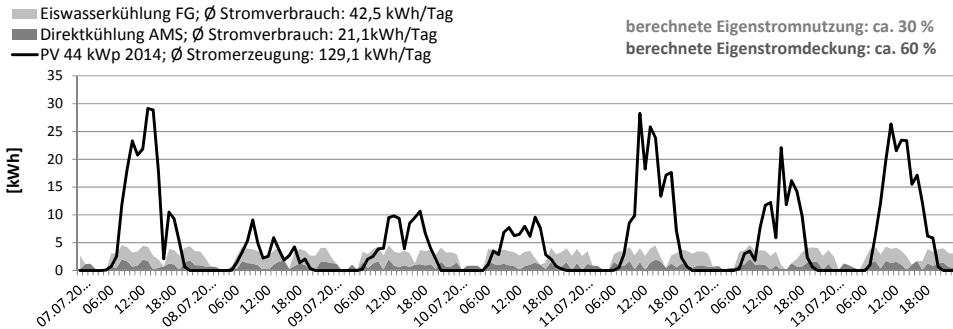


Abb. 2: Lastprofile der Milchkühlungen (AMS + Melkstand) vor der Umrüstung sowie Leistungsprofil der Solarstromerzeugung

Fig. 2: Load profiles of the milk coolings (AMS + milking parlour) before refitting and performance profile of solar energy production

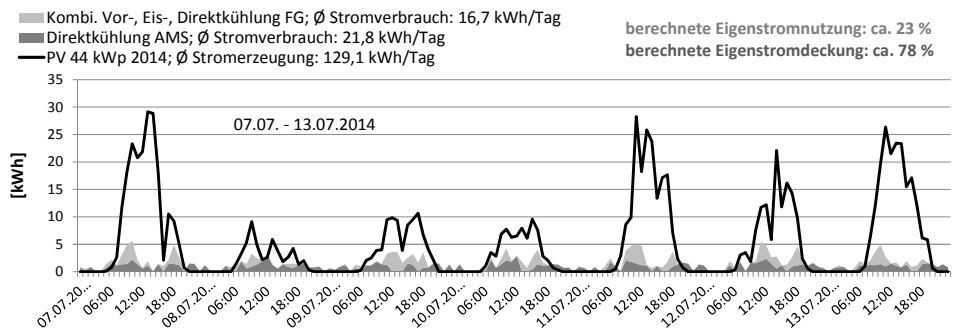


Abb. 3: Lastprofile der Milchkühlungen (AMS + Melkstand) nach der Umrüstung sowie Leistungsprofil der Solarstromerzeugung

Fig. 3: Load profiles of the milk coolings (AMS + milking parlour) after refitting and performance profile of solar energy production

3.3 Langzeitvergleich

In der Auswertung über einen Zeitraum von 8 Monaten vom 01.08.2012 bis 31.03.2013 bzw. vom 01.08.2014 bis 31.03.2015 erhöhte sich der Stromverbrauch für die Direktkühlung im AMS um 5 % (Tab. 1). Eine mögliche Ursache ist, dass die durchschnittliche Außentemperatur im Erhebungszeitraum in 2012/13 bei 6,3 °C und in 2014/15 bei 7,5 °C lag. Deutlicher sind die Verbrauchsunterschiede beim Melkstand. Hier reduzierte sich der Stromverbrauch um fast 62 % durch die Erneuerung der Kühlanlage. Insgesamt konnten im 1. Vergleichszeitraum 4.276 kWh, das entspricht einer Eigenstromnutzung von 24,6 %, und im 2. Vergleichszeitraum 3.793 kWh bzw. 21,8 % Solarstrom selbst verbraucht werden. Aufgrund des geringeren Stromverbrauchs in 2014/15 reduzierte sich der Netzbezug und somit errechnet sich eine Steigerung der Eigenstromdeckung von 34,9 % auf 48,7 %.

Tab. 1: Stromverbrauch der Milchkühlung und Solarstromerzeugung sowie die mögliche Eigenstromnutzung und -deckung

Tab. 1: Power consumption of the milk cooling and solar energy production as well as the possible own stream use and the autarky degree

Stromverbrauch und Solarstromerzeugung	01.08.2012 – 31.03.2013	01.08.2014 – 31.03.2015
	[kWh] / [kWh/100 kg Milch]	
Direktkühlung AMS	4.631 / 1,1	4.877 / 1,2
Eis- bzw. Kombi aus Vor-, Eis-, Direktkühlung FG	7.631 / 2,2	2.910 / 0,8
PV 44 kWp 2014 ¹⁾	17.381	17.381
Eigenstromnutzung (berechnet)	4.276	3.793
Netzbezug (berechnet)	7.986	3.993

¹⁾ Wegen Vergleichbarkeit wurden für beide Auswertungszeiträume die Solarerträge aus 2014/15 herangezogen.

Modellbetrachtung: Der Energiebedarf von 2.910 kWh des kombinierten Kühlsystems mit dem Eispeicher kann im betrachteten Vergleichszeitraum von 8 Monaten bei einer nach Süden ausgerichteten 10-kWp-Photovoltaikanlage mit polykristalliner Zelltechnologie zu 58 % durch PV-Strom gedeckt werden. Bei einer 5 kWp PV-Anlage wären es 42 % und bei einer 20-kWp-PV-Anlage 64 %, wobei sich die Eigenstromnutzung von 51 % auf 20 % reduziert.

4 Fazit

Durch die Erneuerung und Umrüstung des Milchkühlsystems im Melkstandbereich konnte über 60 % Energie eingespart werden. Wegen des geringeren Stromverbrauchs reduzierte sich die Eigenstromnutzung geringfügig. Wesentlich ist aber, dass insgesamt für beide Funktionsbereiche (Direktkühlung des AMS und Kombi-Kühlung des Melkstands) 50 % weniger Netzstrom bezogen werden musste. Eine detaillierte Bewertung des Eispeichers erfolgt, wenn Daten über ein Jahr vorliegen.

Literatur

- Grozdek, M. (2009): Load Shifting and Storage of Cooling Energy through Ice Bank or Ice Slurry Systems. Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration, Department of Energy Technology, Royal Institute of Technology, Stockholm
- Härle, C.; Neiber, J. (2014): Bericht zum Forschungsvorhaben „Einrichtung, Erprobung und Demonstration eines Eispeichers für PV-Strom in Form von Eiswasser zur Milchkühlung an der Versuchsstation Grub“. Poing-Grub

Heat transfer into stable environment through the various types of roofing

Wärmeeintrag in den Stallraum durch verschiedene Dachkonstruktionen

JOSEF ŠIMON, JIŘÍ VEGRICHT, MÁRIA FABIANOVÁ

Research Institute of Agricultural Engineering, p.r.i., Prague, Czech Republic; josef.simon@vuzt.cz

Keywords: dairy cows, housing, roofing, heat stress

Schlüsselwörter: Milchkühe, Aufstallung, Dachkonstruktion, Hitzestress

Summary

The object of research was to determine the effect of differently solved roof deck in stables for livestock on warming the interior, especially in the summer. There was found a high correlation between the intensity of solar radiation and heat transmission into stable environment. Results of measuring the efficiency of heat transfer show large differences in heat transmittance according to the used material of roofing. There was observed 8 different variants of roof covering. The best result (lowest heat transmission into the stable environment) was achieved through insulated sandwich panel, which transmitted into the stable environment only 16.5 % of solar radiation. Trapezoidal aluminum roof panel transmitted only 22.0 % of solar radiation. Fiber-cement roof panel was approximately transmitted 34 %. Translucent panels of polycarbonate and transparent fiberglass transmitted 86.8 % resp. 99.2 %, where almost all the heat was transmitted from solar radiation into the stable environment.

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war es, den Einfluss verschiedener Dachaufbauten auf die Erhöhung der Stallinnentemperatur, vor allem in den Sommermonaten zu bestimmen. Zwischen der Intensität der Sonneneinstrahlung und dem Wärmeeintrag in den Stallraum wurde eine hohe Korrelation gefunden. Die Messungen zur Wärmeübertragung bei acht verschiedenen Dachaufbauten zeigten große Unterschiede. Das beste Ergebnis (kleinster Wärmeeintrag in den Stallraum) erzielte ein wärmegeprägtes Sandwichpanel, bei dem nur 16,5 % der Solareinstrahlung eingetragen wurden, gefolgt von trapezförmigem Aluminiumblech mit 22 % und Faser-Zement-Platten mit 34 %. Durchsichtbare Paneele aus Polycarbonat- oder transparentem Glasfaser-Material erreichten Werte von 86,8 bis 99,2 %, d.h. fast die gesamte Sonneneinstrahlung wurde in den Stallraum weitergeleitet.

1 Introduction

Microclimate in stables for livestock production significantly affects the health, performance and vital signs of the animals. The adverse effects of hot environmental conditions on the performance and welfare of dairy cows are well known (ST-PIERRE et al. 2003). Cows with elevated body temperature exhibit lower dry matter intake and milk yield and produce milk with lower efficiency, reducing profitability for dairy farms in hot, humid climates (WEST 2003). Cows under heat stress have reduced duration and intensity of estrus, altered follicular development, and impaired embryonic development (JORDAN 2003). Hot conditions negatively affect rumination time and modify its daily pattern (SORIANI et al. 2013). Especially in the summer, during high temperatures period is the situation critical and farmers must take steps to reduce heat stress of animals. Heat from solar radiation gets into the stable environment through the roof deck. The scheme of heat transmission from the solar radiation is shown in Figure 1. From this scheme it is evident that only a portion of the heat from solar radiation gets into the stable environment. Portion of solar radiation gets into the stable environment directly (in case of transparent material of roofing), portion reflects back to the exterior and portion is absorbed by the roof deck and subsequently radiated to the interior and exterior. Reducing thermal radiation on shaded animals reduces heat stress independently of other means of stress relief (BERMAN and HOROVITZ 2012). For this reason it is very important to make the right decision on the roofing to minimize the heat transfer from the solar radiation.

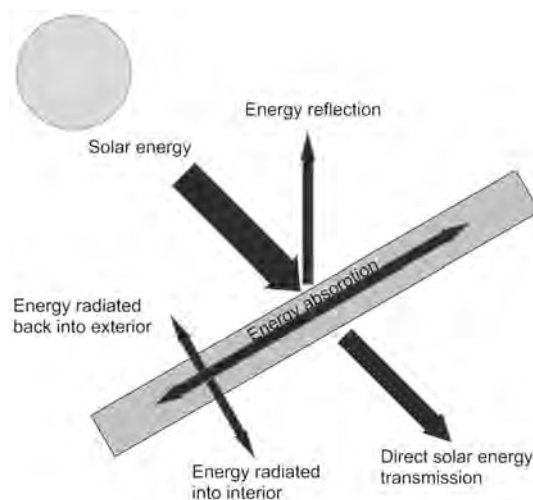


Fig. 1: Scheme of heat transmittance through roofing
 Abb. 1: Schema des Wärmeeintrags durch das Stalldach

2 Materials and Methods

To determine heat transfer into the barn through the roof covering we applied method based on the accumulation of heat gain from solar radiation in the plate heat exchanger. Water was used as a solar energy storage medium. This method is based on the accumulation of heat gained from sunlight using heat storage collector whose main part is a thin-walled plate heat exchanger (similar to the heat exchanger used for tanks with direct cooling of milk) painted matte black color with adjustable flow control. The heat exchanger was placed inside a polypropylene case insulated with polystyrene plates (see scheme in Figure 2).

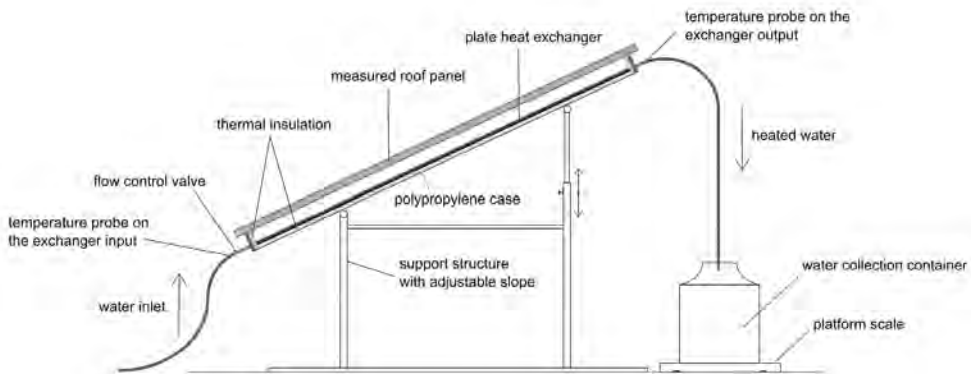


Fig. 2: Scheme of an apparatus for measuring of heat transmission through the roofing panels using heat accumulation in the plate heat exchanger

Abb. 2: Anlageschema einer Wärmeeintragsmessung bei Dachplatten im Plattenwärmetauscher

Weather conditions were measured with weather station Davis Vantage pro 2, located close to running experiment. Solar radiation intensity on roof panels' surface was farther measured with pyranometer CTM SG010 with Comet S5021 data logger. Inlet and outlet water temperature was measured with Ni1000 temperature probe with universal logger Almemo 2290-4. Water flow, resp. weight of outlet heated water in time, was measured with digital platform scale Kern DE150K50N connected to notebook.

The collector was placed on support structure allowing slope and orientation adjustment. By default, the structure faces south with an inclination of 22°, this roof slope is most commonly used on new stables. Heated outlet water is collected in container placed on the platform scale. Measuring scheme is shown in figure 2.

Water flowing through the heat exchanger accumulates heat energy obtained from solar radiation on the surface of the measured roof panel. Inlet water has temperature T_1 and is heated at a specified flow rate (approximately 1 kg min⁻¹) to a temperature T_2 , measured in the outlet of the exchanger.

Amount of heat transferred through the roof panel is based on temperature change ΔT and total amount of heated water during the measurement time t . Quantity of heat Q is expressed by the following equation:

$$Q = c m \Delta T [kJ] \quad (1)$$

where Q is the amount of heat transferred through the roof panel in kJ , c is the specific heat capacity of water in $kJ kg K^{-1}$, m is the mass of heated water in $kg h^{-1}$, ΔT is the inlet and outlet temperature difference ($\Delta T = T_2 - T_1$) in Kelvin.

The efficiency of heat transfer is expressed as ratio between output and input of collector. In this case, input is amount of heat consumed for water heating Q adjusted in Wh as Q_1 :

$$Q_1 = Q / 3,6 [Wh] \quad (2)$$

Total energy from solar radiation E on roof panel surface during the measurement time is expressed by the equation:

$$E = SR S t [Wh] \quad (3)$$

Where SR is the intensity of solar radiation in $W m^{-2}$, S is the surface of heat exchanger in m^2 , t is the time of measurement in hours.

Efficiency μ is then expressed as:

$$\mu = Q_1 / E [\%] \quad (4)$$

3 Results and Discussion

It was shown that the heat transfer through the roof covering significantly depending on type of used roofing. The results of selected roofing panels are summarized shown in the graph in Figure 3. The best result (lowest heat transmission into the stable environment) was achieved through insulated sandwich panel, which transmitted into the stable environment only 16.5 % of solar radiation. Surprisingly good result was found through the trapezoidal aluminum roof panel, which transmitted into the stable only 22 % of solar radiation. This can be explained by the fact, that polished metal surface has low emissivity and high portion of the solar radiation reflects back to the exterior. Partly translucent white covering fabric let only small portion of solar radiation through directly, white color reflects significant portion of solar radiation back to the exterior. Efficiency of heat transfer through white covering fabric was 31.6 %. Fiberglass roof panel of grey color lets through 33.1 % of solar energy. Efficiency of heat transfer through the fiber-cement roof panel was approximately 34 %. From the point of heat, transfer translucent panels of polycarbonate and transparent fiberglass were the worst, the efficiency of heat transfer was 86.8 %, resp. 99.2 % and almost all the heat was transferred from solar radiation into the stable environment.

Tab. 1: Basic information of measured roofings
 Tab. 1: Die Grunddaten der Dachkonstruktionen

Type of roofing panel	Material	Color	Preview
Elyonda	Fiberglass	grey	
Elyplast	Fiberglass	transparent	
Translucent polycarbonate	Polycarbonate	transparent	
Sandwich insulated panel Brollo Agro TV5	PUR foam / metal cover	light grey	
Fiber-cement panel	Based on cement reinforced by organic fibers	brick red grey	
Trapezoidal metal panel KOB 1012	Aluminium	polished aluminium	
ProfiCover	Fabric	white	
	Fabric	white	

Results confirmed ARMSTRONG (1994) review of shades for cows and his suggestions in prevention of heat stress. WEST (2003) states, that one of the first steps that should be taken to moderate the stressful effects of a hot climate is to protect the cow from direct and indirect solar radiation. Shading is one of the more easily implemented and economical methods to minimize heat from solar radiation (BOND AND KELLY, 1955). Based on obtained results need to carefully consider the size of translucent surfaces of the roof deck due to the lighting requirements and elimination of heat stress from solar radiation. Besides the heat transfer selected panels vary their cost, duration, maintenance and structure requirements.

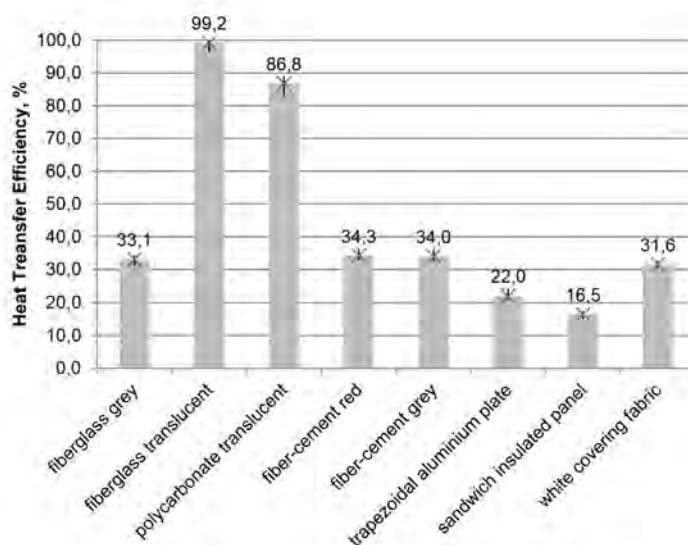


Fig. 3: Heat transfer efficiency of different types of roofing panels

Abb. 3: Wärmeeintragseffizienz für verschiedene Dachplatten

4 Conclusions

The above results show that material of roof covering and its thermal insulation properties influence the heat transfer from solar radiation into the stable area significantly. Transfer of heat can be effectively reduced by using thermal insulation of roof covering and surface finishing of roofing material with high reflectivity of solar radiation. Translucent roof panels let almost all the solar radiation through. If needed, according to the light requirements, they should preferably be placed in that part of the roof, which is not directly lit in the time of highest intensity of solar radiation (preferably north side). Their placing at the top of the roof and alternating arrangement with non-translucent panels can be recommended.

Literature

The literature can be requested from the authors.

Acknowledgments

This work was supported by a grant-in-aid (RO0614) from The Ministry of Agriculture of the Czech Republic.

Optimale Lüftung im Boxenlaufstall in extremen Klimaregionen

Optimal ventilation for free stall dairy barns in extreme climates

HUBERTUS HEITMÜLLER

HUESKER Synthetic GmbH, Fabrikstr. 13-15, 48712 Gescher; heitmueLLer@huesker.de

Schlüsselwörter: Boxenlaufstall, Luftqualität, Extremtemperatur

Keywords: free stall, air quality, extreme temperature

Zusammenfassung

Je kälter es in einem Boxenlaufstall wird, desto mehr versucht der Betreiber die Temperatur mit der abgegebenen Tierwärme aufrechtzuerhalten. Jalousien und First werden bei extremer Kälte vollständig verschlossen, die Folge ist, dass die Luftqualität sinkt. Um diesen Konflikt zu lösen, muss die Möglichkeit bestehen, die Zuluftöffnung im Winter genau zu regeln. Eine Kombination aus regulierbarer Jalousie und Windschutznetz bildet hierfür die Grundlage. Die Abluft eines Boxenlaufstalles erfolgt über das gesamte Jahr durch einen Lichtfirst mit aerodynamisch angestellten Windabweisern. Großraum-Umluftventilatoren sorgen nicht nur für einen Kühleffekt im Sommer, sondern auch für eine Homogenisierung der Stallluft im Winter.

Summary

The cooler it becomes in a cubicle barn, the more the operator tries to maintain the barn temperature with the heat given off by the animals. Curtains and ridges have to close when temperatures are extremely cold and, as a result, all the parameters of the air quality drop. In order to resolve this conflict it is particularly important to control precisely the air intake in winter. An optimum solution for this is to install a combination of adjustable curtains and a wind protection mesh. Throughout the year, the air from a cubicle barn is expelled through a light ridge via aerodynamically arranged wind deflectors. High-volume fans not only provide for an optimum cooling effect during the summer but also homogenize the air in the barn in winter.

1 Der Boxenlaufstall

Von Kanada bis Kasachstan hat sich der Boxenlaufstall für die Milchproduktion mit Holstein-Rindern als optimale Haltungsform durchgesetzt. Die freie Lüftung muss gewährleisten, dass den Kühen weder durch Stalltemperatur noch durch Schadgase Stress zugeführt wird. Nur eine stressfreie Umgebung ermöglicht höchste Milchleistung und beste Tiergesundheit.

2 Der Einfluss der Temperatur

Die Vorfahren unseres Milchrindes sind geprägt von den eiszeitlichen Bedingungen unserer nördlichen Hemisphäre. Aus diesem Grund sind die Kühe nicht darauf vorbereitet bei Temperaturen über 20 °C Höchstleistungen zu erbringen. Zusätzlich verstärkt eine Luftfeuchte von über 80 % die Stresswirkung von Hitze. Hingegen hat Kälte kaum Einfluss auf die Milchleistung bei Holstein-Rindern, während andere Rassen wie Jerseys negativ reagieren (Abb. 1). Extreme Kälte im Stall führt lediglich dazu, dass die Kühe mehr Futter für den Erhaltungsbedarf aufnehmen, die größeren Probleme von extremer Kälte sind technischer Natur, wie die Reinigung der Laufgänge oder der Betrieb der Tränken.

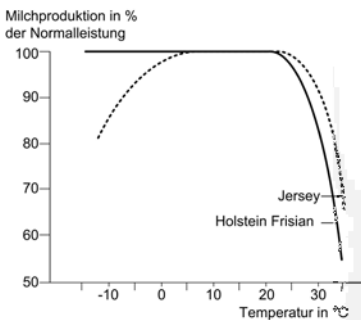


Abb. 1: Einfluss der Stalltemperatur auf die Milchleistung (LVA Echem 2011)

Fig. 1: Influence of the temperature on the milk production



Abb. 2: Geschlossener Stall im Winter ohne Luftwechsel

Fig. 2: Close barn in winter without any air exchange

3 Die Luftqualität ist entscheidend

Schwieriger zu messen ist die Luftqualität, denn sie setzt sich zusammen aus (LAVES Tierschutzdienst 2007):

- Luftfeuchte (60–80 % optimal),
- Kohlendioxidgehalt (maximal 3.000 ppm CO₂)
- Ammoniakgehalt (maximal 20 ppm NH₃)
- Schwefelwasserstoffgehalt (maximal 250 ppm H₂S)
- Staubentwicklung

Um die Luftqualität aufrechtzuerhalten benötigt eine Kuh 136 m³/h an Frischluft (DLG 2005). In einem Boxenlaufstall wird ein Stallvolumen von bis zu 40 m³ je Kuh erreicht. Daraus ergibt sich eine Luftwechselrate von vier bis sechs Mal pro Stunde. Im Sommer werden Wechselraten von zwölf bis fünfundzwanzig Mal pro Stunde erwartet (LOEBSIN 2008). Eindeutige Indikatoren für eine schlechte Luftqualität sind Kondenswassertropfen, Nebel und sichtbarer Staub. Typisch ist auch ein beißendes Gefühl in den Atemwegen beim Betreten des Gebäudes (Abb. 2).

4 Der Konflikt, mit dem jeder kämpft

In Regionen mit extrem kalten, langen Wintern besteht häufig das Bestreben, die Stalltemperatur über dem Gefrierpunkt zu halten, um technischen Problemen aus dem Weg zu gehen. Allerdings leidet darunter die Luftqualität in hohem Maße.

Wir finden auf dem Markt unterschiedliche Lösungen für eine Seitenlüftung mit isolierenden Materialien. Jedoch ist deren Isoliereffekt ausschließlich im geschlossenen Zustand wirkungsvoll. Aus der allgemeinen Bauphysik wissen wir, dass schon ein geringer Luftspalt jeden isolierenden Effekt der umliegenden Baumaterialien vernichtet. Eine hochwertige Dämmplatte mit einem Spalt von wenigen Millimetern bewirkt somit den nahezu gleichen Dämmeffekt wie eine einfache Folie. Ein komplettes Verschließen der Seitenlüftung setzt die Luftwechselrate auf null und bei 40 m³/Kuh Bauvolumen hätten die Tiere nur 20 Minuten bis die ersten Schadstoffgrenzen erreicht sind.

5 Technische Anforderungen bei Frost

Um dem Anspruch der besten Luftqualität gerecht zu werden, muss für folgende technische Ausstattung gesorgt werden:

- Beheizte und isolierte Tränkewannen
- Trockene und isolierende oder wärmende Liegeflächen
- Frostsichere für Permanentlauf geeignete Schieberanlagen
- Durch Heu oder Stroh höhere TS im Futter

Die „Gradwanderung“ zwischen guter Luftqualität und gerade noch akzeptierter Kälte muss über eine fein regulierbare Zuluftöffnung exakt einstellbar sein. Die einströmende Kaltluft darf dabei nicht wie ein Strom kalten Wassers direkt auf das Tier herabfließen, welches wohlmöglich noch in seiner feuchten, warmen Atemluft liegt (Abb. 3).

Die kalte, einströmende Luft sollte sich, wenn möglich, sofort mit der Stallluft vermischen, um eine homogene Luftversorgung zu gewährleisten. Bei einem scharfen, kalten Ostwind findet die Regulierung der Öffnungsgröße in einem Bereich von nur wenigen Zentimetern statt. Die Genauigkeit der Gebäudeteile und der Jalousie wird diesem Anspruch kaum gerecht. Die Folge ist, dass der Betreiber der Anlage die Jalousien über mehrere Wochen vollständig geschlossen hält.

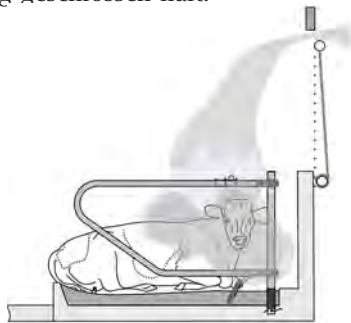


Abb. 3: Kaltluft sollte nicht von oben auf das Tier fließen

Fig. 3: Cold air shouldn't fall from top on the animal

6 Die Lösung

Die Jalousie wird in dem Bereich der ersten Öffnung mit einem Windschutznetz als Hinterlage ausgestattet (Abb. 4). Dieses Netz bricht den Wind zu 93 %, lässt also nur 7 % der Windenergie durch. Eine Öffnung von 50 cm mit einem Windschutznetz dahinter entspricht dann einer freien Öffnung von nur 5 cm. Die Zuluftmenge kann über die 50 cm viel genauer geregelt werden. Das Windschutznetz bewirkt, dass die einströmende Luft direkt hinter dem Netz verwirbelt und sich dadurch mit der wärmeren Stallluft vermischen kann.

Die Regulierung dieser Mindestöffnung erfolgt über eine Klimasteuerung mit einer sogenannten Sollwertregelung. Der Betreiber legt basierend auf seinen Erfahrungen einen kritischen Temperaturwert fest, mit dem ein reibungsloser Produktionsablauf möglich ist. Die technische Ausstattung und Belegdichte sind dabei die entscheidenden Faktoren. Fällt die Stalltemperatur unter diese Grenze, schließt die Jalousie in kleinen Schritten. Ist die Temperatur höher, öffnet die Jalousie in genauso kleinen Schritten. Auf diese Art und Weise wird immer so viel Luft wie möglich in den Stall gelassen, ohne dass die kritische Temperatur unterschritten wird. Im Sommer wird die Jalousie weiter geöffnet, und das offene Schutznetz ohne Bremseffekt wird sichtbar, die Luft kann großflächig ungehindert in den Stall einströmen (Abb. 5).

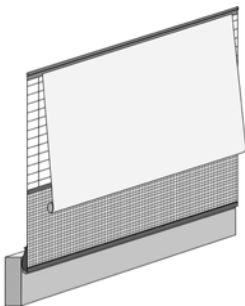


Abb. 4: Jalousie von unten nach oben öffnend

Fig. 4: The curtain opens from bottom to top

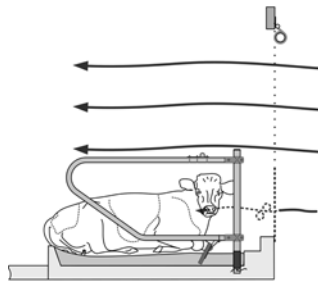


Abb. 5: Jalousie komplett geöffnet

Fig. 5: The curtain is complete open

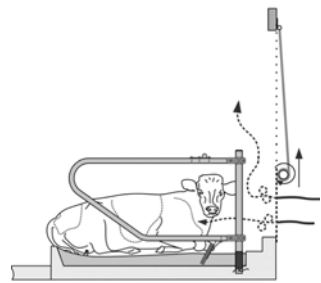


Abb. 6: Frischluft tritt dort ein, wo sie gebraucht wird

Fig. 6: Fresh air enters where it is needed

7 Wo soll die Luft einströmen

Die Zuluft kann direkt vor dem Tier eintreten, denn der Luftstrom wird durch ein Windschutznetz gebremst. Dadurch wird die feuchtwarme, verbrauchte Atemluft von der Frischluft verdrängt; Frisch- und Abluft vermischen sich (Abb. 6).

Dieses Konzept steht im Gegensatz zu der konventionellen Lösung mit einem Mauersockel, hinter dem die komplette Liegebox verschwindet. Das liegende Tier verweilt in einer Dunstglocke der eigenen Atemluft und die Kaltluft fließt ungebremst von oben auf die Kuh. Stress und Gesundheitsgefährdung sind die Folgen.

8 Die verbrauchte Luft muss raus

Die Abluft in einem typischen Boxenlaufstall erfolgt auf drei Arten:

1. Die Querlüftung ermöglicht im Sommer, dass der Wind die Luft quer durch den Stall treibt. Beide Seiten sind dafür vollständig geöffnet. Die Luft im Dachraum wird durch den First abgesogen.

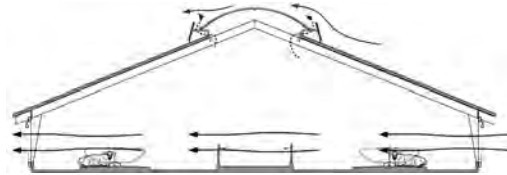


Abb. 7: Querlüftung im Sommer

Fig. 7: Horizontal ventilation in summer

2. Im Winter sind die Jalousien fast geschlossen, die erwärmte Luft steigt auf und entweicht durch eine Firstöffnung. Dieser sogenannte Kamineffekt erfordert eine deutliche Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und somit eine isolierte Dachfläche.

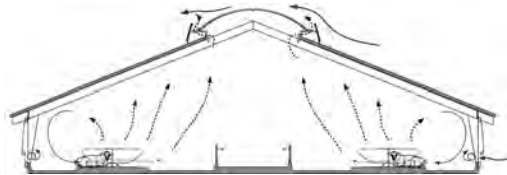


Abb. 8: Aufsteigende Luft im Winter

Fig. 8: Rising air in winter

3. Die Firstöffnung verfügt über geeignete Windabweiser, die durch den Wind einen Unterdruck erzeugen und die Stallluft absaugen. Die Gestaltung des Firstes spielt für den Luftstrom eine entscheidende Rolle.

Ein First mit optimierten Windabweisern kann auch bei sehr geringer Luftbewegung die Abluft aus dem Stall ziehen. Die schräge Dachfläche bündelt die Windenergie und schafft selbst bei kaum spürbarem Wind am Boden eine ausreichende Luftbewegung über dem First. Die über die Windabweiser strömende Luft erzeugt einen Unterdruck. Das Zusammenspiel von Öffnung, Windabweiserhöhe und Stellung spielt dabei eine entscheidende Rolle, ob die Luft permanent abgesogen wird oder wie bei unzureichenden Lösungen nur verwirbelt und wohlmöglich sogar einströmt.

Auch wenn am Boden kein Wind zu spüren ist, so bewegt sich dennoch am First in zehn bis zwölf Metern Höhe die Luft. Der mit dieser Bewegung erzeugte Unterdruck zieht die Zuluft unten durch die Netzstreifen der Seitenlüftung auf voller Länge ein. Wird die Zuluftöffnung auf der gesamten Stalllänge fein reguliert, kann auf Verschlussklappen im First verzichtet werden. Es gibt keinen Grund aufsteigende Schadgase im Stall zu behalten.

Die Positionierung des Gebäudes ist ideal auf freier Fläche mit den Hauptwindrichtungen auf den Traufseiten. Bei Großanlagen mit mehreren parallel zueinander stehenden Gebäuden stehen die Trauföffnungen im Windschatten der Nachbargebäude. In solchen Fällen ist eine effektive Abluftwirkung des Firstes umso wichtiger.

9 Unterstützung durch Ventilatoren

Im Boxenlaufstall kommen als aktive Unterstützung der Belüftung Umluftventilatoren zum Einsatz. Bei Großraum-Deckenventilatoren unterscheiden wir zwischen zwei wesentlichen Effekten.

1. Zur Vermeidung von Hitzestress werden die Kühe einem permanenten Luftstrom ausgesetzt, der die vom Körper abgegebene Warmlufthülle um das Tier abstreift und somit einen Kühleffekt erzeugt.
2. Langsam einströmende Frischluft wird homogen im ganzen Stall verteilt und auch in die Wind abgewandte Seite geschoben.

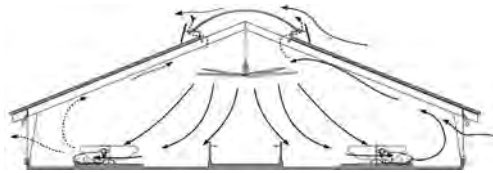


Abb. 9: Kühlung durch Umluft

Fig. 9: Cooling by air circulation

10 Fazit

Die Temperatur ist ein leicht festzustellender Parameter im Stallklima und somit häufig nur der einzige. Dabei spielt die Luftqualität eine viel größere Rolle. Das wochenlange Verschließen von Jalousien und First ist keine Alternative. Eine technische Lösung, um einen kontinuierlichen Strom an Zuluft zu gewährleisten, bleibt unumgänglich. Zusätzlich benötigen wir eine aktive Unterstützung für die Luftbewegung im Sommer und Winter.

Literatur

- LVA Echem (2011): Leitfaden Rinderhaltung. Landwirtschaftskammer Niedersachsen
- LAVES Tierschutzdienst (2007): Tierschutzleitlinie für Milchkuhhaltung Arbeitsgruppe Rinderhaltung. Niedersächsisches Ministerium für Landwirtschaft
- DLG-336 (2005): DLG-Merkblatt 336: Vermeidung von Wärmebelastung für Milchkühe. Ausschuss für Technik in der tierischen Produktion
- Loebsin, C. (2008): Untersuchungen zum Stallklima in einem modernen Milchviehstall. Vortrag Milchrindtag, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft Mecklenburg Vorpommern

Entwicklung eines ARV (Animal Response Ventilation) Klimacomputers zur Vermeidung von Hitze- und Kältestress bei Schweinen und zum Nachweis des thermischen Wohlbefindens der Tiere

Development of an ARV (animal response ventilation) controller to avoid heat- and cold-stress for pigs and to document their thermal well-being

HORST SCHIERBAUM¹, JULIA HOECK³, GERD-CHRISTIAN MAACK², WOLFGANG BÜSCHER²

¹ Möller GmbH, Im Fange 1, 49356 Diepholz; h.schierbaum@moeller.eu

² Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Nussallee 5, 53115 Bonn

³ Landwirtschaftskammer NRW, Kreisstelle Heinsberg/Viersen, Gereonstraße 80; 41747 Viersen

Schlüsselwörter: Stallklima, Lüften, Heizen, Kühlen, Luftqualität

Keywords: climatization, ventilation, heating, cooling, air quality

Zusammenfassung

Nach einer Untersuchungs- und Erprobungsphase in den Jahren 2011 bis 2013 steht nun ein Klimacomputer zur Verfügung, der das Präferenzverhalten von Schweinen in Bezug auf die Trinkwassertemperatur erfasst und bei der Klimasteuerung berücksichtigen kann. Je nach thermischem Wohlbefinden wird „kaltes“, „raumtemperiertes“ oder „warmes“ Wasser bevorzugt. Entsprechend dem Antwortsignal der Tiere kann die Soll-Temperatur des Raumes gesenkt oder angehoben werden. Bevorzugen die Tiere das raumtemperierte Wasser, signalisieren sie thermisches Wohlbefinden. Das neue Produkt geht auf ein Innovationsförderprogramm der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung zurück und wurde in 2014 mit einer DLG-Silbermedaille prämiert.

Summary

After a research and development phase in 2011 to 2013 a climate controller is available. This climate controller in combination with a water drinking system is able to register the water preference behaviour of pigs to guide the indoor temperature. Depending on the animal's thermal situation "cold", "room-like" or "warm" water is preferred. According to this response the set-temperature can be raised or decreased. If the pigs prefer the "room-like" water temperature they show thermal well-being. The new technology was sponsored by an innovation program of the BLE (German ministry of agriculture) and awarded by the DLG with a silver medal.

1 Einleitung und Projektziele

Die Stallklimaregelung in modernen Aufzucht- und Mastställen basiert bisher auf Temperatursensoren und Mindestlufraten für die Sommer- bzw. Wintersituation. Im Kontext der Klimaerwärmung und der zunehmenden Tierhaltung in ariden Gebieten spielt die Erkennung und die Bewältigung von Hitzestress eine wichtige Rolle in der Stallklimagestaltung (BANAHI et al. 2007). Von Seiten des Deutschen Tierschutzes sollen ebenfalls thermische Stresszustände für die Tiere vermieden werden. So werden gemäß der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TIERSCHNUTZTV 2014) Kühlmöglichkeiten in Schweineställen gefordert. Auch wenn diese Techniken installiert werden, besteht große Unsicherheit, wann sie zugeschaltet werden sollen, bzw. wann objektiv von Stresszuständen für die Tiere auszugehen ist.

Ausgehend von diesen Hintergründen und Problemen war es Ziel des Projektes, eine Verbesserung der Tiergerechtigkeit durch die Einbindung des Tierverhaltens in die Stallklimaregelung zu erreichen. Hierfür wurde ein Tränkesystem in Kombination mit einem Klimacomputer entwickelt, das die Präferenz der Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Wassertemperatur „kalt“, „Raumtemperatur“, „warm“ erfassen kann. Ausgehend von diesem Tierverhaltenssignal soll es möglich sein, „bedarfsgerecht“ Einfluss auf die Raumtemperatur und die Zuschaltung von Kühl- und Heiztechniken zu nehmen.

2 Methodische Vorgehensweise

Dieses Präferenzverhalten wurde bei Aufzuchtferkeln, Mastschweinen und Sauen in Abhängigkeit von typischen Haltungsformen in den Jahren 2011 bis 2013 untersucht. Über die Kühlung und Erwärmung des Wassers in einem Durchlaufsystem wird den Tieren Wasser in drei verschiedenen Temperaturen angeboten. Der Klimacomputer kann die Parameter Stall- und Wassertemperatur sowie den Wasserverbrauch erfassen. Die Untersuchungsmethode ist bei HOECK und BÜSCHER (2013a) ausführlich beschrieben.

