

13th 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

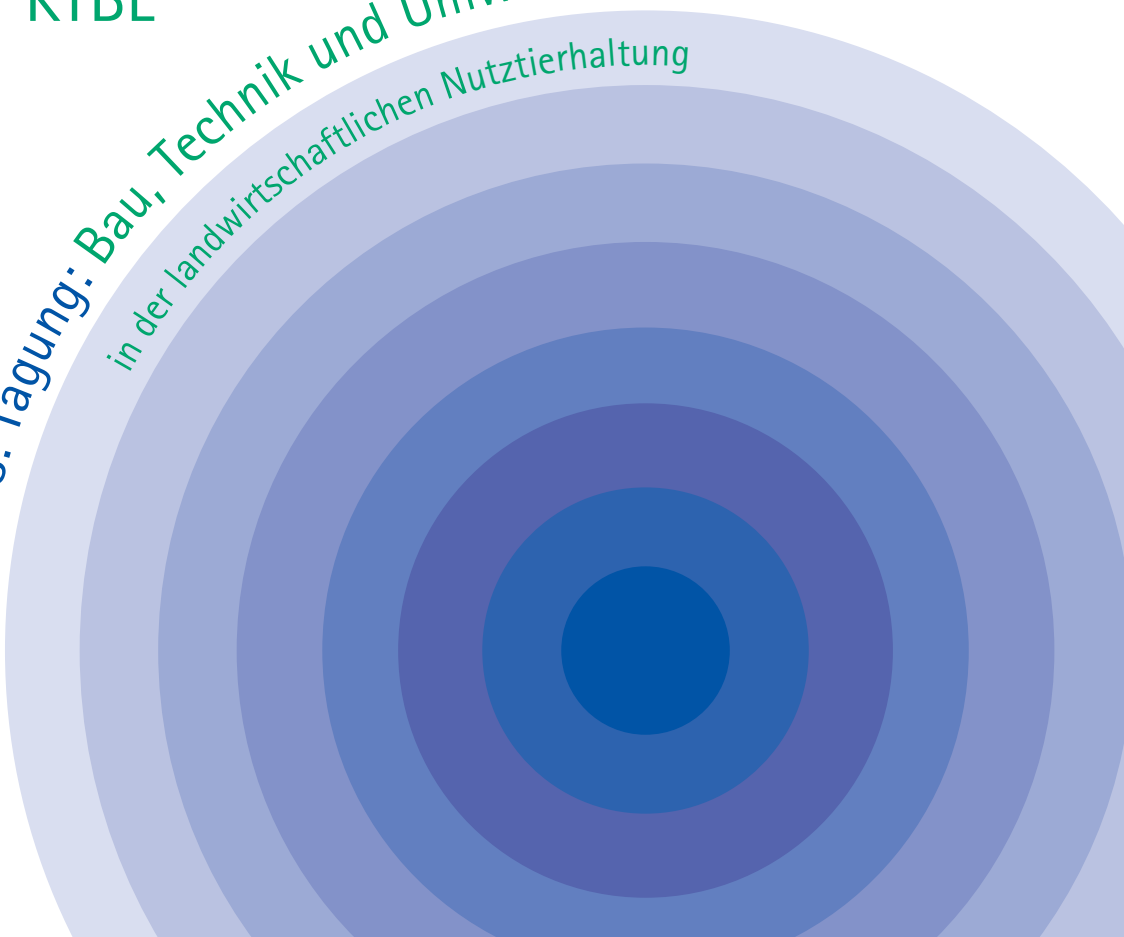
KTBL-Conference Proceedings

2017

VDI-MEG

KTBL

13. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2017
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

A series of concentric circles in various shades of blue and purple, centered on the page. The circles are of increasing size, creating a tunnel-like effect that draws the eye towards the center. The colors transition from a light blue on the outside to a deep blue in the center.

13. Tagung

Bau, Technik und Umwelt

in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

18.–20. September 2017 in Stuttgart-Hohenheim

13th Conference

Construction, Engineering and Environment

in Livestock Farming

September 18th–20th 2017 in Stuttgart-Hohenheim,
Germany

Veranstalter / Presented by



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



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



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



Ausrichter / Local Arrangements

Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim
University of Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim, Germany

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderer / Financial Support

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

Programmausschuss / Scientific Committee

Prof. Dr. Thomas Jungbluth | Universität Hohenheim, Stuttgart (Vorsitzender)
Dr. Georg Wendl | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising (stellv. Vorsitzender)
Prof. Dr. Thomas Amon | Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Potsdam
Prof. Dr. Heinz Bernhardt | Technische Universität München (TUM), Freising
Dipl.-Ing. Sebastian Bönsch | Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
Prof. Dr. Wolfgang Büscher | Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn
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
Prof. Dr. Nicole Kemper | Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover
Prof. Dr. Matthias Schick | Strickhof, Lindau, Schweiz
Prof. Dr. Ir. Bart Sonck | Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO), Melle, 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.

© KTBL 2017

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

Dr. Monika Krause | Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim

Satz

Team Herstellung | KTBL, Darmstadt

Titelfoto

KTBL | Darmstadt

Druck und Bindung

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG | Frankfurt am Main

Printed in Germany

ISBN 978-3-945088-46-3

Vorwort

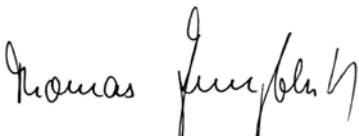
Seit Jahren steht die landwirtschaftliche Nutztierhaltung im Fokus der gesellschaftlichen Diskussion. Die Erwartungen und Wünsche der Verbraucher entsprechen nicht der Realität, vor allem in größeren Tierbeständen. Aus Sicht der Landwirtschaft erhöhen niedrige Preise für das Produkt und zusätzliche Auflagen zu Tier- und Umweltschutz den Druck auf die Landwirte massiv. Eine Entspannung der Situation ist nicht zu erwarten. Hinzu kommen weitere verschärfte Anforderungen des Gesetzgebers. Neben dem Verbot der Kastration und dem Verbot des Kupierens der Schwänze wird sich die Rechtskraft des sogenannten Magdeburger Urteils (Verbot der derzeit gebräuchlichen Kastenstände im Deckzentrum) massiv auswirken. Die Forschung hat reagiert und bearbeitet diesbezügliche Fragestellungen, was sich auch in den Vortragsthemen dieser Tagung niederschlägt. Wir werden uns im Plenarvortrag von Dr. Tanja Busse selbstkritisch mit diesen Themen auseinandersetzen.

Aus Sicht des Tierschutzes sind Haltungsvorfahren mit mehr Fläche und Auslauf sowie getrennten Funktionsbereichen und freier Lüftung wünschenswert. Mehr Fläche und Auslauf bedeuten aber auf der anderen Seite höhere Emissionen an Geruch und Ammoniak. Deutschland hat die Ziele der NEC-Richtlinie 2001/81/EG verfehlt, sodass die Politik reagieren muss und über die Düngeverordnung und die TA Luft die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung reduzieren will. An dieser Stelle wird der Zielkonflikt zwischen mehr Tierschutz und mehr Umweltschutz besonders deutlich. Aber auch hier hat die Forschung reagiert und bearbeitet Projekte zur Emissionsminderung, was sich ebenfalls im Inhalt der Tagung niederschlägt.

Landwirtschaft 4.0 steht vor der Tür. Entsprechend befasst sich die Forschung sehr intensiv mit den Methoden des Precision Livestock Farming, um diese Technologie im Sinne der Produktivität sowie des Tier- und Umweltschutzes zu einem „Smart Livestock Farming“ weiterzuentwickeln. Hier sind enorme Innovationsschübe zu erwarten.

Die 13. Internationale Tagung „Bau-, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2017“ in Hohenheim präsentiert die neusten Forschungsergebnisse zum gesamten Bereich der Tierhaltungstechnik, mit besonderen Schwerpunkten auf Tierschutz, Umweltschutz und Precision Livestock Farming.

Die Hohenheimer als Ausrichter der Tagung freuen sich gemeinsam mit den Organisatoren des KTBL auf Sie als Teilnehmer aus Wissenschaft, Beratung, Politik, Verwaltung, Verbänden sowie als Vertreter der Hersteller. Wir wollen wieder eine gute Plattform für den Austausch von Ergebnissen und Ideen bieten als auch Raum für Diskussion und das gegenseitige Kennenlernen. Dies soll einer unserer Beiträge für eine stete Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung sein, um die teilweise divergierenden Ansprüche, wenn nicht zu vereinen, doch mindestens einander anzunähern.



PROF. DR. THOMAS JUNGBLUTH
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik

Stuttgart-Hohenheim, September 2017

Introduction

For years, livestock farming has been in the focus of public discussions. The expectations and wishes of the customers do not correlate with the reality especially for larger livestock units. From the industry's perspective, low prices for products and additional requirements for animal and environmental protection massively increase the stress on farmers. This situation is not expected to change. Furthermore, legislation adds more stringent requirements. In addition to prohibition of castration and tail docking there will be massive impacts due to the legal effect of the so-called Magdeburg judgement (prohibition of the current standard sow stalls in breeding barns). Researchers are working on solving these issues, which will be addressed during this conference. We will self-critically deal with this topic within the plenary speech by Dr. Tanja Busse.

From the perspective of animal protection, husbandry systems with more space and outdoor areas as well as separate functional areas and natural ventilation are desired. On the other hand, more space and outdoor areas mean higher odour and ammonia emissions. Germany has missed the goals of the NEC-guideline 2001/81/EG so that the authorities need to react and try to reduce ammonia emissions of livestock farming via the Fertilisers Ordinance and the Technical Instructions on Air Quality Control (TA Luft). At this point, the conflict of objectives between improved animal welfare and environmental protection becomes particularly clear. This conflict is in focus of various research projects on reduction of emissions and will also be covered during this conference.

Agriculture 4.0 is just around the corner. Researchers intensively deal with methods of Precision Livestock Farming to further develop the technology to „Smart Livestock Farming“ with focus on productivity as well as animal and environmental protection. Enormous boosts of innovation can be expected.

The 13th International Conference „Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming 2017“ in Hohenheim presents the latest research results for livestock farming technology with particular focus on animal protection, environmental protection and Precision Livestock Farming.

As hosts of the conference, the people from Hohenheim as well as the organisers from KTBL are looking forward to having you as participants from science, consultancy, politics, administration, organisations and as representatives of the manufacturers. We again wish to offer a great platform for exchange of results and ideas as well as room for discussions and networking. This is targeted to be our contribution for the ongoing advancement of livestock farming to maybe not unify the partially divergent requirements, but at least to converge them.



PROF. DR. THOMAS JUNGBLUTH
University of Hohenheim
Institute of Agricultural Engineering

Stuttgart-Hohenheim, September 2017

Inhalt / Contents

Tiergerechte Haltungsverfahren / Animal welfare husbandry systems

Weidegang und stallbasiertes automatisches Melken im ökologischen Landbau <i>Pasture and indoor-based automatic milking in biological farming systems</i>	
UWE EILERS, MAXIMILIANE LANDWEHR, MARINA BÜHLER, LARISSA MERZ, MONIKA KRAUSE, FELIX ADRIAN, HEINZ BERNHARDT	17
Einfluss von Fressplatzabtrennungen auf Platzverhältnisse und Fressplatzwahl von Milchkühen <i>Effect of feed stalls on space conditions and feeding place selection in dairy cows</i>	
JOAN-BRYCE BURLA, MONIKA SIEBENHAAR, MICHAEL ZÄHNER, LORENZ GYGAX, BEAT WECHSLER	23
Bedarfsorientierte LED-Beleuchtung in der Milchviehhaltung – Erarbeitung einer neuen Bewertungsgrundlage <i>Adapted LED illumination in dairy farming – Creation of a new basis for valuation</i>	
DANIEL WERNER, MAIKE MÜLLER, EVA SCHWENZFEIER-HELLKAMP, KLAUS REITER	29
Vergleich von drei Belegmanagementsystemen bei Zuchtsauen zur Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Kastenstand unter Berücksichtigung von Produktionsleistungen, Arbeitssicherheit und Tierschutz <i>Comparison of three management systems in the insemination of sows to reduce the duration of the stay in breeding boxes and regarding parameters of biological performance, labor safety and animal welfare</i>	
JENS-TOBIAS SCHOLZ, REINHARD SCHULTE-SUTRUM	35
Ergebnisse zu freien Abferkelbuchten <i>Results on free farrowing pens</i>	
EDINA HICKL, RALF MEYER, HENDRIK HORSTMANN, WILFRIED BREDE, GERHARD QUANZ, STEFFEN HOY	40
Ein Vergleich zwischen Gruppensäugen und Einzelhaltung – Verhalten, Leistungen und Gesundheit von Sauen und Ferkeln <i>A comparison between group suckling and single housing – behavior, performance and health of sows and piglets</i>	
ANN-KATHRIN STUMPENHORST, PETER EBERTZ, FELIX AUSTERMANN, REINHARD SCHULTE-SUTRUM, WOLFGANG BÜSCHER	46

Einfluss des Flächenangebots und des Tier-Fressplatz-Verhältnisses auf Leistung und Verhalten von Jungebern und Mischgruppen aus Kastraten und weiblichen Mastschweinen <i>Impact of space and animal-feeding place-ratio on production criteria and behaviour of fattening boars and mixed groups of castrates and female fattening pigs</i>	
MANFRED OTTING, CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMAN, MIRIAM ABRIEL	52
Gestaltung von Laufhöfen für Milchziegen <i>Design of outdoor runs for dairy goats</i>	
NINA M. KEIL, JOANNA STACHOWICZ, LORENZ GYGAX, BEAT WECHSLER, EDNA HILLMANN	58
Wirkung von Hitzestress auf Verhaltens- und Vitalitätsparameter von Milchkühen <i>Effect of heat stress on behaviour and vitality parameters of dairy cows</i>	
JULIA HEINICKE, SABRINA HEMPEL, SEVERINO PINTO, CHRISTIAN AMMON, THOMAS AMON, ANNEMARIE ENGLISCH, GUNDULA HOFFMANN	64
Einfluss des Absetzverfahrens auf die Lebenstagszunahme von Ferkeln in der Aufzucht <i>Impact of weaning management on weight gain of piglets</i>	
MARCEL ALLERKAMP, HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL	70
Erhöhte Ebene für Aufzuchtferkel – eine Methode zur Strukturierung und Anreicherung der Haltungsumwelt <i>Elevated platform for weaned piglets – a method to structure and enrich the environment</i>	
MICHAELA FELS, FRANZISKA LÜTHJE, JOANA BILL, KAMELIA ALEALI, NICOLE KEMPER	76
Der WühlTrog – Erprobung und Bewertung eines innovativen Futtertroges im Vergleich zu konventionellen Breifutterautomaten <i>WühlTrog – trial and assessment of an innovative feeding trough in comparison to conventional mash feeders</i>	
MAREIKE HENKEN, ANNE ELKMANN, ENGEL F. HESSEL	82
Aktivstall für eine tiergerechtere Mastschweinehaltung: Frequentierung von strukturierten Räumen <i>Active stable for more animal welfare in fattening pig housing: use of structured areas</i>	
JOST GEORG TEEPKE, HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL	88
Auswirkungen gummierter Liegeflächen bei Mastschweinen <i>Effect of rubber mats in the lying area of fattening pigs</i>	
ROLAND WEBER, ANNA FALKE, KATHARINA FRIEDLI, LORENZ GYGAX, XAVER SIDLER, BEAT WECHSLER	94

Das Klauengesundheitskonzept Lely Meteor® für automatische Melksysteme <i>The claw health approach Lely Meteor® for automatic milking systems</i> LUKAS WAGNER, DAGMAR JEZIERNY, VICTORIA DIETZ, DANIEL HERD, EVA GALLMANN	100
Untersuchungen zum Verhalten und der Milchleistung von Milchkühen in einem AMS-Betrieb mit nachgerüsteten erhöhten Fressständen <i>Investigation of behaviour and milk yield in a farm with automatic milking system and subsequently installed elevated feedstalls</i> BARBARA BENZ, LORENZ BRAUN, DOMINIK ZINSEL	106
Funktionssicherheit integrierter Laufhöfe gemäß EG-Öko-VO <i>Functional safety of integrated exercise yards according to the EC Organic Production Regulation</i> JOCHEN SIMON, FERDINAND OBERHARDT, BERNHARD BAUHOFFER	112
Vergleich von Oberflächen auf Komfort-Liegematten aus Gummi für Milchvieh bezüglich der Hautschonung im Gelenksbereich <i>Comparison of surfaces on soft rubber mats for cubicles of dairy cattle with emphasis on protection of skin in the joint area</i> DOMINIK SOJER, ANNA CATRIN ANKER, MICHAEL STRIBL, ILKA STEINHÖFEL, STEFFEN PACHE, HEINZ BERNHARDT	118
Untersuchungen zum Einsatz von Heu- bzw. Strohpellets zur Vorbeuge vor Schwanzbeißen bei Absetzferkeln <i>Investigations on use of hay or straw pellets to prevent tail-biting in weaner pigs</i> INA JANS-WENSTRUP, STEFFEN HOY	122
Säugende Sauen in Bewegungsbuchten: Ergebnisse zum Buchtendesign und zu den Ferkelverlusten <i>Suckling sows in motion pens: Results concerning pen design and piglet losses</i> FRANK SCHNEIDER, CHRISTINA JAIS	128
Wirkung perforierter Gummimatten im Liege- und Laufbereich von tragenden Sauen auf die Klauen und die Gelenke <i>Effects of perforated rubber mats in the lying and walking area of pregnant sows on claws and joints</i> CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMAN, JOSEF SCHWANFELDER, MIRIAM ABRIEL	134
Erprobung und Bewertung neuer Haltungsverfahren mit Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum <i>Testing and evaluation of new group housing conditions of sows in an insemination center</i> EVA MARIA GÖRTZ, BENJAMIN UNANGST, HANSJÖRG SCHRADER	140