Die grundsätzlichen Überlegungen, die sich hinter der technischen Anwendung verbergen, können mit folgenden Prinzipien (für Ställe mit Raumheizung) beschrieben werden:

- Nehmen die Tiere verstärkt „kaltes Wasser“ auf, besteht ein Abkühlungsbedarf; die Raumtemperatur sollte gesenkt werden (wenn dies technisch nicht möglich ist, sollte die Kühlung zugeschaltet werden)
- Nehmen die Tiere verstärkt „warmes Wasser“ auf, besteht ein Heizbedarf; die Raumtemperatur sollte erhöht werden (wenn dies technisch nicht möglich ist, sollte die Heizung zugeschaltet werden)
- Nehmen die Tiere verstärkt „raumwarmes Wasser“ auf, besteht thermisches Wohlbefinden; es besteht kein Änderungsbedarf bei Lüftung/Kühlung/Heizung

Der Klimacomputer ARV regelt die drei unterschiedlichen Tränkwassertemperaturen der Zapfentranken mithilfe von Rohrbegleitheizungen sowie einem elektronischen Kühlsystem. Das so temperierte Trinkwasser wird ständig umgewälzt, um eine konstante Temperatur an den Zapfentranken zu gewährleisten. Der Wasserverbrauch jeder Tränke wird digital mithilfe von Durchfluss-Sensoren erfasst. Die Regelungssoftware verarbeitet

alle Messwerte und kann „korrigierend“ in die Klimaregelung eingreifen. Das Maß der Sollwert-Veränderungen kann über Einstellparameter am Steuergerät beeinflusst werden. Die so während einem Durchgang eingestellten Regelparameter werden dauerhaft abgespeichert und können bei einem späteren Durchgang als Grunddaten wieder verwendet werden. Der Klimacomputer ist somit in der Lage, eine bewährte Klimakurve für jeden Durchgang spezifisch anzupassen.

3 Ergebnisse, Diskussion und Fazit

Es hat sich gezeigt, dass im Wohlfühlbereich der Schweine eine leichte Präferenz für kaltes Wasser vorliegt. Höhere Temperaturen im Stall haben eine signifikante Steigerung der Trinkmenge „kalten Wassers“ zur Folge, während ein beobachtetes Frieren der Tiere zu einem relativen Anstieg des „Warmwasser“-Konsums führt. Änderungen im Trinkverhalten werden auch bei beginnenden Erkrankungen der Tiere beobachtet. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen wurden ausführlich von HOECK und BÜSCHER (2013b und 2013c) beschrieben.

Da es in gut geführten, modernen Stallanlagen nur sehr selten zu echten Stresszuständen kommt, konnten die Beobachtungen von VAJRABUKKA et al. (1981) und STEINHARDT et al. (1991) nur punktuell überprüft und bestätigt werden.

In den einzelnen Stallsystemen und den unterschiedlichen Haltungsabschnitten sind die Präferenzen für die angebotenen Wassertemperaturen jedoch nicht einheitlich, so dass die Geräte eine „Lernphase“ benötigen, bevor Einfluss auf die Raumtemperatursteuerung genommen wird.

Das Gesamtsystem ist potenziell in der Lage, den Tierhalter bei folgenden Aufgaben zu unterstützen:

- Das Gerät kann „Hitzestress“ eindeutig identifizieren und ein Schaltsignal auslösen (das würde endlich eine Lücke in der TIERSCHNUTZTV 2014 schließen, die fordert: „Schweineeställe sollen mit Kühltechniken ausgestattet sein“).
- Das Gerät kann den Landwirt in seiner täglichen Arbeit unterstützen, die „richtige“ Stalltemperatur einzustellen, wenn die Tiergruppe dies selbstständig erledigt. Jeder Mastdurchgang hat erfahrungsgemäß eine Spezifik, sodass die Standard-Klimakurve des Steuergerätes immer angepasst werden muss.
- Das Gerät kann bei einer Wärmeübersorgung der Tiere (im Winter beim Einsatz von Heizungen) helfen, Energie und Brennstoffkosten einzusparen.
- Das Gerät kann helfen, einen Nachweis des Wohlbefindens zu erbringen, wenn weder Kälte- noch Hitzestress aufgetreten ist.
- Das Gerät kann zukünftig helfen, kurzfristige Gesundheitseinbrüche oder extreme Wetterumschwünge abzufuffern, wenn das Raumklima über das Tierverhalten gesteuert werden kann.

Diese Argumente haben letztlich dazu verholfen, der Entwicklung im Jahre 2014 eine DLG-Silbermedaille bei der Eurotier zu verleihen. Das Patent wurde bereits im Jahre 2012 erteilt: DE 10 2011 107 906 A1 2012.02.09.

Literatur

- Banhazi, T.; Aarnink, A.; Thuy, H.; Pedersen, S.; Hartung, J.; Maltz, E.; Payne, H.; Mullan, B.; Berckmans, D. (CIGR) (2007): Issues related to livestock housing under hot climatic conditions including the animal response to high temperatures. CIGR Workshop "Animal Housing in Hot Climate", Cairo, Egypt
- Hoeck, J.; Büscher, W. (2013a): Die Wasseraufnahme von Schweinen als Indikator für die Klimasteuerung. *Landtechnik*, 68(3,) 178-82
- Hoeck, J.; Büscher, W. (2013b): Temperature-dependent water intake behavior of weaned piglets. *Proceedings of the 6th European Conference on Precision Livestock Farming*, Leuven, Belgium, 724-730
- Hoeck, J.; Büscher, W. (2013c): Temperaturabhängiges Wasseraufnahmeverhalten von Aufzuchtferkeln. *Proceedings of the 11th Conference "Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming"*, Vechta, KTBL, Darmstadt, S.342-347
- Steinhardt, M.; Schloß, K.; Rönnicke, U. (1981): Untersuchungen über die bevorzugte Trinkwassertemperatur bei Schweinen. *Monatsheft für Veterinärmedizin*, 144-147
- TierSchNutzV (2014): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung von 2014 <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tierschnutztv/gesamt.pdf>, Zugriff am 15.06.15
- Vajrabukka C.; Thwaites, C.J.; Farrell, D.J. (1981): Overcoming the effects of high temperature on pig growth. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, 99-114

Untersuchungen zur Effizienz von Grundwasser-Wärmepumpen zur Ferkelstbeheizung

Investigations on efficiency of groundwater heat pumps to piglet nest heating systems

HANNAH LICHARZ¹, PETER RÖSMANN², WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn

² AGRAVIS Futtermittel GmbH, Industrieweg 110, 48155 Münster

Schlüsselwörter: Regenerative Energie, Grundwasserwärmepumpe, Heizen von Stallanlagen

Keywords: renewable energy, groundwater heat pump, heating system in livestock farming

Zusammenfassung

In den letzten 10 Jahren hat sich im deutschen Wohnungsbau die Wärmepumpe (WP) als Heiztechnik etabliert, wohingegen sich der Einsatz von WP in der Landwirtschaft momentan auf die Klimatisierung von Gewächshäusern und der Trocknung von Erntegütern, z. B. von Arzneimittelpflanzen, beschränkt.

Durch den hohen Wärmeanspruch von Jungtieren, insbesondere von Ferkeln, gestaltet sich gerade die Aufzucht sehr energieintensiv. Aus diesem Grund ist es von großer Bedeutung, die Nutztierhaltung speziell im Neubau aber auch in den modernisierten Ställen energieeffizienter, ökologischer und ökonomischer zu gestalten und den Einsatz regenerativer Energie bezüglich des vorhandenen Leistungspotenzials im Praxiseinsatz zu bewerten.

Hierfür wurde in einer saisonalen Betrachtung ein Heizsystem mit Grundwasser-Wärmepumpe untersucht, die in einem Abferkelstall installiert ist.

Die Leistungszahlen (COP) der verwendeten Technik lagen im Versuchszeitraum im Mittel zwischen 2,5 und 2,6.

Summary

The heat pump has been used in German housing construction as an established piece of heating technology for many years, whereas the use of heat pumps in agriculture is currently limited to greenhouse climate control and the drying of crops such as medicinal plants.

The piglets' high heat requirements mean that breeding is an extremely energy-intensive activity in livestock farming. It is therefore very important that livestock farming is designed to be energy efficient, environmentally friendly and economical, and that the use of renewable energy is assessed with regard to existing energy performance potential in practice.

To evaluate this, a seasonal investigation was conducted of a groundwater heat pump, installed in a farrowing barn. The coefficients of performance (COP) of the technology used were between 2.5 and 2.6 during the experimental period.

1 Einleitung

Berichte zum Wärmepumpeneinsatz in der landwirtschaftlichen Gebäudeklimatisierung von Tierställen liegen bislang nur in einem geringen Umfang vor (CREMER 2011, BFL 2009, LÜCKE und HÖRSTEN 2006, RIVA et al. 2000). Jedoch findet sie Anwendung insbesondere in wärmeaufwendigen Produktionsbereichen wie beispielsweise der Gewächshausklimatisierung oder der Trocknung von Erntegütern (ZIEGLER et al. 2011, BENLI und DURMUS 2009).

Das Potenzial für den Einsatz dieser Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung ist vorhanden, da die Vorlauftemperatur von Warmwasser-Heizungssystemen (ca. 45 °C) wirtschaftlich von WP bereitgestellt werden kann (CREMER 2011).

Die anzustrebende Umgebungstemperaturen im Aufenthaltsbereich liegt für neugeborene Ferkel bei 35–37 °C, für Saugferkel bei 28–32 °C und für Absetzferkel bei 25–27 °C (HEINRITZI et al. 2006). MEYER et al. (2011) nennen optimale Oberflächentemperaturen im Ferkelnest in der ersten Säugewoche zwischen 38 °C und 39 °C und für ältere Ferkel in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur zwischen 33 °C und 36 °C.

2 Material und Methode

In einer saisonalen Betrachtung wurde eine Grundwasser-Wärmepumpe (GWWP) in einem Abferkelstall mit 172 Abferkelplätzen im Kreis Recklinghausen in NRW untersucht. Hierbei wurde die WP des Typs Fighter 1330 der Firma NIBE Systemtechnik GmbH, Celle, die mit jeweils zwei Wärmepumpenmodulen (A und B) ausgestattet ist, installiert. Beide Module zusammen weisen eine Nennheizleistung von 40 kW auf.

2.1 Die Grundwasserwärmepumpe

Im Abferkelbereich speisen Wärmepumpenmodul A und B unterschiedliche Speicher. Modul A ist für die Temperierung eines 500-l-Pufferspeichers auf etwa 44 °C verantwortlich, der als Heizquelle für den Heizkreislauf im Abferkelstall zuständig ist. Jede Abferkelbucht ist mit einer Warmwasser-Ferkelnestheizplatte ausgestattet. Wärmepumpenmodul B steht als Wärmequelle für einen 300-l-Brauchwasserspeicher zur Verfügung, der für den täglichen Duschbetrieb der Hygieneschleuse im Einsatz ist. Die im Speicher herrschende Wassertemperatur beträgt circa 50 °C.

Als Wärmequelle dient Grundwasser mit einer Temperatur von ungefähr 10 °C, das aus einem Förderbrunnen mit einer frequenzgeregelten Grundwasserpumpe (7,5 kW, max. 40 m³ h⁻¹) aus 110 m Tiefe bezogen wird. Es zirkuliert mit einem Betriebsdruck von 1,30 bar durch die WP und gibt hier seine Energie an das Arbeitsmittel ab. Nachdem das Wasser den Kreislauf durchlaufen hat, wird es in den vom Förderbrunnen 20 m entfernten Schluckbrunnen (ca. 70 m) weitergepumpt.

2.2 Die Stallanlage

Bei dem untersuchten Betrieb handelt es sich um einen Veredelungsbetrieb mit 740 Zuchtsauen, die zur Jungsauenvermehrung eingesetzt werden. Der Abferkelstall wurde 2009 im Außenbereich neu errichtet.

Jede Bucht ist mit einer 0,65 m² großen Warmwasser-Ferkelheizplatte ausgestattet. Dabei temperiert die Wärmepumpe bei einer Vorlauftemperatur von 44 °C den Liegebereich der Saugferkel zwischen 38 °C und 40 °C. Hier sind aus Gründen der Tierkontrolle keine zusätzlichen Wärmeschutzabdeckungen installiert. Für die neugeborenen Tiere werden jedoch in den ersten Tagen zusätzlich Infrarot-Wärmelampen (100 W) angebracht.

2.3 Messmethodik bei der Grundwasser-Wärmepumpe

In den Heizkreisläufen des Stalles erfassten zwei geeichte ALLMESS Ultraschall-Wärmemengenzähler des Typs CF Echo II die von der Grundwasser-Wärmepumpe erzeugte Wärme. Zur Dokumentation der durch die Anlage geflossenen Wassermenge wurden insgesamt drei geeichte Wasserzähler in den Grundwasservorläufen des Wärmepumpensystems und im Trinkwasserversorgungsnetz eingesetzt. Die Aufnahme der Wassermenge war notwendig, da auch die Trinkwasserversorgung beider Ställe mit der gleichen Grundwasser-Förderpumpe gewonnen wird. Parallel hat ein Drehstromzähler den Energiebedarf der Grundwasser-Förderpumpe aufgezeichnet, welcher anschließend den einzelnen Grundwasserabnehmern quantitativ zugeordnet werden konnte. Die Wärmepumpe selbst zeichnet in ihrer Software verschiedene Daten auf, die zur Auswertung der Ergebnisse beitrugen (Betriebsstunden der Wärmepumpe in Stunden (h), die Grundwassertemperatur im Wärmepumpeneingang und -ausgang in Grad Celsius (°C)).

Im Untersuchungszeitraum wurden des Weiteren folgende Größen aufgezeichnet. Zum ersten unterschiedliche Lufttemperaturen im zehnminütigen Messintervall für Außen- temperatur, Innenraum- bzw. Abteitemperaturen mit den jeweils jüngsten Tieren. Zum zweiten die Betriebsleiterinformationen bezüglich Abteilbelegung, Servicezeiten der Abteile, Besonderheiten an der Wärmepumpe etc. Das Protokollieren der Messdaten im einwöchigen Abstand erfolgte manuell. Die Datenerhebung aller Messgrößen fand vom 07. Dezember 2011 bis 15. Februar 2012 statt.

2.4 Methode der Datenauswertung

Die Leistungszahl (COP = coefficient of performance) dient der energetischen Vergleichbarkeit zwischen WP. Sie wurde bei dieser Untersuchung unter Verwendung folgender Formel berechnet (DIN 8900 Teil 6, 1987).

$$\varepsilon_{WP} = \frac{\dot{Q}_{WP}}{P_{WP}}$$

Dabei ist

ε_{WP} die Leistungszahl der WP;

$\dot{Q}_{WP}$ die Wärmeleistung der WP in kW;

P_{WP} die elektrische Leistungsaufnahme der WP in kW (DIN 8900 Teil 6, 1987).

Der ökonomische und ökologische Betrieb einer WP wird maßgeblich von einer möglichst hohen Leistungszahl beeinflusst, welche von mehreren Faktoren wie Vorlauftemperatur, Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke abhängt. Die relevanten Messdaten wurden kontinuierlich erfasst, um die Leistungsparameter berechnen zu können.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Klimatische Randbedingungen

Die Außentemperatur am Versuchsstandort lag im Mittel bei 2,0 °C. Der maximale Messwert betrug 12,8 °C und der minimale -15,2 °C. Die Temperaturen im Abferkelbereich waren mit 23,0 °C nahezu konstant.

3.2 Leistungszahlen der Grundwasser-Wärmepumpe im Abferkelstall

Abbildung 1 zeigt die in den einzelnen Monaten des Versuchszeitraums von der Wärmepumpe aufgenommen elektrische Energie und gleichzeitig die daraus generierte nutzbare Wärmeenergie.

Abbildung 2 gibt die aus Abbildung 1 berechnete COP der WP im Abferkelbereich an. Die COP liegen in dem Versuchszeitraum zwischen 2,5 und 2,6.

Während der 70 Messtage hat die GWWP insgesamt 14.201 kWh elektrische Energie verbraucht. Im gleichen Zeitraum stellte die WP in der Summe 36.500 kWh nutzbare Wärmeenergie für Heizzwecke zur Verfügung.

Für den gesamten Untersuchungszeitraum ergibt sich eine Wärmeleistung von durchschnittlich 22,5 kW. Die Leistungszahl beträgt im Mittel 2,6. Dies bedeutet, dass unter Aufwendung von 1,0 kWh_{el} 2,6 kWh_{th} zum Heizen und zur Brauchwasserbereitung bereitgestellt wurden.

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpe muss unter monetären Gesichtspunkten durch das System eine COP um 4,0 erreicht werden (BFL 2009, CREMER 2011). Der Betrieb der messtechnisch betreuten GWWP muss zunächst als unwirtschaftlich eingeschätzt werden (Abb. 2).

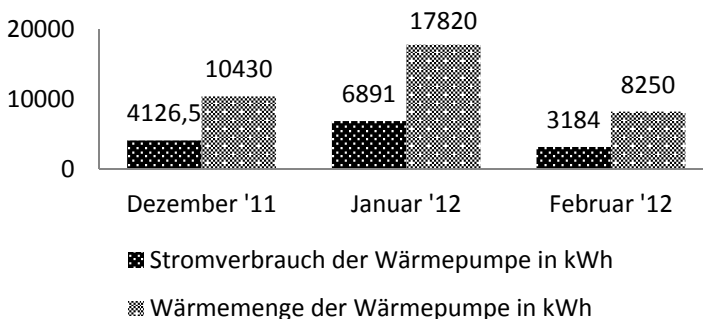


Abb. 1: Stromverbrauch und eingespeiste Wärmemenge im Versuchszeitraum

Fig. 1: Electrical energy input and heat output in heat-pump-process during the experimental period

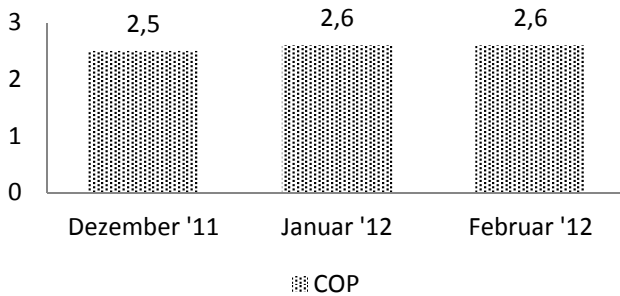


Abb. 2: COP während des Versuchszeitraums

Fig. 2: COP during the experimental period

Um die COP der Wärmepumpe zu verbessern, wurde durch Steigerung des Grundwasserdurchflusses und durch die Absenkung der Vorlauftemperatur im Abferkelstall versucht, die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke zu verringern und somit die COP zu verbessern. Diese Modifizierung musste nach kurzer Laufzeit rückgängig gemacht werden, weil die gewünschte Liegeflächentemperatur von circa 38–40 °C nicht mehr erzielt wurde und sich die COP aufgrund des steigenden Leistungsaufwandes für die Grundwasser-Förderpumpe nur um etwa 0,1 verbesserte.

4 Fazit

Die vorliegende Untersuchung der GWWP liefert einen Beitrag zur Beurteilung der unter Praxisbedingungen zu erwartenden Leistungen von GWWP auf der Basis einer Langzeit-Fallstudie. Darauf aufbauend konnte das System realistisch bezüglich seines Verhältnisses des Stromaufwandes zum Energieertrag sowie Energieeffizienz charakterisiert werden.

Um eine hohe Leistungszahl zu erreichen, sind möglichst geringe Vorlauftemperaturen des Abteil-Heizkreislaufes zu wählen, denn nur so kann eine geringe Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (Grundwasser) und Wärmesenke (Heizkreisvorlauf) bei relativ konstanter Grundwassertemperatur gewährleistet werden. Zusätzlich reduziert ein hoher Verbrauch von elektrischer Energie der WP die COP.

Es werden derzeit Untersuchungen durchgeführt, um den Einsatz der Grundwasser-Wärmepumpe in diesem Stall zu optimieren. Ziele sind einerseits, eine höhere Effizienz durch den Einsatz anderer regenerativer Energiequellen, andererseits, den E Stromverbrauch des gesamten WP-Systems zu senken.

Literatur

- Benli, H.; Durmus A. (2009): Evaluation of ground-source heat pump combined latent heat storage system performance in greenhouse heating. *Energy and Buildings* 41, p. 220-228
- BFL (Bauförderung Landwirtschaft e.V.) (2009): Energieeinsatz in der Tierhaltung. *BauBriefe Landwirtschaft* Nr. 47, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster
- Cremer, P. (2011): Wärmepumpeneinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben – Hinweise und Beispiele – Tagungsbeitrag. Förderkreis Stallklima 2011, Dummerstorf, 06. Oktober 2011
- DIN 8900, Teil 6 (1987): Anschlußfertige Heiz-Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern; Meßverfahren für installierte Wasser/Wasser-, Luft/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen. Beuth Verlag, Berlin
- Heinritzi, K.; Gindele H.R.; Reiner G.; Schnurrbusch, U. (2006): *Schweinekrankheiten*, UTB 8325, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Lücke, W.; Hörsten, D. (2006): Stauwärmenutzung in Dächern Energiegewinnung in landwirtschaftlichen Gebäuden. *Landtechnik*, 61(4), S. 208-209
- Meyer, E. M. Vogel; M. Wähner (2011): Untersuchungen zur Akzeptanz und Größe von Ferkelnestern. 10th Conference Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming, 27.-29. September 2011 in Kiel, S. 40-46
- Riva, G.; Pedretti, E.F.; Fabbri, C. (2000): Utilization of a Heat Pump in Pig Breeding for Energy Saving and Climate and Ammonia Control, *Journal of Agricultural Engineering Research* 77(4), pp. 449-455
- Ziegler, T.; Teodorov, T.; Mellmann, J. (2011): Flächentrocknung von Arzneipflanzen mit Luftentfeuchtung. *Landtechnik*, 66(3), S. 167-169

Danksagungen

Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer NRW sowie dem landwirtschaftlichen Betrieb in Dorsten-Lembeck. Die Untersuchungen wurden von Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft (USL) finanziell unterstützt.

Indikatorgestütztes Gesundheitsmonitoring bei tragenden Zuchtsauen

Indicator based health monitoring of pregnant sows

EVA GALLMANN, MELANIE JUNGE, DAGMAR JEZIERNY, THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart; eva.gallmann@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter: Sau, Indikator, Monitoring

Keywords: sow, indicator, monitoring

Zusammenfassung

Das Ziel des Projekts war die Konzeptionierung und Implementierung eines indikator-gestützten Monitoringsystems zur Bestimmung von Gesundheits- und Verhaltensabweichungen bei tragenden Sauen. Es wurden einzeltierbezogene Indikatoren zum Fressen (Fressrang, Futtermenge), Trinken (Trinkereignisse, Wassermenge) und Laufen (zurückgelegte Wegstrecken) von Wartesauen in einer Großgruppe mit Abruffütterung erfasst. Die Datenerhebung über mehr als 18 Monate wurde ergänzt durch Beobachtungsstudien sowie Bonituren des Integuments und der Lokomotion der Sauen. Zusammenhänge zwischen den Fress-, Trink- sowie Laufereignissen und Gesundheits- und Verhaltensabweichungen, insbesondere Lahmheiten und Umrauschereignisse, konnten teilweise abgeleitet werden. Für eine spätere Nutzung in einem Monitoringmodell bleibt die große Varianz der Daten innerhalb der gleichen Kategorien jedoch eine Herausforderung. Für größere Bestände konnte das Potenzial für einen möglichen monetären Nutzen eines Monitoringsystems aufgezeigt werden.

Summary

Aim of the project was the conception and implementation of an indicator-based monitoring system for gestating sows. The indicators feeding (eating rank, feed amount), drinking (drinking event, water amount) and walking (distance covered) of each sow were individually registered in a group housing system with electronic sow feeding systems. During more than 18 months the data acquisition was completed by observation studies and rating of integument and locomotion of the sows. Relationships between eating, drinking and walking events and health or behavior disorders, especially lamenesses and oestrus, were partly derived. The variance of the data within each category is still a challenge for the later use in monitoring models. For larger herd sizes the potential of a possible monetary benefit could be shown.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Anzahl deutscher Zuchtsauenhalter hat in den vergangenen 15 Jahren kontinuierlich abgenommen, wohingegen die Bestandsgrößen anstiegen. Dieser Trend wurde durch die obligatorische Umstellung auf die Gruppenhaltung von Wartesauen verstärkt. Größere Tierbestände stellen einerseits hohe Anforderungen an das Management und die Gesundheitsüberwachung der Einzeltiere, bieten andererseits aber auch Potenziale für die Automatisierung von Arbeitsgängen oder bei der Datengewinnung im Rahmen von indikatorgestützten Systemen.

Das Ziel des Verbundprojektes mit den Projektpartnern CLAAS Agrosystems KGaA mbH & Co KG sowie gridsolut GmbH + Co.KG war es, mithilfe von einfach zu erhebenden Indikatoren Monitoringmodelle zu entwickeln und in eine Managementsoftware zu implementieren, die Hinweise auf krankheits- oder rauschebedingte Veränderungen bei tragenden Zuchtsauen in Großgruppen geben. Als Indikatoren wurden die tierindividuelle Wasseraufnahme, Futteraufnahme sowie das Fortbewegungsverhalten ausgewählt.

2 Material und Methoden

Die Versuche wurden auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim in einer dynamischen Großgruppe mit durchschnittlich etwa 80 Zuchtsauen durchgeführt. Der Versuchstall wies eine Grundfläche von 220 m² auf. Zusätzlich stand uneingeschränkt ein Auslauf mit Tiefstreu von 124 m² zur Verfügung. Jede der Zuchtsauen war mit einem passiven RFID-Ohrmarkentransponder (Niedrigfrequenz) versehen. Mithilfe dieser konnten die Sauen in den beiden elektronischen Futterabrufstationen (EFA), den Tränken, den Türen zum Auslauf und an einer Ebererkennung registriert werden. Die Besuchszeit in der Futterstation, ausdosierte Futtermengen sowie die aufsummierten Aufenthaltsdauern der Sauen an der Ebererkennung wurden tierindividuell ausgewertet und basierend auf der täglichen Fressreihenfolge sogenannte relative Fressränge gebildet. Für die Aufzeichnung der Wasseraufnahme wurden RFID-Antennen neben jede der acht Bechertränken angebracht sowie in jede der Wasserzuleitungen ein Wasserdurchflussmesser eingebaut. Aus den registrierten Tieridentitäten und gleichzeitig geflossenen Wassermengen wurden tierindividuelle Trinkereignisse gebildet. Für die Analyse des Fortbewegungsverhaltens wurden über die zeitliche Abfolge der Registrierungen an den einzelnen RFID-Antennen im Wartesauenstall tagesbasierte und tierindividuelle sogenannte minimale Wegstrecken kalkuliert. Als zusätzliche Registrierungspunkte wurden am Ein- und Ausgang zum Auslauf weitere RFID-Antennen angebracht.

Zusätzlich zu den automatisch erfassten Daten wurde zweimal wöchentlich das Laufverhalten mithilfe eines vierstufigen Bonitursystems (FEETFIRST ZINPRO™ 2009) analysiert und dazu sogenannte Locomotion Scores (LS) vergeben. Dabei wurde LS 0 bei einwandfreiem Laufen, LS 1 für leichte Lahmheiten, LS 2 für deutliche Lahmheiten und LS 3 für Fälle von schwerer Lahmheit vergeben.

Außerdem wurden Bonituren des Integuments hinsichtlich der An- bzw. Abwesenheit von schweren Verletzungen der Hautoberfläche, der Vulva, des Gesäuges sowie des Fußbereichs der Tiere durchgeführt. Zusätzlich wurden vom Stallpersonal Behandlungen

gen, Umrauschereignisse und besondere Vorkommnisse dokumentiert. Eine detailliertere Darstellung zur Vorgehensweise mit entsprechenden Abbildungen ist JUNGE et al. (2012) zu entnehmen.

Die Daten zur Wasser- und Futteraufnahme sowie zu Fortbewegung, Bonituren und Aufenthalt an der Ebererkennung wurden in einem Gesamtdatensatz zusammengeführt und auf sogenannte Tiertage bezogen ausgewertet. Als Tiertage werden die aggregierten Tagesdatensätze der Tiere, welche sich in der Wartesauengruppe befanden, bezeichnet. Vom 13.04.2012 bis zum 31.05.2013 wurden 29.552 Tagesdatensätze von 199 verschiedenen Wartesauen der Paritäten 2 bis 11 erfasst und analysiert. Es wurden insgesamt 69.577 Trinkereignisse, 28.537 Fressereignisse und 10.872 kalkulierte minimale Wegstrecken berücksichtigt und 7.128 Locomotion Scores bonitiert sowie 49 Umrauschereignisse und 86 „Fußerkrankungen“ dokumentiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Während der 372 ausgewerteten Messtage wurden 69.577 Trinkereignisse mit Volumina von 2 ml bis 11,45 l aufgezeichnet. Durchschnittlich dosierten die Sauen 2,4-mal je Tag 0,53 l Wasser aus, allerdings wurden für 25 % der Tagesdatensätze keine Trinkereignisse festgestellt. Des Weiteren konnte eine deutliche 24-h-Periodik der Wasseraufnahme mit Maxima am Vor- und Nachmittag beobachtet werden. Nahmen Sauen kein Futter an der EFA auf, dosierten sie tendenziell auch geringere Wassermengen an den Tränken aus. Parität und Temperaturdifferenzen schienen die Wasseraufnahme nur geringfügig zu beeinflussen.

Die Auswertungen für lahme Sauen ergaben eine höchstsignifikante geringere Anzahl an tierindividuellen Trinkereignissen sowie Abnahme der ausdosierten Wassermengen an den Tränken, wie in Abbildung 1 kategorisiert nach den jeweilig bonitierten LS dargestellt ist. MADEC et al. (1986) konnten für Sauen in Anbindehaltung ebenfalls feststellen, dass Tiere mit Lahmheitsbeschwerden eine signifikant geringere Wasseraufnahme gegenüber Tieren ohne Lahmheitsbeschwerden aufwiesen. Es ist möglich, dass die Sauen mit zunehmenden Lahmheitsbeschwerden „unnötige“ Besuche an den Tränken vermeiden und so im Endeffekt weniger Wasser aufnehmen.

Die Auswertungen der Fressreihenfolge an den elektronischen Futterabrufstationen und die Bestimmung von relativen Fressrängen ergaben keine signifikanten Unterschiede für auffällige und unauffällige Tiere. Es konnten jedoch tendenzielle Einflüsse durch Alter bzw. Parität, Lahmheit und Umrauschen auf die Besuchsreihenfolge an den EFA bzw. auf die relativen Fressränge (rFR) beobachtet werden. In Abbildung 2 sind die errechneten rFR je Tier und Tag in Abhängigkeit der jeweilig bonitierten LS dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass die Sauen mit zunehmender Schwere der Lahmheit höhere rFR erreichten, also im Tagesverlauf später an die EFA kamen. Allerdings streuten die rFR für alle vier LS stark, besonders bei LS 0 und LS 1.

Somit konnte die Tendenz, dass sich gesundheitlich beeinträchtigte Tiere, z.B. durch ein Lahmheitsgeschehen, weniger gut an der EFA durchsetzen (HINRICHS und HOY 2011), bestätigt werden. Die große Streuung der rFR innerhalb der gleichen Kategorien und die deutlich geringere Anzahl Fälle für Sauen mit schweren Lahmheiten müssen dabei

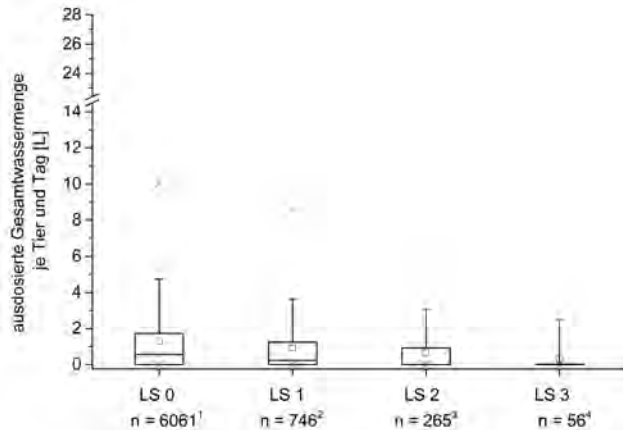


Abb. 1: Ausdosierte Gesamtwassermengen je Tiertag kategorisiert nach bonitierten Locomotion Scores (LS) (LS 0 = keine Lahmheit bis LS 3 = starke Lahmheit; ¹ 192 verschiedene Sauen, ² 155 verschiedene Sauen, ³ 87 verschiedene Sauen, ⁴ 33 verschiedene Sauen)

Fig. 1: Dosed out water per animal and day categorized for Locomotion Scores (LS) (LS 0 = no lameness to LS 3 = severe lameness; ¹ 192 different sows, ² 155 different sows, ³ 87 different sows, ⁴ 33 different sows)

beachtet werden. Eine allgemeingültige Schwelle, durch die Tiere mit oder ohne Lahmheit voneinander unterschieden werden könnten, ist nicht ersichtlich.

Ein Vergleich mit statischen Gruppen auf einem Praxisbetrieb für einen Intensiverhebungszeitraum zeigte auf, dass Sauen mit festgestellten Lahmheitsgeschehen ebenfalls geringere Wassermengen an den Tränken ausdosierten und höhere rFR aufwiesen (JUNGE et al. 2014).

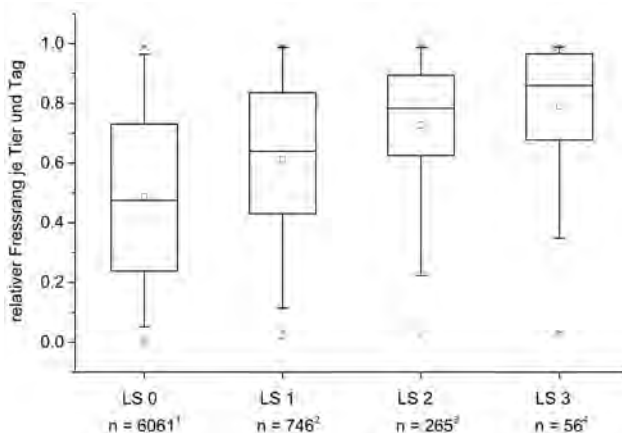


Abb. 2: Relative Fressränge, kategorisiert nach bonitierten Locomotion Scores (LS) je Tiertag (LS 0 = keine Lahmheit bis LS 3 = starke Lahmheit; ¹ 192 verschiedene Sauen, ² 155 verschiedene Sauen, ³ 87 verschiedene Sauen, ⁴ 33 verschiedene Sauen)

Fig. 2: Relative eating ranks per animal and day categorized for Locomotion Scores (LS) (LS 0 = no lameness to LS 3 = severe lameness; ¹ 192 different sows, ² 155 different sows, ³ 87 different sows, ⁴ 33 different sows)

In Abbildung 3 sind die kalkulierten minimalen Wegstrecken je Tier und Tag entsprechend dem jeweilig bonitierten LS geordnet. Dabei ist zu erkennen, dass Sauen, die bei der Bonitur des Laufvermögens keine Auffälligkeiten zeigten (LS 0), im Durchschnitt die weitesten minimalen Wegstrecken mit MW = 185 m zurücklegten. Sauen, die durch leichte Lahmheiten auffielen (LS 1), legten im Durchschnitt mit 140 m je Tier und Tag bereits geringere minimale Wegstrecken zurück. Dieser Trend setzte sich bei Sauen mit deutlichen Lahmheiten (LS 2, MW = 113 m) und bei Sauen mit starken Lahmheiten (LS 3, MW = 81 m) fort. Andererseits legten einige Tiere trotz einer relevanten Lahmheit (LS 2 und LS 3) vergleichbare minimale Wegstrecken zurück wie Tiere ohne Lahmheit. Der Auslauf wurde erst bei einer starken Lahmheit auffällig seltener aufgesucht. Für eine spätere Nutzung in einem Monitoringmodell bleiben die großen Streubreiten innerhalb der gleichen Kategorien jedoch problematisch. Außerdem ist anzunehmen, dass sich bei verschiedenen Aufstallungsformen und Buchtengrundflächen Lahmheiten sehr unterschiedlich auf die Fortbewegung sowie das Trink- und Fressverhalten auswirken können bzw. erkennbar werden.

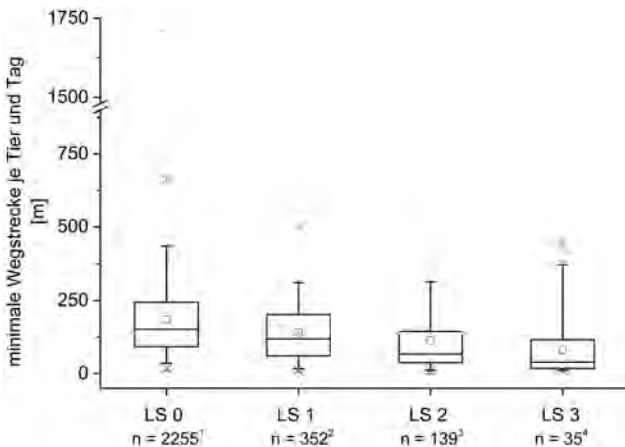


Abb. 3: Kalkulierte minimal zurückgelegte Wegstrecken je Tiertag (n) für Tiere mit bonitierten Locomotion Scores (LS) (LS 0 = keine Lahmheit bis LS 3 = starke Lahmheit; ¹ 141 verschiedene Sauen, ² 103 verschiedene Sauen, ³ 51 verschiedene Sauen, ⁴ 20 verschiedene Sauen)

Fig. 3: Calculated minimal walked distances per animal and day according to Locomotion Scores (LS) (LS 0 = no lameness to LS 3 = severe lameness; ¹ 141 different sows, ² 103 different sows, ³ 51 different sows, ⁴ 20 different sows)

Die Detektion von Umrauschern über die Betrachtung tierindividueller Aufenthaltsdauern an der Ebererkennung mithilfe eines Schwellenwertmodells war gut möglich. Beim Vergleich von unauffälligen Sauen und Umrauschern konnte tendenziell auch ein Rückgang der ausdosierten Wassermengen und Anzahl an Trinkereignissen festgestellt werden.

In der Literatur wird ebenso über sensorgestützte und tierindividuelle Erfassung des Trinkverhaltens (KRUSE et al. 2011), Fressverhaltens (CORNOU et al. 2008, HINRICHS und HOY 2011) und Fortbewegungsverhaltens (KASHIHA et al. 2014) berichtet. Einzelne Indikatoren allein schienen jedoch oft nicht aussagekräftig genug zu sein, um vielfältige Gesundheits- und Verhaltensbeeinträchtigungen verlässlich anzuzeigen und vorherzusagen (APARNA et al. 2011). Die Ausprägung und Varianz der Indikatoren sowohl zwischen den Tieren als auch tierindividuell kann zudem sehr unterschiedlich sein.

Eine Kosten-Nutzen-Analyse für ein in eine Agrarmanagementsoftware implementiertes Monitoringmodell zeigte einen möglichen monetären Nutzen für größere Bestände auf. Wichtige, noch zu optimierende Einflussfaktoren sind die Kosten für die notwendigen Hardwareinstallationen, die Kosten und die Zahlungsbereitschaft für Softwaremodule und die Annahmen zur Kosten- und Preisentwicklung in der Ferkelerzeugung.