Der Kompostierungsstall für Milchkühe – Möglichkeiten und Grenzen <i>Composting stable for dairy cattle – possibilities and limits</i> STEFFEN HOY, JOACHIM MUTH, NICOLE FISCHER, KIRA GIESEKE, WILFRIED WOLTER †, HANS-JOACHIM HERRMANN	146
Kompoststall für Rinder – Kompostmanagement, Ammoniakemissionen, VOCs und Mikrobiologie <i>Compost bedded pack barns – bedding management, ammonia emissions, VOCs and microbiology</i> ALFRED PÖLLINGER, BARBARA PÖLLINGER-ZIERLER	152
Verfahrenstechnische und Tierwohl-Bewertung der Milchviehhaltung in Kompostierungsställen <i>Technological and welfare evaluation of bedded pack dairy barns</i> WOLFGANG BÜSCHER, ANDREAS PELZER, MANFRED TRIMBORN, ALEXANDER J. SCHMITHAUSEN, MARC PHILLIP HÖCKESFELD, MATTHIAS OSKAMP	158
Untersuchung des räumlichen Verhaltens von Milchkühen im Umfeld unterschiedlicher mobiler Objekte <i>Investigation of the spatial behaviour of dairy cows in the environment of different mobile objects</i> RENA TE LUISE DOERFLER, TOBIAS BOLLMEIER, HEINZ BERNHARDT	164
Untersuchungen zur Bewertung von Gruppenhaltungssystemen in Deutschland und Vorstellung des neuen Sauwohl-Konzepts <i>Studies on the evaluation of group housing systems in Germany and presentation of the new sow welfare concept</i> PETER EBERTZ, RICHARD HÖLSCHER, WOLFGANG BÜSCHER	170
Betriebliche Eigenkontrolle in der Mastschweinehaltung – Bewertung der Durchführbarkeit anhand der Vorschläge aus der KTBL-Schrift 507 <i>Operational self-control of fattening pigs – Assessment of feasibility based on proposals from KTBL document 507</i> SYLKE ORDEMANN, HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL	176
Wirkung von Hitzestress auf das Wiederkauverhalten von Milchkühen <i>Effect of heat stress on rumination activity in lactating dairy cows</i> THERESA SIEMENS, GUNDULA HOFFMANN, SABRINA HEMPEL, CHRISTIAN AMMON, JULIA HEINICKE, SEVERINO PINTO, THOMAS AMON, BARBARA AMON	182
Auswirkungen von eingeschränkten Laufwegen auf Verhaltens-, Aktivitäts- und Herzfrequenzvariabilitätsparameter von Milchkühen <i>Effects of restricted walkways on behaviour, activity and heart rate variability parameters of dairy cows</i> MAREN KRÄMER, MARIT GROSSE-BRINKHAUS, LEONARD MANDTLER, LUTZ PLÜMER, WOLFGANG BÜSCHER, UTE MÜLLER	187

Development of a speed sensitive rotor for a forage wagon <i>Entwicklung eines drehzahlempfindlichen Schneidrotors für einen Ladewagen</i>	
MEHMET EVRENOSOGLU, HAMDI BILGEN	193

Precision Livestock Farming

Online-Erkennung von Ferkelerdrückung mit Vokalisationsanalyse und Kontextdaten <i>Online detection of piglet crushing using vocalisation analysis and context information</i>	
CHRISTIAN MANTEUFFEL, EBERHARD HARTUNG, MARIANA SCHMIDT, GUNDULA HOFFMANN, PETER CHRISTIAN SCHÖN	198
Echtzeit-Lokalisierungssystem zur Auswertung von Kontaktstrukturen in der Gruppenhaltung tragender Sauen <i>Evaluation of contact structures in group-housed pregnant sows with a real-time location system</i>	
MAIKE K. WILL, KATHRIN BÜTTNER, TOBIAS KAUFHOLZ, CHRISTINE MÜLLER-GRAF, THOMAS SELHORST, JOACHIM KRIETER	204
Erfassung von Aktivitäts- und Verhaltensmustern von Mastschweinen anhand eines UHF-RFID Systems <i>Recording of behavior and activity patterns of growing-finishing pigs based on a UHF-RFID system</i>	
ANITA KAPUN, FELIX ADRIAN, MONIKA TOMALLA, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH	210
Tierortung mit dem neuen Low-Power-Funkstandard LoRa <i>Animal tracking using the new Low-Power Radio Standard LoRa</i>	
DANIEL FRÜH, CHRISTINA UMSTÄTTER	216
Einsatz von GPS- und Beschleunigungssensordaten zum Verhaltens- monitoring bei Rindern auf der Weide <i>Using GPS and accelerometer data to monitor behaviour of cattle on pasture</i>	
JAN MAXA, STEFAN THURNER, MIRIAM KÄSS, GEORG WENDL	222
Automatisch erfasste Leistungs- und Verhaltensparameter als Risikofaktoren in einem Vorhersagemodell für Lahmheit bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh <i>Automatically recorded performance and behavior data as risk factors in a lameness prediction model for simmental cattle</i>	
KATHARINA SCHINDHELM, BERNHARD HAIDN, MARLENE TREMBLAY, DÖRTE DÖPFER	228

Lauf- und Gangbildanalysen bei Milchkühen zur Erkennung von Lahmheiten <i>Running and gait analyzes in dairy cows for lameness detection</i> JOHANNA ZILLNER, NICOLE TÜCKING, SUSANNE PLATTES, WOLFGANG BÜSCHER	234
Bestimmung grundlegender Kenngrößen zur Weiterentwicklung eines Steuerungsmoduls zur autonomen Führung eines Entmistungs-, Liegeboxenreinigungs- und Einstreugerätes <i>Determination of basic parameters for the further development of a control unit of the autonomous guidance of manure removal-, cubicle cleaning- and bedding machine</i> CAROLIN HOHMANN, CHRISTINA STRAUSS, BERNHARD HAIDN, HEINZ BERNHARDT	240
Bedeutung des Futteranschubens anstelle einer automatischen Futtervorlage für das Futteraufnahme- und Ruheverhalten von Milchkühen in einem AMS-Betrieb <i>Importance of feed pushing instead of automatic feed delivery for feeding and lying behaviour of dairy cows in an AMS-farm</i> ROSEMARIE OBERSCHÄTZL-KOPP, BERNHARD HAIDN, RUDOLF PEIS, KLAUS REITER, HEINZ BERNHARDT	246
Untersuchungen zum Einsatz von Sensoren zur Beurteilung der Pansen-gesundheit von Milchkühen <i>Studies on the use of sensors classifying rumen health</i> ELISABETH GERSTER, MARINA KLINGENSTEIN, SZILARD MOZES, THOMAS JILG, PETER THEOBALD, MARKUS RODEHUTSCORD	252
Entwicklung eines intelligenten Weidemanagementsystems mit moderner Informations- und Kommunikationstechnologie <i>Development of an intelligent pasture management system with modern Information and Communication Technology (ICT)</i> BENJAMIN SEIFERTH, STEFAN THURNER, ANJA GAIN, ZOLTAN GOBOR	258
agriProKnow – Prozessbezogenes Informationsmanagement in Precision Dairy Farming <i>agriProKnow – process-oriented information management in precision dairy farming</i> MARTIN WISCHENBART, DANA TOMIC, MICHAEL IWERSEN, MICHAEL SCHREFL, VALENTIN STURM	264
Evaluation of the MooMonitor+ as a measurement technology of cow grazing behaviour on pasture-based systems <i>Evaluierung des MooMonitor+ als Messinstrument des Fressverhaltens bei Kühen in der Weidehaltung</i> JESSICA WERNER, LORENZO LESO, CHRISTINA UMSTÄTTER, MATTHIAS SCHICK, BERNADETTE O'BRIEN	270

Vergleich von LF- und UHF-RFID bei der Erkennung von Mastschweinen an einem Beschäftigungsgerät <i>Comparison of LF- and UHF-RFID for detection of growing-finishing pigs at a playing device</i> FELIX ADRIAN, ANITA KAPUN, FLORIAN ECKERT, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH	276
Untersuchungen zur automatischen Brunsterkennung bei Jungsauen <i>Investigations on automatic detection of heat in gilts</i> STEFFEN HOY, JAN HARTH, WILFRIED BREDE, BIRGIT HINRICHS, CARMEN WEIRICH	282
Impacts of genetic line, gender and season on feeding behavior of grow-finish swine <i>Einfluss von Genetik, Geschlecht und Jahreszeit auf das Fressverhalten von Mastschweinen</i> AMANDA J. CROSS, TAMI M. BROWN-BRANDL, GARY A. ROHRER	288
Automatische Fütterung – Praxiserhebungen zu Wartungen und Reparaturen <i>Automatic Feeding – Practice surveys on maintenance and repairs</i> CLAUDIA LEICHER, ANNA STÜLPNER, BERNHARD HAIDN	294
Validierung der kontaktlosen Körpertemperaturmessung an Rinderaugen <i>Validation of the non-contact body temperature measurement on bovine eyes</i> BERNADETTE FRANZISKA EVESLAGE-RÜTER, GESCHE CLAUSSEN, ENGEL F. HESSEL	299
Entwicklung einer App (Application software) für die betriebliche Eigenkontrolle unter besonderer Berücksichtigung von Tierwohlkriterien in der Ferkelaufzucht <i>Development of an App (Application software) for the self-monitoring with special consideration of animal welfare criteria in piglet rearing</i> MARTIN ZIRON, JULIA FIENE	305
Untersuchung zur Auswahl von Kriterien für eine App-basierte tägliche Tierkontrolle als Controllinginstrument in der Mastschweinehaltung unter Praxisbedingungen <i>Investigation concerning the selection and use of criteria for an app-based daily animal control as a controlling instrument for fattening pigs under practical conditions</i> NELE BIELFELDT, SONJA DONICHT, URBAN HELLMUTH	310

Melktechnik / Milking systems

- Bewertung der Zitzenmorphologie durch hochauflösende Ultraschall-
technik: Etablierung neuer Messparameter zur Beurteilung des
Melkprozesses
*Evaluation of teat morphology by using high-resolution ultrasound:
Establishing new measurement parameters to assess the milking process*
LISETT MARTIN, CHRISTINE STÖCKER, WOLFGANG BÜSCHER,
UTE MÜLLER 316
- Entwicklung einer Labormethode zur Beurteilung der Zitzenreinigungs-
leistung von Automatischen Melksystemen
*Development of a laboratory method for the evaluation of the teat
cleaning efficiency of AMS*
SUSANNE GÄCKLER, ASTRID KÜVER, MARTINA MÜLLER, FELIX ADRIAN,
EVA GALLMANN, WOLFGANG BÜSCHER 322
- Auswirkung von verschiedenen Durchflussleistungen der Vakuumpumpe
auf das Vakuumverhalten in Melkanlagen
*Effect of different vacuum pump capacities on vacuum behavior in
milking systems*
PASCAL SAVARY, MALTE GLOY, MATTHIAS SCHICK, EVA GALLMANN 328
- Entwicklung eines Milchmengenmessgeräts für kleine Milchflüsse
Development of a milk meter for small milk flows
ULRICH STRÖBEL, SARAH JAHN, ANDREAS SCHIMMANG, STEFFEN MANIG,
JÜRGEN BRUNDISCH, MARIE KEMPA, CHRISTIAN AMMON 334
- Überwachung der Eutergesundheit im automatischen Melkkarussell
DeLaval AMR™ durch die Anwendung eines speziellen Mastitis-
Erkennungsindex (MDi)
*Detection of udder health disorders by using a specialized index (MDi)
in the DeLaval Automatic Milking Rotary AMR™*
MARTIN WIEDEMANN, MIRIAM WEBER 340

Emissionen / Emissions

- A cubicle based measurement system in a dairy barn for measuring
methane production of cows
JOEP (H. J. M.) TUMMERS, PETER (P. W. G.) GROOT KOERKAMP,
NICO (N. W. M.) OGINK 346
- A combined measuring and modelling approach to evaluate ammonia
emission from dairy cow housing systems
*Ein kombinierter Mess- und Modellierungsansatz zur Bewertung der
Ammoniakemissionen von Milchviehlaufställen*
DENNIS SNOEK, PETER GROOT KOERKAMP, NICO OGINK 352

Erfassung gasförmiger Emissionen in Auslaufflächen eines Jungviehstalles mittels aktiver Probenahmehaube <i>Detection of gaseous emissions in open yards of young cattle barn using an active sampling hood</i> TATJANA WINTER, STEFAN LINKE	358
NH ₃ and GHG emission measurements in naturally ventilated cattle housing using a tracer ratio method: Validation for CH ₄ <i>Bestimmung der NH₃- und THG-Emissionen frei belüfteter Rindviehställe mittels Tracer-Ratio-Methode: Validierung für CH₄</i> KERSTIN ZEYER, MARGRET KECK, SABINE SCHRADER, JERNEJ POTEKO, JOACHIM MOHN	364
Planbefestigte Laufflächen mit Quergefälle und Harnsammelrinne: Erste Ergebnisse zu Ammoniak-Emissionen bei Winterbedingungen <i>Solid floors with slope and urine-collecting gutter: initial results from ammonia emissions at winter conditions</i> SABINE SCHRADER, JERNEJ POTEKO, KERSTIN ZEYER, JOACHIM MOHN, MICHAEL ZÄHNER	370
Wirkung eines Ureaseinhibitors auf die Ureaseaktivität zur Minderung von Ammoniakemissionen in der Milchviehhaltung <i>Effect of urease inhibitor on urease activity to reduce ammonia emissions in dairy farming</i> FRAUKE HAGENKAMP-KORTH, EBERHARD HARTUNG, ANGELIKA HÄUSSERMANN	376
Abscheidung von Ammoniak in neuartigen Biofilter-Systemen <i>Ammonia separation in novel bio filter systems</i> JOCHEN HAHNE	382
Lärm(Konflikt)quelle Stall – Veränderungen durch Offenställe <i>Noise (conflict) source barn – changes by loose barns</i> WALTER LÜCKING, TORSTEN MAHLER, KATHRIN MEYER, RENÉ PÖNISCH	388
Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkungen der Nutztierhaltung – Projekt EmiDaT <i>Emission data for assessing the environmental impact of livestock – project EmiDaT</i> BRIGITTE EURICH-MENDEN, ULRIKE WOLF, EVA GALLMANN	394
Untersuchungen zum Einfluss von Futterzusatzstoffen auf die Reduktion von Methan- und Ammoniak-Emissionen aus der Milchviehhaltung im Praxismaßstab <i>Investigations on the influence of feeding additives to reduce emissions of methane and ammonia from dairy farming in practice</i> ALEXANDER J. SCHMITHAUSEN, MANFRED TRIMBORN, WOLFGANG BÜSCHER	400

Kombinierte Abluftreinigung aus einem Legehennenstall zur Minderung von Staub, Ammoniak und Geruch <i>Combined exhaust air treatment at a laying hen barn for mitigation of dust, ammonia and odour</i>	
CAROLINA STROHMAIER, SVEN KÜNNEN, BERND DIEKMANN, WOLFGANG BÜSCHER	406
Verification of emission-reducing procedures in naturally ventilated cow houses by using optimised measurement methods – Revision of the VERA test protocol “Housing Systems” <i>Verifizierung von emissionsmindernden Verfahren in Rinderställen durch optimierte Messmethoden in freibelüfteten Ställen – Revision des VERA Testprotokolls „Tierhaltungssysteme“</i>	
IRIS BECKERT AND VERA COMMISSION: ANDERS PETER S. ADAMSEN, PETER DEMEYER, EVA GALLMANN, EWALD GRIMM, EBERHARD HARTUNG, SABRINA HEMPEL, PETER KAI, JULIO MOSQUERA, NICO OGINK, PAUL ROBIN, BJARNE SCHMIDT BJERG	411
Untersuchungen im Grenzschichtwindkanal zur Auswirkung von Depositionsbarrieren im Lee eines Außenklimastalls für Milchvieh <i>Investigations on the impact of deposition barriers downwind an outdoor climate house for dairy cows using an atmospheric boundary layer wind tunnel</i>	
KATJA BONKOSS, MARCEL KÖNIG, THOMAS AMON, STEFAN NESER	416
Reduzierung der Emissionsfaktoren in der Geflügelhaltung beim Einsatz zertifizierter Abluftreinigungsanlagen <i>Reduction of emission factors in poultry keeping when using certified exhaust air cleaning systems</i>	
VOLKER SIEMERS	422
Stickstoffverluste bei der Lagerung der festen Phase separierter Wirtschaftsdünger <i>Nitrogen-losses during storage of the solid phase of separated organic fertilizers</i>	
FLORIAN EBERTSEDER, FABIAN LICHTI	428

Stallklima und Energie / Barn climate and energy

Entwicklung eines innovativen, nachrüstbaren Moduls zur Luftkonditionierung zur Optimierung der Stallluftqualität in Schweineställen <i>Development of an innovative, retrofittable module for air conditioning to optimise the stable air quality in pig stables</i>	
HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL	433

Praktischer Einsatz eines Tauschwäschers zur Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung in der Schweinehaltung <i>Practical use of an exchange scrubber for heat recovery and exhaust air cleaning in pig farming</i>	
MANUEL S. KROMMWEH, WOLFGANG BÜSCHER	439
Monitoring of dust concentration in poultry houses using broiler activity and ventilation rate	
ALBERTO PEÑA FERNÁNDEZ, QIN TONG, ALI YOUSSEF, TOMAS NORTON, THEO DEMMERS, DANIEL BERCKMANS	445
Simulationen des Einflusses von baulichen Maßnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Milchviehställen <i>Simulation of the influences of structural measures on the reduction of heat stress in dairy farms</i>	
PETER STOETZEL, JOCHEN SIMON	451
Stromverbrauchsmessungen auf landwirtschaftlichen Praxisbetrieben und Entwicklung eines Prognoseprogramms zum Strombedarf inklusive der Einbindung regenerativ erzeugter Energie in das betriebliche Lastprofil <i>Energy consumption measurements on practical agricultural farms and development of a forecast application on the electricity demand including the integration of regenerative generated energy in the operational load profile</i>	
JOSEF NEIBER, STEFAN NESER	457