4 Fazit

Die Untersuchungen ergaben vertiefte Erkenntnisse zum Wasseraufnahme-, Futteraufnahme- und Fortbewegungsverhalten von Wartesauen in dynamischen Großgruppen. Die Machbarkeit eines tierindividuellen Monitorings durch die Echtzeitverarbeitung von Sensordaten in einer Wartesauengruppe sowie die Anbindung an eine Managementsoftware konnte gezeigt werden. Insgesamt erschwerte jedoch die sehr große Tierinter- und Tierintravariabilität für die Parameter Trinkereignisse, Fressereignisse und minimale Wegstrecken die Definition einzeltierbezogener Monitoringmodelle zur indikatorgestützten Krankheitsfrüherkennung mit der nötigen Sensitivität und Spezifität. Weiterführende Untersuchungen zu Indikatoren, Sensoren und Auswertalgorithmen sind notwendig.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 2813700110).

Tränkwasserhygiene in der Schweineaufzucht: Bewertung der Tränkwasserqualität und Biofilmbildung nach Tränkwassersedesinfektion

Hygiene of drinking water in piglet rearing: evaluation of drinking water quality and biofilm growth after drinking water disinfection

NICOLE KEMPER¹, REGINA BÖGER², JOCHEN SCHULZ¹

¹ Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie (ITTN), Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover; nicole.kemper@tiho-hannover.de

² Tierärztliche Gemeinschaftspraxis Büren FGS-GmbH, Bruchberg 24, 33142 Büren

Schlüsselwörter: Tränkwasser, Rohrleitung, Desinfektion

Keywords: drinking water, pipe, disinfection

Zusammenfassung

Tränkwasser stellt das wichtigste Futtermittel für Nutztiere dar und ist von entscheidender Bedeutung für die Aufrechterhaltung lebenswichtiger Funktionen. Um eine möglichst hohe Tiergesundheit zu realisieren, muss Tränkwasser nicht nur in ausreichender Menge, sondern auch in entsprechender Qualität zur Verfügung stehen.

Zur Tränkwasseraufbereitung stehen mehrere Verfahren zur Verfügung, die eine hohe Tränkwasserqualität unter anderem durch die Reduktion von Biofilmen gewährleisten sollen. Die quantitative und qualitative Bewertung von Biofilmen im Praxisbetrieb gestaltet sich bislang schwierig. Daher wird in dieser Studie ein Probennahmeverfahren zur Bewertung der Tränkwasserqualität und Biofilmbildung evaluiert und zur Bewertung eines Verfahrens zur Tränkwassersedesinfektion in einem Schweinestall (Flatdeck) herangezogen.

Summary

Drinking water is the most important food for farm animals and of vital importance. To realize best animal health, drinking water has to be provided not only in sufficient quantity, but also in respective quality.

For drinking water treatment, several methods are available guaranteeing a high drinking water quality, amongst others via the reduction of biofilms. Quantitative and qualitative assessment of biofilms is often difficult in practice. Therefore, this study evaluates a new sampling method for analysing drinking water quality and biofilm growth, and uses this method to examine a water disinfection technique in a pig rearing unit.

1 Einleitung

Wasser stellt das wichtigste Futtermittel für Nutztiere dar. Halter von Nutztieren haben sicherzustellen, „dass alle Tiere täglich ihrem entsprechenden Bedarf mit Futter und Wasser in ausreichender Menge und Qualität versorgt sind.“ (§ 4 (1) TierSchNutzV vom 22. August 2006). Probleme, durch welche die benötigten Durchflussmengen nicht mehr gewährleistet werden können oder durch welche die Qualität des Tränkwassers nachteilig beeinflusst wird, können ihre Ursache im Auftreten von ungünstigen abiotischen und biotischen Faktoren haben. Unter den biotischen Faktoren gerät zunehmend die Entstehung von Biofilmen in Tränksystemen in den Fokus. Wirkungsvolle Reinigungs-, Desinfektions- und Präventionsmaßnahmen sollten eingesetzt werden, mit denen Biofilme in Tränkwassersystemen entfernt werden und die der Bildung neuer Biofilme vorbeugen, ohne dabei die Tiergesundheit nachteilig zu beeinflussen. Allerdings ist die Beprobung von Tränkwassersystemen hinsichtlich möglicher Biofilmbildung zur Überprüfung des Erfolgs solcher Maßnahmen nicht trivial. Ziel dieser Untersuchung sollte es daher sein, ein geeignetes Probennahmeverfahren zur Bewertung der Tränkwasserqualität und Biofilmbildung zu entwickeln, sowie damit die Wirksamkeit eines Verfahrens zur Tränkwasserdesinfektion in einem Schweinestall (Flatdeck) zu analysieren.

2 Tränkwasserqualität

Nach dem Orientierungsrahmen zur Beurteilung der Tränkwasserqualität (basierend auf KAMPHUES et al. 2007) sollte Tränkwasser schmackhaft, verträglich und verwendbar sein. Hinsichtlich der biologischen Qualität soll es frei von Salmonellen, *Campylobacter* (in 100ml) und *Escherichia coli* (in 10 ml) sein, sowie eine aerobe Gesamtkeimzahl von 1.000 KBE (Koloniebildende Einheiten)/ml bei 37 °C sowie 10.000 KBE/ml bei 20 °C nicht überschreiten.

Um dies zu gewährleisten und mögliche negative Einflüsse auf die Tiergesundheit zu verhindern, sind verschiedene Methoden und Verfahren zur Tränkwasseroptimierung auf dem Markt. Diese lassen sich grundsätzlich in Verfahren der Reinigung (beispielsweise durch Schwammgummibälle oder Impuls-Spülverfahren) und der Aufbereitung unterteilen. Bei der Aufbereitung ist zwischen chemischen, physikalischen und sonstigen Verfahren zu unterscheiden. Diese Verfahren können konstant oder sporadisch angewendet werden.

3 Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden in einem Versuchs- und einem Kontrollabteil einer Ferkelaufzucht in drei Durchgängen statt. Beide Abteile boten jeweils Platz für etwa 250 Ferkel, verfügten über zwölf Dreifach-Nippeltränken und wurden mit Stichleitungen mit Wasser aus dem hofeigenen Brunnen versorgt. Im Versuchsabteil wurde das zugeleitete Wasser einer aufbereitenden Behandlung (VCP, Virbac Clean Pipe, Virbac Tierarzneimittel GmbH, Bad Oldesloe) unterzogen.

Zur Beurteilung der Biofilmbildung wurden pro Abteil an zwei repräsentativen Stellen austauschbare Rohrstücke eingebaut, welche aus fünf hintereinander liegenden, je 20 cm langen, durch Kugelhähne begrenzten Einzelstücken bestanden (Abb. 1, Abb. 2). Die Einzelkomponenten wurden nach einem definierten Verbleibezeitraum im System von 0, 14, 28 und 42 Tagen nach Einstellung ausgebaut und inklusive des darin befindlichen Wassers komplett zur mikrobiologischen Analyse verwendet. Zudem wurden bei jeder 14-tägigen Probennahme das eingespeiste Brunnenwasser sowie zwei Nippeltränken beprobt. Die mikrobiologischen Analysen orientierten sich an den strikteren Vorgaben der Trinkwasserverordnung (Gesamtkeimzahl in 100 ml bei 22 °C und 36 °C, *Escherichia coli*/Coliforme in 100 ml). Darüber hinaus wurden *Pseudomonas aeruginosa* in 100 ml, Endotoxine in 100 ml sowie die Trockenmasse des Biofilms in den Rohrstücken bestimmt. Der Wasserverbrauch wurde abteilweise erfasst.

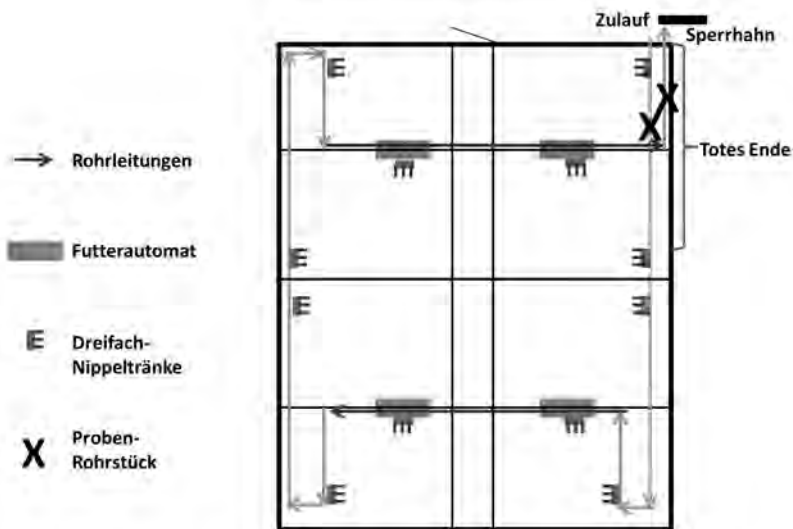


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lokalisation der im Abteil eingebauten Rohrstücke
 Fig. 1: Scheme of the pipe sections built in the compartment

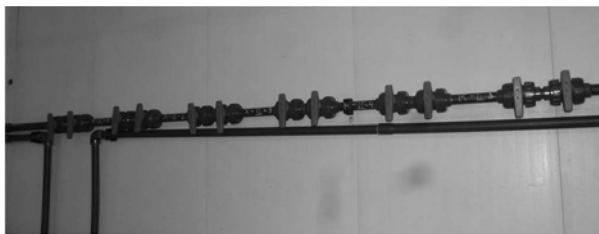


Abb. 2: Segmentierte Rohrstücke
 Fig. 2: Pipe sections

4 Ergebnisse

Das Probennahmeverfahren mittels der eingebauten Teilrohrstücke erwies sich als äußerst geeignet, die Biofilmentwicklung über den betrachteten Zeitraum zu verfolgen sowie Wasser für die mikrobiologischen Analysen zu gewinnen. Das analysierte eingespeiste Brunnenwasser war hygienisch unbedenklich. Im zeitlichen Verlauf erfolgte in den Rohrleitungen eine Keimanreicherung, die sich auch an den Nippeltränken zeigte.

Die Auswertungen der Proben aus den Teilrohrstücken und den Tränken des Versuchsabteils zeigten im Vergleich zu denen aus dem Kontrollabteil eine geringere mittlere Biofilm-Trockenmasse (7,15 mg/Rohrstück vs. 9,18 mg/Rohrstück) sowie weniger Nachweise von *Escherichia coli*, Coliformen und Pseudomonaden. Hinsichtlich des Endotoxinvorkommens ergaben sich keine Unterschiede. Das getestete aufbereitende Verfahren kann als wirksam bewertet werden. Generell stellt die Beprobung von Tränkwassersystemen eine Herausforderung dar und muss unter Umständen an verschiedene Tränkwassersysteme angepasst werden. Bezüglich der Optimierung von Probenahmeverfahren, die repräsentative bzw. vergleichbare Ergebnisse liefern, existiert daher noch erheblicher Forschungsbedarf.

Literatur

- Kamphues, J.; Böhm, R.; Flachowski, G.; Lahrssen-Wiederholt, M.; Meyer, U.; Schenkel, H. (2007): Empfehlungen zur Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser für Lebensmittel liefernde Tiere unter der Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen. *Landbauforschung Völkenrode* 57(3), 255-272
- TierSchNutzTV (2006): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung – TierSchNutzTV) vom 31. August 2006. *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 41*, 2044-2056

Untersuchungen zur Tauglichkeit eines Spaltenreinigungsroboters in der Sauenhaltung

Studies on the suitability of a scraper robot in sow keeping

PETER EBERTZ¹, FELIX AUSTERMANN², REINHARD SCHULTE-SUTRUM²,
WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der tierischen Erzeugung, Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn; ebertz.peter@gmail.com

² Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft (VBZL) Haus Düsse, Ostinghausen, 59505 Bad Sassendorf

Schlüsselwörter: Spaltenreinigung, Sauenhaltung, Spaltenreinigungsroboter
Keywords: cleaning of slatted floors, sow keeping, scraper robot

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob ein Spaltenreinigungsroboter aus der Rinderhaltung auch in der Sauenhaltung einsetzbar ist, um die Hygiene zu verbessern.

Das Projekt wurde in der Großgruppe des Wartebereichs am VBZL Haus Düsse in Bad Sassendorf im Frühjahr und Sommer 2014 durchgeführt.

Die Reinigungsleistung des Spaltenroboters ist trotz der geringeren Schlitzweiten und des festeren Kots in der Sauenhaltung als sehr gut zu bezeichnen. Die Befürchtung, ein solches Gerät könnte durch den Spieltrieb der Tiere zerstört werden, bestätigte sich nicht. Zu Beginn der Versuche musste zunächst die Orientierung des Reinigers auf der Spaltenfläche verbessert werden. Mit den Ergebnissen der Studie konnten Empfehlungen zum Einsatz von Spaltenreinigungsrobotern in der Sauenhaltung ausgesprochen werden.

Summary

The present study investigated if a scraper robot from cattle farming can also be used in sow keeping to improve the hygiene.

The project was carried out in a big group of waiting sows at VBZL Haus Düsse in Bad Sassendorf in spring and summer of 2014.

The cleaning performance of the scraper robot can be described as very good despite the lower slot widths and firmer excrements in sow keeping. The fear that such a device could be destroyed by the animals play instinct has not been confirmed. At the beginning of the trials the orientation of the cleaner on the slatted floor needed to be optimized. With the results of the study recommendations could be given for the use of scraper robots in sow keeping.

1 Einleitung und Zielsetzung

Eine moderne Schweinehaltung setzt optimale Haltungs- und Hygienebedingungen in den Stallanlagen voraus. Vor allem in größeren Gruppen mit höherem Platzangebot zeigen sich die durch die Tiere angelegten Funktionsbereiche deutlicher als in Kleingruppen (ELLERSIEK und AVERBERG 2010). Dies ist zwar im Sinne der Ausbildung des art eigenen Verhaltens zu befürworten, führt aber gleichzeitig dazu, dass insbesondere in den Kotbereichen der Dung durch die verringerte Trittfrequenz der Tiere nicht ausreichend durch die Spaltenböden hindurchgetreten wird (MEYER und JAHN 2006). Von dort geht eine erhöhte Gefahr der Salmonellenübertragung und von Ammoniakemissionen aus (VON BORELL und HUESMANN 2009). Außerdem wirken sich verschmutzte Oberflächen nachteilig auf die Klauengesundheit der Schweine aus (ZIRON 2010).

Diese Problematik ist schon aus der Rinderhaltung bekannt. Um dort die Exkremente aus dem Tierbereich zu entfernen, wurden automatische Spaltenschieber entwickelt, die in programmierten Routen und Zeiten den Stall reinigen. Im vorliegenden Projekt wurde untersucht, inwieweit ein Spaltenreinigungsroboter aus der Rinderhaltung in Bezug auf Reinigungsleistung und Tierverhalten auch in der Sauenhaltung einsetzbar ist, um die Hygienebedingungen und damit das Wohlbefinden der Tiere zu verbessern.

2 Material und Methoden

Die Versuche wurden im Wartestall des VBZL Haus Düsse durchgeführt. Die Sauenherde bestand zum Versuchszeitpunkt aus 220 Sauen, davon ca. 190 Topigs-Sauen und etwa 30 Sauen dänischer Herkunft. Die Sauenherde wurde im Wochenrhythmus geführt, sodass im Wartestall eine dynamische Großgruppe vorhanden war.

Der Wartestall bietet rund 175 Sauen Platz. Da aber nur max. 120 Sauen ständig in der Gruppe waren, existierte eine Unterbelegung und damit ein höheres Platzangebot je Tier als gesetzlich vorgeschrieben. Im Stallbereich waren sowohl „Öko-Lochspalten“, 17-mm- als auch 20-mm-Spaltelemente verlegt. Die Lüftung des Stalles erfolgte zuluftseitig über Rieselkanäle und abluftseitig über eine Unterflur- bzw. in den Sommermonaten zusätzlich über eine Oberflurabsaugung. Neben den drei Abrufstationen stand den Sauen Heu aus einer Raufe zur Verfügung (ad libitum).

In Vorversuchen wurden die Aktivitätszeiten sowie die Kotbereiche der Sauen ermittelt. Anhand dessen wurden die Routen im Stall sowie die Versuchszeiten festgelegt.

Für die Hauptversuche stand ein Lely-Spaltenreinigungsroboter „Discovery 90 SW“ mit Wasserreinigungsfunktion zur Verfügung. Es handelte sich zunächst um ein Standardgerät aus der Rinderhaltung.

In der Versuchsphase wurde der Reiniger zweimal täglich, gegen 8:30 Uhr und 15:00 Uhr eingesetzt. Dabei wurde in den ersten 10 Versuchstagen morgens ohne und nachmittags mit Wasser gereinigt. Je Sau stand ein Platzangebot von $2,9 \text{ m}^2 \cdot \text{Tier}^{-1}$ zur Verfügung. In den letzten 10 Versuchstagen wurde dies umgekehrt und durch das Verschließen eines Liegekessels hatte jede Sau noch $2,6 \text{ m}^2 \cdot \text{Tier}^{-1}$ zur Verfügung.

Zur Erfassung der Reinigungsleistung und der Wiederverschmutzung wurde die Kotauflage einzelner Spaltenelemente vor und nach jedem Abschieben gewogen. Zusätzlich

wurde der gesamte Stallbereich in „Boniturquadrate“ eingeteilt, die vor und direkt nach sowie im Abstand von zwei, vier und sechs Stunden nach dem Abschieben auf ihren oberflächlichen Verschmutzungsgrad wie auch den Verschlussgrad der Spaltenschlitze bewertet wurden.

Um die Reaktionen der Tiere auf den Reiniger erfassen zu können, wurde die Anzahl der Sauen ermittelt, die sich mit dem fahrenden bzw. dem stehenden Spaltenreiniger „beschäftigten“. Zusätzlich wurden die Attraktivität verschiedener „Angriffspunkte“ am stehenden Roboter beobachtet.

3 Ergebnisse

Nach den ersten Funktionstests mussten Umbauten am Gerät vorgenommen werden, da sich das Standardgerät zunächst nur schlecht im Stallbereich orientieren konnte. Dazu wurde ein zweiter Ultraschallsensor installiert. Beide Ultraschallsensoren wurden anschließend auf eine 75 cm hohe Antenne geschraubt, damit sich das Gerät im Raum ohne den Einfluss liegender Sauen besser orientierte. Durch eine erneute Kalibrierung und den Umbau der Ladestationen konnten weitere Verbesserungen erreicht werden, sodass die Fortsetzung des Versuchs möglich war. Anschließend wurde der Kot in allen Fällen unabhängig vom Spaltenbodentyp bis auf einen minimalen Schmierfilm entfernt (Abb. 1).



Abb. 1: Bodenzustand vor, während und nach der Reinigung
 Fig. 1: Condition of the floor before, during and after cleaning

Das Reinigungsergebnis und die Wiederverschmutzung sind in Abbildung 2 dargestellt. Sie zeigt das Ergebnis der morgendlichen Reinigungsfahrten.

In beiden hier gezeigten Szenarien wurde die Verschmutzung, d.h. die Anteile der „verkoteten“ und „feucht und verkoteten“ Fläche durch die Reinigung erheblich reduziert. Der „feuchte“ Anteil des Bodens erhöhte sich nach der „Reinigung mit Wasser“ stärker (93 Prozent) als bei der „Reinigung ohne Wasser“ (68 Prozent). Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,05$).

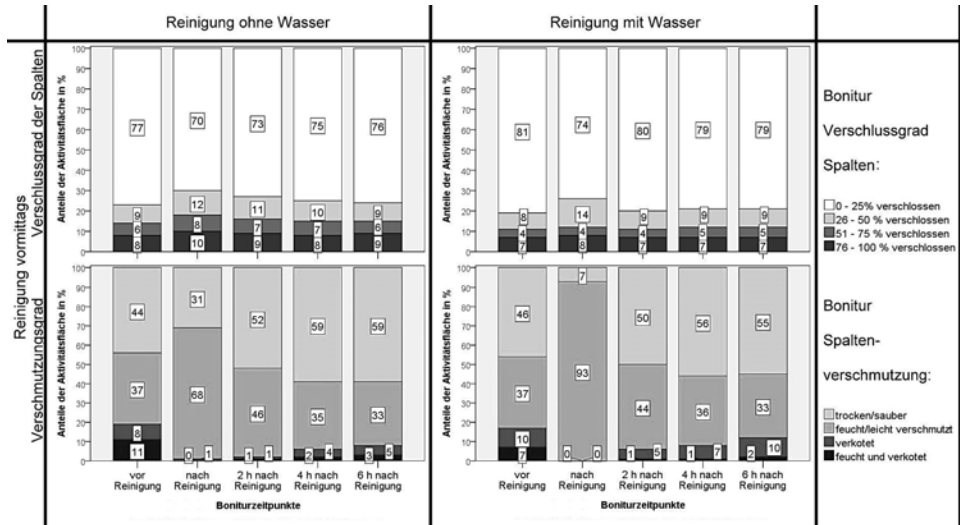


Abb. 2: Ergebnisse der morgendlichen Reinigungsfahrten

Fig. 2: Results of the morning cleaning runs

Zwei Stunden nach der Reinigung ging der „feuchte“ Anteil in beiden Varianten zugunsten der trockenen Bereiche zurück. Allerdings erhöhte sich auch der Anteil der „verkoteten“ sowie „feucht und verkoteten“ Bereiche wieder. Diese Entwicklung setzte sich stetig bis sechs Stunden nach der Reinigung fort.

Beim Verlauf des Verschlussgrades der Spalten waren die Unterschiede zwischen den Szenarien geringer als bei der Beschreibung der Bodenverschmutzung. Der größte Teil der Spalten (≥ 70 Prozent) war ständig sauber und frei von Exkrementen. In der Stichprobe stieg nach der Reinigung der Anteil der verklebten Spalten minimal an. Zwei und vier Stunden nach der Reinigung ging der Anteil der verklebten Spalten wieder stetig zurück auf das Anfangsniveau und änderte sich anschließend kaum noch.

Abbildung 3 vergleicht die Beschäftigungsaktivität der Sauen mit dem fahrenden bzw. stehenden Spaltenreiniger. Die X-Achse zeigt das Platzangebot je Sau sowie die Boniturzeiten, die Y-Achse zeigt den Mittelwert der Sauenzahl, die sich mit dem Gerät beschäftigt hat. Innerhalb der 30- bis 40-minütigen Fahr- bzw. Standzeit beschäftigten sich im Mittel 1,5 bzw. 8,2 Sauen mit dem Spaltenreiniger.

Morgens ließ sich ein signifikant höheres Interesse am Spaltenreiniger ermitteln als nachmittags (T-Test, $p < 0,05$). Das Platzangebot hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Interesse der Tiere am Roboter (T-Test, $p > 0,05$). Über alle vier Varianten hinweg ließ sich feststellen, dass das stehende Gerät für die Tiere deutlich attraktiver war, als der fahrende Spaltenreiniger. Bei höherem Platzangebot beschäftigten sich in etwa 1,5-mal so viele Sauen mit dem stehenden als mit dem fahrenden Gerät. Bei $2,6 \text{ m}^2$ je Sau war die Anzahl etwa doppelt so hoch. Der Unterschied im Vergleich zum fahrenden Gerät ist signifikant ($p < 0,05$).

Daneben wurde die Attraktivität der einzelnen Bauteile des Reinigungsgerätes beobachtet. Hierzu wurden die Tierkontakte mit ausgewählten Bauteilen bestimmt. Im Mittel

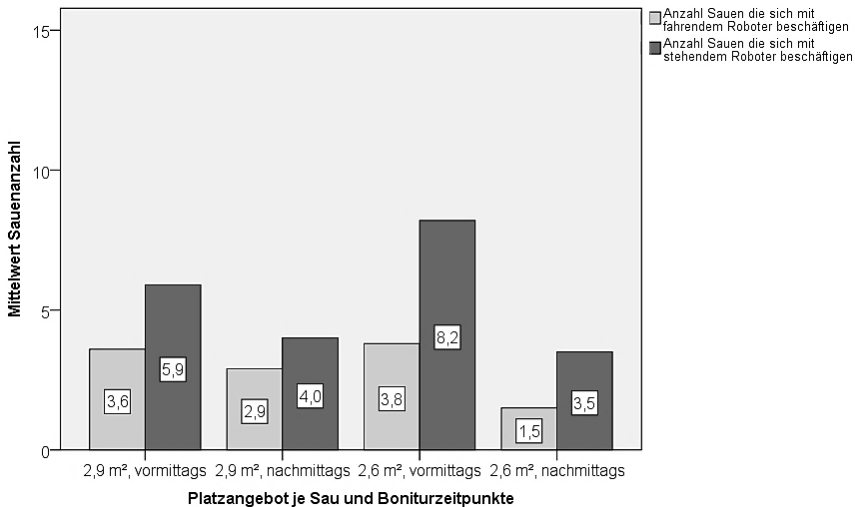


Abb. 3: Vergleich der Beschäftigungsaktivität mit dem Spaltenreiniger
 Fig. 3: Comparison of interactions between animals and scraper robot

wurden zwischen 1,8 und 4,1 Sauenkontakte innerhalb einer halben Stunde gezählt. Dabei zeigte sich an stärker abstehenden Bauteilen wie bspw. dem Schlauch zum Wasertanken ein signifikant ($p < 0,05$) höheres Interesse als an weniger abstehenden Teilen wie etwa den Reifen.

Unter allen Versuchspunkten wurde ermittelt, ob ein Eingreifen erforderlich ist, um den Spaltenreiniger vor einer Zerstörung durch die Tiere zu schützen. Dazu kann festgehalten werden, dass dies in keinem Fall nötig war. Während der Versuchszeiträume kam es zu keinem „Attackieren“ des Spaltenreinigers durch die Sauen.

4 Diskussion

Bei der Reinigung mit Wasser erhöht sich der „feuchte“ Anteil des Bodens nach der Reinigung signifikant stärker als ohne Wasser. Die Wasserreinigung hilft, bei einer entsprechend hohen Abschiebefrequenz, Kotverkrustungen zu vermeiden. Trotzdem empfiehlt sich im Sauenbereich eine reine Trockenreinigung, damit wieder schneller eine, wie von RUDOVSKY (2003) gefordert, trockene und griffige Aktivitätsfläche entsteht. Sie führt zu verbesserter Hygiene sowie einer geringeren Rutsch- und Infektionsgefahr für die Tiere (VON BORELL und HUESMANN 2009, ZIRON 2010, WIEDMANN et al. 2011). WIEDMANN et al. (2011) empfehlen, im Wartestall mehrmals täglich zu reinigen. Mit einer automatisierten Reinigung lässt sich in Zukunft eine weitere Verbesserung der Hygiene erreichen, ohne zusätzliche Arbeitszeit zu binden.

Die Ergebnisse zeigen ebenfalls, dass trotz des festeren Sauenkots und der geringeren Spaltenweite in der Sauenhaltung eine vergleichbar gute Reinigungsleistung wie in der Rinderhaltung erzielt werden konnte. In allen Varianten wird der „verkotete“ sowie „feucht und verkotete“ Anteil auf nahezu null reduziert.

Neben der oberflächlichen Verschmutzung wurde der Verschlussgrad der Spalten bonitiert. Besonders direkt nach der Reinigung wurde mit einem höheren Anteil verklebter Spalten gerechnet. Mindestens 70 Prozent der Spalten blieben jedoch auch nach der Reinigung ständig frei. Ein zuvor befürchtetes dauerhaftes Verschließen der Spalten bedingt durch das Abschieben des Kotes konnte in den Ergebnissen nicht beobachtet werden.

Das Interesse der Tiere an dem Roboter war morgens höher als nachmittags. Dies lässt sich mit dem morgens höheren Aktivitätsniveau der Sauen erklären. Erwartet wurde, dass die Bewegung des Roboters die Tiere zur Interaktion oder zum Spielen animiert. Das Gegenteil war der Fall, sodass im stehenden Zustand mehr Tiere Interesse am Gerät zeigten. Aber auch hier waren wider Erwarten nur sehr wenige Sauen ständig am Gerät vertreten.

Da Schweine in der Regel aktiver sind als Rinder und stärkeres Interesse an vor allem neuen Einrichtungs- bzw. Beschäftigungsgegenständen zeigen (Elkmann 2008), wurde die Attraktivität der Bauelemente des Spaltenroboters untersucht. Besonders die stärker abstehenden Bauteile weckten das Interesse der Tiere. Für die Weiterentwicklung von Spaltenreinigungsgeräten für die Schweinehaltung sollte also auf eine gekapselte Bauweise geachtet werden, auch wenn im Versuch in Bezug auf die Haltbarkeit keine Probleme auftraten.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Reinigungsleistung des Spaltenroboters trotz der geringeren Schlitzweiten und des festeren Kots in der Sauenhaltung als sehr gut zu bezeichnen ist. Die Befürchtung, das Gerät könnte durch den Spieltrieb der Tiere zerstört werden, bestätigte sich nicht. Es sollten weitere Studien zum Einsatz eines solchen Gerätes in Bezug auf eine Reduktion von Klauenproblemen sowie Auswirkungen auf Ammoniakemissionen durchgeführt werden, um umfassendere Kosten/Nutzen-Bewertungen vornehmen zu können.

Literatur

- Elkmann, A. (2008): Haltungsbiologische Untersuchungen zur Beschäftigung von Mastschweinen in einstreuloser oder eingestreuter Haltung. VVB Lauferweiler
- Ellersiek, H.-H.; Averbeg, U. (2010): Klein-, Großgruppen oder Sortierschleuse. BFL Baubrief Mastschweinehaltung, Nr. 48, S. 39-42
- Meyer, E.; Jahn, I. (2006): Haltungsalternativen Schwein. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 8/2006
- Rudovsky, A. (2003): Aktuelle Fütterungssysteme für tragende Sauen in Gruppenhaltung. Landtechnik-Schrift, Nr. 15, S. 51-74
- Von Borell, E.; Huesmann, K. (2009): KTBL-Fachartikel: Anforderungen an den Stallboden. https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/artikel/Tierhaltung/Schwein/Allgemein/Stallboden-Anforderungen/Stallboden-Anforderungen.pdf, Zugriff am 19.03.2015
- Wiedmann, R.; Grandjot, G. Ziron, M. (2011): Klauengesundheit beim Schwein. AID-Heft 1581/2011
- Ziron, M. (2010): Leitfaden zur Klauengesundheit. Fachhochschule Südwestfalen

Entwicklung und Validierung einer Messmethode zur Quantifizierung der Restverschmutzung nach der Entmistung von planbefestigten Laufflächen

Development and validation of a measuring method for quantifying the residual soiling mass after the removal of dung from solid exercise aisles

JERNEJ POTEKO, SABINE SCHRADE, BEAT STEINER, MICHAEL ZÄHNER

Agroscope Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, Tänikon, 8356 Ettenhausen, Schweiz;
jernej.poteko@agroscope.admin.ch

Schlüsselwörter: Restverschmutzung, Entmistungsqualität, Methode, planbefestigter Boden, Entmistungswerkzeug

Keywords: residual soiling, cleaning quality, method, solid floor surfaces, scraping tool

Zusammenfassung

In der Milchviehhaltung haben saubere Laufflächen eine positive Wirkung auf die Klauengesundheit, die Sauberkeit der Tiere und die Minderung von Ammoniakemissionen. Die nach dem Entmistungsvorgang zurückbleibende Masse des Kot-Harn-Gemisches, die Restverschmutzung, lässt Rückschlüsse auf die Qualität der Entmistung zu. In dieser Studie wurde eine Methode zur Quantifizierung der Restverschmutzung von planbefestigten Laufflächen entwickelt und validiert sowie die Entmistungsqualität bei fünf verschiedenen Entmistungswerkzeugen, zwei Kot-Harn-Gemischen und zwei Bodentypen im halbtechnischen Maßstab verglichen. Die Ergebnisse der Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab zeigen somit Potenziale und Ansätze zur Verbesserung der Entmistungsqualität bei der Boden-Schieber-Abstimmung.

Summary

Clean floor surfaces in dairy housing have a positive impact on claw health, cleanliness of the animals and reduction of ammonia emissions. The cleaning quality depends on the residual soiling mass, i.e., what remains on the floor after dung removal. In this study a method for quantifying residual soiling on solid floor surfaces was successfully developed and validated at pilot-plant scale. In comparison, the residual soiling mass of five different scraper tools was determined on two different floor surfaces and for two different types of manure at pilot-plant scale by a new method. The results from pilot-plant scale have shown a potential to improve the dung removal quality by interrelation between floor surface and scraping tool.

1 Einleitung und Ziel

In der Milchviehhaltung haben saubere und trockene Laufflächen eine positive Wirkung auf die Klauengesundheit (FIEDLER 2012), die Sauberkeit der Tiere und die Minderung von Ammoniakemissionen (SCHRADER et al. 2011). Auf den Laufflächen anfallende Exkremente werden in der Praxis mit verschiedenen Entmistungswerkzeugen entmistet. Die nach dem Entmistungsvorgang zurückbleibende Masse des Kot-Harn-Gemisches, die Restverschmutzung, lässt Rückschlüsse auf die Qualität der Entmistung zu.

Ziele der Studie waren die Entwicklung und Validierung einer Methode zur Quantifizierung der Restverschmutzung von planbefestigten Laufflächen sowie der Vergleich der Entmistungsqualität bei unterschiedlichen Entmistungswerkzeugen, Bodentypen und Kot-Harn-Gemischen.

2 Kenntnisstand

In bisherigen Studien wurden die Verschmutzung der Laufflächen sowie die Restverschmutzung mit verschiedenen Methoden im Labor bzw. in der Praxis bestimmt.

Eine Bonitierung oder die Höhe der Verschmutzung vor der Entmistung haben KORTH (2008) und SCHRADER et al. (2011) beschrieben. Bei der Bonitierung wurde der Anteil der verschmutzten Lauffläche bzw. die Art der Verschmutzung visuell geschätzt. HAUPE (2006, zitiert nach KORTH 2008) versuchte die Verschmutzung mit einem Nasssauger zu sammeln. PFADLER (1981, zitiert nach BENZ 2002) hat in der Praxis die Verschmutzung an mehreren vordefinierten Stellen mit einem Spatel entfernt und ausgewogen. LÄPKE et al. (2010) haben im halbtechnischen Maßstab die Verschmutzung sowie die Restverschmutzung ebenfalls mit einem Spatel erfasst und gewogen. Mit einer Filterpapiermethode bestimmte MEYER (1985, zitiert nach BENZ 2002) die Laufflächenfeuchte. HESTERBERG (2007) berechnete die Restverschmutzung aus der Differenz zwischen dem auf der Versuchsfläche aufgegebenen und dem abgeschobenen Kot-Harn-Gemisch. Mit dem Lineal hat NAESS et al. (2014) die Höhe der Verschmutzung eine Stunde nach der Entmistung von planbefestigten und von perforierten Stallböden gemessen. STEINER et al. (2010) bestimmten das Leervolumen der Oberflächenstruktur mit 3-D-Topografiemessungen im Labor und in der Praxis.

Zur Quantifizierung der Restverschmutzung von planbefestigten Laufflächen sind die in der Literatur erwähnten Methoden (Tab. 1) zu wenig präzise bzw. teilweise nicht für Untersuchungen in der Praxis geeignet. Für vergleichende Untersuchungen zur Entmistungsqualität im halbtechnischen Maßstab und in der Praxis ist deshalb die Entwicklung einer geeigneten Methode erforderlich.

Tab. 1: Übersicht über Methoden zur Bestimmung der (Rest-) Verschmutzung auf Laufflächen
 Tab. 1: Overview of the methods for determination of (residual) soiling mass on the floor surfaces

Methode	Erfasste Parameter	Vorteile und Nachteile	Einsatz	Quelle
Bonitierung	Grad, Art und Höhe der Verschmutzung	+ Einfache Anwendung (visuell, mit Metermass) – Visuelle Abschätzung, ungenau	Praxis	KORTH (2008); SCHRADE et al. (2011)
3-D-Topografie-Messung	Leervolumen der Bodenoberfläche	+ Genaue Erfassung – Erfasst ausschliesslich Leervolumen	Praxis/ Labor	STEINER et al. (2010)
Einsammeln mit einem Spatel	Masse der Verschmutzung	+ Einfache Ausführung (mit Spatel) – Strukturierte Oberfläche – Kleine Fläche	Praxis	PFADLER (1981); zit. BENZ (2002)
Aufnehmen mit Filterpapier	Masse der Verschmutzung	+ Einfache Ausführung – Einstreu wird nicht erfasst	Praxis	MEYER (1985); zit. BENZ (2002)
Nasssauger	Masse der Verschmutzung	– Verstopfen des Saugerrohrs durch Stroh	Praxis	HAUFE (2006); zit. KORTH (2008)
Messung mit einem Lineal	Höhe der Verschmutzung	+ Einfache Ausführung – Nur punktuelle Messungen	Praxis	NAESS et al. (2014)
Einsammeln mit einem Spatel	Masse der Verschmutzung, Restverschmutzung	+ Einfache Ausführung (mit Spatel) – Strukturierte Oberfläche	Labor	LÄPKE et al. (2010)
Entmisten in Gefäss	Masse des abgeschobenes Kot-Harn-Gemisch	+ Geeignet für unterschiedliche Böden – Begrenzte Versuchsfläche	Labor	HESTERBERG (2007)

3 Material und Methoden

Die Entwicklung und Validierung der Methode zur Quantifizierung der Restverschmutzung erfolgte schrittweise im halbtechnischen Massstab. Die Versuchsfläche wurde mit einem Holzrahmen auf 1 m² begrenzt (Abb. 1). Eine zusätzliche Dichtung (Zellkautschuk Typ RG (140 kg/m³) CR) diente dazu, den Kontaktbereich zwischen Rahmen und Boden abzudichten. Zusätzliches Gewicht sorgte für eine vollständige Dichtigkeit. Die Versuchsfläche wurde jeweils mit 1,5 kg/m² des Kot-Harn-Gemisches gleichmäßig verschmutzt und anschließend mit einem Entmistungsschieber (Masse: ca. 10 kg pro 1 m Arbeitsbreite) abgeschoben. Die Restverschmutzung wurde mit einem Nasssauger (Kärcher, WD 2.400 M) aufgenommen. Die Absaugdauer betrug sieben Minuten. Während des Absaugens wurde jeweils 1 l Wasser (> 10 °C) auf die Versuchsfläche zugegeben, was das Lösen der Restverschmutzung aus der Bodenstruktur verbesserte. Die Dauer des Absaugens sowie die Masse und Temperatur des zugegebenen Wassers waren konstant, um die Verdunstung in einem gleichbleibenden und damit vergleichbaren Bereich zu halten.



Abb. 1: Schematische Darstellung der Methode: Abgrenzung der Versuchsfläche mit der Restverschmutzung, Verdünnung mit Wasser und Absaugen

Fig. 1: Scheme of the measuring method: Defined area with waterproofed frame; addition of water for dilution; vacuuming of residual soiling with water vacuum cleaner

Der Nasssauger wurde anschließend gewogen. Die Masse der Restverschmutzung [g/m²] wurde aus der Differenz zwischen dem vollen und dem leeren Nasssauger berechnet. Dabei wurde auch das zusätzliche Wasser berücksichtigt.

Im halbertechnischen Maßstab wurden die Massen der Restverschmutzung von zwei Bodentypen, fünf Entmistungswerkzeugen und zwei Kot-Harn-Gemischen verglichen:

- Bodentyp: handelsübliche Gummimatte; Betonboden (C 30/37, Grösstkorn 16 mm, Oberflächenvergütung mit 1,4 kg/m² Quarzsand A (0,7–1,2 mm))
- Entmistungswerkzeug: Metallschieber; harte Gummilippe; weiche Gummilippe; Bürste; Kombination von harter Gummilippe und Bürste (Abb. 2)
- Kot-Harn-Gemisch: Fressgang (13 % TM) Liegegang (14,6 % TM)

Insgesamt wurden 20 Kombinationen untersucht. Dabei erfolgten jeweils sechs Wiederholungen.

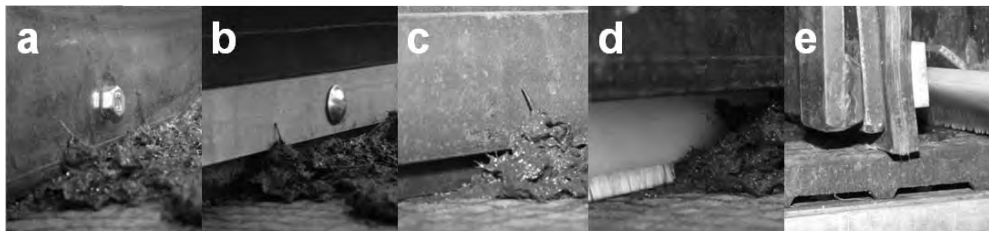


Abb. 2: Untersuchte Entmistungswerkzeuge: Metallschieber (a), harte Gummilippe (b), weiche Gummilippe (c), Bürste (d), Kombination von harter Gummilippe und Bürste (e)

Fig. 2: Investigated scraping tools: metal blade (a), hard rubber lip (b), soft rubber lip (c), brush (d), combined tool consisting of hard rubber lip and brush (e)

4 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 3 zeigt die Masse der Restverschmutzung als Einzelwerte aus dem Versuch im halbtechnischen Maßstab. Über alle Varianten hinweg lagen die Mittelwerte zwischen 167 und 634 g/m². Wobei die Restverschmutzung bei der Gummimatte mit 167 bis 279 g/m² signifikant geringer war als beim Betonboden mit 472 bis 634 g/m². Die Entmistungswerkzeuge mit harter oder weicher Gummilippe sowie Bürste oder Kombinationen säuberten die Flächen besser als der Metallschieber. Der deutliche höhere Einfluss des Bodentyps im Vergleich zu den Entmistungswerkzeugen deckt sich mit Ergebnissen von Untersuchungen zur Rauheit der verwendeten Bodentypen von STEINER et al. (2010). Die verwendeten Kot-Harn-Gemische hatten keinen signifikanten Effekt auf die Restverschmutzung. Dies kann möglicherweise auf die nur geringen Unterschiede in der Konsistenz und in der Trockenmasse zurückgeführt werden. Bei einer höheren Variabilität der Trockensubstanzgehalte hatten LÄPKE et al. (2010) einen Einfluss des Kot-Harn-Gemischs auf die Entmistungsqualität festgestellt.

Die Methode ermöglicht Unterschiede in der Restverschmutzung zu quantifizieren, die optisch nicht sichtbar sind. Die Einzelwerte der untersuchten Varianten lagen jeweils in einem sehr engen Bereich. Daraus lässt sich folgern, dass die Messgenauigkeit für die Bestimmung der Masse der Restverschmutzung ausreichend ist. Diese konnte mit der Abgrenzung und Abdichtung der Versuchsfläche, der entsprechenden Wiegegenauigkeit, der konstanten Saugdauer, dem engen Temperaturbereich (Wasser, Lufttemperatur) sowie den definierten, durchgeführten Versuchsroutinen erreicht werden.

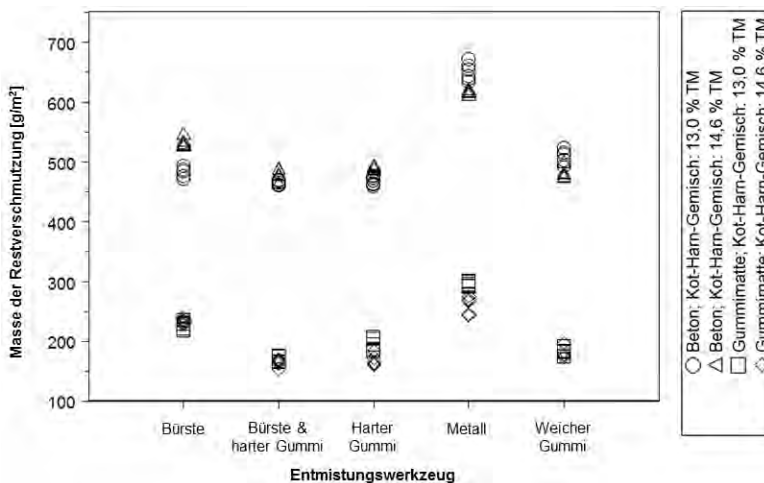


Abb. 3: Masse der Restverschmutzung [g/m²] dargestellt als Einzelwerte über alle Entmistungswerkzeuge auf den beiden Bodentypen mit den beiden Kot-Harn-Gemischen

Fig. 3: Residual soiling mass [g/m²] as individual values per scraping tool, differentiated according to floor-surface type and manure type

5 Ausblick

Die neu entwickelte Methode zur Quantifizierung der Restverschmutzung dient als methodische Grundlage für eine Optimierung der Entmistungstechnik im Zusammenhang mit der Minderung und Quantifizierung von Ammoniakemissionen. Sie hat sich bei Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab sowie bei weiteren Versuchen in der Praxis bewährt. Die Ergebnisse der Versuche im halbtechnischen Maßstab zeigen Optimierungspotenzial zur Verbesserung der Entmistungsqualität bei der Wahl der Entmistungswerkzeuge und bei der Boden-Schieber-Abstimmung auf.

Literatur

- Benz, B. (2002): Elastische Beläge für Betonspaltenböden. Dissertation, Uni Hohenheim
- Fiedler, A. (2012): Hygiene im Milchviehstall – ein Brennpunkt. Milchpraxis 3, 8–9
- Hesterberg, A. (2007): Laboruntersuchungen zu Restverschmutzung, Reinigungsfreundlichkeit und Austrocknung unterschiedlicher Laufflächen. Master-Thesis, Uni Hohenheim
- Korth, F. (2008): Tieraufenthalt und Verschmutzung im Stallbereich und auf dem Laufhof in der Milchviehhaltung, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- Läpke, J.; Pelzer, A.; Büscher, W. (2010): Stationäre Entmistungssysteme für planbefestigte Laufflächen in Milchviehställen. DLG-Merkblatt 365, Frankfurt am Main
- Naess, G.; Ruud, L.E.; Bøe, K.E. (2014): Alley floor Cleanliness in Dairy Cubicle Barns. In: International Conference of Agricultural Engineering, 6.-10.7.2014, Zürich, p. 4
- Schrade, S.; Korth, F.; Keck, M. (2011): Wie verschmutzen und nutzen Kühe Laufflächen? Profi Lait 2, 20–22
- Steiner, B.; Kilian, M.; Haidn, B.; Keck, M. (2010): Optische Kenngrößen zum Vergleich von Laufflächen in Ställen. Landtechnik 65(5), pp. 346–349

Kostenvergleich von Pressschneckenseparatoren bei der Separation von Rindergülle

Cost comparison of screw press separators for cattle slurry separation

RHENA KRÖGER, LUDWIG THEUVSEN

Georg-August-Universität Göttingen, Departement für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen; rhena.kroeger@agr.uni-goettingen.de

Schlüsselwörter: Kostenvergleich, Gülleseparation, Pressschneckenseparator, Rindergülle
Keywords: cost comparison, slurry separation, screw press separator, cattle slurry

Zusammenfassung

Die zunehmende Konzentration der Viehhaltung und das betriebliche Größenwachstum führen dazu, dass in einigen Regionen ein Ungleichgewicht zwischen Wirtschaftsdüngeranfall und der verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzfläche entstanden ist. Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, ist der Export von Wirtschaftsdüngern aus diesen Regionen. Die Gülleseparation soll dabei einen rentablen Transport von Gülle in Form von Güllefeststoffen über größere Entfernungen ermöglichen. Die Gülleseparation ist jedoch mit zusätzlichen Kosten für den viehhaltenden Betrieb verbunden. Die Analyse der Separationskosten für Pressschneckenseparatoren ist Gegenstand dieser Studie. Die Ergebnisse zeigen, dass die Separationskosten je nach Hersteller sehr unterschiedlich sind und hauptsächlich von der jährlichen Separationsmenge beeinflusst werden. Im Vergleich zu Zentrifugen arbeiten Pressschneckenseparatoren kostengünstiger.

Summary

Because of the regional concentration of livestock production and the general structural transformation in the agricultural sector, some regions are characterized by an imbalance between the amount of manure and available agricultural land. One way of solving this problem is to export manure from these regions. Slurry separation is one option to enable a profitable transport of slurry solids over longer distances. But slurry separation comes with additional costs for livestock farms. This study takes a look at the separation costs of screw press separators. The results show that the separation costs vary remarkably depending on the manufacturer of the separator and the annual amount of slurry separated. Slurry separation with screw press separators is more cost efficient than use of centrifuges.

1 Einleitung

Die deutsche Viehhaltung ist durch eine starke regionale Konzentration gekennzeichnet (BÄURLE und TAMÁSY 2012). Die begrenzte Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Flächen, steigende Viehdichten und sich ändernde rechtliche Rahmenbedingungen, speziell im Zuge der jüngsten Novellierung der Düngeverordnung, führen dazu, dass ein Ungleichgewicht zwischen Wirtschaftsdüngeranfall und verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzflächen entsteht (WÜSTHOLZ 2014). Dies hat zur Folge, dass steigende Mengen an Nährstoffen die Regionen der Futterproduktion bzw. der intensiven Tierhaltung verlassen müssen, um die Einhaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen gewährleisten zu können. In dieser Hinsicht ist der Transport der wasserreichen Gülle ein Problem, insbesondere wenn weitere Transportentfernungen überwunden werden müssen. Daher wird die Gülleseparation als ein Verfahren zur Trennung von Gülle in eine flüssige und eine feste Phase diskutiert, um Feststoffe über größere Entfernungen wirtschaftlich transportieren zu können. Die Praxisrelevanz wird dabei hauptsächlich von der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bestimmt.

Bisher wurde das Verfahren der Gülleseparation nur selten aus ökonomischer Sicht betrachtet. Bekannte Studien wie beispielsweise KTBL 2009, MEIER 1994, MØLLER et al. 2000 und RAWERT 1995 stammen nicht aus jüngster Zeit und berücksichtigen daher nicht den seither realisierten technischen Fortschritt. Es erscheint daher sinnvoll, eine Kostenkalkulation mit neueren Daten durchzuführen. Daher ist es das Ziel dieser Studie, die Verfahrenskosten von fünf unterschiedlichen Pressschneckenseparatoren zu analysieren und mit den Ergebnissen aus früheren Studien zu vergleichen.

2 Material und Methoden

Die vorgestellten Kalkulationen basieren auf Daten, die während eines Separationsversuches im Oktober 2012 gesammelt wurden. Im Rahmen des Experiments wurden fünf Pressschneckenseparatoren unter praktischen Bedingungen mit Rindergülle getestet. Die Vorgabe für alle Hersteller war, ein stapelbares Gut mit einem Trockensubstanzgehalt von mindestens 25 % zu erzeugen. Dabei durften keine Flockungsmittel zum Einsatz kommen. Allen untersuchten Separatoren wurde dieselbe homogenisierte Rindergülle zur Verfügung gestellt. Die Massenflüsse wurden mittels einer Fahrzeugwaage erfasst. Zur Ermittlung des Durchsatzes wurde über einen Zeitraum von 45 Minuten separiert bzw. die Zeit bis zur vollständigen Entleerung des Güllefasses ermittelt. Zur statistischen Absicherung wurde dieser Prozess pro Separator dreimal wiederholt. Mithilfe eines installierten Stromzählers wurde der Strombedarf erfasst. Ferner wurden Daten zum Reparatur- und Wartungsaufwand der Separatoren in persönlichen Gesprächen oder Telefoninterviews gesammelt. Nach REINHOLD 2005 wird angenommen, dass ein Kubikmeter Gülle einer Tonne Gülle entspricht.

3 Ergebnisse

Vier der fünf getesteten Separatoren erzielten Durchsätze zwischen 8,93 t/h und 16,60 t/h (Ø 11,55 t/h), der fünfte Separator erreichte lediglich einen Durchsatz von 1,30 t/h. Im Durchschnitt aller fünf Separatoren wurden 82 % der Masse in die Dünngülle abgeschieden und 18 % in die feste Fraktion. Dabei wurden im Mittel 50 % der in der Rohgülle enthaltenen Trockensubstanz und 55 % der organischen Trockensubstanz in die feste Fraktion überführt. Bei der Separation wurden durchschnittlich 22 % des Stickstoffs und des Phosphors, 24 % des Magnesiums und 30 % des Calciums in die feste Fraktion abgeschieden.

Tab. 1: Berechnung der Separationskosten

Tab. 1: Calculation of separation costs

	Einheit	Hersteller				
		ITE	Regenis	FAN	UTS	AgriKomp
		AgrarSEP	Akkupress AL 200	Typ PSS 3.2 – 780	FSP A 52/15	Quetschprofi
Durchsatz	t/a	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Durchsatz	t/h	9,47	1,30	16,60	11,20	8,93
Einsatzdauer	h	2.111	15.385	1.205	1.786	2.240
Abschreibungs- zeitraum	a	15	15	10	12	10
Energiebedarf	kWh/t	1,16	2,77	0,47	0,42	0,53
Reparatur- und Wartung	% der Investition	11	24	5	4	6
Zinsansatz	%	5	5	5	5	5
Investition	€	97.000	22.500	28.590	28.500	79.000
Fixkosten	€/a	11.317	2.625	4.289	3.800	11.850
Reparatur- und Wartung	€/a	10.670	5.300	1.500	1.214	4.740
Energie	€/a	4.872	11.634	1.974	1.764	2.226
Variable Kosten	€/a	15.542	16.934	3.474	2.978	6.966
Betriebskosten	€/a	26.859	19.559	7.763	6.778	18.816
Spezifische Betriebskosten	€/t	1,34	0,98	0,39	0,34	0,94

Die wichtigsten Annahmen sowie die Ergebnisse der Kostenkalkulation sind in Tabelle 1 aufgeführt. Arbeiterledigungskosten wurden nicht berücksichtigt, da der Arbeitsbedarf nach Angaben der Hersteller sehr gering ist und die Kosten dadurch nur marginal beeinflusst werden. Die Kosten für zusätzliche Pumpen, Lagerstätten und weitere zusätzliche elektrische Geräte wurden ebenfalls nicht in die Kalkulationen einbezogen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Betriebskosten eine sehr große Streuung aufweisen. Unter den beschriebenen Annahmen ist das kostengünstigste System dasjenige des Her-

stellers UTS (0,34 €/t). Die höchsten Kosten entstehen bei der Separation mit dem Gerät des Herstellers ITE (1,34 €/t). Die starken Abweichungen der Ergebnisse der Separatoren von ITE, Regenis und AgriKomp von den kostengünstigen Verfahren von FAN und UTS lassen sich durch die hohen Investitionskosten (ITE und AgriKomp) sowie die niedrige Leistung (Regenis) erklären. Der Separator von ITE ist im Vergleich zu den anderen Separatoren aufwendiger gebaut. Die hohe Investitionssumme begründet sich durch ein zusätzliches Schwingsieb sowie Vorlagertanks für die Rohgülle. Die vergleichsweise hohe Investitionssumme beim Separator von AgriKomp kommt dadurch zustande, dass das Gerät mit zwei parallel arbeitenden Pressschnecken separiert.

Die Kosten der Gülleseparation werden von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Daher ist aus den folgenden Ergebnissen keine allgemeingültige Aussage abzuleiten. Sie können lediglich einen Ansatz für die im Einzelfall zu erwartenden Kosten liefern. Der Haupteinflussfaktor auf die Kosten je Tonne ist die jährlich separierte Menge an Rohgülle. Aber auch die Eigenschaften der Rohgülle und die geforderten Eigenschaften der Feststoffe (z.B. TS-Gehalt) haben einen Einfluss auf die Kosten. Welchen Effekt die jährliche Separationsmenge auf die Kosten hat, wird in der Abbildung 1 deutlich. Bei einer jährlichen Separationsmenge von 2.500 t Rohgülle liegen die Kosten zwischen 2,00 €/t und 10,50 €/t, bei 10.000 t zwischen 1,00 €/t und 3,00 €/t und bei 20.000 t zum Teil deutlich unter 1,00 €/t. Somit ist aufgrund der hohen Investitionskosten ein deutlicher Economies-of-Scale-Effekt zu beobachten.

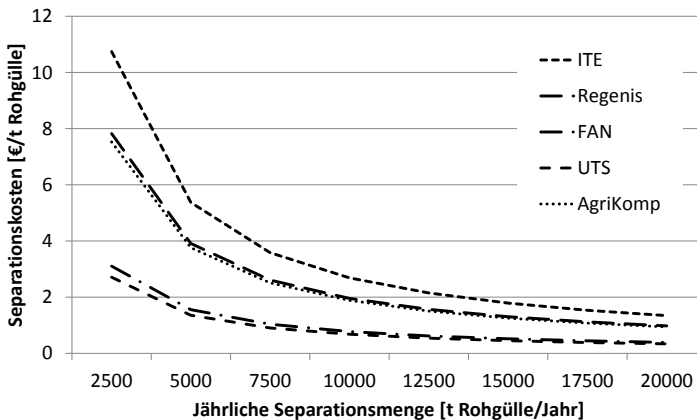


Abb. 1: Einfluss der Separationsmenge auf die Kosten

Fig. 1: Impact of the slurry quantity on separation costs

4 Diskussion und Fazit

Die Kalkulation der Separationskosten basiert auf Daten aus den oben beschriebenen Versuchen und auf Informationen, die im Rahmen von Interviews mit den Herstellern erhoben wurden. Wie aus Tabelle 1 zur Kostenkalkulation ersichtlich wird, variieren die Kosten je nach eingesetztem Separator erheblich. Da bisher keine Langzeitstudien zu der Lebensdauer und den anfallenden Reparatur- und Wartungskosten bekannt sind, sind insbesondere diese Kostenpunkte und die dazu von den Herstellern getroffenen Annahmen kritisch zu hinterfragen.

Mit Blick auf die aus der Tabelle 1 bekannten Ergebnissen wird deutlich, dass die Kostenspanne verhältnismäßig groß ist. So liegen die Separationskosten bei den betrachteten Separatoren bei einer jährlichen Separationsmenge von 20.000 t Rohgülle zwischen 0,34 und 1,34 €/t Rohgülle, bei 7.500 t Rohgülle/a zwischen 0,90 und 3,58 €/t Rohgülle und bei 1.500 t Rohgülle/a zwischen 4,52 und 17,91 €/t Rohgülle. Werden diese Zahlen mit den aus der Literatur bekannten Zahlen aus KTBL 2009, MEIER 1994 und MØLLER et al. 2000 verglichen, zeigt sich, dass die 2012 getesteten Separatoren bei einer geringen jährlichen Auslastung teurer sind (Tab. 2). Bei einer jährlichen Separationsmenge von rund 7.500 t Rohgülle nähern sich die Ergebnisse jedoch schon deutlich an. Bei Fortschreibung dieses Kostenverlaufs ist davon auszugehen, dass die im Rahmen dieser Studie getesteten Separatoren bei größeren Mengen kostengünstiger arbeiten als die in den früheren Studien getesteten Geräte. Auch wenn die Annahmen bezüglich der Investitionssumme und der Reparatur- und Wartungskosten variieren, ist diese Entwicklung primär auf die Erhöhung der Durchsatzleistung der einzelnen Anlagen zurückzuführen. Während MEIER 1994 und KTBL 2009 für Pressschneckenseparatoren Leistungen von 5,00 bzw. 6,00 t/h angeben, lag der Durchsatz in den durchgeführten Versuchen im Mittel der vier Separatoren bei 11,55 t/h (8,93–16,60 t/h). Es ist davon auszugehen, dass der technologische Fortschritt dazu geführt hat, dass die Anlagen höhere Leistungen erzielen und somit effizienter arbeiten. Dies wiederum hat einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten je Tonne separierter Gülle.

Bei einem Vergleich unterschiedlicher Separationstechniken, in diesem Fall Pressschnecke vs. Dekanterzentrifuge, zeigt sich, dass die Investitionssummen für Zentrifugen deutlich höher ausfallen als für Pressschneckenseparatoren (Tab. 2). Ferner zeigen die Daten, dass die Durchsatzleistung der beiden Techniken annähernd gleich ist. Neuere Studien zeigen jedoch, dass auch der Durchsatz der Dekanterzentrifugen gesteigert werden konnte. So erreichen BRAUCKMANN et al. (2014) in einem Versuch mit einer Dekanterzentrifuge einen Durchsatz von rund 21,54 t/h.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die berechneten Separationskosten aus älteren Studien teilweise bestätigt werden konnten. Es zeigt sich jedoch auch, dass ein technischer Fortschritt, insbesondere in Bezug auf die Durchsatzleistungen, festgestellt werden konnte. Heutige Systeme arbeiten bei einer hohen jährlichen Auslastung kostengünstiger als dies noch vor zehn Jahren der Fall war. Um eine wirtschaftliche Gülleseparation zu erreichen, ist es daher notwendig, die Anlagen auszulasten und möglichst viel Gülle pro Jahr zu separieren.

Tab. 2: Literaturergebnisse zu Separationskosten

Tab. 2: Literature results of separation costs

Technik	Einheit	MEIER (1994)		MØLLER et al. (2000)	KTBL (2009)	
				Pressschnecke		
Durchsatz	t/a	1.800	8.800	4.000	1.500	7.600
Durchsatz	t/h	5,00	5,00	k. A.	6,00	6,00
Investition	€	42.800	42.800	13.440	23.000	23.000
Spezifische Betriebskosten	€/t	4,28	2,04	0,59	3,00	0,84
Technik		Zentrifuge		Dekanterzentrifuge		
Durchsatz	t/a	1.800	15.800	4.000	1.500	7.600
Durchsatz	t/h	9,00	9,00	k.A.	5,1	5,1
Investition	€	137.623	137.623	67.260	163.000	163.000
Spezifische Betriebskosten	€/t	11,01	2,80	2,97	20,29	4,98

Literatur

- Bäurle, H.; Tamásy, C. (2012): Regionale Konzentrationen der Nutztierhaltung in Deutschland. ISPA Mitteilungsheft 79, Vechta
- Brauckmann, H.-J.; Hering, J.; Broll, G. (2014): Nährstoffgehalte und Biogaserträge separierter Gülle. In: Guenther-Lübbbers, W.; Kröger, R.; Theuvsen, L. (Hrsg.): Nährstoffmanagement von Wirtschaftsdüngern und Gärresten – Ökonomie, Ökologie, Technik und Logistik. Internationale Reihe Agribusiness, Band 16, Cuvillier Verlag, Göttingen, S. 43–56
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (Hrsg.) (2009): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14. Auflage, Darmstadt
- Meier, U. (1994): Gülleseparierung – Eine Technik zur Verbesserung der Gülleeigenschaften. FAT-Berichte, Nr. 445, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon/Schweiz
- Møller, H.B.; Lund, I.; Sommer, S.G. (2000): Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. Bioresource Technology 74, 223–229
- Rawert, K. (1995): Gülleaufbereitungsverfahren – Wirtschaftlichkeit und Auswirkungen auf die regionale Konzentration der Veredlungsproduktion. Europäische Hochschulschriften, Reihe V, Volks- und Betriebswirtschaftslehre, Vol. 1697. Peter Lang, Frankfurt am Main
- Reinhold, G. (2005): Masse- und Trockensubstanzbilanz in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/biog1205.pdf>; Zugriff am 12.02.2015
- Wüstholtz, R. (2014): Konsequenzen einer novellierten Düngeverordnung im Kontext einer Anrechnung von Wirtschaftsdüngern pflanzlicher Herkunft auf die N-Ausbringungsobergrenze. Dissertation, Universität Hohenheim

Vergleich praxisrelevanter Verfahren zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern

Comparison of slurry separation techniques with practical relevance

FLORIAN EBERTSEDER, JOSEF SCHOBER, FABIAN LICHTI

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; florian.ebertseder@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter: Wirtschaftsdüngeraufbereitung, Wirtschaftsdüngermanagement, Biogas
Keywords: *slurry separation, nutrient management, biogas*

Zusammenfassung

Der fortschreitende Strukturwandel in der Landwirtschaft hat teilweise zu erhöhten Vieh- und Biogasbesatzdichten geführt. Ein Lösungsansatz zur Reduktion erhöhter Nährstofffrachten kann die Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern sein. Derzeit finden am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft Untersuchungen zu praxisüblichen Verfahren der Wirtschaftsdüngeraufbereitung statt. Erste Ergebnisse mit Pressschneckenseparatoren zeigen einen Masseabtrenngrad von 10 %, wobei 18 % N_t , 12 % NH_4-N sowie 33 % P_2O_5 in der abgepressten festen Phase zu finden waren. Neben der Masseabtrenngrade, der Nährstoffaufteilung und dem Energiebedarf wurde auch das Methanpotenzial der abgetrennten Phasen ermittelt. Zurzeit laufen weitere Versuche auf diesem Gebiet.

Summary

The ongoing structural change in agriculture has partly led to increased livestock and biogas plant densities. One approach to reduce elevated nutrient loads may be a physical treatment of manure. Current research at the Bavarian state research centre for Agriculture (LfL) Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry (ILT) concentrates on slurry preparation techniques with practical relevance. First results with press screw separators show a mass efficiency of 10 %, with 18 % N_t , 12 % NH_4-N and 33 % P_2O_5 being found in the remaining solid phase. The mass balance, nutrient allocation, energy demand and methane potential of the separated phases were determined. The research with this focus is still in progress.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Deutschland sind nach Angaben des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2014 ca. 191 Millionen m³ flüssige Wirtschaftsdünger angefallen (DESTATIS 2014). In diesem Zusammenhang ist unter dem fortschreitenden Strukturwandel in der Landwirtschaft zu beachten, dass sich die daraus resultierenden, spezialisierten Betriebe teils regional konzentrieren und es so zu Veredelungs- und Futterbauzentren mit hohen Viehbesatzdichten kommt (Abb. 1). Durch den Zubau an Biogasanlagen und den Einsatz nachwachsender Rohstoffe ist der Gesamtanfall an flüssigem Wirtschaftsdünger bis 2014 nochmals gestiegen und hat die Situation in diesen Regionen zusätzlich verschärft. Nährstoffbilanzüberhänge insbesondere bei Stickstoff (N) aber auch Phosphat (P) können eine Folge von regional hohem Wirtschaftsdüngeranfall sein (UMWELTBUNDESAMT 2015).

Ein weiterer Aspekt der insbesondere im Zuge der aktuellen Novellierung der Düngerverordnung an Relevanz gewinnt, sind die gestiegenen rechtlichen Anforderungen an Höchstmengen, Lagerdauer und Ausbringungsbeschränkungen von Wirtschaftsdüngern. Sind die innerbetrieblichen Möglichkeiten, die Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern gleichmäßig und bedarfsgerecht zu verteilen ausgeschöpft, so bleibt neben der Reduzierung der Viehbesatzdichte nur noch der Export aus dem Betrieb.

Ziel dieser Arbeit ist die Bewertung von praxistauglichen Aufbereitungsverfahren hinsichtlich deren Effizienz, sowohl bezogen auf die Nährstoffe als auch aus energeti-

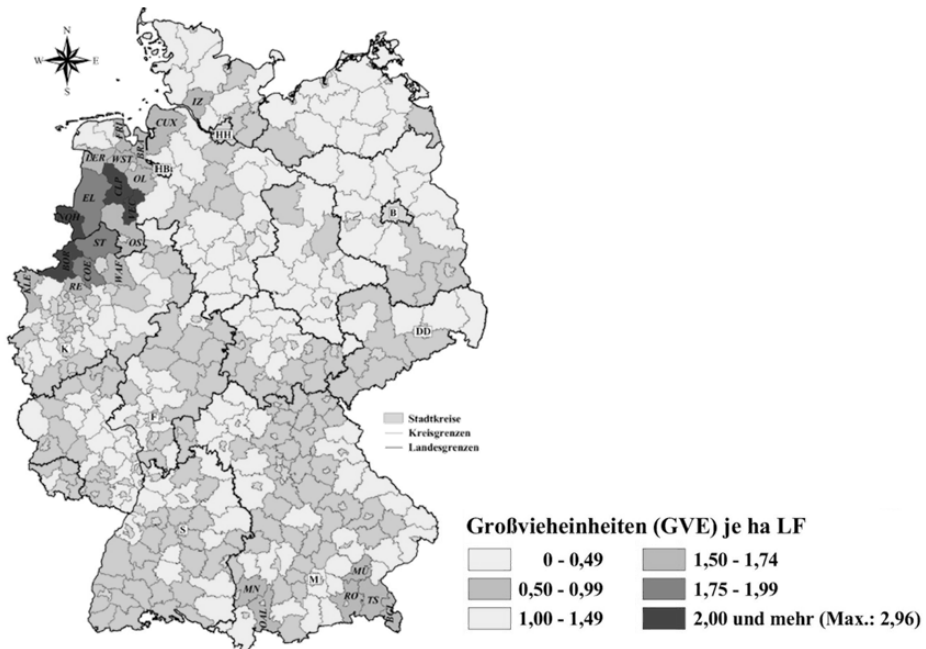


Abb. 1: Darstellung der Großvieheinheiten je ha LF in den Landkreisen Deutschlands als Indikator der Intensivierung der Landwirtschaft (BÄUERLE 2012)

Fig. 1: Livestock units per hectare in Germany as an indicator of intensification in agriculture (BÄUERLE 2012)

scher Betrachtungsweise. Dabei gilt es aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht, mögliche Verlustpfade zu definieren sowie den energetischen Inputbedarf zu ermitteln.

2 Material und Methoden

In Hinblick auf eine Weiterentwicklung wurden marktgängige Separationsverfahren auf landwirtschaftlichen Betrieben sowie am Versuchsstandort mit Biogasanlage der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Grub untersucht und mit entsprechenden Messeinrichtungen der notwendige Energieeinsatz zur Aufbereitung der Inputmaterialien erfasst. Des Weiteren wurden Nährstoffuntersuchungen durchgeführt, um die Effizienz der Aufbereitung zu quantifizieren. Um den Gesamtanfall bzw. den Anfall der aufbereiteten Derivate zu erfassen, wurde eine Massen- und Nährstoffbilanz erstellt. Diese diente dazu, die komplexen Stoffströme der im landwirtschaftlichen Betrieb anfallenden bzw. aufbereiteten Wirtschaftsdünger nachvollziehen zu können.

2.1 Versuchsaufbau

Der Messaufbau zur Massenbilanzierung sowie zur Erfassung der Nährstoffabtrenngrade gliederte sich in die Teilbereiche „Wirtschaftsdünger Roh“ (1) bestehend aus einem Güllefass mit Schlepperantrieb, der eigentlichen „Separationseinheit“ (2), dem zweiten Güllefass zur Mengenerfassung der „flüssigen Phase“ (3) sowie einem Anhängergerespenn zur Mengenerfassung der separierten „festen Phase“ (4) (Abb. 2). Die Güllefässer sowie der Anhänger wurden jeweils vor und nach der Separierung leer bzw. voll mit einer Fuhrwerkswaage gewogen. Eine selbstansaugende Exzentrerschneckenpumpe der „Separationseinheit“ (2) führte dem Pressschneckenseparator den Wirtschaftsdünger als Ausgangsmaterial zu. Dort erfolgten die Abtrennung der Feststoffe sowie der Abtransport dieser über ein Förderband. Des Weiteren förderte eine weitere Exzentrerschneckenpumpe die separierte „flüssige Phase“ in das zweite Güllefass. Der Pressschneckenseparator, die



Abb. 2: Versuchsaufbau zur Massenbilanzierung sowie zur Erfassung der Verfahrenskennwerte bei der Wirtschaftsdüngeraufbereitung mit einem Pressschneckenseparator

Fig. 2: Experimental setup to evaluate the performance of manure treatment techniques

Pumpen sowie das Förderband wurden elektrisch betrieben. Die Stromaufnahme sowie die Lastspitzen wurden miterfasst. Der Abtrenngrad wurde hydraulisch über Gegen-druckklappen und einem dazugehörigen Manometer geregelt.

Als Ausgangssubstrat zur mechanischen Aufbereitung kamen zum einen verschiedene Gülle sowie Biogasgärreste zum Einsatz (Tab. 1).

Tab. 1: Zusammensetzung der untersuchten Gärreste bzw. Gülleprodukte

Tab. 1: Manure composition

Ausgangssubstrate	TS %	oTS % TS	oTS %	pH
Rindergülle Betrieb A	5,65	77,52	4,38	7,1
Rindergülle Betrieb B	4,73			7,2
Jungviehgülle C	*	*	*	*
Biogasgärrest C	*	*	*	*

* In Untersuchung.

2.2 Untersuchte Separationstechnik

Die Funktionsweise sowie der Aufbau der untersuchten Pressschneckenseparatoren wird mithilfe der schematischen Darstellung in Abbildung 3 erklärt.

In einem zylindrischen Siebkorb (8) rotiert eine Förderschnecke (9), die den Feststoff gegen die Widerstandsklappen fördert, deren Gegendruck manuell einstellbar ist (3 und 5) (Abb. 3). Die freie Flüssigkeit (flüssige Phase) läuft durch das Sieb ab (4). Dieser Prozess wird durch die kontinuierliche Verdichtung verstärkt. Die „feste Phase“ wird am Ende der Schnecke nach Überwindung des Gegendrucks zwischen den Klappen auf ein 5 Meter langes Förderband ausgegeben (5). Zusätzlich verfügte die untersuchte Separationseinheit über eine selbstansaugende Exzentrerschnepumpen zur Befüllung

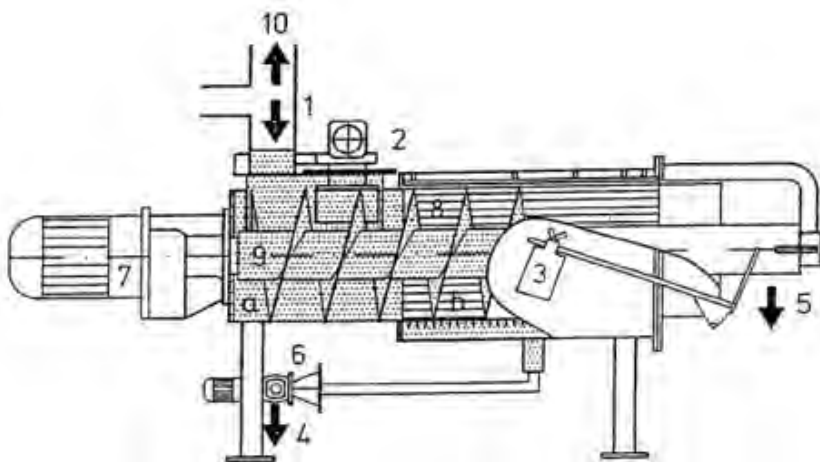


Abb. 3: Schematischer Aufbau des Pressschneckenseparators (AMON 1995)

Fig. 3: Schematic illustration of a press screw separator (AMON 1995)

des Separators sowie eine frequenzgesteuerte Pumpe zur Entleerung des Zwischenlagerbehälters für die flüssige Phase.

2.3 Datenerfassung und -aufbereitung

Zur Erfassung der Stromaufnahme der gesamten Separiereinheit (Pressschneckenseparator, Pumpen, Förderband) kam ein Messgerät vom Typ Almemo 2590-4AS zum Einsatz. Die Ausgangsgülle, die Gärreste sowie die jeweiligen Separationsprodukte wurden auf folgende Parameter nasschemisch untersucht: pH-Wert, Trockensubstanz (TS), org. Substanz, Gesamtstickstoff (N_T), Ammoniumstickstoff (NH_4-N), Kalium (K_2O), Magnesium (MgO), Calcium (CaO), Phosphor (P_2O_5), Gesamtschwefel (S) (VDLUFA 1995, VDLUFA 2000).

Die Batchversuche zur Erfassung der Methanausbeuten wurden entsprechend der VDI-Richtlinie 4630 (ANONYMUS 2006) mit einer automatischen Gaserfassung durch Miligascounter und einer regelmäßigen Gasanalyse durchgeführt. Die Details des technischen Aufbaus und das Standardvorgehen am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL sind bei KAISER (2007) beschrieben. Im Unterschied zu dessen Beschreibung werden mittlerweile stündlich kumulierte Daten ausgewertet und prinzipiell nur drei Parallelen angesetzt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden Ergebnisse zur Massenbilanzierung, sowie zur Nährstoffverteilung und zu den Nährstoffabtrenngrade dargestellt. Die Ergebnisse zur energetischen Bewertung befinden sich noch in der Auswertung.

Mit zunehmender Aufbereitungstiefe steigen sowohl die Anforderungen an den Betreiber hinsichtlich Logistik und Management als auch der Energieaufwand, der Investitionsbedarf und die Kosten für den landwirtschaftlichen Betrieb.

3.1 Massenbilanzen

In den bisherigen Untersuchungen wurde ein durchschnittlicher Abtrennungsgrad der festen Phase von 10 Masse-% ermittelt (Abb. 4), was auch BRAUCKMANN et al. (2009) für Biogasgärreste bestätigen. VAN DEN WEGHE et al. (2006) berichten von einer Abtrennung von 12 Masse-% bei vergorener Schweinegülle, was auch DÖHLER und SCHLIEBNER (2006) bei mit Rindergülle und Grassilage betriebenen Biogasanlagen erzielten. Dies verdeutlicht, dass der Abtrennungsgrad von Feststoffen unter Ceteris-paribus-Bedingungen stark von den Inputstoffen bestimmt wird.

3.2 Nährstoffverteilung und -abtrenngrade

Erste Ergebnisse aus Vorversuchen mit Pressschneckenseparatoren zeigen eine Verteilung der Nährstoffe sowie die Abscheidegrade von aufbereiteten Wirtschaftsdüngern (Abb. 4), welche mit anderen Arbeiten vergleichbar sind (FUCHS und DROSG 2010, BAUER et al. 2009, AMON 1995). Der TS-Gehalt der Ausgangsgülle von 4,7 % teilte sich nach der Separierung mit maximaler Gegendruckeinstellung in 24,2 % in der festen und 3,2 % in der flüssigen Phase auf. Bei einem Abtrenngrad von 10 % bezogen auf die Frisch-

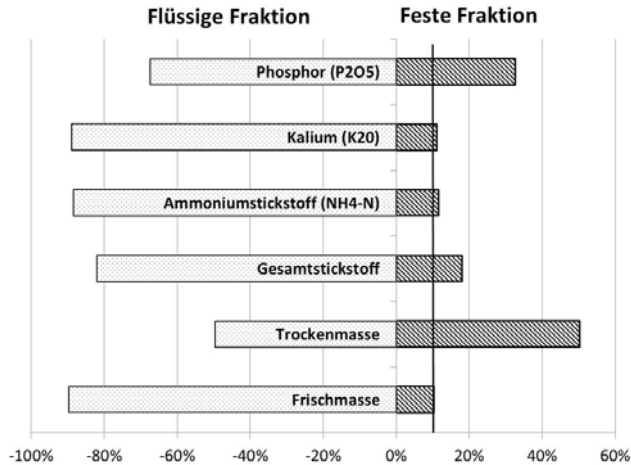


Abb. 4: Verteilung ausgewählter Nährstoffe sowie Frisch- und Trockenmasse auf die Flüssig- bzw. Festfraktion nach Aufbereitung von Rindergülle aus zwei Vorversuchen

Fig. 4: Distribution of fresh-/dry matter and nutrients after slurry separation

masse, würden mit der festen Phase 18 % des anfallenden Gesamtstickstoffs, 12 % des Ammoniumstickstoffs und vor allem Phosphor mit im Mittel 33 % den Betrieb verlassen (Abb. 4).