Systembewertung und Verbraucherakzeptanz / System evaluation and consumer acceptance

Use of extended characteristics of locomotion and feeding behavior for automated identification of lame dairy cows <i>Verwendung erweiterter Merkmale des Fortbewegungs- und Fütterungs- verhaltens für die automatisierte Erkennung von lahmen Milchkühen</i>	
GIAN BEER, MAHER ALSAOD, ALEXANDER STARKE, GERTRAUD SCHUEPBACH-REGULA, HENDRIK MÜLLER, PHILIPP KOHLER, ADRIAN STEINER	463
Überprüfung der Eignung eines Aggregationssystems für die Bewertung von Tierwohl <i>Assessment of a multi-criteria aggregation system for measuring animal welfare</i>	
IRENA CZYCHOLL, JOACHIM KRIETER	467

Vergleichende Erhebungen tierbezogener Indikatoren zur Erfassung von Verhaltensabweichungen bei konventionellen Legehybriden und Zweinutzungshühnern <i>Comparative collection of animal based indicators for the assessment of behavioural problems in conventional layer hybrids and dual purpose breeds</i>	MONA F. GIERBERG, BIRGIT SPINDLER, NICOLE KEMPER	473
Transparenz schafft Vertrauen – Ergebnisse der Besucherbefragungen auf Geflügelbetrieben <i>Transparency creates trust – Results of the visitor's survey on poultry farms</i>	DESIREE HEIJNE	479
Einstellungen von Landwirten und Verbrauchern zu Technik in der Nutztierhaltung vor und nach gemeinsamen Gruppendiskussionen <i>Attitudes of farmers and consumers about technology in livestock farming before and after joint group discussions</i>	CHRISTIANE WILDRAUT, MARCUS MERGENTHALER	485
Bewertung von Zielkonflikten in der Schweinehaltung durch Verbraucher <i>Evaluation of trade-offs in pig production by German citizens</i>	WINNIE ISABEL SONNTAG, MARIE VON MEYER-HÖFER, LISA MARIE LUDOLPH, ACHIM SPILLER	491

Anhang / Annex

Autorenindex <i>Index of authors</i>	497
Chronik <i>Chronicle</i>	501

Weidegang und stallbasiertes automatisches Melken im ökologischen Landbau

Pasture and indoor-based automatic milking in biological farming systems

UWE EILERS¹, MAXIMILIANE LANDWEHR², MARINA BÜHLER³, LARISSA MERZ³,
MONIKA KRAUSE³, FELIX ADRION³, HEINZ BERNHARDT²

¹ Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Rinderhaltung Aulendorf, Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf; uwe.eilers@lazbw.bwl.de

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

³ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

Zusammenfassung

Zur Systembeschreibung und -bewertung wurden 25 Milchviehbetriebe in Bayern und Baden-Württemberg mit automatischem Melksystem und Weidegang analysiert. Die Datenerhebung erfolgte neben einem Betriebsbesuch mit Interview durch Generierung von Kennzahlen der Auslastung des automatischen Melksystems (AMS) und Auswertung von Daten der Milchleistungsprüfung (MLP). Die Umsetzung des Weide-AMS-Systems erfolgt je nach betrieblichen Gegebenheiten sehr unterschiedlich, z.B. hinsichtlich der täglichen Zugangsdauer zur Weide, die zwischen 3 und 24 Stunden variiert. Die meisten der untersuchten Betriebe erreichen aufgrund relativ niedriger Bestandsgröße und Milchleistung keine volle Auslastung des AMS. Einzelnen Betrieben der Stichprobe gelingt jedoch die Vereinbarung der Ziele des ökologischen Landbaues sowie der Ökonomie. Diese können als Pilotbetriebe für die Formulierung von Beratungsempfehlungen dienen.

Summary

In order to describe and evaluate systems of automatic milking and pasture 25 dairy farms in Baden-Wuerttemberg and Bavaria were analyzed. Data was generated by visiting and interviewing the farmers, the retrieval of Automatic-Milking-System (AMS) parameters and the analysis of milk yield data. Pasture-AMS-systems are used very differently due to the operational conditions of each farm, e. g. the daily access time to pasture varies from 3 to 24 hours. Most of the farms do not achieve a full workload of AMS. However, individual farms reach the requirements in terms of ecology and economy. These could be suitable to formulate references for test-farms.

1 Einleitung und Zielsetzung

Weidegang und automatisches Melken sind in der Milcherzeugung Süddeutschlands zwei starke Trends, die vermehrt Verbreitung in der Praxis finden. Der erfolgreiche Einsatz von AMS ist stark davon abhängig, dass die Kühe in möglichst gleichmäßigen Intervallen zum Melken gehen. Bei ausgedehntem Weidegang ist es nötig, Anreize zu schaffen, damit die Kühe freiwillig in den Stall kommen, um die angestrebten Melkungen je Kuh und Tag zu realisieren. Im Rahmen des Projektes „Optimierung des Systems Weidegang und automatisches Melken im ökologischen Landbau“ des LAZBW wurden entsprechende Betriebe baden-württembergischer und bayerischer Milcherzeuger bezüglich ihrer aktuellen praktischen Umsetzung untersucht. Aus der Status-quo-Erhebung und Bewertung der Systeme sollen Best-Practice-Empfehlungen für den ökologischen Landbau abgeleitet werden, die den Zielkonflikt zur Ökonomie möglichst gut auflösen.

2 Material und Methoden

An der Untersuchung nahmen 12 Milchviehhalter in Baden-Württemberg (Bühler 2016) und 15 Betriebe in Bayern (Landwehr 2016) teil, die schwerpunktmäßig in den Regionen Oberschwaben/Allgäu und Oberbayern ansässig sind. Mithilfe eines Fragebogens wurde im Rahmen eines Betriebsbesuches das Weide-, Fütterungs- und Arbeitsmanagement erfasst. Hinzu kam rückwirkend die Generierung von Leistungsparametern aus dem AMS. Die AMS-Daten wurden in eine Stall- und eine Weidesaison unterteilt, um den Saison effekt auf die technische Auslastung des AMS herauszuarbeiten. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikpaket SAS 9.4 und der Prozedur MIXED. Die Systembeschreibungen und Ergebnisse der baden-württembergischen Betriebe wurden zudem im Rahmen einer Nutzwertanalyse mit einem selbstentwickelten Bewertungssystem hinsichtlich der Umsetzung der Vorgaben und Ideen des ökologischen Landbaues beurteilt. Außerdem erfolgte eine ökonomische Bewertung der einzelbetrieblichen Systeme auf Grundlage von Kalkulationsdaten. Dabei wurden die Kosten für das Melksystem (AMS im Vergleich zu Melkstand) sowie für die Fütterung (Weidegras im Vergleich zu Stallfütterung mit Grünfutter, Grassilage und Heu bzw. nur Grünfutter und Heu) als maßgebliche Kostenblöcke des Systems berücksichtigt.

3 Ergebnisse

3.1 Betriebe und Leistungen

Die Struktur und Milchleistungen der Projektbetriebe gibt Tabelle 1 wieder. Zwei Betriebe in Baden-Württemberg wirtschaften konventionell, alle anderen nach den Vorgaben des ökologischen Landbaues. In 15 Betrieben sind die Kühe hornlos, in den anderen mindestens zum Teil horntragend. Das vorherrschende Stallsystem ist der Liegeboxen-

laufstall, lediglich zwei Betriebe in Baden-Württemberg besitzen einen Kompostierungsstall mit freier Liegefläche.

Tab. 1: Struktur und Milchleistung der untersuchten Milchviehbetriebe (n = 25)

Tab. 1: Structure and milk output of the investigated dairy farms (n = 25)

	Mittelwert	Spanne
Kühe, Anzahl (30.09.2015)	68	31–192
Milchleistung, kg (MLP 2015)	6.827	4.557–9.053
Weidefläche für Kühe gesamt, ha	7,7	1,0–15,0
Weidefläche je Kuh, ha	0,12	0,02–0,28

3.2 Systeme

24 der 25 Betriebe, deren AMS-Daten mindestens zum Teil ausgewertet werden konnten, besitzen eine Ein-Boxen-AMS-Anlage. Ein Betrieb mit einem Kuhbestand von 192 Kühen, betreibt eine Drei-Boxen-Anlage mit einem Melkarm der Firma GEA. Unter den Ein-Boxen-Anlagen befinden sich 12 Systeme der Firma DeLaval, 10 von Lely und je eines der Firmen GEA und Insentec/Happel. Die Melksysteme wurden zwischen den Jahren 2009 und 2016 in Betrieb genommen. In Tabelle 2 sind weitere Charakteristika der untersuchten Weide-AMS-Systeme enthalten.

Tab. 2: Kennzeichen der Weide-AMS-Systeme in den untersuchten Milchviehbetrieben (n = 25)

Tab. 2: Indicators of the pasture-AMS-systems of the investigated dairy farms (n = 25)

System-Komponente		Anzahl Betriebe
AMS-Kuhverkehr	Frei	19 ¹⁾
	Feed first	6
Tägliche Zugangsdauer zur Weide	≤ 5 Stunden	12
	> 5 bis 12 Stunden	4
	> 12 Stunden	9
Steuerung Weidezugang	Frei	14 ²⁾
	Selektiv (automatisiert)	8
	Geblockt ³⁾	5 ²⁾
Weide-Flächenwechsel	Nein	11
	Ja	14
Regelmäßige Kraftfuttermittelvorräte am Futtertisch	Nein	8
	Ja	17

¹⁾ Davon einer mit Vorselektion.

²⁾ Zwei Betriebe mit freiem und geblocktem Weidezugang, je nach genutztem Weideteilstück.

³⁾ Aussperren der gesamten Herde auf die Weide, da vom jeweiligen Weidestück aufgrund eines Hindernisses (z. B. öffentlicher Weg, Straße) keine direkte Verbindung zum Stall besteht.

Alle Betriebe füttern täglich Grundfutter im Stall zu. Auf 14 Betrieben kommt dabei eine Totale-Misch-Ration (TMR), d. h. inklusive Kraftfutterkomponenten, zum Einsatz. Die vorherrschenden Weidesysteme sind Kurzrasen-, Umtriebs- und Portionsweide. Zwei Betriebe praktizieren Standweide. Die maximal eingesetzten Kraftfuttermengen je Kuh und Tag betragen 4 bis 10 kg über das AMS als Lockfutter und ggf. am Futtertisch.

3.3 AMS-Leistungen und Saisoneffekt

Im Mittel der Projektbetriebe werden 1.044 kg Milch je Melkbox und Tag ermolken. Die technische Auslastung des AMS liegt bei 66 %, mit durchschnittlich 48 melkenden Kühen.

Die statistische Analyse ergab für alle AMS-Parameter in Tabelle 3 einen signifikanten Effekt der Saison. Jedoch konnte für keinen der vier definierten Weideparameter (Zugang/Selektion, Weidesystem, Weidefläche je Kuh und tägliche Weidezugangsdauer) ein signifikanter Einfluss auf die Kennzahlen des AMS festgestellt werden. Ein Zugewinn an Information wurde im Modell auf die Zielvariable Anzahl Melkungen je Kuh und Tag durch die tägliche Weidezugangsdauer und das Weidesystem gefunden. Somit führen eine zunehmende Weidezugangsdauer und die Weidesysteme Kurzrasen-/Joggingweide (im Vergleich zu Umtriebs-/Portionsweide) zu mehr Melkungen je Kuh und Tag.

Tab. 3: Saisoneffekt ausgewählter AMS-Parameter über alle Betriebe (Merz 2016)

Tab. 3: *Seasonal effect of selected AMS-parameters across all farms (Merz 2016)*

Parameter	Weidesaison	Stallsaison	Differenz Weide-Stall
Milchmenge/Box und Tag	1.036 kg	1.010 kg	+ 2,49 %
Technische Auslastung	61 %	64 %	- 3,98 %
Melkungen/Kuh und Tag	2,46	2,5	- 1,6 %
Milchmenge/Kuh und Tag	21,3 kg	20,7 kg	+ 3,1 %

3.4 Bewertung von Ökologie und Ökonomie

Die Bewertung der 12 baden-württembergischen Betriebe nach Kriterien des ökologischen Landbaues in den Bereichen Weidegang, Stall, Management und Ökonomie (Melktechnik und Futterkosten) hat gezeigt, dass das ökonomische Ziel, die Mehrkosten für das AMS durch die Ersparnis von Futterkosten durch Weidegang auszugleichen, lediglich zwei Betriebe erreichen. Drei Betrieben gelingt die Kombination aus Ökonomie und Ökologie vergleichsweise gut.

4 Diskussion

Den meisten der untersuchten Betriebe gelingt es nicht, das AMS nach konventionellen Gesichtspunkten auszulasten. Die Ursachen dafür liegen in einem geringeren Milchleistungsniveau sowie einem kleineren Milchkuhbestand. Der Weidegang an sich führt in diesen Betrieben im Mittel zwar zu einer geringfügig geringeren technischen Auslastung, allerdings erhöht sich die Milchleistung und somit die Menge an ermolkenen Milch je Melkstation und Tag gegenüber der Stallperiode. Dadurch trägt der Weidegang nicht zu ökonomischen Nachteilen im Mittel der Betriebe bei. Die kalkulatorisch festgestellten ökonomischen Vorteile eines hohen Weidegrasanteiles in der Futterration wurden konkret unter den Bedingungen eines stallbasierten AMS durch Brocard et al. (2015) bestätigt.

Die Mittelwerte der AMS-Parameter kommen durch relativ große Bandbreiten auf einzelbetrieblicher Ebene zustande. Diese sind unter anderem durch die großen Unterschiede in der Struktur und Milchleistung (Tab. 1) sowie der Umsetzung des Weide-AMS-Systems (Tab. 2) bedingt. Als Best-Practice-Beispiele eignen sich am ehesten Systeme, die das Potenzial haben, gleichermaßen die Ziele des ökologischen Landbaues und der Ökonomie zu erfüllen. Eilers (2017) hat Eckpunkte dazu formuliert. Aus der untersuchten Stichprobe, die die süddeutschen Verhältnisse repräsentiert, entsprechen diesen am ehesten die Betriebe D, L, 3 und 9. Deren Weide-AMS-Systeme sind mit einigen Kennzeichen in Tabelle 4 dargestellt.

Hinweise für die erfolgreiche Gestaltung der Systeme geben auch Philipsen et al. (2015).

Tab. 4: Weide-AMS-Systemkennzeichen ausgewählter Betriebe

Tab. 4: *Pasture-AMS-System indicators selected farms*

Betrieb	D ¹⁾	L	3	9
AMS-Auslastung, % (So./Wi.)	74/73	73 (So.)	72/67	77/80
Kühe, Anzahl	82	74	65	56
Milchleistung, kg/a	7.197	7.270	6.400	6.803
AMS-Kuhverkehr	Feed first	Frei	Frei	Frei
Weidefläche, ha/Kuh	0,06	0,09	0,12	0,06
Zugangsdauer, h/Tag	14	5	8	24 (So.)
Weidezugangsart	2 dez. Tore	Frei	Frei	Dez. Tor
Weidesystem	Umtrieb	Kurzrasen/Umtrieb	Portion	Kurzrasen/Umtrieb
Flächenwechsel	Ja	Ja	Ja	Nein
Futtermvorlage im Stall	8:00 TMR	13:00 u. 17:00 getrennt	7:00 u.16:30 getrennt	10 x TMR
Max. KF-Menge kg/Kuh und Tag	7	6	7	6

¹⁾ Konventionell wirtschaftender Betrieb.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Erfolg von Weide-AMS-Systemen hängt stark von den einzelbetrieblichen Gegebenheiten ab. Einzelnen Betrieben kann es gelingen, mit den Kostenvorteilen des Weideganges die Mehrkosten für ein AMS zu decken. Folgende Grundvoraussetzungen und förderliche Maßnahmen sichern diesbezüglich den Erfolg des Systems: Weidefläche mit direktem Anschluss an den Stall, Weideflächenwechsel/Portionsweide (Lyons et al. 2013), intakte, tiergerechte Verbindungswege zwischen Weide und Stall, selektive Steuerung des Zugangs zur Weide, freier Zugang von der Weide in den Stall mit Rücklaufsperr, attraktives Kraftfutter als Lockfutter im AMS, täglich regelmäßig attraktives Futter am Trog, keine Zufütterung auf der Weide, Anpassung der Besatzstärke und täglichen Weidezeit an die vorhandene Weidefläche bzw. das verfügbare Weidegrasangebot.

Ähnlich den Konzepten von Philipsen et al. (2015) sollen in Zusammenarbeit mit der HBLFA Raumberg-Gumpenstein aus den Ergebnissen dieser Studie Beratungsempfehlungen für die betrieblichen Strukturen in Süddeutschland und Österreich formuliert werden. Dazu ist eine Definition von Pilotbetrieben nötig, die einer tiefergehenden Analyse, z.B. der genauen AMS-Einstellungen, des Zufütterungs- und Weidemanagements, unterzogen werden sollen. Darüber hinaus sollten sich weitere Forschungsarbeiten z.B. mit der Frage der tatsächlichen Aufenthaltsdauer der Kühe auf der Weide oder des konkreten Effektes von selektivem gegenüber freiem Weidezugang auf die AMS-Parameter beschäftigen. Relevant ist auch die Erforschung von Strategien, die durch eine Belohnung nach dem Melken helfen, den Kraftfutteraufwand zu reduzieren.