4 Fazit

Vor Aufbereitung müssen die Wirtschaftsdünger nach einer Zieldefinition ausgewählt werden (Lagererraumreduktion, Nährstoff- oder Energieexport, Einstreuprodukt oder Vollaufbereitung). Grundsätzlich ist die Fest-Flüssig-Trennung die Basis eines jeden weiteren Aufbereitungsschrittes, was auch Folgen für nachgelagerte Mechanisierungslinien hat. Die hier untersuchten mechanischen Separatoren haben sich in der landwirtschaftlichen Praxis seit Langem bewährt. Die erzielten Massenabtrenngrade von rund 10 % stellen jedoch die Lösung zur Reduktion der oft kritischen Lagererraumsituation in Frage.

Hinsichtlich der Nährstoffverteilung nach der Separation kann festgestellt werden, dass auch in der festen Phase noch erhebliche Anteile an Ammoniumstickstoff zu finden sind und sich lediglich Phosphor vorwiegend in der festen Phase akkumuliert. Hier könnte eine Chance zur Entlastung von P-Bilanzen liegen. Während das Emissionspotenzial bei der flüssigen Phase durch die höhere Infiltrationsleistung reduziert wird, ist das Verlustpotenzial bei der offenen Lagerung der festen Phase zum Teil erheblich. Gerade bei Biogasgärresten besteht aufgrund des höheren pH-Wertes sowie der Temperatur ein hohes Risiko.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Die Kombination Biogas-Kleinanlage und Milchviehbetrieb – Effizienz und Passfähigkeit am Beispiel eines Praxisbetriebs

The combination of a small biogas plant and dairy farm – Efficiency and strategic fit at a practice example

FRAUKE P. C. MÜLLER, GERD-CHRISTIAN MAACK, WOLFGANG BÜSCHER

Institut für Landtechnik, Nussallee 5, 53115 Bonn; f.mueller@uni-bonn.de

Schlüsselwörter: Biogas-Kleinanlage, Milchviehbetrieb, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz

Keywords: small biogas plant, dairy farm, economic fit, efficiency

Zusammenfassung

Die Biogas-Kleinanlage als rentabler Betriebszweig neben der Tierhaltung hat durch die Einführung des EEG 2012 immer mehr an Bedeutung zugenommen. Viele Tierhalter sind jedoch nach wie vor skeptisch bezüglich Effizienz und Wirtschaftlichkeit des Systems. Untersuchungen einer Praxisanlage zeigten, dass auch bei sehr hohen Güllegaben mit einem Anteil von über 95 %, hohe Methanerträge bei geringen Substratkosten erwirtschaftet werden konnten. Bei einem Szenario-Vergleich konnten selbst unter ungünstigen Bedingungen Gewinne erzielt werden. Die vorhandene betriebliche Infrastruktur ist dabei entscheidend für die Höhe der Baukosten und ist zusammen mit den Substratkosten der stärkste Einflussfaktor auf das Betriebszweigergebnis.

Summary

Small-biogas-plants as a new branch beneath animal husbandry has reached importance since the new Renewable Energy Law (2012). Even though, it has been shown that in praxis, this concept was not completely accepted. Due to our investigation in one small biogas plant, we could proof that the system runs efficient and economic also with height Input of manure.

By variation of different parameters it could be seen that even on worse conditions, a profit could be reached. The existing operational infrastructure is most important on the amount of construction cost. Together with the substrate cost it influences the benefits significant.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen der dritten Novellierung des EEG im Jahre 2012 wurde eine spezielle Vergütungsklasse (25 ct/kWh) für den Typ der Biogas-Kleinanlage eingeführt. Dabei muss die Anlage drei entscheidende Kriterien erfüllen: 1. Es müssen mindestens 80 Masseprozent Gülle zur Gaserzeugung verwendet werden. 2. Die installierte elektrische Leistung darf 75 kW nicht überschreiten. 3. Die Stromerzeugung muss am Standort der Biogasanlage erfolgen. So soll die Verwendung von Reststoffen zur Erzeugung von Bio-Energie im Sinne der Nachhaltigkeit wieder in den Fokus rücken.

Auch im EEG 2014 bleibt die gesonderte Stellung für Biogas-Kleinanlagen bestehen. Allein die Vergütung wurde aufgrund der jährlichen Degression von 2 % auf 23.73 ct/kWh angepasst. Sie gilt für das Jahr der Inbetriebnahme sowie die folgenden 20 Kalenderjahre (EEG 2014).

Doch trotz dieses finanziellen Anreizes zeigt die landwirtschaftliche Praxis eine nur sehr zögerliche Resonanz. Hauptgründe hierfür sind die enormen Vorbehalte, die sich auf Schwächen in Funktionalität, schlechtem Wirkungsgrad bei Biogas-Kleinanlagen und hohe spezifische Investitionskosten stützen.

Wichtige Punkte bei der Entscheidung für eine Biogas-Kleinanlage sind maßgeblich die vorherrschende Infrastruktur und damit die Passfähigkeit des Betriebes. Hierbei ist nicht nur der Viehbesatz eines der Kriterien, sondern auch Futtergrundlage, Flüssigmist-Lagerkapazitäten, Strukturierung des Betriebes und die Auslegung der schon vorhandenen Gebäude.

Um diesen Vorbehalten auf den Grund zu gehen, wurde eine Biogas-Kleinanlage (das „Güllewerk“) der Firma agriKomp über zwei Jahre messtechnisch erfasst, wodurch eine Evaluierung über Effizienz und Funktionalität durchgeführt werden konnte.

2 Material und Methoden

Die hier vorgestellten Untersuchungen wurden auf einem Milchviehbetrieb im Kreis Cochem-Zell (Rheinland-Pfalz) durchgeführt. Mit einem Tierbesatz von 150 Milchkühen und weiblicher Nachzucht wird ein GV-Besatz von 220 erreicht. Der Liegeboxenlaufstall verfügt über eine Schieberentmistung mit Querkanal. Ein Güllelager von ca. 1.500 m³ diente vor dem Bau der Biogasanlage als Endlager. Weiterhin vorhanden sind zwei Fahrsilos zur Futterlagerung.

Bei der untersuchten Biogasanlage handelt es sich um das „Güllewerk“ der Firma AgriKomp. Es zählt zu der Klassifizierung der Biogas-Kleinanlagen mit einer elektrischen Leistung von 75 kW. Als BHKW dient ein Zündstrahlmotor der Firma Schnell. Der Intensivfermenter ist als Propfenstromfermenter konzipiert und fasst 120 m³. Der Fermenter ist eingefasst in einen Container, wodurch er vorinstalliert angeliefert und aufgebaut werden kann. Als zweite Vergärungsstufe dient ein klassischer Rundbehälter mit einem Volumen von 2.200 m³. Somit ist die gesetzliche Verweilzeit von 150 Tagen im gasdichten Behälter bei der kombinierten Vergärung von Energiepflanzen einzuhalten.

Das bestehende Gülle-Endlager ist zum Endlager der Biogasanlage umgenutzt worden. Über unterirdische Leitungen und einer Dosierpumpe wird der Intensivfermenter auf direktem Wege aus dem Querkanal mit frischer Gülle versorgt.

Die Biogasanlage wird mit ca. 12–13 m³ Substrat pro Tag beschickt, dabei handelt es sich um einen Mix aus Rindergülle und -festmist, Pferdemist, Maissilage und Getreideausschutt. Eine genaue Auflistung der Inputmengen und ihrer prozentualen Verteilung ist aus Tabelle 1 ersichtlich.

Tab. 1: Substrat Input und dessen prozentuale Zusammensetzung

Tab. 1: Substrate input in percentage

Jahr	Rindergülle	Rinderfestmist	Pferdemist	Maissilage	Getreideausputz
	Substratanteil in %				
2013	84,5	6,7	3,4	2,9	2,5
2014	83,4	9,9	2,7	0,5	3,6

Die hofeigene Rindergülle macht den höchsten Anteil am Substratmix aus. Maissilage und Getreideausschutt sind als NawaRo zu klassifizieren und zählen nicht zu dem vom EEG 2012 geforderten Gülleanteil, der berechnet für das Jahr 2013 im Durchschnitt bei 95 % liegt (2014: 96 %).

Die Anlage wurde weiterhin mit einem stationären Gasanalysegerät ausgestattet, um den Methangehalt stündlich dokumentieren zu können. Zur Ermittlung des thermischen Wirkungsgrades wurde Wärmemengenzähler an allen Wärme produzierenden und verbrauchenden Aggregaten angebracht.

Im Oktober 2012 ging die Biogasanlage in Betrieb, wodurch der erzeugte Strom mit 25 ct/kWh vergütet werden kann.

3 Ergebnisse

3.1 Effizienzanalyse

Die in Tabelle 2 aufgeführten Parameter für die Jahre 2013 und 2014 zeigen alle relevanten Input- sowie Output-Größen im direkten Vergleich. Mit einem Gülleanteil von über 90 % in beiden Versuchsjahren konnten die gesetzlich vorgeschriebenen 80 % sicher eingehalten und der Einsatz von Energiepflanzen stark minimiert werden.

Der Abgleich vom tatsächlichen Methanertrag der Anlage, sich ergebend aus der gemessenen Gasmenge und dem durchschnittlichen prozentualen Methananteil zum Soll-Methanertrag (KTBL 2013), zeigt, dass die zugeführte Substratmenge sehr effektiv vergoren wird. Der Ist-Wert erreicht 2013 96 % (2014: 93 %) des Soll-Wertes.

Tab. 2: Input- und Output-Größen für den Versuchszeitraum 2013 und 2014

Tab. 2: *In- and output during time of investigation (2013–2014)*

F.1)	Gülle	NawaRo	Methanertrag (Ist) m ³	Methanertrag (Soll) ²⁾ m ³	Zündöl kg	Strom- ertrag kWh	η_{el} %	η_{th} %
	%	%	Ø Monat ⁻¹					
2013	95	5	11.484	12.013	777	52.523	42,9	40,5
2014	96	4	11.429	12.329	806	52.464	42,6	38,2

1) Faktor.

2) Berechnet nach KTBL (2013).

Der elektrischen Wirkungsgrad (η_{el}) liegt in beiden Jahren bei über 40 % und ergibt aufaddiert mit dem thermischen Wirkungsgrad einen Gesamtwirkungsgrad von über 80 %, was für eine effiziente Funktion der Anlage spricht.

3.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Durch die gegebene Infrastruktur, die der landwirtschaftliche Betrieb mit sich brachte, wie die sehr passfähige Güllelagerung mittels Querkanal und separaten Güllelager, konnten bestehende Gebäude direkt in das Konzept und den Bau integriert werden. Auch die bestehenden Fahrsilos wirkten sich positiv auf das Bauvorhaben aus. Insgesamt ergab sich eine Investitionssumme von 660.000 € (ca. 9.000 €/kW) (Tab. 3).

Tab. 3: Kosten-Nutzen-Analyse der Untersuchten Anlage und Alternativszenario

Tab. 3: *Cost-benefit analysis of the biogas plant and an alternative scenario*

Kosten-Nutzen-Analyse	Einheit	Untersuchte Anlage	Alternativszenario ¹⁾
a) Netto Investition	€	ca. 660.000	ca. 695.000
b) Berechnung der jährliche Kosten z.B. Abschreibungen Reparatur und Wartungen Substratkosten Eigenstrom Zukauf Arbeitszeit Zündöl			
Gesamt	€	112.000	141.000
c) Bewertung der erzielbaren Leistungen Stromverkauf	€	157.571	157.571
Betriebszweigergebnis	€	45.571	16.571

1) Kalkuliert nach KTBL (2013) und KTBL (2012).

Auch die Kosten für den benötigten Stromanschluss, die zwischen 10.000 € bis 45.000 € variieren, können reduziert werden. Der hier betrachtete Betrieb verfügte vor Errichten der Biogasanlage über eine Photovoltaik-Anlage mit Trafo, wodurch die Baukosten für den Stromanschluss der Biogasanlage lediglich 10.000 € betrugen. Neben den reinen Investitionskosten fallen zudem jährliche variable Kosten an. Hierzu zählen Positionen wie die Wartung der Technik, Substratkosten, der Zündölverbrauch und der Arbeitslohn (Tab. 3). Für die Substratbereitstellung ergeben sich nur für die Position Maissilage Kosten, die restlichen Substrate können kostenfrei bezogen werden. Für die jährlich eingesetzten 150 t Maissilage ergeben sich bei einem Kalkulationspreis von 40 €/t 6.000 €.

Insgesamt ergibt sich für die Betrachtung von jährlichen Kosten der Anlage und der erzielbaren Leistungen durch den Stromverkauf ein Betriebsergebnis unter Berücksichtigung des Unternehmerlohns (20 €/h) von 45.571 €. Das Investitionsvolumen von 660.000 € wäre somit in ca. 15 Jahren getilgt.

Zur besseren Einschätzung der Wirtschaftlichkeit wurde in Tabelle 3 ein Alternativszenario erstellt. Die eingesetzte Güllemenge wurde hier von den ursprünglichen ca. 5.000 t/Jahr auf gut 3.000 t herabgesetzt und als Substitut verstärkt Maissilage (790 t/Jahr) eingesetzt. Um die günstige Infrastruktur des Versuchsbetriebes beim Bau der Anlage zu variieren, wurden Kosten für ein zusätzliches Fahrilo beim Bau mit einkalkuliert. Außerdem wurden die Kosten für den Stromanschluss um 20.000 € höher angesetzt. Somit steigerte sich die Investitionssumme auf 695.000 € (9.500 €/kW) und die jährlichen Kosten erhöhen sich auf 141.000 €. Bei einem aktuellen Vergütungssatz von 23,73 Cent (Inbetriebnahme 2014) und gleichem Stromertrag ergibt sich für das Betriebszweigergebnis (Unternehmerlohn 20 €/h) eine Summe von 8.179 €. Ab einem Vergütungssatz von 22 ct/kWh (nach jetzigem EEG voraussichtlicher Wert ab 2016/2017) ist ein negatives Betriebszweigergebnis zu verzeichnen. Anders ergibt es sich für die betrachtete Versuchsanlage, hier liegt das Betriebszweigergebnis bei 26.000 €. Erst ab einem Vergütungssatz von 18 ct/kWh ist die Rentabilitätsschwelle erreicht und der Unternehmervorgewinn gleich null.

4 Fazit

Das Konzept der Biogas-Kleinanlage und dessen Erfolg sind maßgeblich von den betrieblichen Gegebenheiten beeinflusst. Schon bei Planung und Bau ist zu verifizieren, inwiefern die betrieblich vorhandene Infrastruktur effektiv und damit kostensparend mit einbezogen werden kann.

Auch sollten immer die positiven Sekundäreffekte einer Biogas-Kleinanlage mitbetrachtet werden, wie erhöhte Lagerkapazitäten von Gülle, die Senkung von Geruchsemissionen und die energetische Verwertung von Futterresten und Festmist.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Substratbeschaffung. Die gesetzlichen Vorgaben schreiben einen Masseanteil von 80 % Gülle vor, die der Betrieb jährlich zur Verfügung haben muss. Die Kalkulation des Alternativszenarios zeigt, dass hier bei einer Degression der Strompreisvergütung von 2 % eine Biogas-Kleinanlage mit hohem Energiepflanzenanteil im Substratmix, in den nächsten Jahren nicht wirtschaftlich betrieben werden

kann. Der Anteil an Energiepflanzen sollte aus diesem Grund so gering wie möglich gehalten werden.

Anhand der erhobenen Daten können wir das vorgestellte Konzept für den Versuchsbetrieb als lukrativ und rentabel ansehen, wobei auch bei der Variation einiger Parameter, selbst unter ungünstigeren Bedingungen, das Konzept gewinnbringend sein kann.

Literatur

EEG (2012): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Die Novelle 2012. Berlin

EEG (2014): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz 2014. Berlin

KTBL (2013): Faustzahlen Biogas. Darmstadt, S. 132-140

KTBL (2012): Betriebsplanung Landwirtschaft 2012/2013, Darmstadt, S. 147

Danksagungen

Wir danken der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. für die finanzielle Unterstützung. Weiterhin danken wir dem landwirtschaftlichen Betrieb im Kreis Cochem-Zell (Rheinland-Pfalz) für die Hilfe und Unterstützung bei der Versuchsdurchführung.

Vergleich von Emissionsminderungsmaßnahmen bei unterflur gelagertem Flüssigmist im Mastschweinestall

Comparison of emission mitigation strategies in a deep pit system in a piggery

STEPHANIE GRONOW-SCHUBERT, EVA GALLMANN, ANIKA SCHLAMEUß

Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70593 Stuttgart; stephanie.gronow-schubert@uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter: Flüssigmistmanagement, Ammoniak, Methan, Emissions-Minderungsstrategie, Modellierung
Keywords: manure management, ammonia, methane, emission mitigation strategies, modeling

Zusammenfassung

In der Mastschweinehaltung beeinflusst das Flüssigmistmanagement im Stall die Emissionen von Ammoniak und Methan, wobei die erreichbaren Reduktionspotentiale noch nicht hinreichend geklärt sind. In diesem Projekt wurde jeweils über einen Mastdurchgang und im Vergleich zum Staumistverfahren (Referenz) eine wöchentliche Entleerung des Flüssigmistkanals, eine Abdeckung des unterflur gelagerten Flüssigmists mit Schwimmkörpern sowie die Zugabe von Flüssigmistadditiven (Effektive Mikroorganismen) untersucht. Ergänzend zu den Versuchen im Stall werden die Möglichkeiten einer Stoffstrommodellierung von Ammoniak in einem dynamischen Modell geprüft.

Summary

Manure management inside a piggery influences emissions of ammonia and methane. Knowledge on reduction potential and mitigation measures is still insufficient. This project compared three treatments: weekly manure removal, manure surface cover with floating bodies and the addition of effective microorganisms against the reference system deep pit. All three measurements covered a full fattening period. Additional to the approach in the piggery the possibilities of modeling ammonia fluxes in a dynamic model were tested.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Gegensatz zur Milchviehhaltung, bei welcher der Hauptanteil der Methanemissionen vom Tier selber stammt, emittiert Methan in der Mastschweinehaltung hauptsächlich aus den Exkrementen der Tiere, welche konventionell unter dem Spaltenboden gelagert werden (CLEMENS und AHLGRIMM 2001). Zu den potentiellen Managementstrategien zählen zum einen das regelmäßige Verbringen des Flüssigmistes vom Stall in ein Außenlager sowie das Abdecken der Flüssigmistoberfläche (EURICH-MENDEN et al. 2011, MEISSNER 2004, GALLMANN 2003). Über die Emissionsminderungspotentiale von Flüssigmistadditiven, im Speziellen derer von Effektiven Mikroorganismen, liegt bisher nur eine geringe Datenbasis vor (AMON et al. 2005). Ziel dieses Projektes war es, das Potential möglichst leicht umsetzbarer Managementmaßnahmen hinsichtlich der Handhabung von unterflur gelagertem Flüssigmist im Stall, zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Die genaue Beschreibung der Versuchsbedingungen sowie die Durchführungsdetails der Behandlungen A und B können in Gronow-Schubert und Gallmann (2014) nachgelesen werden. In Behandlung C wurden an 3 Tagen (29.10., 12.11., 10.12. 2014) jeweils 40 l, 20 l und 25 l Güllezusatz „Effektive Mikroorganismen“ (EM) in das Versuchsabteil gegeben. Dies entsprach einem Mischungsverhältnis von Flüssigmist zu Güllezusatz von 1:2,6. Darüber hinaus wurden jeweils einmal wöchentlich von der 1. bis 8. Woche 3 l und von der 9. bis 17. Woche 5 l EM-Stallreiniger mit einer Handspritze im gesamten Versuchsabteil auf die Buchtenwände, Tränken, Futtertröge und Spalten versprüht. In Tabelle 1 sind alle drei Behandlungen im Überblick dargestellt.

Tab. 1: Mastdurchgänge sowie Emissionsminderungsmaßnahmen

Tab. 1: *Fattening periods including emission mitigation strategies*

Mast-durchgang	Bezeichnung	Zeitraum	Emissionsminderungsmaßnahme/ Behandlung
1		Februar–Juni 2013	Vorversuch/ Parallelversuch: Abstimmung der Umgebungsbedingungen in beiden Abteilen
2	A	August–November 2013	Wöchentliche Entleerung des Flüssigmistkanals
3	B	Januar–April 2014	Abdeckung der Flüssigmistoberfläche mit den Schwimmkörpern Hexa-Cover®
4	C	Oktober 2014–Februar 2015	Behandlung des Flüssigmistes mit Additiven: Zugabe von Effektiven Mikroorganismen

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Vergleich zwischen den drei Behandlungen hatte die Behandlung B bezogen auf den Mittelwert der Emissionsrate [g je Tag und GV] des gesamten Mastdurchganges den größten Minderungseffekt auf die NH_3 -Emissionsraten (NH_3 -Emissionsreduk-

tion zwischen Versuchs- und Referenzabteil von -13 %). Behandlung A hatte keinen und Behandlung C sogar einen negativen Effekt auf die Ammoniakemissionen (NH_3 -Emissionsanstieg von +10 % bezogen auf den Mittelwert der Emissionsrate [g je Tag und GV] des gesamten Mastdurchganges).

Die Ergebnisse hinsichtlich der NH_3 -Emissionen decken sich in Behandlung A mit den Untersuchungsergebnissen von NI et al. (1999), bei denen festgestellt wurde, dass sowohl die Höhe des Flüssigmistpegels und damit die angestaute Menge an Flüssigmist als auch das Raumvolumen über der emittierenden Oberfläche (YE et al. 2011) keinen Einfluss auf die Ammoniakemissionen haben. GUINGAND et al. (2012) erzielten mit häufigem Spülen (1-2 täglich) eine Reduktion der Ammoniakemissionen von 13-29 %. Das NH_3 -Emissionsminderungspotential in Behandlung B liegt unter den von YE et al. (2011) beobachteten 20,1%, welche mit unter den Spalten angebrachten Vorhängen die Luftführung über dem Flüssigmist beeinflussten und auf diese Weise eine Reduktion der dem Luftvolumenstrom ausgesetzten Flüssigmistoberfläche erreichten. Der Unterschied in Behandlung C von +10 % bei den NH_3 - Emissionen im Vergleich zwischen Versuch und Referenz [g je Tag und GV] ergeben ein anderes Bild, als die Untersuchungen in AMON et al. (2005). Bei AMON et al. (2005; Versuch mit Flüssigmistlagerung in zylindrischen Güllebehältern) konnten die Emissionen um rund 11% reduziert werden. Weder der Vergleich der eingesetzten Menge an Effektiven Mikroorganismen zwischen den beiden Versuchen (eigener Versuch C: 1:2,6; AMON et al. 2005: 1:2), noch der Vergleich der Untersuchungszeiträume (eigener Versuch C: Oktober 2014 bis Februar 2015; Versuch AMON et al. 2005: Juni bis Dezember 2004) liefern Erklärungsansätze. Weitere Einflüsse wie Lüftung, Fütterung und Flüssigmistparameter müssen noch geprüft werden.

Bei der Betrachtung der CH_4 -Emissionsraten hatte Behandlung A den größten Minderungseffekt bezogen auf den Mittelwert der Emissionsraten [g je Tag und GV] des gesamten Mastdurchganges mit -38 % im Vergleich zur Referenz. Behandlung C hatte einen leicht negativen und Behandlung B einen deutlich negativen Effekt auf die Methanemissionen (CH_4 -Emissionsanstieg: Behandlung C +7 % und Behandlung B +50 %) bezogen auf den Mittelwert der Emissionsrate [g je Tag und GV] des gesamten Mastdurchganges. Die Minderung der CH_4 -Emissionen in Behandlung A ist auf die wöchentliche Entleerung des Flüssigmistkanals und auf die damit verbundene deutliche Reduktion an fermentierbarer Substanz, welche ansonsten für die Methanbildung zur Verfügung steht, verbunden (HÄUSSERMANN et al. 2006). Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Menge an vorhandenem Flüssigmist und den entstehenden Methanemissionen im Stall. GUINGAND et al. (2012) konnten ähnliche (26-46 %) und MEISSNER (2004) höhere (60-90 %) Reduktionspotentiale durch regelmäßiges Entleeren mit anschließendem Spülen erreichen. In Abbildung 1 sind die Verläufe über die jeweilige Mastperiode der NH_3 - und CH_4 - Emissionsraten für die drei Behandlungen im Vergleich zur Referenz dargestellt.

Ursächlich für den deutlichen CH_4 -Emissionsanstieg im Versuch B können die für die Methanogenese günstigeren anaeroben Bedingungen sein, welche durch die Abdeckung mit den Hexa-Cover®- Schwimmkörpern geschaffen wurde. Die Ergebnisse des Versuches zeigen, dass, wie auch bei CLEMENS und AHLGRIMM (2001) beschrieben, der Flüssigmist die Hauptemissionsquelle für Methan im Schweinestall darstellt.

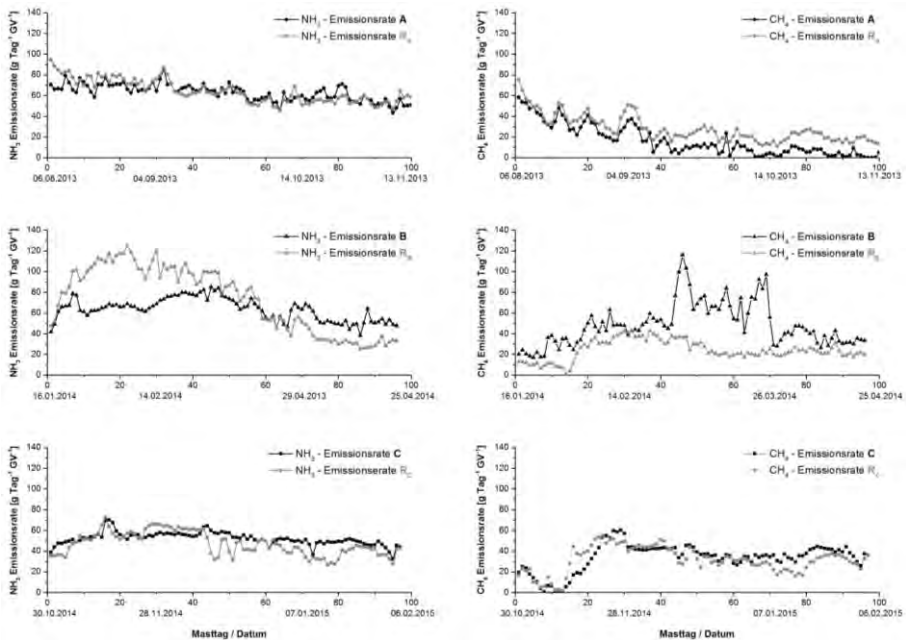


Abb. 1: Vergleich der NH_3 und CH_4 Emissionsraten [g pro Tag und Großvieheinheit] von allen drei Behandlungen (A = wöchentliche Entleerung; B = zweidrittel Hexa-Cover® - Abdeckung; C = Effektive Mikroorganismen) im Vergleich zur Referenz

Fig. 1: Comparison of the NH_3 and CH_4 emission rates [g per day and livestock unit] for all three treatments (A = weekly manure removal; B = two-thirds Hexa-Cover® - bodies; C = effective microorganisms) in comparison to the reference

Der leicht negative Effekt von +7 % bezogen auf die CH_4 -Emissionen durch die Zugabe der Effektiven Mikroorganismen zum Flüssigmist in Behandlung C deckt sich zum Teil mit den Untersuchungsergebnissen von AMON et al. (2005; Flüssigmistlagerung in zylindrischen Güllebehältern), die einen CH_4 -Emissionsanstieg von 24 % bezogen auf [kg CH_4 pro m^3 Frischmasse] gemittelt über den gesamten Versuchszeitraum beobachteten.

4 Modellierung der Ammoniakkonzentrationen

Als Basis zur Simulation der Ammoniakemissionen aus zwangsbelüfteten Mastschweineställen diente das ACES-Modell von CORTUS et al. (2010 a+b), welches auf die Gegebenheiten des Versuchstalls und auf die verfügbaren Messdaten angepasst wurde. Zur Kalibrierung und Validierung des Modells wurden die Ergebnisse der eigenen Messungen im Versuchstall aus den Mastdurchgängen A (wöchentliche Entleerung), B (zweidrittel Abdeckung mit Hexa-Cover® - Schwimmkörpern) sowie aus einem dritten

Mastdurchgang (Juni 2014–September 2014) herangezogen und aufbereitet. Für die Modellimplementierung wurde die Software „Berkeley Madonna 8.3“ (MACEY und OSTER, 1993–2001) verwendet (SCHLAMEUSS 2014).

Anhand des erstellten Modells wurden die Ammoniakkonzentrationen von zwei Luftbereichen (a. Abteil: oberer Bereich; b. Grubenkopf: unterer Bereich, unterhalb des Spaltenbodens und oberhalb des Flüssigmists) im Stall berechnet. Die Betrachtungen erfolgten zum einen für das Abteil und zum anderen für den Grubenkopfbereich sowie kombiniert. Die Ergebnisse wurden in Grafiken dargestellt und die jeweilige Modelleffizienz, die Wurzel des mittleren quadratischen Fehlers (RMSE–root mean square error) sowie der Bias berechnet. Die Berechnungen wurden jeweils zweimal durchgeführt. I. für die Variante mit eingelesenen Daten der Flüssigmisttemperatur und II. für die Variante mit einer durchschnittlichen Flüssigmisttemperatur von 17,5°C (siehe Abb. 2 und Tab. 2). Wie in der Abbildung 2 zu erkennen ist, liegen die gemessenen und die modellierten Konzentrationen bei keiner der Varianten komplett übereinander. Diese Aussagen werden durch die Ergebnisse zur Modellgüte in Tabelle 2 bestätigt. In beiden Varianten geben die Ergebnisse des Abteils die tatsächlich gemessenen Werte besser wieder, als die des Grubenkopfbereichs. Die Kombination beider Varianten erreicht mit Abstand das beste Ergebnis. Dies lässt sich durch den gegenseitigen Ausgleich der Varianzen innerhalb der Modelle erklären.

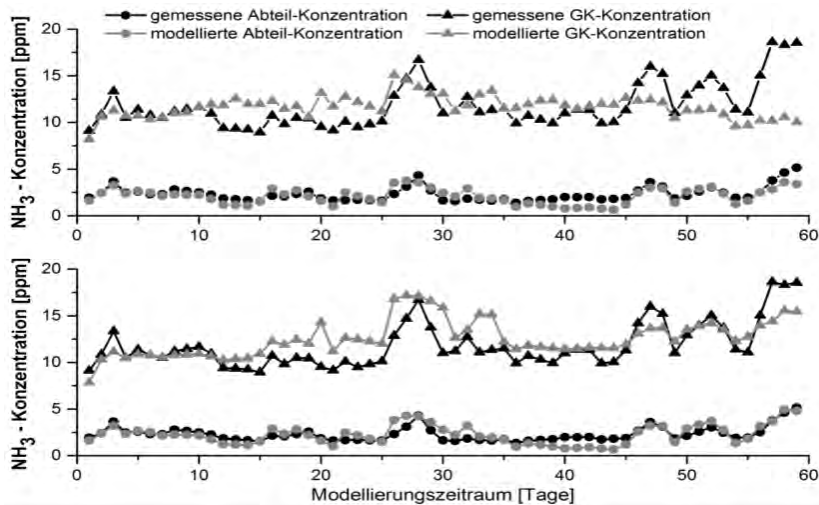


Abb. 2: Gemessene und modellierte Ammoniakkonzentrationen im Abteil und im Grubenkopfbereich (GK); oben: I. mit eingelesenen Messdaten der Flüssigmisttemperatur; unten: II. mit Annahme einer durchschnittlichen Flüssigmisttemperatur von 17,5°C

Fig. 2: Measured and simulated ammonia concentrations of the compartment and the head space; above: I. with own measured data of the slurry temperature; below: II. with an average slurry temperature of 17.5°C

Tab. 2: Ergebnisse der Modellgüte der modellierten Ammoniakkonzentrationen für die Variante mit eingelesten Messdaten der Flüssigmisttemperatur und die Variante mit Annahme einer durchschnittlichen Flüssigmisttemperatur von 17,5°C

Tab. 2: Results of the pattern quality of the ammonia concentrations for both variants: own measured slurry temperature and an average slurry temperature of 17.5°C

	Variante mit eingelesten Messdaten der Flüssigmisttemperatur			Variante mit Annahme einer durchschnittlichen Flüssigmisttemperatur von 17,5°C		
	C_R	C_H	$C_R + C_H$	C_R	C_H	$C_R + C_H$
ME	0,33	-0,25	0,85	0,33	0,31	0,92
RMSE	0,63	2,68	1,95	0,63	1,98	1,42
Bias	-0,21	-0,12	-0,17	-0,03	0,76	0,29

ME = Modelleffizienz (1 heißt, das Modell kann die Realität zu 100 % wiedergeben; < 0 heißt, das Modell kann die Realität nicht wiedergeben)

RMSE = root mean square error (je größer, desto größer ist der mittlere quadrierte Prognosefehler.)

BIAS = Maß für die Tendenz zur Überschätzung eines Modells bei Werten > 0 oder zur Unterschätzung bei Werten < 0

CR = Ammoniakkonzentration des Abteils

CH = Ammoniakkonzentration des Grubenkopfbereichs

Es bleibt festzuhalten, dass die Dynamik der Konzentrationsverläufe bisher nicht vollständig getroffen wird, aber das Konzentrationsniveau. Daher besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Übertragbarkeit oder Anpassbarkeit des Modells auf andere Rahmenbedingungen und die damit verbundene Gültigkeit der verwendeten Formeln.

5 Fazit

Die Emissionsmessungen ergaben, dass die untersuchten Minderungsmaßnahmen nur bedingt für eine deutliche Reduzierung der Ammoniak- und Methanemissionen geeignet waren. Der gewählte Weg zur Modellierung der Ammoniakemissionen zeigte einige Potentiale auf, bedarf aber noch weiterer Forschung zur besseren Allgemeingültigkeit/Übertragbarkeit des Modells.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung

Control of exhaust air treatment operations in animal husbandry

JOCHEN HAHNE¹, HARTMUT GÜNSTER²

¹ Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; jochen.hahne@ti.bund.de

² Landkreis Cloppenburg, Bauamt, Eschstraße 29, 49661 Cloppenburg

Schlüsselwörter: Abluftreinigung, Tierhaltung, Überwachung, Check-up, Funktionstest

Keywords: exhaust air treatment, animal husbandry, monitoring, checkup, function test

Zusammenfassung

DLG-anerkannte Abluftreinigungsanlagen gewährleisten eine wirksame Abscheidung von Ammoniak, Staub, Bioaerosolen und Gerüchen in der Schweinehaltung. Zur Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Funktion dieser Anlagen ist neben einer routinemäßigen Wartung auch eine Anlagenüberwachung notwendig, wie Erfahrungen des Landkreises Cloppenburg und eigene Auswertungen deutlich machen. Die Überwachung muss einfach, zielgenau und verhältnismäßig sein und soll auch die Beurteilung des Anlagenbetriebes über einen längeren Zeitraum ermöglichen. Im vorliegenden Beitrag wird ein entsprechendes Checkup-Protokoll mit einem vorgegebenen Bewertungssystem vorgestellt, anhand dessen eine leicht verständliche, transparente und schnelle Prüfung der langfristigen Anlagenfunktion sichergestellt werden kann. Dieser Nachweis wird auch über die grafische Auswertung relevanter Parameter des elektronischen Betriebstagebuches sichergestellt. Durch die Erfassung spezifischer, tierplatzbezogener Kennwerte können überbetriebliche Vergleiche angestellt und somit die Anlagenüberwachung weiter vereinfacht werden.

Summary

DLG-approved exhaust air treatment operations ensure an effective separation of ammonia, particulate matter, bio-aerosols and odorants in pig husbandry. Besides the routinely maintenance a plant monitoring is required to secure a proper plant function as shown by experiences of the Landkreis Cloppenburg and own evaluations. The monitoring must be simple, pinpoint and commensurate and should also enable an evaluation of the plant operation over a longer period. In the present contribution an appropriate checkup protocol with a given rating system is introduced which secures a rapid control of the long-term plant operation performance, the checkup is easy to understand and transparent. This evidence is also provided by a graphical evaluation of relevant parameters from the electronic logbook. Interplant comparisons are possible by recording specific values related to animal heads and these data will simplify the plant operation control once more.

1 Problemstellung und Ziele

Für die sachgerechte Dimensionierung und den ordnungsgemäßen Betrieb von Abluftreinigungsanlagen liegen umfangreiche Informationen in den DLG-Testaten vor. Erfahrungen zeigen jedoch, dass der Anlagenbetrieb nicht immer den Erfordernissen entspricht und somit auch die Emissionsminderung nicht immer in vollem Umfang gewährleistet wird. Zur Gewährleistung einer weitgehenden und stabilen Emissionsminderung ist daher neben der routinemäßigen Anlagenwartung auch eine professionelle Überwachung erforderlich. Sie muss einfach, zielgenau und verhältnismäßig sein und soll auch die Beurteilung des Anlagenbetriebes über einen längeren Zeitraum ermöglichen. Ziel eines gemeinsamen Projektes des Thünen-Institutes mit dem Landkreis Cloppenburg war es daher, auf der Grundlage einer umfangreichen Auswertung von Abnahme- und Prüfberichten den Anforderungen entsprechende Check-up-Protokolle zu entwickeln.

2 Material und Methoden

Für die Beurteilung der Anlagenfunktion verschiedener Anlagentypen stellte der Landkreis Cloppenburg insgesamt 164 Messberichte verschiedener Prüfstellen zur Verfügung, die auf alle relevanten Daten hin geprüft wurden und als Grundlage für die Erarbeitung neuer Check-up-Protokolle dienen sollten.

3 Ergebnisse

Die Auswertung für den Bereich der Schweinemast zeigte, dass die Abluftreinigungsanlagen zwar für Lufraten von 8.200 bis 240.000 m³/h ausgelegt waren, aber in vielen Fällen bei deutlich geringeren Lufraten überprüft wurden (Tab. 1). Eine sichere Feuchtigkeitssättigung wurde auch bei geringeren Volumenströmen nicht durchgehend gewährleistet. Soweit die Ammoniakabscheidung bei Rieselbettfiltern und Kombinationsverfahren mit Prüfröhrchen bestimmt wurde, konnten die Anforderungen eingehalten werden. Nitrose Gase wurden im Regelfall nicht erfasst. Die Geruchsabscheidung wurde überwiegend, aber auch nicht bei allen Messungen, positiv beurteilt. Hier erwiesen sich mehrstufige Anlagen als vorteilhaft. Mängel wurden vor allem bei den elektronischen Betriebstagebüchern festgestellt, die zum Teil fehlten, in vielen Fällen nicht vollständig waren und wiederholt Probleme bei der Einhaltung von pH- und Leitfähigkeitswerten in den Waschstufen deutlich werden ließen.

Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für die Erarbeitung neuer Prüfprotokolle für den Landkreis Cloppenburg, die neben der Erfassung notwendiger Parameter eine Beurteilung der einzelnen Werte sowie des Langzeitverhaltens der Anlage über die Auswertung des elektronischen Betriebstagebuches auf einfache und übersichtliche Weise ermöglichen (Tab. 2).