Literatur

- Brocard, V.; Huneau, T.; Huchon, J.-C.; Dehedin, M. (2014): Combining robotic milking and grazing. Grassland Science in Europe, Vol. 19 – EGF at 50: the Future of European Grasslands. Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation Aberystwyth, Wales 7.-11. September 2014
- Bühler, M. (2016): Optimierung des Systems Weidegang und automatisches Melken für Milchkühe im ökologischen Landbau. Master-Thesis, Universität Hohenheim, Stuttgart
- Eilers, U. (2017): Weidegang und automatisches Melken. Workshop am 29.03.2017, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf
- Landwehr, M. (2016): Weidegang und automatisches Melken im ökologischen Landbau - Status Quo-Analyse am Beispiel bayerischer Milcherzeuger. Master-Thesis, Technische Universität München, Weihenstephan
- Lyons, N.A.; Kerrisk, K.L.; Garcia, S.C. (2013): Comparison of two systems of pasture allocation on milking intervals and total daily milk yield of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. Journal of Dairy Science 96, 4494-4504
- Merz, L. (2016): Bewertung des Systems Weidegang und automatisches Melken im ökologischen Landbau. Master-Thesis, Universität Hohenheim, Stuttgart
- Philipsen, B.; Derks, T.; de Leeuw, S.; Cornelissen, J. (2015): Roboter und Weide. Fünf Konzepte für Melkroboter und Weidegang. Stichting Weidegang, Wageningen

Einfluss von Fressplatzabtrennungen auf Platzverhältnisse und Fressplatzwahl von Milchkühen

Effect of feed stalls on space conditions and feeding place selection in dairy cows

JOAN-BRYCE BURLA¹, MONIKA SIEBENHAAR¹, MICHAEL ZÄHNER², LORENZ GYGAX¹, BEAT WECHSLER¹

¹ Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz; joan-bryce.burla@agroscope.admin.ch

² Wiederkäuer, Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

In der Praxis werden üblicherweise Fressplatzabtrennungen eingesetzt, welche die Ausrichtung der Kühe im Rumpfbereich steuern. Eine Alternative bietet das auf Beinhöhe angebrachte FlexStall-Kunststoffrohr. Die Studie untersuchte in zwei Gruppen à 20 Milchkühen, welchen Einfluss die Anbringung von FlexStall an jedem zweiten (einseitig) und jedem (beidseitig) Fressplatz, im Vergleich zur Kontrolle ohne Fressplatzabtrennungen, auf das Verhalten der Kühe hat. Der Anteil der Beobachtungszeit während dem die Kühe in Kontakt mit den FlexStall waren, stieg von 5 % bei einseitiger auf 20 % bei beidseitiger Anbringung an. Der Anteil des Kontakts mit Nachbarkühen lag ohne Fressplatzabtrennungen sowie bei einseitiger Abbringung bei rund 45 % und stieg bei beidseitiger Anbringung auf 55 % an. Der Anteil gleichzeitig fressender Kühe und die Wahl des Fressplatzes wurden durch die Versuchsbedingungen nicht beeinflusst. Die Kühe fraßen bevorzugt an einem Fressplatz ohne Nachbarinnen. Die Anzahl Verdrängungen war bei ein- und beidseitig angebrachten FlexStall deutlich niedriger als ohne Fressplatzabtrennungen.

Summary

Feed stall partitions typically in use control the orientation of the cows at the trunk. As an alternative, the FlexStall plastic pipes are installed on leg height. This study investigated the effects of FlexStalls installed at every other (one-sided) or every (both-sided) feeding place, compared to a control without partitions, on cow behavior in two groups of 20 dairy cows. The proportion of observation time during which the cows were in contact with the FlexStalls increased from 5 % with one-sided to 20 % with both-sided installation. The proportion of contact with neighboring cows was about 45 % without partitions as well as with one-sided installation and increased to 55 % with both-sided installation. The proportion of simultaneously feeding cows and the choice of feeding place were not affected by the treatments. In general, cows preferred feeding places without neighboring cows. The number of displacements was markedly lower with one- and both-sided installed FlexStalls compared to the condition without partitions.

1 Einleitung

Fressplatzabtrennungen für Milchkühe bringen, in Kombination mit einem Podest im Fressbereich (Abb. 1), verschiedene Vorteile mit sich. Neben einer verbesserten Klauengesundheit durch sauberere Standflächen (Bergsten, 2004) sollen häufigere Mistschieber-Fahrten (Weiske et al., 2006) im Laufbereich hinter dem Podest die Emissionen reduzieren, ohne dass die Tiere dadurch beim Fressen gestört werden. Zudem führen sie zu weniger Verdrängungen, was mit einer höheren Fressdauer verbunden ist (Benz et al., 2014; DeVries und von Keyserlingk, 2006).



Abb. 1: Versuchsbedingung mit beidseitig an jedem Fressplatz angebrachten FlexStall

(© Joan-Bryce Burla)

Fig. 1: Treatment with FlexStalls installed both-sided at each feeding place

(© Joan-Bryce Burla)

In der Praxis werden verschiedene Typen von Trennbügeln als Fressplatzabtrennungen eingesetzt. Diese steuern die Ausrichtung der Kühe und definieren die Fressplatzbreite. Die meisten Typen befinden sich im Rumpfbereich der Kühe und definieren die Fressplatzbreite an jener Stelle, an welcher der Kuhkörper am breitesten ist. Eine Alternative dazu bietet das flexible FlexStall-Kunststoffrohr (Ø 7,5 cm, Cow-Welfare S/A, Dänemark), welches auf Beinhöhe angebracht wird (Abb. 1).

Die vorliegende Studie untersuchte, wie häufig Kühe in Abhängigkeit von der Fressplatzbreite (lichte Weite) mit den FlexStall sowie mit Nachbarinnen in Kontakt kommen. Hierfür wurden FlexStall im Experiment ein- oder beidseitig am Fressplatz angebracht. Als Kontrolle diente eine Variante ohne Fressplatzabtrennungen. Zusätzlich wurde erfasst, ob sich die Versuchsbedingungen auf die Wahl des Fressplatzes und die Häufigkeit von Verdrängungen vom Fressplatz auswirken.

2 Material und Methoden

Die Studie wurde im Emissionsversuchsstall der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon mit zwei Gruppen à 20 Milchkühen durchgeführt. Die Zusammensetzungen der Gruppen waren bezüglich Rasse (Brown Swiss, Fleckvieh), Laktationsnummer und Laktationsstadium (1./2./3. Drittel) ausbalanciert und repräsentierten typische Schweizer Milchviehherden. Der Versuchsstall verfügte über zwei identische, spiegelbildlich angeordnete Laufstall-Abteile mit je 20 Liegeboxen und 20 Fressplätzen entlang einer Fressachse mit Selbstfang-Fressgitter. TMR wurde ad libitum zur Abendmelkung abgeladen und anschließend alle 30 min automatisch vorgeschoben.

In beiden Gruppen wurden drei Versuchsbedingungen in unterschiedlicher Reihenfolge getestet. Die Fressplatzbreite variierte zwischen den Versuchsbedingungen in der lichten Weite:

- „ohne Fressplatzabtrennungen“ (Kontrolle): 78,0 cm,
- „FlexStall einseitig“, Anbringung an jedem zweiten Fressplatz: 74,25 cm,
- „FlexStall beidseitig“, Anbringung an jedem Fressplatz: 70,5 cm (Abb. 1).

Nach jeweils 2-wöchiger Angewöhnung wurden während vier Tagen Daten erhoben. An den Tagen 1 und 2 wurden die Kühe jeweils morgens und abends zu den Hauptfresszeiten nach dem Melken für 45 min im Fressgitter eingesperrt. Während dieser Zeit wurde jede Kuh zweimal während 5 min von hinten beim Fressen gefilmt. Mittels der Software INTERACT® für Verhaltensbeobachtungen (Mangold International GmbH, Arnstorf, Deutschland) wurden anschließend die Kontaktfrequenz und -dauer mit den FlexStall und den Nachbarkühen erhoben. An den Tagen 3 und 4 wurde der Futtertisch kontinuierlich von oben gefilmt und alle 15 min die fressenden Kühe ohne, mit einer und mit zwei Nachbarinnen gezählt. Zusätzlich wurden an diesen beiden Tagen in den ersten 120 min nach der Abendmelkung (jeweils ab dem Zeitpunkt, an dem 12 der 20 Kühe den Melkstand verlassen hatten) alle Verdrängungen am Fressgitter erfasst. Dabei wurde unterschieden, ob die verdrängte Kuh im Kopfbereich (mittels Kopfstoß auf der Seite des Futtertisches), seitlich im Schulter-/Rumpfbereich, von hinten im Bereich der Hinterhand oder ohne Kontakt verdrängt wurde.

Die statistische Auswertung wurde mit R (Version 3.2.2; R Core Team, 2015) durchgeführt. Die Kontaktfrequenz und -dauer mit den FlexStall und den Nachbarkühen sowie die Wahl des Fressplatzes wurden mittels linearer gemischte Effekte Modelle (lme Methode; Paket 'nlme') analysiert. Fixer Effekt war die Versuchsbedingung (Faktor mit 3 Stufen) und der zufällige Effekt beinhaltete die Versuchsbedingung geschachtelt im Individuum geschachtelt in der Gruppe. Die Auswertung der Verdrängungen am Fressgitter erfolgte deskriptiv.