Tab. 1: Ergebnisse der Überwachung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinemast im Zeitraum 2009–2013

Tab. 1: Results of exhaust air treatment operations control in pig fattening from 2009 to 2013

Parameter	Einstufiger Biofilter n = 27	Einstufiger Rieselbettfilter n = 44	Kombinationsverfahren ¹⁾ n = 20
Auslegungsluflrate [m³/h]	8.200–160.000	10.500–240.000	47.500–109.500
Luflrate bei Messung [%]	9–82	18–99	15–98
Reinluftfeuchte [%]	72–100	75–100	70–100
NH ₃ -Abscheidung [%]	Nicht gemessen	75	98
Geruchsabscheidung [-]	In 21 von 27 Fällen kein Rohgas im Reingas	In 37 von 44 Fällen kein Rohgas im Reingas	In 19 von 20 Fällen kein Rohgas im Reingas
Elektronisches Betriebstagebuch vorhanden voll nutzbar	27 von 27 In 18 Fällen	39 von 44 In 13 Fällen	14 von 20 In 6 Fällen
Defizite bei der Datenerfassung	Erfassung Strom- und Frischwasserverbrauch	Erfassung Strom- und Frischwasserverbrauch sowie Abschlämmrate	Erfassung Strom- und Frischwasserverbrauch sowie Abschlämmrate
Kritische Punkte im Anlagenbetrieb	Wechsel des Filtermaterials, Luftwechselrate	Einhaltung von pH-Wert und Leitfähigkeit	Einhaltung von pH-Wert und Leitfähigkeit

¹⁾ Mit biologisch arbeitender Waschstufe.

Die Protokolle wurden für die unterschiedlichen Abluftreinigungstechniken (Biofilter, Wäscher, Kombinationsverfahren) entwickelt und werden nachfolgend und auszugsweise für die Rieselbettfilter dargestellt, weil diese bereits 2013 mit knapp 57 % einen sehr hohen Marktanteil aufwiesen. Die Protokolle gliedern sich in einen allgemeinen Teil (Tab. 2) zur Identifikation des Betreibers, des Filters, der Art der Tierhaltung, der Fütterung und der Stallentlüftung. Auf diesem Blatt wird abschließend auch das Ergebnis der Anlagenprüfung dokumentiert. Der spezielle Teil des Protokolls (Tab. 3) enthält wichtige Betriebsparameter, die zu messen bzw. zu erfassen und in vielen Fällen anhand einer vorgegebenen Bewertungsskala zu beurteilen sind. Die Parameter sind wegen ihrer unterschiedlichen Bedeutung für die Funktion der Abluftreinigungsanlage (ARA) gewichtet (farblich blau markiert). So ist z.B. die Anlagenauslastung, bei der der Check-up durchgeführt wird, für die Beurteilung der Anlagenfunktion von großer Bedeutung. Gleiches gilt für die Parameter Reingasfeuchte, pH-Wert, Abschlämmung und andere. Die Prüfstelle trägt nun z.B. den Messwert für die Reingasfeuchte in das Feld „Wert/Angabe“ ein und bewertet das Ergebnis anhand des vorgegebenen Schemas. Liegt der gemessene Wert unter 90 %, wäre die Bewertung „rot“ die Konsequenz, verbunden mit der Dokumentation einer zu treffenden Maßnahme, die gleichfalls zu dokumentieren ist. In der beschriebenen Form werden alle Parameter dokumentiert und – soweit gefordert – bewertet. Darüber hinaus wird das Langzeitverhalten der Abluftreinigungsanlage anhand des elektronischen Betriebstagebuches (EBTB) und ausgewählter Parameter geprüft. Für die Beurteilung der Langzeitfunktion einstufiger Rieselbettfilter sind im Besonderen der

Verlauf des pH-Wertes (Abb. 1) und der Verlauf der Leitfähigkeit (Abb. 2) maßgeblich (Tab. 1). Bei zu hohen pH-Werten kann die Ammoniakabscheidung von mindestens 70 % nicht gewährleistet werden, bei pH-Werten unter 6 droht die Freisetzung nitroser Gase (durch Säure katalysierter Zerfall von Nitrit). Bei Leitfähigkeiten von mehr als 25 mS/cm im Waschwasser sind aus den genannten Gründen die geforderten Reinigungsleistungen nicht sicher zu gewährleisten. Das Check-up-Protokoll soll ferner durch die Erfassung der spezifischen Medienverbräuche und des Waschwasseranfalls ($\text{m}^3/(\text{Tierplatz a})$) zur Gewinnung einfacher und überbetrieblich nutzbarer Kennwerte beitragen, die die Anlagenüberwachung weiter vereinfachen werden.

Tab. 2: Auszug eines Check-up-Formulars für die Überwachung von Abluftreinigungsanlagen (Teil 1)

Tab. 2: Extract of a checkup blank for exhaust air treatment operations control (part 1)

Name		Gesamtbewertung	
Anschrift (Straße, Nr.)			
Anschrift (PLZ, Ort)			
Filter-Nr		grün	
Datum der Messung		gelb	
Prüfstelle und Probenehmer		rot	
Erstbesuch im lfd. Jahr [ja/nein]		rot und gleichzeitig blau	
Hersteller der ARA		Konsequenzen	
Art der ARA		Checkup bestanden	
Tierart, Produktionsrichtung		Checkup nicht bestanden	
Tierplatzzahl, genehmigt		Nachmessung	
Aktuelle Belegung [Anzahl]		Sonstiges:	
Haltungsverfahren			
RAM-Futter [ja/nein]			
Art der Lüftung			
Max. Luftvolumen [m^3/h]			

Ein Check-up gilt als bestanden, wenn bei den besonders relevanten Parametern (blau gewichtet) nicht die Bewertung „rot“ erfolgt und sich die pH- und Leitfähigkeitswerte im Waschwasser im Regelfall innerhalb der angegebenen Toleranzen bewegen. Bei den übrigen „rot“ bewerteten Feldern ist ein Mangel vorhanden, der dokumentiert und innerhalb einer bestimmten Frist abzustellen ist. Das Check-up-Protokoll enthält noch eine weitere hier nicht dargestellte Tabelle, bei der besondere Umstände, bezogen auf einzelne Parameter, dokumentiert werden sollen. Dies kann z.B. erforderlich sein, wenn die Strömungsgeschwindigkeit wegen baulicher Einschränkungen nicht bestimmt werden kann. Der beschriebene Check-up kann im jährlichen Wechsel mit einem Funktionstest durchgeführt werden. Bei letzterem ist eine Anlagenauslastung von mindestens 60 % nicht erforderlich. Damit sollen unnötige Kosten vermieden werden, wenn am Tag der Prüfung die Mindestauslastung witterungsbedingt nicht gewährleistet werden kann.

Tab. 3: Auszug eines Check-up-Formulars für die Überwachung von Abluftreinigungsanlagen (Teil 2)
 Tab. 3: Extract of a checkup blank for exhaust air treatment operations control (part 2)

Parameter	Wert/Angabe	Bewertung			Maßnahme
Gasgeschwindigkeit [m/s] [n]					
Austrittsfläche [m²]					
Volumenstrom [m³/h]					
FFB, Ist [m³/(m² h)]					
FFB, maximal [m³/(m² h)]					
Anlagen-Auslastung [%]		> 70	60 - 70	< 60	
Rohgas-Feuchte [%]		< 70	70 - 80	> 80	
Reingas-Feuchte [%]		> 95	90 - 95	< 90	
Rohgas-NH3 [ppm]		< 20	> 20	> 25	
Reingas-NH3 [ppm]					
NH3-Abscheidung [%]		> 70		< 70	
Reingas-Nox [ppm]		< 1	1 - 2	> 2	
Rohgas im Reingas [ja/nein]		nein	teilw.	ja	
Differenzdruck-Anzeige [Pa]					
Abweichung Mess./Anzeige [Pa]		< 10	10-20	> 20	
pH-Wert-Anzeige [-]					
pH-Wert-Messung [-]		s. Abb. 1			
pH-Wert-Abweichung [-]		< 0,5	0,5-1	> 1	
Temperatur-Anzeige [°C]					
Temperatur-Messung /Abw. [°C]		< 2	2 - 5	> 5	
LF-Anzeige [mS/cm]					
LF-Messung [mS/cm]		s. Abb. 2			
LF-Abweichung [mS/cm]		< 2	2 - 3	> 3	
EBTB vorhanden [ja/nein]		ja		nein	
Daten EBTB auslesbar [ja/nein]		ja		nein	
Zählerstand Strom [kWh]					
Stromverbrauch [kWh/(TP a)]		n.k.B.	n.k.B.	n.k.B.	
Zählerstand Frischwasser [m³]					
FW-Verbrauch [m³/(TP a)]		n.k.B.	n.k.B.	n.k.B.	
Zähler Abschlämmung [m³]					
Abschlämmung [m³/(TP a)]		n.k.B.	n.k.B.	n.k.B.	
Spez. FK-Bedüsung [m³/(m² h)]		< 20 %	> 20 %	> 40 %	

FFB: Filterflächenbelastung, LF: Leitfähigkeit, EBTB: elektronisches Betriebstagebuch, FW: Frischwasser, FK: Füllkörper, n.k.B.: noch keine Bewertung.

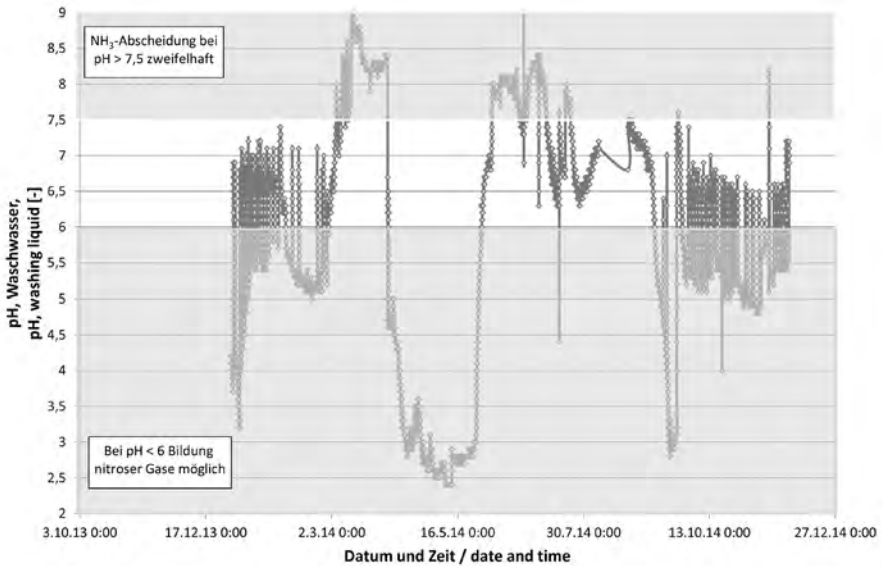


Abb. 1: Verlauf des pH-Wertes im Waschwasser eines einstufigen Rieselbettfilters

Fig. 1: Course of the pH value in the washing liquid of a trickle bed filter

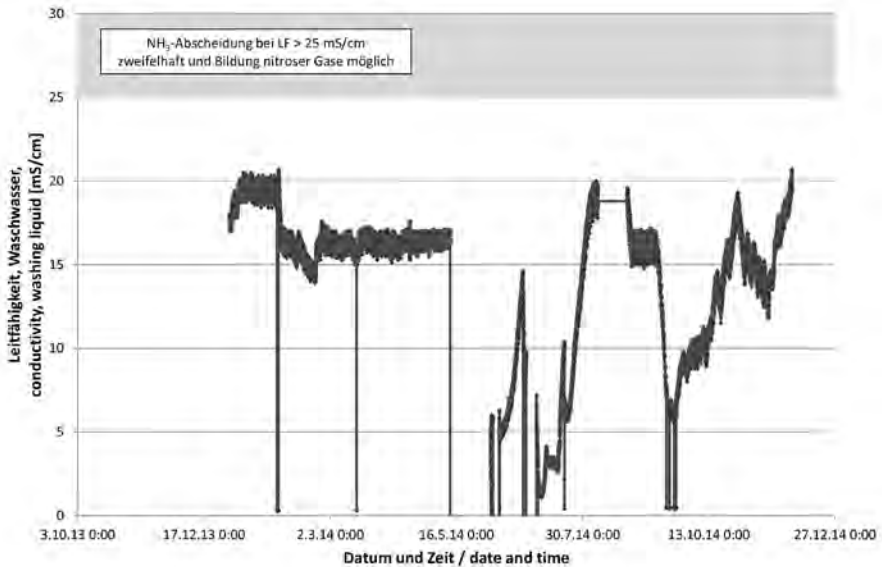


Abb. 2: Verlauf der Leitfähigkeit im Waschwasser eines einstufigen Rieselbettfilters

Fig. 2: Course of the conductivity value in the washing liquid of a trickle bed filter

Die Protokolle sind kostenlos beim Landkreis Cloppenburg unter www.lkclp.de/bauen-umwelt/bauen-planen/abluftreinigungsanlagen-z.b.-biofilter.php#anchor_1 verfügbar.

Landwirtschaftliches Bauen mit Holz oder Stahl – Vergleich des Investitionsbedarfs sowie des Primärenergiebedarfs und Treibhauspotenzials

Farm construction with wood or steel – A comparison of investment requirements, primary energy consumption and global warming potential

JOCHEN SIMON¹, CHRISTINE BIERMANSKI¹, HANNES DIETL², SABINE HELM³,
CHRISTEL LUBENAU³, KLAUS RICHTER³, GABRIELE WEBER-BLASCHKE³

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrewechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; jochen.simon@lfl.bayern.de

² Beratung und Gutachten, Sachverständiger für die Sägewerksindustrie, Edmaier 6, 94315 Stubenberg

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzwissenschaft, Holzforschung München, Winzererstraße 45, 80797 München

Schlüsselwörter: Landwirtschaftliches Bauen, Material, Kosten, CO₂-Bilanz, Primärenergiebedarf
Keywords: farm building, material, costs, global warming potential, primary energy demand

Zusammenfassung

Holz ist ein universell einsetzbarer Baustoff. Beim landwirtschaftlichen Bauen führen Vorbehalte gegenüber Holz dazu, dass immer mehr Gebäude aus Stahl und Blech errichtet werden. Beim exakten Vergleich einer Modellstallanlage in Holz und Stahl hat sich bei gleicher Funktion ein Kostenvorteil für die Holzkonstruktion von ca. 12 % ergeben. Hinzu kommen eine sehr hohe Dauerhaftigkeit sowie sehr gute bauphysikalische Eigenschaften. Bzgl. der Umweltauswirkungen ist bei Gebäuden die Art des Baumaterials der maßgebende Faktor. Mittels Ökobilanzmethodik konnte gezeigt werden, dass die Holzkonstruktion gegenüber der Stahlkonstruktion zu einer Reduzierung des Primärenergiebedarfs um 36 % und des Treibhauspotenzials um 62 % führt.

Summary

Wood is a versatile construction material. Due to reservations about wood, however, steel and sheet metal are used more and more as construction materials. A precise comparison of a model stable in wood and steel showed a cost advantage of approximately 12 % for wood construction. Other advantages are high durability and very good structural-physical properties. With regard to the environmental impact of buildings, the kind of construction material used is the decisive factor. The application of life-cycle assessment showed that wood construction reduces primary energy consumption by 36 % and global warming potential by 62 % as compared with steel construction.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Früher spielte Holz als regional verfügbarer Baustoff in allen Regionen Deutschlands eine wesentliche Rolle bei der Errichtung von landwirtschaftlichen Wohn- und Wirtschaftsgebäuden. Bei Wohngebäuden wurde Holz vielfach durch massive Baustoffe ersetzt. Bei den Wirtschaftsgebäuden führen pauschale Aussagen wie „Bauen mit Stahl ist billig, stark und beständig“ dazu, dass selbst bei Betrieben, die den nachwachsenden Baustoff Holz aus dem eigenen Wald zur Verfügung hätten, Gebäude aus Stahl und Blech errichtet werden.

Ziel des Interreg IV Projektes „Bauen in regionalen Kreisläufen“ war es zunächst, für das Modulbausystem Grub-WeihenstephanTM kostengünstige Tragkonstruktionen aus Holz für die Tierhaltung bzgl. der Optimierung des Tierwohls (freie Lüftung, sommerlicher Hitzeschutz, Integration von Auslaufflächen) und Zukunftsfähigkeit (Erweiterbarkeit) zu entwickeln (SIMON 2013). Für ein Stallmodell wurde untersucht, ob sich durch die Materialwahl Holz Kostenvorteile gegenüber Stahl ergeben. Darüber hinaus war die Frage, wie die erforderlichen Querschnitte für die Tragwerksprofile so auf den „Rohstoff“ Rundholz abgestimmt werden können, dass dieses im Sägewerk mit hoher Wirtschaftlichkeit verwertet werden kann.

Ziel einer weiteren Teilstudie war es, neben der Optimierung von Tragwerken in Holz und dem Vergleich des Investitionsbedarfs das Potenzial des Baustoffes Holz zur Treibhausgas- und Energieeinsparung gegenüber Stahl zu ermitteln (HELM 2013, HELM et al. 2013a, b). Mit der Wahl des Baustoffes spielen der Bausektor und damit auch das landwirtschaftliche Bauwesen eine wesentliche Rolle im Klimaschutz, da unter anderem der Energieeinsatz bei der Herstellung der Baustoffe ein maßgebender Faktor für die Höhe dieser Umweltauswirkungen ist.

2 Methodik

Als Modellanlage wurde zusammen mit einem Ingenieurbüro für Tragwerksplanung eine dreischiffige Liegehalle für 170 Tierplätze mit verbandsausgesteiftem Tragwerk und Flächengründung entwickelt (Abb. 1). Das Tragwerkskonzept ist so ausgelegt, dass der Futtertisch den Kern der Halle bildet, an den auf beiden Seiten unabhängig voneinander bzw. nach Bedarf die Dachkonstruktionen für den jeweiligen Liege- und Fressbereich angebaut werden können. Im Gegensatz zu herkömmlichen Hallentragwerken mit Zwei- oder Dreigelenksrahmen ist mit dieser Konstruktion z.B. bei Mischnutzungen (Milchvieh und Jungvieh unter einem Dach) ein bedarfsgerechter, in einzelne Bauabschnitte untergliederter Ausbau sowohl auf einer als auch auf beiden Seiten des Futtertisches möglich. Um einen Kostenvergleich zwischen den beiden Materialien zu erhalten, wurde dieses Tragwerk jeweils für eine Ausführung in Holz und eine in Stahl nach den gleichen statischen Grundprinzipien vordimensioniert und geplant. Zur Einholung von Angeboten wurden diese Unterlagen Holzbau- und Stahlbauunternehmen zur Verfügung gestellt. Die zugehörigen Materiallisten bildeten gleichzeitig die Grundlage für die Ermittlung des Treibhauspotenzials und des Primärenergiebedarfs durch den Lehrstuhl für Holzwissenschaft an der TU München.



Abb. 1: Stallmodell in Holz- (links) bzw. Stahlbauweise (rechts)

Fig. 1: Model stable in wood (left side) and steel framing (right side)

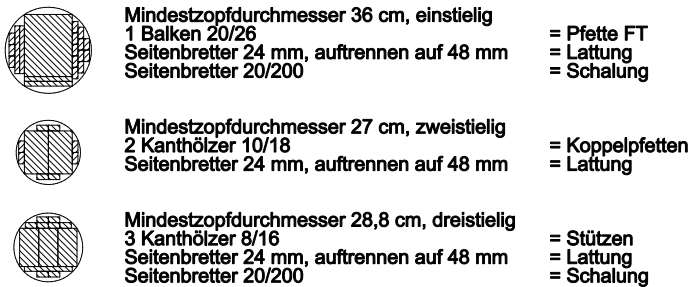


Abb. 2: Ausnutzung von typischen Rundholzquerschnitten bei der Formatierung der Querschnitte für den Modellstall

Fig. 2: Yield of typical round-wood cross sections for the dimensioning of cross sections for the model stable

Darüber hinaus wurde mit dem Ingenieurbüro für Tragwerksplanung die Anzahl der unterschiedlichen Querschnitte für die jeweiligen Tragwerksteile reduziert und auf eine wirtschaftliche Verwertung des Rundholzes in den Sägereien optimiert (Abb. 2).

Die Ökobilanzmethodik gemäß DIN EN ISO 14040 und 14044 (NAGUS 2006a, b) ermöglicht die Erfassung der Umweltauswirkungen eines Gebäudes entlang seines Lebenszyklus. Anhand des Modellstallgebäudes wurden die verfügbaren Daten für das Tragwerk in Holzbauweise und das funktionell gleichwertige Tragwerk in Stahlbauweise hinsichtlich des Primärenergiebedarfs und des Treibhauspotenzials verglichen (HELM 2013). Betrachtet wurden die Herstellung der verschiedenen Bauprodukte inklusive der Vorketten, die damit verbundenen Transportaufwendungen und die stoffliche und energetische Verwertung bzw. Entsorgung der Gebrauchtaustoffe.

3 Ergebnisse

Die Investition für die Gebäudehülle in Stahl (inkl. Konstruktion und Verkleidung der Wände mit Profilblechen sowie Dacheindeckung mit Sandwichpaneelen, ohne Bodenplatte und Stalleinrichtung) liegt bei ca. 315.000 € bzw. ca. 1.850 €/TP. Der Investitionsbedarf für das gleiche Tragwerk in Holz beläuft sich auf ca. 276.000 € bzw. ca. 1.620 €/TP. Für die beiden Materialvarianten werden zum einen ca. 77 t Stahlprofile und zum anderen ca. 106 t Holz (= ca. 217 m³) benötigt. Die Holzmenge verteilt sich auf ca. 118 m³ Kantholz und ca. 99 m³ Schalung/ Latten. Um diese Holzmenge bzw. die erforderlichen Querschnitte aus einem 80–100 jährigen Fichtenbestand mittlerer Bonität zu erhalten, sind je nach Gesamtausbeute ca. 360–445 fm Holz erforderlich. Bei einer 20%igen Durchforstung in einem Bestand mittlerer Bonität entspricht dies einer Waldfläche von ca. 4,5–5,5 ha. Bei einem Holzzuwachs von ca. 60 fm Rundholz (= ca. 36 m³ Schnittholz) pro Minute in Bayern wächst diese Holzmenge etwa alle 6 Minuten nach.

Die verbaute Menge von 106 t Holz speichert rund 47 t Kohlenstoff. Das entspricht einer Entnahme von ca. 174 t CO₂ aus der Luft. Das Treibhauspotenzial wird durch die Holzbauweise gegenüber der Stahlbauweise mit einem Bedarf von 77 t Stahlprofilen um gut 200 t CO₂-Äquivalent und der Primärenergiebedarf um knapp 1,5 Mio. MJ reduziert (Abb. 3).

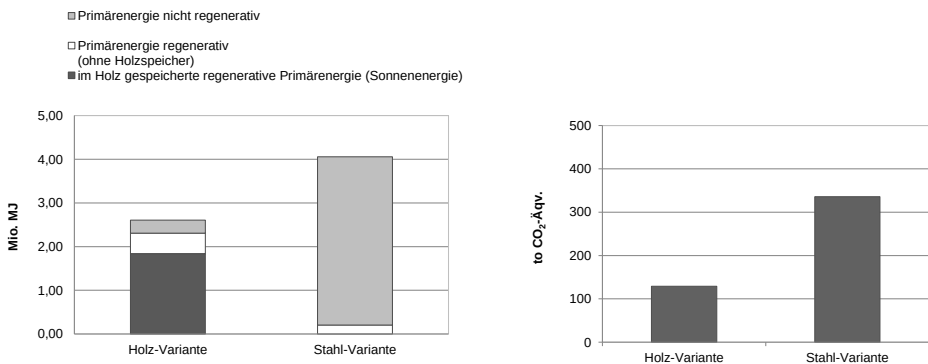


Abb. 3: Primärenergiebedarf [MJ] (links) und Treibhauspotenzial [CO₂-Äquivalente] des Modellstalls (rechts)

Fig. 3: Primary energy consumption [MJ] (left side) and global warming potential [CO₂ equivalents] of the model stable (right side)

Unter den verschiedenen Bauelementen trägt das Tragwerk in Holzbauweise mit rund 75 % am meisten zur Reduzierung der Umweltauswirkungen bei (Abb. 4). Es reduziert den Primärenergiebedarf um mehr als eine Mio. MJ. Durch Berücksichtigung der Substitution von fossilen Energieträgern bei der thermischen Verwertung des Holzes werden bei der Holzvariante rechnerisch gut 33 t CO₂-Emissionen vermieden. Das Tragwerk in Stahlbauweise verursacht dagegen 118 t CO₂-Emissionen.

Die Verwendung von regionalem Holz führt zu zusätzlichen Einsparungen. Für eine durchschnittliche Transportentfernung von 25 km für alle regionalen Holzrohstoffe im Modellbetrieb ergeben sich vergleichsweise geringe Einsparungen von rund einer Tonne CO₂ und rund 17 Tsd. MJ Primärenergie gegenüber durchschnittlichen Holztransportentfernungen in Deutschland mit 95–175 km.

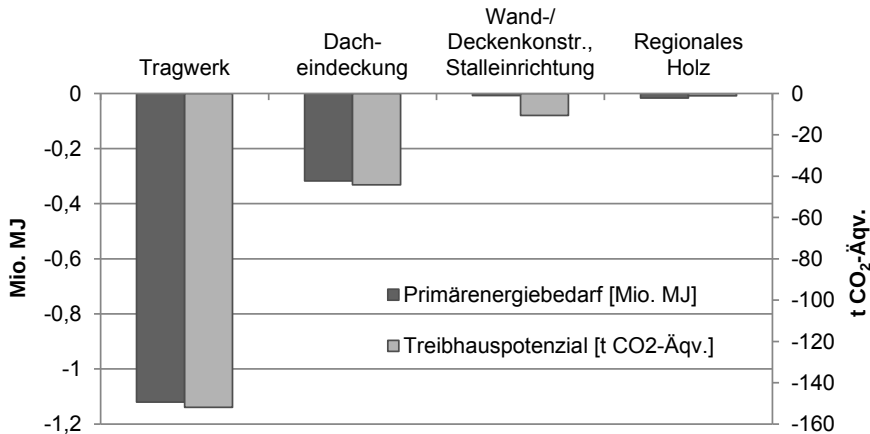


Abb. 4: Einsparung an Primärenergie und Treibhausgasen in Abhängigkeit der Bauelemente und der Herkunft des Holzes

Fig. 4: Reduction of primary energy consumption and greenhouse gas emissions as a result of the construction elements and the origin of the wood

Um die Vorteile des Holzeinsatzes in landwirtschaftlichen Gebäuden bewerten zu können, wurde im Rahmen des Interreg IV Projektes „Bauen in regionalen Kreisläufen“ das Software-Tool „Vereinfachte Abschätzung von Umweltauswirkungen Landwirtschaftlicher Gebäude“ (VAULaG) als mögliches Planwerkzeug für das landwirtschaftliche Bauen entwickelt. Es ermöglicht einen anwenderfreundlichen, aber hinreichend genauen Vergleich des Primärenergiebedarfs und des Treibhauspotenzials durch die Auswahl unterschiedlicher Baustoffe.

4 Schlussfolgerung

Beim Vergleich der Tragwerke in Holz und Stahl ergibt sich ein Kostenvorteil für die Holzkonstruktion von ca. 12 %. Hinzu kommen eine sehr hohe Dauerhaftigkeit, soweit das Holz nach den anerkannten Regeln der Technik für den konstruktiven Holzschutz (DIN 1052) eingebaut wird sowie die Eigenleistungsfreundlichkeit bei der Erstellung des Gebäudes und beim Bauunterhalt. Mit zunehmender Milchleistung bekommt insbesondere der sommerliche Hitzeschutz durch die Gebäudehülle (insb. Dachfläche) eine immer größere Bedeutung. Hier zeigt Holz vorteilhafte bauphysikalische Eigenschaften, um den Energieeintrag durch die Sonneneinstrahlung zu reduzieren. Bei der Verwertung

des Rundholzquerschnittes fällt die sog. Seitenware an. Diese kann als Dachschalung verwendet werden, die bauphysikalisch die gleichen Eigenschaften wie z.B. im landwirtschaftlichen Bauen übliche Sandwichpaneele mit Polyurethanschaumkern (PUR) aufweist. Hinsichtlich der Umweltauswirkungen Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial ist Holz gegenüber Stahl der zu bevorzugende Baustoff. Je höher die eingesetzte Menge an Holz, desto größer sind die Einsparungen an Primärenergie und Treibhausgasen. Die Verwendung von regionalem Holz führt zu zusätzlichen Einsparungen. Durch den jährlichen Neubau landwirtschaftlicher Gebäude besteht für den Baustoff Holz ein großes Potenzial, um zur Sicherung einer zukunftsfähigen Landbewirtschaftung beizutragen. Die Verwendung von Holz sollte daher weiter gefördert und öffentlich befürwortet werden.

Literatur

- DIN 1052 (2008): Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau. Ausgabe: 2008 - 12, DIN - Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
- Helm, S. (2013): Vergleich eines landwirtschaftlichen Gebäudes in Holz- versus Stahlbauweise hinsichtlich Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial - Entwicklung eines Software-Tools zur vereinfachten Abschätzung von Umweltauswirkungen landwirtschaftlicher Gebäude. Masterarbeit, Technischen Universität München
- Helm, S.; Lubenau, C.; Weber-Blaschke, G.; Richter, K. (2013a): Landwirtschaftliches Bauen mit Holz oder Stahl. Verbundprojekt Bauen in regionalen Kreisläufen. Vergleich hinsichtlich Primärenergiebedarf und Treibhausgaspotenzial. Holzzentralblatt 48 S. 1190-1191
- Helm, S.; Lubenau, C.; Weber-Blaschke, G.; Richter, K. (2013b): Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial bei landwirtschaftlichen Nutzgebäuden. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB) (Hrsg.): INTERREG IV Bayern-Österreich. Landwirtschaft - Bauen in regionalen Kreisläufen, Freising, S. 1-21
- Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) (2006a): Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. DIN EN ISO 14040:2006
- Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) (2006b): Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen. DIN EN ISO 14044:2006
- Simon, J. (2013): Landwirtschaftliche Nutzgebäude in Holzbauweise. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB) (Hrsg.): INTERREG IV Bayern-Österreich. Landwirtschaft - Bauen in regionalen Kreisläufen, Freising

Versuchsstall zur Entwicklung und Quantifizierung von Maßnahmen zur Minderung von Emissionen

Experimental housing for developing and quantifying emission abatement measures

SABINE SCHRADER, MICHAEL ZÄHNER, JERNEJ POTEKO, BEAT STEINER, MARGRET KECK, MARKUS SAX, DANIEL HERZOG, MATTHIAS SCHICK

Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz;
sabine.schrader@agroscope.admin.ch

Schlüsselwörter: Versuchsstall, Milchvieh, Emissionen, Minderungsmaßnahmen
Keywords: experimental housing, dairy, emissions, abatement measures

Zusammenfassung

Sowohl aus landwirtschaftlicher als auch aus umweltpolitischer Sicht besteht ein vordringlicher Bedarf, Maßnahmen zur Minderung von Ammoniak (NH_3)- und Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung der Schweiz zu entwickeln. Dazu wurde ein neuer Versuchsstall für Emissionsmessungen im Praxismaßstab konzipiert. Er besteht aus zwei Versuchsbereichen für je 20 Milchkühe sowie einem Mittelteil für Melken und Technik. Die beiden räumlich getrennten Versuchsbereiche ermöglichen vergleichbare Versuchsbedingungen im Praxismaßstab. Die Ausrichtung des Stalls orthogonal zur Hauptwindrichtung ermöglicht weitgehend eine ungehinderte An- und Durchströmung. Dadurch wird bei zeitgleichen Messungen die Verlagerung von Gasen zwischen den beiden Versuchsbereichen vermindert. Mit modulartiger Bauweise und variablen Bodenelementen können baulich-verfahrenstechnische und organisatorische Minderungsvarianten effizient variiert und bewertet werden.

Summary

There is a pressure need to develop ammonia (NH_3) and greenhouse gas mitigation strategies for Swiss dairy husbandry, from both an agricultural and an environmental policy point of view. For this purpose a new experimental housing for emission measurements in practical scale was designed. It consists of two experimental compartments – each for 20 dairy cows – and a centre section for milking and technical installations. The two spatial separated housing compartments enable comparable measurements conditions in practical scale. The orientation of the building orthogonal to the prevailing wind direction provides a free wind flow to and through the experimental compartments for long time proportions. This minimizes the transfer of gases between the two experimental compartments at simultaneous measurements. Based on the modular design and the flexible floor elements structural/process-engineering and organisational abatement measures can be varied and validated efficiently.

1 Hintergrund und Ziel

Die Emissionen von Ammoniak in der Schweiz stammen nach Modellrechnungen zu etwa 94 % aus der Landwirtschaft und davon rund 34 % aus der Stallhaltung von Nutztieren, wobei der Beitrag von Rindvieh mit 79 % dominiert (ACHERMANN et al. 2009). In der Schweiz verursacht die Landwirtschaft rund 80 % der anthropogenen Methanemissionen (CH_4) und 75 % der Lachgasemissionen (N_2O) (BLW 2011). Die gesamtschweizerischen Emissionen von NH_3 müssen gemäß den Umweltzielen Landwirtschaft (BAFU und BLW 2008) um rund 40 % vermindert werden. Außerdem soll entsprechend der „Klimastrategie Landwirtschaft“ die Freisetzung klimarelevanter Gase aus der Schweizer Landwirtschaft bis 2050 um ein Drittel gesenkt werden (BLW 2011, WIEDEMAR und FELDER 2011). Zur Erreichung dieser Ziele sind im Stallbereich baulich-verfahrenstechnische und organisatorische Maßnahmen nötig. Bisher fehlen praxistaugliche Maßnahmen, die in Stallsystemen für Milchvieh in der Schweiz umgesetzt werden können.

Ziel ist die Konzeption eines Versuchsstalls zur Weiterentwicklung, Bewertung und Quantifizierung von Maßnahmen zur Emissionsminderung im Praxismaßstab. Der Versuchsstall für Milchvieh soll dabei die Quantifizierung des NH_3 -Reduktionspotenzials von baulich-verfahrenstechnischen und organisatorischen Minderungsmaßnahmen im Praxismaßstab mit vergleichenden Messungen ermöglichen. Parallel dazu lassen sich Emissionen von klimarelevanten Gasen (CH_4 , N_2O , CO_2), PM10 sowie Geruchsquellen bestimmen.

2 Anforderungen an einen Versuchsstall für vergleichende Emissionsmessungen

Im Folgenden sind wichtige Anforderungen an einen Versuchsstall zur Entwicklung von Maßnahmen zur Emissionsminderung und Quantifizierung von Emissionen angeführt:

- Einzelhoflage ohne weitere Emissionsquellen im Umfeld
- Permanent emittierende Quellen dürfen sich ausschließlich in den Versuchsbereichen befinden
- Arrundierte Fläche für Versuchsvarianten mit Kombination von Stall und Weide
- Ausrichtung der Stalllängsachse quer zur Hauptwindrichtung und ungehinderte Anströmung für möglichst hohe Zeitanteile ohne Verlagerung von Gasen zwischen den Versuchsbereichen
- Für zeitgleiche Messungen müssen die Versuchsbereiche (Referenz und Minderungsvariante) räumlich voneinander getrennt sein, um eine Verlagerung der Gase zwischen den Bereichen zu verhindern
- Bauliche und verfahrenstechnische Voraussetzungen, die Flexibilität für versuchsbedingte Anpassungen bei Abmessungen, Laufflächengestaltung, Entmistungstechnik, Fassadenöffnungen usw. bieten
- Für eine Übertragung der Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis müssen Abmessungen, Management usw. Praxisbedingungen entsprechen

3 Konzept des Versuchsstalls für Emissionsmessungen

Der Emissionsversuchsstall für Milchvieh von Agroscope am Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften ist als Außenklimastall ausgeführt (Abb. 1). Bei den Liegeboxen handelt es sich um Tiefboxen mit Strohmistmatratze. Zwei räumlich getrennte Versuchsbereiche für jeweils 20 Milchkühe ermöglichen zeitgleiche Messungen zur Quantifizierung des Reduktionspotenzials einer Maßnahme im Vergleich zur Referenz. Zwischen den beiden Versuchsbereichen befinden sich der Melkbereich und Warteraum sowie das Büro, der Sanitärbereich und technische Installationen. Mit modulartiger Bauweise durch mobile Bodenelemente über den Güllekanälen können Umbauten für die verschiedenen Versuchsvarianten gezielt und effizient variiert werden: Stallkonzept, Laufflächenausführung, Fressstände, Entmistungstechnik usw. Das nach Versuchsbereichen getrennte Güllesystem und die zusätzlichen Abtrennungen innerhalb der Querkänäle ermöglichen u. a. Gülleanalysen und Erhebungen des Güllevolumens differenziert nach Stallbereichen sowie einzelnen Laufgängen.

Bei vergleichenden Untersuchungen im Emissionsversuchsstall ist der Aufwand für Personal, Arbeitszeit und Material weitaus geringer als bei Emissionsmessungen auf Praxisbetrieben. Weiter kann auf Praxisbetrieben weder die Vielfalt der Varianten realisiert noch diese mit der erforderlichen Systematik untersucht werden. Versuchsbedingt notwendige Eingriffe in das Betriebsmanagement sowie die schrittweise Entwicklung von Maßnahmen sind im Versuchsstall möglich. Dies wäre Praxisbetrieben mit Blick auf Risiken und Unvorhergesehenes nur sehr begrenzt zumutbar.

Der Versuchsstall ermöglicht wissenschaftlich fundierte Emissionsforschung im Praxismaßstab und dient gleichzeitig als Anschauungsobjekt für praxistaugliche, innovative Lösungen.

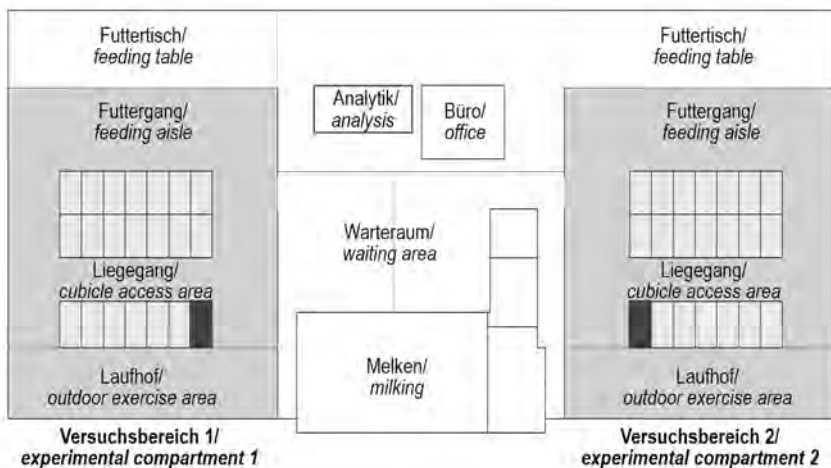


Abb. 1: Schematischer Grundriss des Emissionsversuchsstalls mit den beiden Versuchsbereichen (Referenz und Minderungsvariante)

Fig. 1: Schematic top view of the experimental housing for emission measurements with two experimental compartments (reference and reduction variant)

3.1 Messmethoden

Zur vergleichenden Quantifizierung des Reduktionspotenzials der Minderungsmaßnahmen sind zeitgleiche Messungen in den beiden Versuchsbereichen (Referenz, Minderungsvariante) vorgesehen. Dabei kommt eine Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen (SF_6 , SF_5CF_3) zum Einsatz. Die Methode wurde zur Bestimmung von Emissionen in der Milchviehhaltung mit freier Lüftung und Laufhöfen von Agroscope und Empa gemeinsam entwickelt; sie wurde für NH_3 -Emissionsmessungen in sechs Laufställen mit Liegeboxen und Laufhof erfolgreich eingesetzt (SCHRADE et al. 2012). Damit können die Emissionen von zwei Stallbereichen separat bestimmt bzw. zwei Emissionsquellen mit unterschiedlicher Quellstärke abgebildet werden.

Um relevante Einflussgrößen auf die Bildung und Freisetzung von NH_3 und klimarelevanten Gasen abzudecken und die Emissionssituation möglichst vollständig zu beschreiben, wird eine Vielfalt an Begleitparametern erfasst:

- Klima im Stall und im Außenbereich: Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Gülletemperatur, rel. Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Globalstrahlung usw.
- Tierparameter: Lebendmasse, Leistung, Milchharnstoffgehalt, Milchinhaltsstoffe, Tieraufenthalt und -aktivität usw.
- Daten zu Fütterung-, Einstreu und Exkrementen: Massen, Inhaltsstoffe, N-Gehalte, Gülleparameter usw.
- Laufflächenverschmutzung: Art, Höhe, N-Gehalte, Entmistungsqualität usw.
- Managementaktivitäten: Entmistungs-, Einstreu-, Melk- und Fütterungszeiten usw.

3.2 Standort und Ausrichtung

Der Standort des neuen Versuchsstalls eignet sich für Emissionsmessungen, da sich keine weiteren Emissionsquellen in der näheren Umgebung befinden. Arrundierte Flächen ermöglichen ergänzende Untersuchungen mit Weidehaltung.

Für zeitgleiche Messungen in zwei Versuchsbereichen mit der Tracer-Ratio-Methode ist es wichtig, dass der Emissionsversuchsstall quer durchströmt wird (Querlüftung) und somit möglichst keine Verlagerung von Gasen zwischen den beiden Versuchsbereichen erfolgt. Um die Windsituation am Standort mit Blick auf eine ideale Ausrichtung des Emissionsversuchsstalls besser zu kennen, wurden vorgängig während eines Jahres Meteodaten mit einem 2-D-Ultraschallanemometer (Höhe: ca. 5 m) erhoben. Neben der Hauptwindrichtung Süd-West mit einem Anteil von 47 % zeigte sich häufig die Bise (Nord-Ost) mit einem Anteil von rund 30 % (Abb. 2).

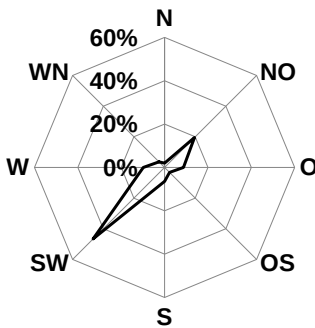


Abb. 2: Verteilung der Windrichtung (links); Ausrichtung des Versuchsstalls orthogonal zu den Hauptwindrichtungen (rechts)

Fig. 2: Distribution of the wind direction (left); orientation of the experimental housing orthogonal to the prevailing wind directions (right)

Um die Strömung und eine allfällige Verlagerung von Gasen zwischen den beiden Versuchsbereichen bei unterschiedlichen Windsituationen zu simulieren, wurden im Juli 2012 weitere Voruntersuchungen mit Tracergasen durchgeführt. In der Nähe des geplanten Standorts des Versuchsstalls wurde ein den Dimensionen des Stalles entsprechendes Gerüst mit Folien aufgestellt (Abb. 3). In den beiden äußeren „Versuchsbereichen“ wurden unterschiedliche Tracergase (SF_6 , SF_5CF_3) zudosiert und über einen Zeitraum von 30 min an zwölf netzartig angeordneten Messpunkten Luftproben gesammelt und zeitnah analysiert. Zeitgleich dokumentierten zwei Meteostationen Windrichtung, Windgeschwindigkeit und weitere Wetterdaten. Zusätzlich wurden mit Rauch die Luftströmungen sichtbar gemacht. Bei einer Queranströmung der Versuchsbereiche in den Hauptwindrichtungen war keine Verlagerung von Gasen zwischen den beiden äußeren Versuchsbereichen festzustellen. Etwaige Verfrachtungen der Gase, die bei sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten ($< 0.5 \text{ m s}^{-1}$) auftraten, sind beim Emissionsversuchsstall mit Dach in geringerem Maße zu erwarten.



Abb. 3: Gerüst mit Folien zur Untersuchung der Verlagerung von Gasen zwischen den „Versuchsbereichen“ des geplanten Stalls zu unterschiedlichen Windbedingungen

Fig. 3: Scaffolding covered with foil to investigate interference of gases between the “experimental compartments” in the future housing under different wind conditions

4 Ausblick

Im Sommer 2015 ist der Versuchsstall fertiggestellt und bezugsbereit. Als erste NH_3 -Minderungsvariante werden planbefestigte Laufflächen mit 3 % Quergefälle, mittiger Harnsammelrinne und Entmistungsschieber mit Rinnenräumer untersucht. Zusätzlich wird die Entmistungsfrequenz variiert. Weiter sind Untersuchungen zum NH_3 -Minderungspotenzial von erhöhten Fressplätzen mit Abtrennungen (Fressstände) und von optimierten perforierten Laufflächen sowie zum CH_4 -Reduktionspotenzial über die Zugabe von extrudierten Leinsamen in der Futterration, zur Validierung von N-Bilanzierungsmodellen, zu Fragestellungen im Bereich Stallklima bei freier Lüftung, zu verfahrenstechnischen Aspekten usw. geplant.

Literatur

- Achermann, B.; Bonjour, C.; Kupper, T.; Leuenberger, C.; Menzi, H.; Nyfeler-Brunner, A.; Rihm, B.; Zaucker, F. (2009): Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990–2007. In: Fachtagung Ammoniak- und Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft: Inventare und Programme zu deren Minderung, 10. Sept. 2009, Zollikofen, Bern
- BLW – Bundesamt für Landwirtschaft (2011): Klimastrategie Landwirtschaft – Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft
- BAFU – Bundesamt für Umwelt; BLW – Bundesamt für Landwirtschaft (2008): Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820, Bern
- 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, 183–194
- Wiedemar, M.; Felder, D. (2011): Klimastrategie Landwirtschaft. *Agrarforschung Schweiz* 2 (6), S. 280–283

Danksagungen

Das Projekt wird finanziell vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) der Schweiz und vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) unterstützt.

Chemische Stickstoff-Elimination zur Prozesswasserbehandlung in Abluftreinigungsanlagen

Chemical nitrogen elimination for process water treatment of exhaust air cleaning systems

ANDREAS ROTH¹, SVEN KÜNNEN¹, RALF KOSCH¹, JOCHEN HAHNE²

¹ Big Dutchmann International GmbH, Auf der Lage 2, 49377 Vechta; aroth@bigdutchmann.de

² Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesanstalt für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Abluftreinigungsanlage, Abluftwäscher, Abwasser, Stickstoff, Elimination, Schwefelsäure

Keywords: air scrubber, exhaust air cleaning, waste water, nitrogen, elimination, sulphuric acid

Zusammenfassung

Die neue chemische Reaktion der Stickstoff-Elimination (NELI) entlastet zum einen die Umwelt und reduziert zusätzlich die laufenden Kosten von Abluftreinigungsanlagen erheblich.

Die Stickstofffracht im Prozesswasser einer Abluftreinigungsanlage wird durch das neue NELI Verfahren nahezu halbiert. Dazu reagiert gelöstes Ammonium und Nitrit in einem separaten Reaktor zu gasförmigem elementarem Stickstoff und Wasser, welche beide bedenkenlos in die Umwelt abgegeben werden können. Das so aufbereitete Prozesswasser wird der Abluftreinigungsanlage wieder zugeführt und steht erneut für die Absorption von Ammoniak aus der Stallabluft zur Verfügung. Bei einer nachgeschalteten chemischen Stufe schlägt das neue Verfahren mit einem bis zu 50 % reduzierten Schwefelsäureverbrauch zu Buche.

Summary

The new chemical reaction for nitrogen elimination (NELI) relieves the strain on the environment and furthermore reduces the operating costs of exhaust air cleaning systems significantly.

The new NELI method can reduce the nitrogen load in the process water of an exhaust air cleaning system nearly by half. Dissolved ammonia and nitrite react in a separate tank to form gaseous, elemental nitrogen and water. Both can be released to the environment without any concern. The process water treated with this method is fed back into the exhaust air cleaning system and can then be used to remove more ammonia from the house's exhaust air. The new method makes a great difference when a subsequent chemical stage is installed, because it requires up to 50 % less sulphuric acid.

1 Einführung

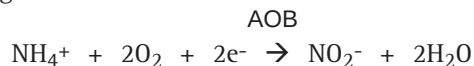
Die relativ hohen Kosten der Abluftreinigung (PFLANZ 2011, WULF et al. 2011) sollen durch den Einsatz neuer und innovativer Technik reduziert werden. Dafür kann die chemische Stickstoff-Elimination (NELI) einen wichtigen Beitrag leisten. Das Verfahren steigert die Effektivität von Abluftreinigungsanlagen, indem es Stickstoff eliminiert. Damit entfällt dieser Stickstoff aus der Stickstoffbilanz der jeweiligen Hofstelle, was gerade in viehdichten Regionen eine deutliche Entlastung darstellen kann.

Grundlage des NELI-Verfahrens ist ein möglichst hoher Anteil an Nitrit im Waschwasser einer physikalischen Abluftreinigungsanlage. Das Nitrit wird dabei über eine biologische Reaktion aus Ammonium gebildet.

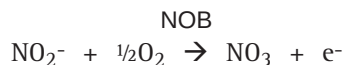
2 Biologische Reaktion in der Abluftreinigungsanlage

Das durch Absorption von Ammoniak aus der Abluft im Prozesswasser vorliegende Ammonium bildet die Grundlage für die biologischen Umwandlungsprozesse.

Autotrophe Mikroorganismen sind in der Lage Ammonium in Nitrat umzuwandeln. Diese Stickstoffoxidation (Nitrifikation) setzt sich aus zwei Teilschritten zusammen. Zum einen die Nitrifikation, in der Ammonium-Oxidierer (AOB) Ammonium unter Sauerstoffverbrauch zu Nitrit umwandeln. Das Enzym Ammonium-Mono-Oxygenase katalysiert diese Reaktion wie folgt:



Zum anderen die Nitrifikation in der Nitrit durch Nitrit-Oxidierer (NOB) weiter zu Nitrat umgesetzt wird. Dieser nachfolgende Schritt wird durch die Nitritoxidase katalysiert.



Die beiden Schritte werden in der Regel nacheinander durchlaufen, sodass am Ende der Nitrifikation der Stickstoff hauptsächlich in Form des Nitrats vorliegt (JUHLE et al. 2009).

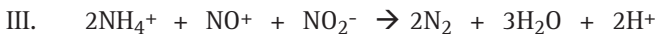
Die Nitrit-Oxidierer sind im Vergleich zu den Ammonium-Oxidierer empfindlich gegen freies Ammoniak und weniger empfindlich gegen Nitrit (EGLI et al. 2003).

Die besonderen Bedingungen in physikalischen Reinigungsstufen von Abluftwäschern, begünstigen die Akkumulation von Nitrit (JUHLE et al. 2009). Dieser Effekt ermöglicht die Nutzung des NELI-Verfahrens, welche Nitrit und Ammonium als Reaktionspartner benötigt.

3 Reaktion der chemischen Stickstoff-Elimination

Während des NELI-Verfahrens wird Ammonium und Nitrit zu elementarem Stickstoff und Wasser umgesetzt. Elementarer Stickstoff ist zu ca. 78 % in der Atemluft vorhanden. Er hat keine negative Auswirkung auf die Umwelt und kann unbedenklich in die Luft abgegeben werden.

Schwefelsäure übernimmt bei der Reaktion die Aufgabe eines Katalysators, indem sie Protonen bereitstellt. Mit Hilfe der Schwefelsäure wird Nitrit zu salpetriger Säure hydrolysiert (I), welche dann in Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid dissoziiert (II). Zusammen mit Ammonium reagieren diese zu elementarem Stickstoff und Wasser (III).



Die im ersten Schritt benötigten zwei Protonen werden im letzten Schritt wieder freigesetzt und stehen so für eine weitere Reaktion zur Verfügung. Die Bildung unerwünschter Stickoxide soll dabei durch einen weitgehenden Ausschluss von Sauerstoff unterbunden werden.

4 Einbindung des NELI- Verfahrens in eine Abluftreinigungsanlage

Das Waschwasser einer unregelmäßig physikalischen Filterstufe einer Abluftreinigungsanlage besteht zu einem großen Teil aus Ammonium, welches durch Absorption aus der Luft in das Waschwasser übergegangen ist. Durch mikrobielle Nitritation wird ein Teil des Ammoniums in Nitrit umgewandelt.

In Abbildung 1 ist das Anlagenschema des NELI-Verfahrens dargestellt. Dabei wird das Waschwasser in einen separaten Reaktor geleitet und dort, durch die Zugabe von Schwefelsäure, die NELI gestartet. Bis zu 50 % des vorhandenen Stickstoffes werden eliminiert. Der entstehende elementare Stickstoff kann bedenkenlos in die Umwelt abgegeben werden.

Nachdem die Reaktion weitgehend abgeschlossen ist, erfolgt die Rückführung des behandelten Waschwassers in die Abluftreinigungsanlage. Aufgrund dieses Kreislaufes verringert sich auch die Stickstoffkonzentration im Luftwäscher und verbessert dadurch die Reinigungsleistung der gesamten Anlage erheblich.

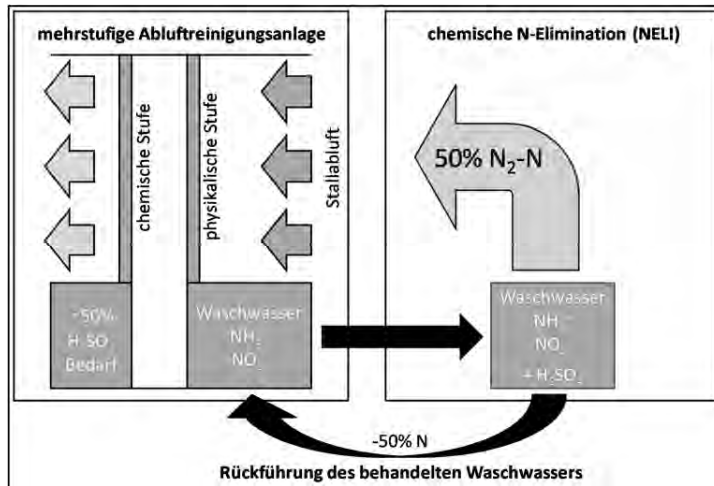


Abb. 1: Schema der Anbindung des NELI Verfahrens an eine Abluftreinigungsanlage
 Fig. 1: Pattern of connection between the NELI method and an air cleaning system

5 Ergebnisse

Während des dreijährigen Projektes konnte das NELI-Verfahren vom Labormaßstab in eine Pilotanlage überführt und schließlich in einer ersten Testanlage weiter untersucht und optimiert werden. Der anfängliche Fokus lag hauptsächlich auf einer möglichst hohen Elimination. Wie in Abbildung 2 exemplarisch zu sehen, konnte ein Stickstoffab-

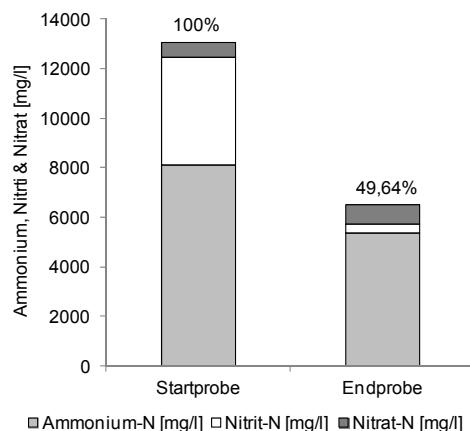


Abb. 2: Löslicher anorganischer Stickstoff im Waschwasser vor (Startprobe) und nach (Endprobe) der Anwendung des NELI-Verfahrens

Fig. 2: Amount of soluble inorganic nitrogen in the process water before (Startprobe) and after (Endprobe) treatment with the NELI method

bau bis zu 50 % erreicht werden. Limitierender Faktor ist dabei hauptsächlich die Menge an Nitrit im Prozesswasser.

Da hier das NELI-Verfahren an einer Abluftreinigungsanlage mit physikalischer und anschließender chemischer Filterstufe installiert wurde, kann der Verbrauch an Schwefelsäure in der zweiten Stufe als Indikator für die Leistungssteigerung der ersten Stufe durch die NELI herangezogen werden. Der Verbrauch an 96%iger Schwefelsäure in der zweiten Stufe ist über nahezu zwei Jahre in Abbildung 3 dargestellt. Die einzelnen Messwerte ergeben einen täglichen Verbrauch von 12,14 kg H₂SO₄ (96 %). Über diesem Zeitraum wurde die Abluftreinigungsanlage mit dem NELI Verfahren betrieben, wobei die Auslastung aufgrund entwicklungsbedingter Unterbrechungen bei nur ca. 60 % lag. Der theoretische Säureverbrauch liegt für diesen Stall bei 23,51 kg d⁻¹ H₂SO₄. Daraus folgt eine Reduktion von 48,4 % des Schwefelsäureverbrauches. Bei einer durchgehenden NELI-Behandlung ist mit einer wesentlich größeren Reduktion von über 50 % zu rechnen.

Der Verlauf der anorganischen Stickstoffe im Prozesswasser der ersten Filterstufe war mit NELI-Behandlung tendenziell flacher als ohne, was nochmals die Funktion der Anlage bestätigt.

Eine Etablierung dieses Verfahrens für Abluftreinigungsanlagen, auch über die hier gezeigte Kombination hinaus, birgt das Potential, die Abluftreinigung insgesamt noch attraktiver zu machen.

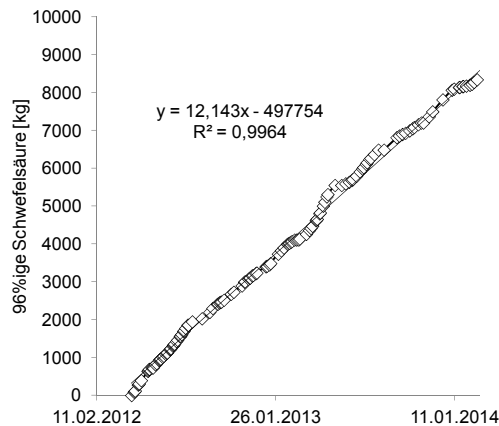


Abb. 3: Verbrauch von Schwefelsäure in der chemischen Filterstufe bei NELI-Behandlung der ersten physikalischen Filterstufe

Fig. 3: Sulphuric acid consumption of the second chemical filter while NELI treatment takes place in the first physical filter

Literatur

- Egli, K.; Langer, C.; Siegrist, H.-R.; Zehnder, A.J.B.; Wagner, M.; Meer, van der, J.R. (2003): Applied and Environmental Microbiology: Community Analysis of Ammonia and Nitrite Oxidizers during Start-Up of Nitrification Reactors, Vol. 69, No. 6, 3213-3222
- Juhler, S.; Revesbech, N.P.; Schramm, A.; Herrmann, M.; Ottosen, L.D.M.; Nielsen, L.P., Applied and Environmental Microbiology (2009): Distribution and Rate of Microbial Processes in an Ammonia-Loaded Air Filter Biofilm, Vol. 75, No. 11, p. 3705-3713
- Pflanz, W. (2011): Emissionsminderungsmaßnahmen in den Schweinehaltung.
In: Emissionen der Tierhaltung, KTBL, Darmstadt, S. 270-278
- Wulf, S.; Rössler, R.; Vandr , R.; Eurich-Menden, B.; D hler, H. (2011): Kosten der Minderung von Ammoniakemissionen. In: Emissionen der Tierhaltung, KTBL, Darmstadt, S. 279-290

Perspektiven der Masthähnchenhaltung beim Einsatz einer DLG-zertifizierten Abluftreinigungsanlage

Perspectives of broilers posture while using a DLG-certified air purification system

MARTIN ZWOLL

Schulz Systemtechnik GmbH, D 49429 Visbek; martin.zwoll@schulz.st

Schlüsselwörter: Masthähnchen, Emissionen, Immissionsschutz, Verhältnismäßigkeit

Keywords: broilers, emissions, pollution control and climate protection, proportionality

Zusammenfassung

Es ist festzustellen, dass die Anforderung an der Reinigung des gesamten Abluftstromes bei Masthähnchen umwelttechnisch oft nicht sinnvoll und damit auch betriebswirtschaftlich schwierig ist. Daher ist hier die Verhältnismäßigkeit zu prüfen und die Abluftreinigung immer jeweils den standortspezifischen Anforderungen anzupassen. Dieses erhöht in jedem Fall die Wirtschaftlichkeit einer Abluftreinigung und schützt die Umgebung hinreichend vor relevanten Einträgen von Staub, Ammoniak und Geruch.

Es ist dagegen wenig zielführend, die gesamte Abluft auf eine Abluftreinigung zu führen, da diese – gerade in der Masthähnchenhaltung – in mehr als 50 % der Jahresstunden nicht genutzt wird. Dieses erhöht bereits bei Errichtung der Abluftreinigung erheblich den Investitionsbedarf.

Dieser Ansatz sollte auch bei den Genehmigungsverfahren Berücksichtigung finden.

Summary

It should be noted that the requirement for cleaning the total exhaust air in broiler houses is not economically feasible. Therefore, proportionality must be checked, and the exhaust air treatment must be adapted to site-specific factors.

This increases in any case the economy of the exhaust air treatment and still protects the environment against dust, ammonia and odor.

However, it is hardly helpful to implement one air cleaner because such an air cleaner is used in only 50 % of annual hours.

This increases already the investments while establishing the exhaust air treatment. This should also be considered.

1 Hintergrund

Da der Umweltschutz und moderne, intensive Landwirtschaft in einem oft schwierigen und konfliktträchtigen Verhältnis zueinander stehen, gewinnt die Minderung der Emissionen, durch den Einsatz von Abluftreinigungsanlagen, immer mehr an Bedeutung.

In der Schweinehaltung hat sich der Einsatz unterschiedlicher Verfahren in den letzten Jahre in der Praxis etabliert, sodass diese als „Stand der Technik“ bezeichnet werden. In den Filtererlassen der jeweiligen Bundesländer wird dies ausführlich beschrieben. Für die Geflügelhaltung hingegen wird der „Stand der Technik“ durch den Einsatz von Abluftreinigungsanlagen noch nicht erreicht. Bei der Definition „Stand der Technik“ sind die sogenannten 10 Feldhauskriterien zu berücksichtigen. Insbesondere die Anlagenverfügbarkeit, die Verbräuche aller notwendigen Ressourcen (Frischwasser, Strom- und Säureverbrauch, Verwertung der Reststoffe) sowie die nötigen Investitionskosten müssen aus wirtschaftlicher Sicht (Kosten-Nutzen-Analyse) weiter bewertet werden.

Aktuell wird in den Genehmigungen oft die vollständige Abluftreinigung des Volumenstromes verlangt. Einige Genehmigungsbehörden fordern nur eine Abluftreinigung für den Volumenstrom entsprechend der DIN 18910-1 (2004). Hier darf der dann darüber hinausgehende Volumenstrom nach der Geflügelvereinbarung frei emittiert werden.

2 Aufbau der Abluftreinigung

Die neu entwickelte mehrstufige Abluftreinigungsanlage weist eine Reihe von Neuerungen gegenüber Anlagen in der Schweinehaltung auf. Dieses resultiert aus dem deutlich größeren zu reinigenden Abluftvolumenstrom in Bezug auf das Tiergewicht, aber auch auf Faktoren wie dem signifikant höheren Staubanteil in der Stallabluft, die aus einem Masthähnchenstall emittieren. Weiterhin sind gerade Masthähnchen nur im letzten Drittel der Mast erheblich emissionsrelevant. In den ersten zwei Wochen sind dagegen annähernd keine relevanten Emissionen zu erwarten.

Dem Problem der großen Spreizung zwischen Mindestlufrate beim Einstallen und der max. Sommerlufrate beim Mastendgewicht in der warmen Jahreszeit wird durch die Aufteilung der Abluftreinigung in drei Reinigungsbereiche (RB) entgegengewirkt.

Dimensioniert wird die Abluftreinigung aktuell auf Grundlage der DIN Lufrate. Aufgeteilt werden die Reinigungsbereiche I bis III in das Grundmodul (I) mit 40 % Abluftbelastung sowie die Erweiterungsmodule II und III mit jeweils 30 % Abluftbelastung. Die weitere Lufrate wird über den Notventilator erreicht.

Die Lüftungssteuerung ist so geregelt, dass bei einer Ablufrate von > 40 % das Erweiterungsmodul II, ab einer Ablufrate von > 70 % das Erweiterungsmodul III automatisch zugeschaltet und bei Unterschreitung der Ablufrate auch wieder ausgeschaltet wird.

Die unabhängige Überprüfung der Abluftreinigungsanlage durch die DLG hat gezeigt, dass über das Jahr betrachtet mehrere Durchgänge ausschließlich mit dem Betrieb des RB I gefahren werden konnten und der Reinigungsbereich III weniger als 5 Tage/Jahr in Betrieb gegangen sind. Dieses entspricht weniger als 2 % der Jahresbetriebszeit.

An mehreren Anlagen sind für den zusätzlich notwendigen Abluftstrom aus der Geflügelvereinbarung weitere Ventilatoren angbracht, welche frei über Dach emittieren.

Diese wurden innerhalb von zwei Jahren nie benutzt. In Summe ist daher festzustellen, dass die Konfiguration der Ventilation nach der Geflügelvereinbarung hier zu groß ist. Dies wird durch den Betrieb anderer Abluftreinigungsanlagen bestätigt.

Aufgebaut ist die Abluftreinigung in jedem Reinigungsbereich gleich. Als erste Stufe erfolgt der Einsatz eines Rohrbündelgleichrichters, welcher zur Abscheidung von Staub und Ammoniak zum Einsatz kommt. Dieser wird mit Wasser besprüht, welches mit Schwefelsäure auf einen pH-Wert von ca. 3,5 eingestellt wird.

Als nächster Schritt wird ein Tropfenabscheider installiert, welcher die Aerosole aus dem Luftstrom abfängt und somit eine Verfrachtung von Säure und stickstoffhaltigem Wasser mindert.

In der dritten Stufe wird dann ein Füllkörper aus einer strukturierten Packung eingesetzt, welcher mit Wasser (pH 6,8) berieselt wird. Diese Filterstufe mindert die Geruchsstofffrachten aus der Tierhaltung. Da der eingesetzte Füllkörper eine feine Struktur aufweist, ist eine Entfernung von Staub vor dem Eintritt der Abluft in diesen zwingend. Da dieser nur noch mit konditionierter Abluft beaufschlagt wird, ist hier nur ein geringer Druckwiderstand zu erwarten.

Die Pumpen für alle Reinigungsbereiche sind in den einzelnen Stufen parallel geschaltet und mittels Druckmessung und Frequenzumrichter gesteuert, sodass diese in der überwiegenden Zeit des Jahres mit sehr geringer Energieaufnahme betrieben werden können.

Zu Beginn des Mastdurchganges ist nur die Geruchsstufe in Betrieb, da hier schon eine ausreichende Minderung der noch sehr geringen Emissionen stattfindet. Erst im Verlauf des Mastdurchganges, wenn sich erhebliche Frachten an Staub und Ammoniak in der Abluft befinden, wird die Reinigungsstufe mit dem Rohrbündel hinzugeschaltet.

Parallel dazu wird auch die Lüftung des Stalles verändert. Alle Ventilatoren in den einzelnen Reinigungsbereichen sind frequenzgesteuert. Schaltet sich ein weiterer Reinigungsbereich hinzu, werden alle betriebenen Ventilatoren so eingeregelt, dass die Beaufschlagung der gesamten Filterfläche homogen ist. Dieses führt zu einem deutlich unterhalb dem in der Literatur zu findenden Wert für den Energieeinsatz für die Lüftung in der Masthähnchenhaltung. Trotz der Abluftreinigung ist hier ein Wert anzusetzen, der deutlich unterhalb der Energieaufnahme liegt, die notwendig ist, die Abluft über Kamine mit min. 10 m über Grund zu emittieren.

Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau der Abluftreinigung als Schnitt durch einen Reinigungsbereich.

Mit dieser Konfiguration können Minderungsgrade bei Ammoniak von > 90 %, bei Staub > 70 %, Feinstaub 90 % und Geruch als technischer Wirkungsgrad mit 50 % erzielt werden. Eine Veränderung der Hedonik und Intensität konnte ebenfalls ermittelt werden, allerdings erfolgt hier im Gegensatz zur Schweinehaltung nicht die Bewertung „kein Rohgasgeruch im Reingas wahrnehmbar“.

Dieses wäre technisch möglich, erfordert aber wiederum einen höheren Investitionsbedarf und höhere Betriebskosten.

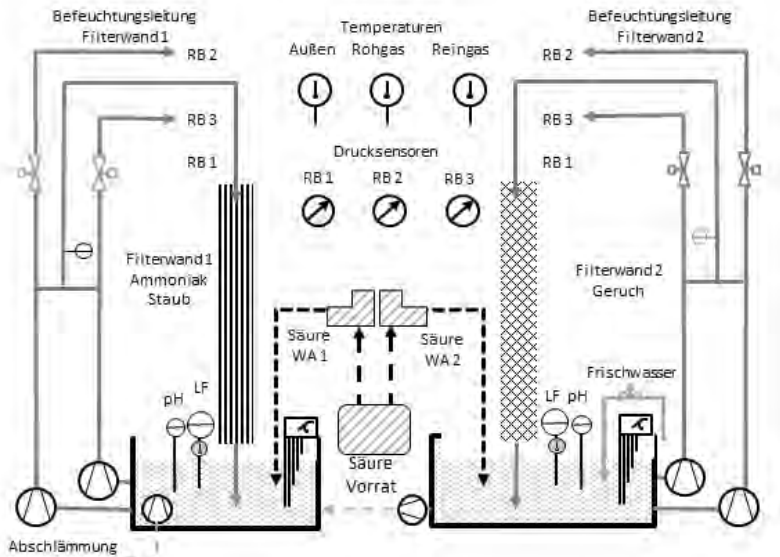


Abb. 1: Schema der Abluftreinigung am Masthähnchenstall

Fig. 1: Schema of the air cleaning system for broilers

3 Kosten

Die durch den Betrieb einer Abluftreinigungsanlage entstehenden Betriebskosten setzen sich aus den vier Kostenblöcken Energiekosten, Wasser/Abwasserkosten, Wartungs- und Zusatzkosten (Reparaturpauschale, Chemikalien etc.) zusammen. In den Betriebskosten stellen die Stromkosten den größten Kostenblock dar. Hinzu kommen Kosten für die Abschreibung der installierten Technik.

Da die Abschreibung einen > 60%igen Anteil an den Gesamtkosten des Betriebes der Abluftreinigungsanlage hat, muss dringend darüber nachgedacht werden, den zu reinigenden Abluftvolumenstrom zu reduzieren, um die Investitionskosten abzusenken.

In Anbetracht der Tatsache, dass in einem Masthähnchenstall mit 42.000 Tierplätzen ein Abluftvolumenstrom von rund 120.000 m³/h (50 %, der nach der DIN 18910 zu installierenden Abluftmenge) über mehr als 80 % der Haltungsphasen nicht überschritten wird, ist die Bemessung der Abluftreinigungsanlage auf einen Abluftvolumenstrom von 245.000 m³/h in der Masthähnchenhaltung als unwirtschaftlich und unverhältnismäßig einzustufen.

Die Gesamtkosten werden durch eine Reduzierung des zu reinigenden Abluftvolumenstroms (Teilvolumenstrombehandlung) in erheblichem Maße reduziert. Wird die Bemessung der Abluftreinigungsanlage so angesetzt, dass nur der Reinigungsbereich I mit einer Belastung von 50 % der gemäß DIN 18910 zu installierenden Abluftmenge beaufschlagt wird, können die Investitions- und Betriebskosten annähernd halbiert werden.

Es ist anzunehmen, dass die Betriebskosten langfristig durch technische Weiterentwicklung noch sinken werden.

4 Neuer Dimensionierungsansatz

Da im Genehmigungsverfahren für Masthähnchenanlagen quasi immer die Umweltverträglichkeit geprüft und eine Ausbreitungsrechnung für Geruch, Ammoniak und Staub durchgeführt wird, können daraus notwendige Minderungsgrade errechnet werden. Diese sind dann standortspezifisch und können so zu einer sinnvollen Dimensionierung genutzt werden, weil sie den wirklich notwendigen Investitionsbedarf darstellen.

Der einfachste Ansatz: Ist beispielsweise eine 50 % Minderung bei Ammoniak notwendig, müssen bei einer erzielbaren Reinigungsleistung von 90 % nur 55 % des Abluftstromes erfolgen, um den geforderten Minderungsgrad über das Jahr zu erhalten.

Etwas aufwendiger ist die Ermittlung der tatsächlich notwendigen Baugröße über die Betrachtung der Emissionen über Zeitreihen. Hierin wird das Emissionsverhalten der Tiere aber sinnvoller abgebildet. Weiterhin können hieraus „Einschaltzeitpunkte“ für die Abluftreinigung ermittelt werden. Dieser Ansatz ist dann auch hinsichtlich der Betriebskosten als sinnvoll zu betrachten.

Aus dem oben genannten Ergebnis, dass die Notventilatoren an den zwei Standorten nie in Betrieb waren und der Reinigungsbereich III weniger als 5 Tage/Jahr eingeschaltet war, lässt sich schließen, dass in nur 1,3 % der Jahresstunden ein Austritt von „ungeeigneter“ Abluft erfolgte.

5 Weiteres Einsparpotenzial

In der Masthähnchenhaltung ist es notwendig, in den ersten Masttagen sehr hohe Temperaturen im Stallgebäude zu fahren. Diese können bis zu 36 °C betragen. Hierbei ist es besonders bei den kleinen Tieren notwendig, einen gewissen Luftwechsel zu erzeugen, um die Tiere mit Sauerstoff zu versorgen, Kohlendioxid abzuführen und die relative Luftfeuchte im Stall zu regulieren. Die warme Abluft wird in den meisten Fällen ungeeignet ins Freie abgeleitet.

Der eingesetzte Rohrbündelgleichrichter zur Reduzierung der Ammoniak- und Staubemissionen (Filterwand 1) kann gleichzeitig auch als Wärmetauscher genutzt werden. Die Verbindung von beiden Systemen ermöglicht somit eine effektive Wärmerückgewinnung und -nutzung und senkt daher nicht nur die Investitions-, sondern auch die entstehenden Betriebskosten.

6 Ausblick

Aufgrund der heutigen Emissionssituation und der erhöhten Umweltauflagen wird der Einsatz und Betrieb von Abluftreinigungsanlagen deutlich ansteigen. Der Funktionsnachweis zur Reduzierung der Emissionen bezüglich Ammoniak und Staub werden in der Masthähnchenhaltung sicher erfüllt (DLG 2014). Bei der Geruchsstoffreduzierung ist es zurzeit jedoch wirtschaftlich nicht möglich die Wirkungsgrade, wie aus der Schweinehaltung bekannt (Geruchsstoffkonzentration $< 300 \text{ GE/m}^3$ und k.R.w), einzuhalten.

Eine Reduzierung der Betriebs-, Investitions- und Gesamtkosten kann nur über eine dem Abluftvolumenstrom angepasste Planung der Abluftreinigungsanlage erfolgen. Der Einsatz von Frequenzreglern an den Ventilatorgruppen und die gleichzeitige Nutzung der Abluftreinigung als Wärmetauscher sind zu empfehlen.

Unter Betrachtung der Verhältnismäßigkeit im Sinne des BImSchG, dem zusätzlichen Energieaufwand sowie dem Bedarf an weiteren Ressourcen kann eine Anforderung nach vollständiger Behandlung der Abluft nicht der „Stand der Technik“ von Abluftreinigungsanlagen in der Masthähnchenhaltung sein. Mit einer standortangepassten Auslegung und dem daraus resultierenden Betrieb ist dieses hingegen möglich.

Literatur

- DLG (2014): DLG Prüfbericht 6212. 2-stufige Abluftreinigungsanlage EMMI für die Hähnchenschwermast, 08/2014
- DIN 18910-1 (2004): Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung, – Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe. November 2004

Anschriften der Autoren

Addresses of authors

Miriam Abriel
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Stefanie Adeili
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Felix Adrion
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Anna-Lena Ahring
Landwirtschaftskammer Nordrhein-
Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum Haus Düsse
59505 Bad Sassendorf

Maher Alsaad
Clinic for Ruminants, Vetsuisse-Faculty
University of Bern
Bremgartenstrasse 109a
3012 Bern, Schweiz

Christian Ammon
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Barbara Amon
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Thomas Amon
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Wolfgang Auer
MKW electronics GmbH
Jutogasse 3
4675 Weibern, Österreich

Felix Austermann
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum
Landwirtschaft (VBZL)
Haus Düsse, Ostinghausen
59505 Bad Sassendorf

Johannes Baumgartner
Institute of Animal Husbandry and
Animal Welfare
University of Veterinary Medicine Vienna
(Vetmeduni Vienna)
Veterinärplatz 1
1210 Vienna, Austria

Gian Beer
Clinic for Ruminants, Vetsuisse-Faculty
University of Bern
Bremgartenstrasse 109a
3012 Bern, Schweiz

Barbara Benz
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
in Nürtingen-Geislingen
Neckarsteige 6–10
72622 Nürtingen

Werner Berg
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Daniel Berckmans
M3-BIORES Katholieke Universiteit Leuven,
Kasteelpark Arenberg 30
3001 Leuven, Belgium

Heinz Bernhardt
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
der Technischen Universität München
Am Staudengarten 2
85354 Freising

Christine Biermansk
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Hamdi Bilgen
Ege University
Faculty of Agriculture
Department of Agricultural Machinery and
Technologies Engineering
35100 Bornova
Izmir, Turkey

Regina Böger
Tierärztliche Gemeinschaftspraxis Büren
FGS-GmbH
Bruchberg 24
33142 Büren

Katja Bonkoß
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Pierre-Emmanuel Bournet
EPHOR Lab. Agrocampus-Ouest 2
Rue Le Notre
49000 Angers, France

Sandra Breitenberger
Linz Center of Mechatronics GmbH (LCM)
Altenberger Straße 69
4040 Linz, Österreich

Rupert M. Bruckmaier
Universität Bern
Bremgartenstraße 109a
3012 Bern, Schweiz

Reiner Brunsch
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Wolfgang Büscher
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nussallee 5
53115 Bonn

Ralf Bussemas
Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Christopher Y. Choi
Biological Systems Engineering
University of Wisconsin, Madison
WI 53706 USA

Marcus Clauß
Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Carsten Cuhls
Gewitra GmbH
Gierlichsstraße 6
53840 Troisdorf

Katharina Dahlhoff
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum
Landwirtschaft (VBZL)
Haus Düsse, Ostinghausen
59505 Bad Sassendorf

Jennifer Deichmann
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft
und Geologie
Am Park 3
04886 Köllitsch

Andreas Deininger
Urban GmbH & Co. KG
Auf der Striepe 9
27798 Hude-Wüsting

Heike Diez
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
der Technischen Universität München
Am Staudengarten 2
85354 Freising

Hannes Dietl
Beratung und Gutachten
Sachverständiger für die Sägewerksindustrie
Edmaier 6
94315 Stubenberg

Renjie Dong
China Agricultural University
Qinghua East Road 17
100083 Beijing, China

Sonja Donicht

Fachhochschule Kiel
Fachbereich Agrarwirtschaft
Grüner Kamp 11
24783 Osterrönfeld

Renate Dörfler

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
der Technischen Universität München
Am Staudengarten 2
85354 Freising

Florian Ebertseder

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Peter Ebertz

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der tierischen Erzeugung
Nussallee 5
53115 Bonn

Wilfried Eckhof

Ingenieurbüro
Lessingstraße 16
16356 Ahrensfelde

Dmitry Efrosinin

Johannes Kepler Universität
Institut für Stochastik
Altenberger Straße 69
4040 Linz, Österreich

Silke Ehrmann

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
in Nürtingen-Geislingen
Neckarsteige 6–10
72622 Nürtingen

Anna Embacher

LKV Bayern e.V.
Haydnstraße 11
80336 München

Michael Engel

DeLaval GmbH
Wilhelm-Bergner-Straße 5
21509 Glinde

Fernando Estelles

Universitat Politècnica de València
Camino de Vera s/n
46022 Valencia, Spain

Mehmet Evrenosoglu

Hisarlar Agricultural Machinery R & D
Center
Hisar Mah. 1047 Sok. No:2
Tepebası/Eskisehir, Turkey

Mária Fabianová

Research Institute of Agricultural Engineering
p.r.i., Prague, Czech Republic

Merike Fiedler

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Claudia Fiencke

Department of Soil Science
Hamburg University
Allende-Platz 2
20146 Hamburg, Germany

Jost Fischer

Universität Hamburg
Neue Rabenstraße 13
20354 Hamburg

Berit Füllner

Hochschule Anhalt, FB LOEL,
Strenzfelder Allee 28
06406 Bernburg

Eva Gallmann

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Johann Gasteiner

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgemäße Tierhaltung und
Tiergesundheit
Raumberg 38
8952 Irnding-Donnersbachtal, Österreich

Matthias Gauly

Freie Universität Bozen
Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
39100 Bozen, Italien

Stephanie Geischeder

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85596 Poing-Grub

Heiko Georg
Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Daniel Gieseke
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Gutenbergstraße 33
37075 Göttingen

Anja Gräff
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
der Technischen Universität München
Am Staudengarten 2
85354 Freising

Susanne Granz
DeLaval Services GmbH,
Wilhelm-Bergner-Straße 3
21509 Glinde

Stephanie Gronow-Schubert
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Thomas Guggenberger
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgemäße Tierhaltung und
Tiergesundheit
Raumberg 38
8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich

Hartmut Günster
Landkreis Cloppenburg, Bauamt,
Eschstraße 29
49661 Cloppenburg

Angelika Haeussermann
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Straße 6
24098 Kiel

Jochen Hahne
Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Bernhard Haidn
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Ilan Halachmi
Agricultural Research Organization (ARO)
Volcani Center, PO Box 6
Bet Dagan 50250, Israel

Nora Hammer
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Jan Harms
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85596 Poing-Grub

Eberhard Hartung
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Straße 6
24118 Kiel

Melynda Hassouna
SAS Lab. INRA
65 Rue de Saint-Brieuc
35042 Rennes, France

Heinke Heise
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Agrarökonomie und
Rurale Entwicklung
Lehrstuhl Betriebswirtschaftslehre
des Agribusiness
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Hubertus Heitmüller
HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstraße 13-15
48712 Gescher

Urban Hellmuth
Fachhochschule Kiel
Fachbereich Agrarwirtschaft
Grüner Kamp 11
24783 Osterrönnfeld

Sabine Helm

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzwissenschaft
Holzforschung München
Winzererstraße 45
80797 München

Sabrina Hempel

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Daniel Herd

Lely Deutschland GmbH
Industriestraße 8–10
89367 Waldstetten

Daniel Herzog

Agroscope
Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Engel F. Hessel

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik
in der Veredelungswirtschaft
Gutenbergstraße 33
37075 Göttingen

Julia Hoeck

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Kreisstelle Heinsberg/Viersen
Gereonstraße 80
41747 Viersen Münster

Martina Hoedemaker

Klinik für Rinder
Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover

Gundula Hoffmann

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Manfred Höld

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Land- und Ernährungswirtschaft
Am Hofgarten 1
85354 Freising

Eva Holland

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Marco Horn

Universität für Bodenkultur
Gregor-Mendel-Straße 33
1180 Wien, Österreich

Steffen Hoy

Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
Justus-Liebig-Universität Gießen
Leihgesterner Weg 52
35392 Gießen

Gregor Huber

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgemäße Tierhaltung und
Tiergesundheit
Raumberg 38
8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich

Henrik Idensjö

DeLaval International AB
Tumba, Sweden

Bert Ipema

Wageningen UR Livestock Research
P.O. Box 338
6700 AH Wageningen, The Netherlands

Christina Jais

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

David Janke

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Dagmar Jezierny

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Thomas Jungbluth
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Melanie Junge
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Murat Kacira
Agricultural and Biosystems Engineering
The University of Arizona, Tucson
AZ 85721 USA

Otto Kaufmann
Humboldt-Universität zu Berlin
Lebenswissenschaftliche Fakultät
Albrecht Daniel Thaer-Institut
für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Philippstraße 13
10115 Berlin

Margret Keck
Agroscope
Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Nicole Kemper
Institut für Tierhygiene, Tierschutz und
Nutztierethologie (ITTN)
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15 – Gebäude 116
30173 Hannover

Ralf Kosch
Big Dutchman International GmbH
Auf der Lage 2
49360 Vechta

Joachim Krieter
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstraße 40
24098 Kiel

Alfred Kröger
DeLaval Services GmbH
Wilhelm-Bergner-Straße 3
21509 Glinde

Rhena Kröger
Georg-August-Universität Göttingen
Departement für Agrarökonomie und
Rurale Entwicklung,
Lehrstuhl Betriebswirtschaftslehre des
Agribusiness
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Manuel S. Krommweh
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nußallee 5
53115 Bonn

Martin Kühberger
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Sven Künnen
Big Dutchman International GmbH
Auf der Lage 2
49360 Vechta

Michael Kutzob
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Hans-Joachim Laue
Fachhochschule Kiel
Fachbereich Agrarwissenschaften
Grüner Kamp 11
24783 Osterröndfeld

Christian Lambertz
Freie Universität Bozen
Fakultät für Naturwissenschaften und Technik
39100 Bozen, Italien

Hannah Licharz
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nussallee 5
53115 Bonn

Fabian Lichti
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Stefan Linke
Thünen-Institut für Institut für
Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Fang Liu
Department of Soil Science
Hamburg University
Allende-Platz 2
20146 Hamburg, Germany

Paul Loeb
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Christiane Loebstin
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft
und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Tierproduktion
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

Christel Lubenau
Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzwissenschaft
Holzforschung München
Winzererstraße 45
80797 München

Toni Luhdo
Universität Potsdam
Focus Area for Dynamics of Complex
Systems (DYCOS)
Karl-Liebknecht-Straße 24-25
14476 Potsdam

Gerd-Christian Maack
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nussallee 5
53115 Bonn

Juliana Mačuhová
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Beate Maassen-Francke
GEA FarmTechnologies GmbH
Siemensstraße 25-27
59199 Bönen

Christian Manteuffel
Leibniz-Institut für Nutztierbiologie
Institut für Verhaltensphysiologie
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

Kristina Maschat
Institute of Animal Husbandry and
Animal Welfare
University of Veterinary Medicine Vienna
(Vetmeduni Vienna)
Veterinärplatz 1
1210 Vienna, Austria

Jan Maxa
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Andreas Melfsen
DeLaval GmbH
Wilhelm-Bergner-Straße 5
21509 Glinde

Christoph Menz
Potsdam institute for climate impact research
(PIK)
Telegraphenberg A31
14473 Potsdam

Gesa Mielke
Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Eyal Misha
ENGs, POB 77
Rosh Pina 1200, Israel

Ehab Mostafa
Cairo University, Faculty of Agriculture
Agricultural Engineering Department
El-Gammaa Street
12613 Giza, Ägypten

Frauke P.C. Müller
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nussallee 5
53115 Bonn

Hendrik Müller
Klauentiermedizin
Veterinärmedizinische Fakultät der
Universität Leipzig
An den Tierkliniken 11
04103 Leipzig

Josef Neiber
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Stefan Naser
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Kathrin Nechanitzky
Clinic for Ruminants, Vetsuisse-Faculty
University of Bern
Bremgartenstrasse. 109a,
3012 Bern, Schweiz

Joel Niederhauser
InnoClever GmbH
Tiergartenstrasse 9
4410 Liestal, Schweiz

Rosemarie Oberschätzl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Maciej Oczak
Institute of Animal Husbandry and
Animal Welfare
University of Veterinary Medicine Vienna
(Vetmeduni Vienna)
Veterinärplatz 1
1210 Vienna, Austria

Elfriede Ofner-Schröck
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgemäße Tierhaltung und
Tiergesundheit
Raumberg 38
8952 Irdring-Donnersbachtal, Österreich

Christian Pahl
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Straße 6
24118 Kiel

Veronika Patzelt
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Rudolf Peis
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Andreas Pelzer
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum Haus Düsse
59505 Bad Sassendorf

Eva-Maria Pfeiffer
Department of Soil Science
Hamburg University
Allende-Platz 2
20146 Hamburg, Germany

Nguyen Thanh Phong
Gewitra GmbH
Gierlichsstraße 6
53840 Troisdorf

Wiebke Pirsich
Georg-August-Universität Göttingen
Departement für Agrarökonomie und
Rurale Entwicklung
Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Karin Pöhlmann
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Jernej Poteko
Agroscope
Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Agustin del Prado
Basque Centre For Climate Change (BC3)
Alameda Urquijo, 4, 4°-1ª
48008 Bilbao, Spain

Christian Radau
RIMU Agrartechnologie GmbH
Harrenstetter Straße 29
49757 Werlte

Alessa Rather
365FarmNet
Hausvogteiplatz 10
10117 Berlin

Maria Reckhardt
Klauentiermedizin
Veterinärmedizinische Fakultät der
Universität Leipzig
An den Tierkliniken 11
04103 Leipzig

Sven Reese
Ludwig-Maximilians-Universität München
Tierärztliche Fakultät, Lehrstuhl für Anatomie
Histologie und Embryologie
Veterinärstraße 13
80539 München

Thomas Richter
Hochschule für Wirtschaft und Umwelt
in Nürtingen-Geislingen
Neckarsteige 6-10
72622 Nürtingen

Klaus Richter
Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzwissenschaft
Holzforschung München
Winzererstraße 45
80797 München

Paul Robin
SAS Lab. INRA
65 Rue de Saint-Brieuc
35042 Rennes, France

Fernando Rojano
EPHor Lab. Agrocampus-Ouest 2
Rue Le Notre
49000 Angers, France

Peter Rösman
AGRAVIS Futtermittel GmbH
Industrieweg 110
48155 Münster

Tobias Rose
Fachhochschule Kiel
Fachbereich Agrarwirtschaft
Grüner Kamp 11
24783 Osterrönfeld

Sandra Rose-Meierhöfer
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Andreas Roth
Big Dutchmann International GmbH
Auf der Lage 2
49377 Vechta

Magdalena Rzeznicek
Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und
Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung
Wiederkäuer und Schweine
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Chayan Saha
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Markus Sax
Agroscope
Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Dirk Schäffer
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften
Theodor-Lieser-Straße 11
06120 Halle (Saale)

Matthias Schick
Agroscope
Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Horst Schierbaum
Möller GmbH
Im Fange 1
49356 Diepholz

Katharina Schindhelm
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Anika Schlameuß
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Mariana Schmidt

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Alexander Schmithausen

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nußallee 5
53115 Bonn

Frank Schneider

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

Josef Schober

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Peter Christian Schön

Leibniz-Institut für Nutztierbiologie
Institut für Verhaltensphysiologie
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

Heiko Scholz

Hochschule Anhalt
FB LOEL
Strenzfelder Allee 28
06406 Bernburg

Sabine Schrade

Agroscope
Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Karoline Schramm

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

Gertraud Schuepbach-Regula

Veterinary Public Health Institute
Vetsuisse-Faculty University of Bern
Schwarzenburgstrasse 155
3097 Liebefeld, Schweiz

Reinhard Schulte-Sutrum

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Versuchs- und Bildungszentrum
Landwirtschaft (VBZL)
Haus Düsse, Ostinghausen
59505 Bad Sassendorf

Ute Schultheiß

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V.
Bartningstraße 49
64289 Darmstadt

Jochen Schulz

Institut für Tierhygiene, Tierschutz und
Nutztierethologie (ITTN)
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15 – Gebäude 116
30173 Hannover

Olle Selander

DeLaval International AB
Tumba, Sweden

Jochen Simon

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

Josef Šimon

Research Institute of Agricultural Engineering
p.r.i., Prague Czech Republic

Max Staiger

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstraße 9
70593 Stuttgart

Alexander Starke

Klauentiermedizin
Veterinärmedizinische Fakultät der
Universität Leipzig
An den Tierkliniken 11
04103 Leipzig

Adrian Steiner

Nutztierklinik Vetsuisse-Fakultät
der Universität Bern
Bremgartenstrasse 109a
3012 Bern, Schweiz

Beat Steiner

Agroscope
Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
Tänikon 1
8356 Ettenhausen, Schweiz

Andreas Steinwider

HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgemäße Tierhaltung und
Tiergesundheit
Raumberg 38
8952 Irdning-Donnersbachtal, Österreich

Ulrich Ströbel

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Carolina Strohmaier

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nussallee 5
53115 Bonn

Anna Stülpner

Laufenau 1
84172 Buch am Erlbach

Jörn Stumpenhausen

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Land- und Ernährungswirtschaft
Am Hofgarten 1
85354 Freising

Eiko Thiessen

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Straße 6
24118 Kiel

Birte Tietgen

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Hermann-Rodewald Straße 6
24118 Kiel

Imke Traulsen

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Olshausenstraße 40
24098 Kiel

Ludwig Theuvsen

Georg-August-Universität Göttingen
Departement für Agrarökonomie und
Rurale Entwicklung
Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Stefan Thurner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Olaf Tober

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft
und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Tierproduktion
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

Manfred Trimborn

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn, Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung
Nußallee 5
53115 Bonn

Arjen Van der Kamp

Lely International N.V.
Cornelis van der Lelylaan 1
3147 PB Maassluis, The Netherlands

Jiří Vegrícht

Research Institute of Agricultural Engineering
p.r.i., Prague, Czech Republic

Beatriz Vidondo

Veterinary Public Health Institute
Vetsuisse-Faculty University of Bern
Schwarzenburgstrasse 155
3097 Liebefeld, Schweiz

Erik Vranken

Measure, Model, Manage Bioresponses
Katholieke Universiteit Leuven,
Kasteelpark Arenberg 30
3001 Leuven, Belgium

Ralf Waßmuth

Hochschule Osnabrück
Postfach 1940
49090 Osnabrück

Roland Weber
 Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und
 Veterinärwesen
 Zentrum für tiergerechte Haltung
 Wiederkäuer und Schweine
 Tänikon 1
 8356 Ettenhausen, Schweiz

Gabriele Weber-Blaschke
 Technische Universität München
 Lehrstuhl für Holzwissenschaft
 Holzforschung München
 Winzererstraße 45
 80797 München

Beat Wechsler
 Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und
 Veterinärwesen
 Zentrum für tiergerechte Haltung
 Wiederkäuer und Schweine
 Tänikon 1
 8356 Ettenhausen, Schweiz

Georg Wendl
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Vöttinger Straße 36
 85354 Freising

Lina Wiedemann
 Leibniz-Institut für Agrartechnik
 Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
 Max-Eyth-Allee 100
 14469 Potsdam

Martin Wiedemann
 DeLaval GmbH
 Wilhelm-Bergner-Straß 5
 21509 Glinde

Steffi Wiedemann
 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
 Institut für Tierzucht und Tierhaltung
 Hermann-Rodewald Straße 6
 24118 Kiel

Cornelia Wiesner
 LKV Bayern e.V.
 Haydnstraße 11
 80336 München

Hubert Wirl
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Vöttinger Straße 36
 85354 Freising

Annabell Wobschall
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Lebenswissenschaftliche Fakultät
 Albrecht Daniel Thaer-Institut
 für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
 Albrecht-Thaer-Weg 3
 14195 Berlin

Josef Wolfthaler
 Universität für Bodenkultur
 Gregor-Mendel-Straße 33
 1180 Wien, Österreich

Michael Zähler
 Agroscope
 Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH
 Tänikon 1
 8356 Ettenhausen, Schweiz

Rita Zapf
 Kuratorium für Technik und Bauwesen
 in der Landwirtschaft e.V.
 Bartningstraße 49
 64289 Darmstadt

Guoqiang Zhang
 Aarhus University
 Inge Lehmanns Gade 10
 8000 Aarhus, Denmark

Wolfgang Zollitsch
 Universität für Bodenkultur
 Gregor-Mendel-Straße 33
 1180 Wien, Österreich

Martin Zwoll
 Schulz Systemtechnik GmbH
 Schneiderkruger Straße 12
 49429 Visbek

Autorenindex

Index of authors

A

Abriel, M. 41, 68
 Adeili, S. 212, 218
 Adrion, F. 98, 110
 Alsaad, M. 152
 Ammon, C. 346
 Amon, B. 346
 Amon, T. 346
 Auer, W. 182
 Austermann, F. 402

B

Baumgartner, J. 104
 Beer, G. 152
 Benz, B. 52
 Berckmans, D. 104
 Berg, W. 346
 Bernhardt, H. 41, 258, 294
 Biermanski, C. 444
 Bilgen, H. 240
 Böger, R. 398
 Bonkoß, K. 300
 Bournet, P.-E. 340, 358
 Breitenberger, S. 182
 Bruckmaier, R.M. 264
 Brunsch, R. 252, 346
 Büscher, W. 80, 306, 335, 352, 382, 386, 426
 Bussemas, R. 329

C

Choi, C.Y. 340, 358
 Clauß, M. 329
 Cuhls, C. 312

D

Dahlhoff, K. 80
 Deichmann, J. 318
 Deininger, A. 182
 del Prado, A. 346
 Dietl, H. 444

Diez, H. 258
 Dong, R. 312
 Donicht, S. 47
 Dörfler, R. 212

E

Ebertseder, F. 420
 Ebertz, P. 402
 Eckhof, W. 164
 Efrosinin, D. 182
 Ehrmann, S. 52
 Embacher, A. 264
 Engel, M. 224
 Estelles, F. 346
 Evrenosoglu, M. 240

F

Fabianová, M. 370
 Fiedler, M. 346
 Fiencke, C. 312
 Fischer, J. 346
 Füllner, B. 288

G

Gallmann, E. 98, 110, 392, 432
 Gasteiner, J. 134
 Gauly, M. 86
 Geischeder, S. 194
 Georg, H. 188, 329
 Gieseke, D. 86
 Gräff, A. 294
 Granz, S. 234
 Gronow-Schubert, S. 432
 Guggenberger, T. 74
 Günster, H. 438

H

Haeussermann, A. 246
 Hahne, J. 438, 456
 Haidn, B. 116, 158, 194, 212, 218, 276, 277, 281

Halachmi, I. 346
 Hammer, N. 98, 110
 Harms, J. 194, 264, 270
 Hartung, E. 47, 92, 122, 246
 Hassouna, M. 340, 358
 Heise, H. 17
 Heitmüller, H. 376
 Hellmuth, U. 47, 188
 Helm, S. 444
 Hempel, S. 346
 Herd, D. 282
 Herzog, D. 450
 Hessel, E. F. 68
 Hoeck, J. 382
 Hoedemaker, M. 146
 Hoffmann, G. 92, 346
 Höld, M. 294
 Holland, E. 110
 Horn, M. 134
 Hoy, S. 140
 Huber, G. 74

I

Idensjö, H. 176
 Ipema, B. 128

J

Jais, C. 35, 41, 68
 Janke, D. 346
 Jezierny, D. 392
 Jungbluth, T. 110, 392
 Junge, M. 392

K

Kacira, M. 340, 358
 Kaufmann, O. 206
 Keck, M. 450
 Kemper, N. 398
 Kosch, R. 335, 456
 Krieter, J. 188
 Kröger, A. 224
 Kröger, R. 414
 Krommweh, M. S. 352
 Kühberger, M. 270
 Künnen, S. 335, 456
 Kutzob, M. 270

L

Lambertz, C. 86
 Laue, H.-J. 146
 Licharz, H. 386
 Lichti, F. 420
 Linke, S. 329
 Liu, F. 312
 Loeb, P. 98
 Loebstin, C. 170, 346
 Lubenau, C. 444
 Luhdo, T. 252

M

Misha, E. 194
 Maack, G.-C. 335, 382, 426
 Maassen-Francke, B. 228
 Mačuhová, J. 276
 Manteuffel, C. 92
 Maschat, K. 104
 Maxa, J. 200
 Melfsen, A. 176, 288
 Menz, C. 346
 Mielke, G. 329
 Mostafa, E. 335
 Müller, F. P. C. 426
 Müller, H. 155

N

Nechanitzky, K. 155
 Neiber, J. 116, 364
 Naser, S. 116, 300, 323, 364
 Niederhauser, J. 152

O

Oberschätzl, R. 116
 Oczak, M. 104
 Ofner-Schröck, E. 74

P

Pahl, C. 246
 Patzelt, V. 276
 Peis, R. 194
 Pelzer, A. 80
 Pfeiffer, E.-M. 312
 Phong, N.T. 312
 Pirsich, W. 62

Pöhlmann, K. 323
Poteko, J. 408, 450

R

Radau, C. 312
Rather, A. 228
Reckhardt, M. 155
Reese, S. 158
Richter, K. 444
Richter, T. 52
Robert, M. 218
Robin, P. 340, 358
Rojano, F. 340, 358
Rose-Meierhöfer, S. 252
Rose, T. 188
Rösmann, P. 386
Roth, A. 456
Rzezniczek, M. 29

S

Saha, C. 346
Sax, M. 450
Schäffer, D. 23
Schick, M. 450
Schierbaum, H. 382
Schindhelm, K. 158
Schlameuß, A. 432
Schmidt, M. 92
Schmithausen, A. 306
Schneider, F. 35
Schober, J. 420
Scholz, H. 288
Schön, P. C. 92
Schrade, S. 408, 450
Schramm, K. 68
Schuepbach-Regula, G. 152
Schulte-Sutrum, R. 402
Schultheiß, U. 58
Schulz, J. 398
Selander, O. 176
Simon, J. 444
Šimon, J. 370
Staiger, M. 110
Starke, A. 155
Steiner, A. 152, 155
Steiner, B. 408, 450

Steinwigger, A. 134
Ströbel, U. 252
Strohmaier, C. 335
Stülpner, A. 212
Stumpenhausen, J. 294

T

Theuvsen, L. 17, 62, 414
Thiessen, E. 122
Turner, S. 200
Tietgen, B. 146
Tober, O. 170
Traulsen, I. 188
Trimborn, M. 306

V

van der Kamp, A. 282
Vegricht, J. 370
Vidondo, B. 155
Vranken, E. 104

W

Waßmuth, R. 182
Weber-Blaschke, G. 444
Weber, R. 29
Wechsler, B. 29
Wendl, G. 200
Wiedemann, L. 346
Wiedemann, M. 176, 288
Wiedemann, S. 146
Wienke, C. 312
Wiesner, C. 264
Wirl, H. 200
Wobschall, A. 206
Wolfthaler, J. 134

Z

Zähner, M. 408, 450
Zapf, R. 58
Zhang, G. 346
Zollitsch, W. 134
Zwoll, M. 462

Schlüsselwörter

A

Abferkelung 104
 Abferkelvorhersage 92
 Abkalbung 134
 Abluftreinigung 323, 335, 352, 438
 Abluftreinigungsanlage 456
 Abluftwäscher 456
 Abwasser 456
 Accelerometer 104, 152
 Aktivität 92
 Ammenferkel 29
 Ammoniak 312, 323, 432
 Ammoniakemissionen 329
 AMR 288
 AMS 294
 Ansetzrate 288
 Aquakultur 122
 Arbeitszeitbedarf 74, 276
 Aufstallung 370
 Auslauf 329
 Automatische Fütterung 122
 Automatische Fütterungssysteme 116
 Automatische Körperkonditionsbeurteilung 234
 Automatische Lahmheitserkennung 158
 Automatische Überwachung 104
 Automatisches Melksystem 258, 264, 282
 Automatisierung 218, 228

B

BCS 234
 Belastungsmessung 170
 Beleuchtung 224
 Benchmarking 80
 Besatzdichte 68
 Beschäftigung 68
 Beschleunigung 182
 betriebliche Eigenkontrolle 58
 Betriebsmanagement 228
 Bewegungsbucht 35
 Bewegungsprofile 200

Bewertung 23, 62
 Bewertungsmethoden 47
 Bildanalyse 122
 Bioaerosol 318
 Biogas 420
 Biogas-Kleinanlage 426
 Biowäscher 312
 Boxenlaufstall 376
 Broiler 62
 Brunst 140
 Brunsterkennung 134
 Buchtengestaltung 41

C

Check-up 438
 CO₂ 312
 CO₂-Bilanz 444

D

Dachkonstruktion 370
 Datenanalyse 206
 Datenmanagement 228
 Datenmodellierung 206
 DeLaval 176
 Desinfektion 270, 398
 diagnostische Sicherheit 134

E

Effizienzsteigerung 282
 Eiswasserkühlung 364
 Elektroenergieverbrauch 116
 Elektronische Tierkennzeichnung 98
 Elimination 456
 Emissionen 300, 306, 318, 352, 450, 462
 Emissionsminderung 335
 Emissionsminderungsstrategie 432
 Energieausfall 294
 Energieeffizienz 364, 426
 Entmistungsqualität 408
 Entmistungswerkzeug 408
 Enzootische Bronchopneumonie 146
 Erdrückungsverluste 35

Erkennung 146
 Eutergesundheit 258
 Evaluierung 194
 Extremtemperatur 376

F

Farming 4.0 228
 Ferkel 41, 68
 Feuchtegehalt 240
 Fieber 146
 Flüssigmistmanagement 432
 Fressdauer 128
 Fressstand, erhöhter 52
 Fressverhalten 52, 206
 Funktionstest 438
 Futteraufnahme 158
 Fütterungstechnik 218

G

Gasausbreitung 340
 Geflügel 318
 Geflügelhaltung 335
 Geflügelstall 340
 Gemelksmenge 264
 Geruch 323
 Geruchsreduktion 335
 GPS-Ortungssystem 200
 Grundwasserwärmepumpe 386
 Gülleseparation 414

H

Halsbandsensor 128
 Haltung säugender Sauen 35
 Haut- und Gelenksbonitierung 80
 Heizen 382
 Heizen von Stallanlagen 386
 Herzfrequenzvariabilität 170
 Hitzestress 170, 370
 Hygienescore 80
 Hyperkeratosen 246, 288

I

ICAR 176
 Immission 318
 Immissionsschutz 462
 Indikator 58, 392
 Intensive Nutztierhaltung 312

K

Kalb 146, 182
 Kalbung 140
 Klauenerkrankung 158
 Klauenhorndefekt 155
 Klimamodellierung 340, 358
 Kosten 444
 Kostenvergleich 414
 Kreislaufanlagen 122
 Kühlen 382

L

Lachgas 306, 312
 Lahmheit 152, 155
 Landwirte 17
 Landwirtschaft 4.0 228
 Landwirtschaftliches Bauen 444
 Laufstallhaltung 52
 Laufverhalten 152
 LED 224
 Leistungskennzahlen 282
 Liegebox 74
 Liegeboxengestaltung 80
 Liegeverhalten 74, 80, 206
 Liegezeiten 194
 Lüften 382
 Luftqualität 376, 382
 Lüftung 352
 Luftwechsel 346

M

Management 258
 Mastbullen 116
 Masthähnchen 462
 Mastitis 246
 Mastschweine 323
 Mastschweinehaltung 47
 Material 444
 MaxiBox® 74

Mechanisierung 240
 Melkbecher 252
 Melkstand Ausführung und Größe
 276
 Methan 306, 312, 432
 Methode 408
 Milchentzug 246
 Milchfluss 276
 Milchgewinnung 270
 Milchkuh 152, 155
 Milchkühe 116, 188, 206, 212, 218,
 370
 Milchleistung 158, 276
 Milchmenge 294
 Milchmengenmessgerät 176
 Milchrind 134
 Milchvieh 86, 234, 306, 450
 Milchviehbetrieb 426
 Milchviehhaltung 52
 Milchviehstall 224
 Minderungsmaßnahmen 450
 Modellierung 346, 432
 Monitoring 92, 392

N

Negative Energiebilanz 234
 Nestbauverhalten 104
 NIRS-Sensor 240
 Nuckeln 182
 Nutztierhaltung 58, 164
 Nutzungsdauer 86

O

Ohrmarke 182
 Ökologische Schweinemast 329
 Optimierung 282
 Ortungssystem 188

P

Pedometer 155, 194
 Photovoltaik 364
 Planbefestigter Boden 408
 Platzangebot 41
 Praktikabilität 35
 Precision Livestock Farming 228
 Pressschneckenseparator 414

Primärenergiebedarf 444
 Produktqualität 164

Q

Quartäre Ammoniumverbindungen
 270

R

Regenerative Energie 386
 Restverschmutzung 408
 RFID 110
 Rieselbettreaktor 352
 Rinder 74, 110, 200
 Rindergülle 414
 Ringdichtung 252
 Rohrleitung 398
 RSSI 98
 Rückstände 270
 Rundballenpresse 240

S

Sau 104, 392
 Sauenhaltung 402
 Saugferkel 29
 Schonendes Melken 252
 Schwachstellenanalyse 80
 Schwanzbeißen 41, 68
 Schwefelsäure 456
 Sensorsysteme 206
 Signalstärke 98
 Silage 240
 Simultane Einzeltiererkennung 110
 Smart Farming 228
 Softwarebasierte Kalibration 176
 Spaltenreinigung 402
 Spaltenreinigungsroboter 402
 Spaltenroboter 212
 Stall 4.0 294
 Stallbeleuchtung 224
 Stallgebäude 358
 Stallklima 346, 382
 Stand der Technik 323
 Stickstoff 456
 Stickstoffdeposition 300
 Stoffwechselstörung 140
 Strohbedarf 74

Stromspeichersysteme 364

Strömungsmuster 346

T

Technische Amme 29

Tierbezogene Indikatoren 23

Tiergerechtheit 47, 58

Tiergewicht 158

Tierhaltung 300, 364, 438

Tierschutz 58

Tierverhalten 35, 188, 200, 212, 288

Tierwärmeerzeugung 358

Tierwohl 17, 58, 62, 86, 164, 294

Tierwohl-Label 62

Tierwohlmaßnahmen 17

Tränkeautomat 182

Tränkwasser 398

Transponderohrmarken 110

Treibhausgase 306

Trinkmenge 182

U

Ubisense 188

UHF-RFID 98

Ultrahochfrequenz 98, 110

Umsetzbarkeit 17

Umwelteinwirkungen 164

Ü

Überwachung 438

V

Verhalten 29, 152

Verhaltensabweichungen 23

Verhaltensstörung 29

Verhältnismäßigkeit 462

Vernetzung 228

Versuchsstall 450

Vormagentemperatur 134

W

Wärmerückgewinnung 352

Weidezeit 128

Wichtigkeit 17

Wiederkauen 140

Wiederkauverhalten 206

Wiegeplattform 155

Wirtschaftlichkeit 426

Wirtschaftsdüngeraufbereitung 420

Wirtschaftsdüngermanagement 420

Z

Zellzahl 288

Zitzengummi 246, 252

Zitzenkondition 246

Zitzen spitze 252

Zwischenmelkzeit 264

Keywords

A

abatement measures 450
 abnormal behaviour 23, 29
 acceleration 182
 accelerometer 104, 152
 activity 92
 agriculture 4.0 228
 air exchange 346
 air quality 376, 382
 air scrubber 456
 ammonia 312, 323
 ammonia emissions 329
 AMS 294
 animal behavior 212
 animal-based indicators 23
 animal behavior 288
 animal behaviour 35, 188, 200
 animal heat generation 358
 animal husbandry 58, 300, 364, 438
 animal protection 58
 animal welfare 17, 47, 58, 62, 86,
 164, 294
 animal welfare label 62
 animal welfare measures 17
 aquaculture 122
 artificial rearing system 29
 assessment methods 47
 automated monitoring 104
 automatic body condition scoring 234
 automatic calf feeder 182
 automatic feeding 122
 automatic feeding systems 116
 automatic lameness detection 158
 automatic milking rotary 288
 automatic milking system 258, 282
 automation 218, 228

B

barn 224
 barn 4.0 294
 barn climate 346
 barn illumination 224
 BCS 234

behavior 152
 behaviour 29
 benchmarking 80
 bioaerosol 318
 biogas 420
 bioscrubber 312
 bovine respiratory disease 146
 broilers 62, 462

C

calf 146, 182
 calving 140
 cattle 74, 110, 200
 cattle slurry 414
 checkup 438
 claw horn lesion 155
 cleaning quality 408
 cleaning of slatted floors 402
 climate modelling 340, 358
 climatization 382
 CO₂ 312
 cooling 382
 cost comparison 414
 costs 444
 cows' cleanliness 80
 cows' skin lesions 80
 cubicle 74
 cubicle design 80
 intensive livestock production 312

D

dairy 450
 dairy barn 224
 dairy cattle 86, 134, 155, 234, 306
 dairy cow 116, 152, 188, 206, 212,
 218, 370
 dairy farm 426
 dairy farming 52
 data analysis 206
 data management 228
 data modelling 206
 DeLaval 176
 demand of straw 74

detection 146
 disinfection 270, 398
 drinking amount 182
 drinking water 398

E

early weaning 29
 ear tag 182
 economic fit 426
 efficiency 426
 electrical energy consumption 116
 electricity storage systems 364
 electronic animal identification 98
 elevated feed stall 52
 elimination 456
 emissions 300, 306, 318, 352, 450, 462
 energy efficiency 364
 enrichment 68
 environmental impact 164
 evaluation 62, 194
 exhaust air cleaning 456
 exhaust air purification 323
 exhaust air treatment 335, 352, 438
 experimental housing 450
 extreme temperature 376

F

farm building 444
 farmers 17
 farming 4.0 228
 farm management 228
 farrowing 104
 fattening bulls 116
 fattening pig housing 47
 fattening pigs 323
 feasibility 17
 feeding behaviour 52, 206
 feeding technology 218
 feeding time 128
 feed intake 158
 fever 146

flow pattern 346
 forage baler wrapper 240
 forage mechanization 240
 free stall 376
 function test 438

G

gas dispersion 340
 global warming potential 444
 GPS tracking system 200
 grazing time 128
 greenhouse gases 306
 groundwater heat pump 386

H

heart rate variability 170
 heat 140
 heat detection 134
 heating 382
 heating system in livestock farming 386
 heat recovery 352
 heat stress 170, 370
 hoof disease 158
 housing 370
 husbandry of lactating sows 35
 hyperkeratosis 246

I

ICAR 176
 ice water cooling 364
 illumination 224
 image analysis 122
 immission 318
 importance 17
 increasing efficiency 282
 indicator 58, 392
 intensive livestock production 312

K

key performance indicators 282

L

labour time requirement 276
 lameness 152, 155
 LED 224
 liner 246, 252
 livestock building 358
 livestock husbandry 164
 live weight, 158
 local positioning system 188
 longevity 86
 loose-housing barn 52
 losses by crushing 35
 lying behaviour 74, 80, 206
 lying time 194

M

management 258
 mastitis 246
 material 444
 maxiBox® 74
 metabolic disorders 140
 methane 306, 312
 method 408
 milking 246
 milking interval 264
 milk flow 276
 milk meter 176
 milk production 270
 milk yield 158, 264, 276, 294
 modeling 346
 moisture content 240
 monitoring 92, 392, 438
 motion pen 35
 movement patterns 200

N

neck sensor 128
 negative energy balance 234
 nest-building behavior 104
 networking 228
 NIRS sensor 240
 nitrogen 456
 nitrogen deposition 300
 nitrous oxide 306, 312
 nutrient management 420

O

odour 323
 odour reduction 335
 optimization 282
 organic pig production 329
 outdoor run 329

P

parturition 134
 parturition prediction 92
 pedometer 155, 194
 pen enrichment 41
 photovoltaic 364
 piglets 29, 41, 68
 pipe 398
 pollution control and climate
 protection 462
 poultry 318
 poultry house 340
 poultry housing 335
 power cut 294
 practicability 35
 precision livestock farming 228
 primary energy demand 444
 product quality 164

Q

quaternary ammonium compounds
 270

R

recirculation systems 122
 reduction of emissions 335
 renewable energy 386
 residual soiling 408
 residue 270
 reticular temperature 134
 RFID 110
 ring seal 252
 Robotic milking 264
 robotic slat cleaner 212
 roofing 370
 RSSI 98
 ruminating 206
 rumination 140

S

SCC 288
 scraper robot 402
 scraping tool 408
 screw press separator 414
 self-monitoring 58
 sensitive milking 252
 sensor systems 206
 signal strength 98
 simultaneous animal identification
 110
 slurry separation 414, 420
 small biogas plant 426
 smart farming 228
 software based calibration 176
 solid floor surfaces 408
 sow 104, 392
 sow keeping 402
 state of the art 323
 stocking density 41, 68
 strain measurement 170
 success rate attaching 288
 sucking 182
 sulphuric acid 456

T

tail biting 41, 68
 teat condition 246, 288
 teat cup 252
 teat-end 252
 test validity 134
 transponder ear tags 110
 trickle-bed reactor 352
 type and size of milking parlour 276

U

Ubisense 188
 udder health 258
 UHF-RFID 98
 ultra-high frequency 98, 110

V

ventilation 352, 382

W

walking behavior 152
 waste water, 456
 weak-point analysis 80
 weighing platform 155
 welfare assessment 23
 working time 74

Chronik *Chronicle*

Internationale Tagungen „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“

Nr.	Veranstalter	Vorträge und Teilnehmer	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 Veredlungswirtschaft Weser-Ems	63 Vorträge 42 Poster dreizügige Veranstaltung 348 Teilnehmer	Vechta 25.03. Exkursion 26./27.03.2003
7	Bundesforschungsanstalt für Landwirt- schaft, 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 nächste Seite

Nr.	Veranstalter	Vorträge und Teilnehmer	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

Die Nutztierhaltung hat für die Landwirtschaft eine enorme wirtschaftliche Bedeutung. Trotz dieser Bedeutung und trotz der großen Fortschritte in den letzten Jahrzehnten im Bereich der Wettbewerbsfähigkeit, der Ressourceneffizienz und der Produktqualität steht die moderne Tierhaltung zunehmend in der gesellschaftlichen Diskussion und wird von mehr oder weniger großen Teilen der Bevölkerung kritisch bis ablehnend gesehen. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, mehr Tierwohl in der landwirtschaftlichen Tierhaltung zu verwirklichen und dabei die wirtschaftliche Realität nicht zu übersehen.

Experten aus Wissenschaft und Praxis stellen in ihren Tagungsbeiträgen den wissenschaftlichen und empirischen Erkenntnisfortschritt sowie neue Produktentwicklungen vor und geben damit wichtige Impulse für eine nachhaltige Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, um den Erwartungen und Ansprüchen der Gesellschaft und der Tierhalter gerecht werden zu können.

Farm animal husbandry has enormous economic importance in agriculture. Despite this importance and despite the great advances made in recent decades in the fields of competitiveness, resource efficiency and product quality, modern farm animal husbandry is increasingly in contention within our society, seen in a critical or even negative light by more or less large sections of the population. A central challenge hereby is a further improvement of animal welfare in husbandry systems without overlooking the economic conditions.

In their conference papers experts from science and practice present scientific and empirical advances in knowledge as well as innovative product developments. Thus, the contributions give important impulses for a sustainable development of farm animal husbandry to meet expectations and demands from both society and farmers.