3 Resultate

Die Kontaktfrequenz pro Minute mit den FlexStall stieg von 0,71 [0,13, 2,35] (Modellschätzung [95 %-Konfidenzintervalle]) bei „FlexStall einseitig“ auf 1,71 [0,47, 5,31] bei „FlexStall beidseitig“ ($F_{1,35} = 28,17$, $p < 0,0001$) und der Anteil der Kontaktdauer an der Beobachtungszeit von 4,97 % [0,92 %, 22,74 %] bei „FlexStall einseitig“ auf 20,61 % [4,29 %, 60,04 %] bei „FlexStall beidseitig“ ($F_{1,35} = 43,22$, $p < 0,0001$). Die Kontaktfrequenz pro Minute mit Nachbarkühen betrug durchschnittlich 5,24, ohne Einfluss der Versuchsbedingung ($F_{2,72} = 2,29$, $p = 0,11$). Hingegen stieg der Anteil der Kontaktdauer mit Nachbarkühen an der Beobachtungszeit von 46,98 % [40,94 %, 53,02 %] „ohne Fressplatzabtrennungen“ und 44,57 % [38,37 %, 50,77 %] bei „FlexStall einseitig“ auf 55,68 % [49,72 %, 61,65 %] bei „FlexStall beidseitig“ ($F_{2,72} = 6,22$, $p = 0,003$).

Die Versuchsbedingung hatte weder einen Einfluss auf den Anteil gleichzeitig fressender Kühe über 24 h, welche im Durchschnitt 25,27 % betrug ($F_{2,2} = 0,81$, $p = 0,55$), noch auf die Wahl des Fressplatzes. Im Durchschnitt fraßen 68,75 % der Kühe ohne Nachbarin ($F_{2,2} = 0,71$, $p = 0,58$), 23,35 % mit einer Nachbarin ($F_{2,2} = 0,45$, $p = 0,69$) und 7,9 % mit zwei Nachbarinnen ($F_{2,2} = 1,4$, $p = 0,42$).

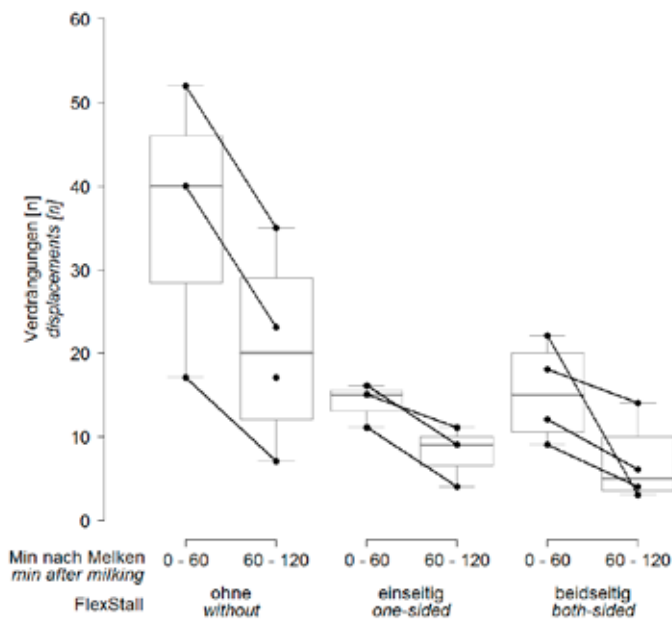


Abb. 2: Anzahl Verdrängungen pro Stunde in den Versuchsbedingungen „ohne Fressplatzabtrennungen“, mit „FlexStall einseitig“ und mit „FlexStall beidseitig“ während der ersten und zweiten Stunde nach dem Melken

Fig. 2: Number of displacements per hour in the treatments „without partitions“, with „FlexStall one-sided“ and with „FlexStall both-sided“ during the first and second hour after milking

Die Anzahl Verdrängungen pro Stunde war „ohne Fressplatzabtrennungen“ deutlich höher als bei „FlexStall einseitig“ und „FlexStall beidseitig“, wobei in allen Versuchsbedingungen eine Abnahme von der ersten zur zweiten Stunde nach dem Melken zu beobachten war (Abb. 2). Der Anteil der Verdrängungen ohne Kontakt sowie der Anteil der Verdrängungen im Kopfbereich unterschieden sich nur geringfügig zwischen den Versuchsbedingungen. Hingegen nahm insbesondere bei der Versuchsbedingung mit „FlexStall beidseitig“ der Anteil seitlicher Verdrängungen im Schulter-/Rumpfbereich ab und der Anteil Verdrängungen von hinten zu (Abb. 3).

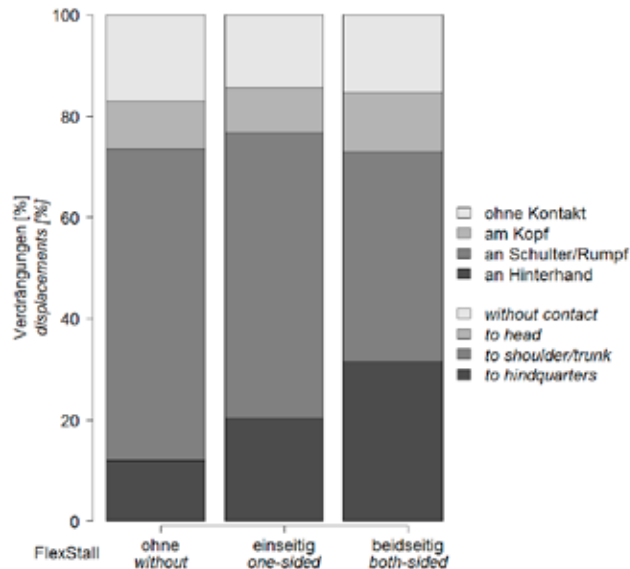


Abb. 3: Anteil Verdrängungen im Kopfbereich, seitlich im Schulter-/Rumpfbereich, von hinten im Bereich der Hinterhand und ohne Kontakt in den Versuchsbedingungen „ohne Fressplatzabtrennungen“, mit „FlexStall einseitig“ und mit „FlexStall beidseitig“

Fig. 3: Proportions of displacements directed to the head, laterally to the shoulder/trunk, from behind to the hindquarters, and without contact in the treatments „without partitions“, with „FlexStall one-sided“ and with „FlexStall both-sided“

4 Diskussion

Die Kontaktfrequenz der Kühe mit den FlexStall-Fressplatzabtrennungen war bei beidseitiger Anbringung höher als bei einseitiger Anbringung, lag jedoch unter der Kontaktfrequenz mit Nachbarinnen, welche durch die Versuchsbedingungen nicht beeinflusst wurde. Die Kontaktdauer mit den FlexStall stieg bei beidseitiger Anbringung deutlich an. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Kühe bei dieser Versuchsbedingung durch die Fressplatzbreite von 70,5 cm (lichte Weite) in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt wurden.

Bei der Fressplatzbreite von 78 cm waren die Kühe während rund 45 % der Beobachtungszeit in Körperkontakt mit Nachbarinnen. Daraus lässt sich schliessen, dass bei dieser Fressplatzbreite der Kontakt im Rumpfbereich, unabhängig vom Vorhandensein einer Fressplatzabtrennung, gegeben ist. Die Kontaktdauer mit Nachbarkühen stieg mit beidseitiger Anbringung der Fressplatzabtrennungen an. Dies lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass die Position der Kühe bei dieser Versuchsvariante stärker gesteuert wurde und diese sich rechtwinklig zum Fressgitter ausrichteten. In der Folge konnte der Kontakt zu Nachbarkühen weniger durch schräges Stehen vermieden werden.

Der Anteil gleichzeitig fressender Kühe und die Wahl des Fressplatzes wurden durch die ein- oder beidseitige Anbringung der FlexStall-Fressplatzabtrennungen im Vergleich zur Kontrolle ohne Fressplatzabtrennungen nicht beeinflusst. Die Verteilung der gleichzeitig fressenden Kühe über den Tag entsprach der üblichen Synchronizität im Fressverhalten (Flury und Gygas, 2016). Auffällig war hingegen, dass die Kühe bevorzugt an einem Fressplatz ohne Nachbarinnen fraßen. In Einklang damit beobachteten auch Manson und Appleby (1990), dass Kühe zwar bevorzugt miteinander fressen, unmittelbar nebeneinander liegende Fressplätze jedoch meiden, wenn sie die Wahl haben.

Die Anzahl Verdrängungen pro Stunde war ohne Fressplatzabtrennungen deutlich höher als mit ein- und beidseitig angebrachten FlexStall-Fressplatzabtrennungen, wobei letztere Bedingungen sich nicht nennenswert unterschieden. Dies entspricht den Resultaten, die in anderen Studien mit Fressplatzabtrennungen an jedem zweiten Fressplatz (Benz et al., 2014) beziehungsweise an jedem Fressplatz (Bergsten, 2004; DeVries und von Keyserlingk, 2006) gefunden wurden. Studien, die beide Varianten experimentell testeten und dadurch einen direkten Vergleich des Effektes erlauben, waren bisher jedoch nicht vorhanden.

Literatur

- Benz, B; Ehrmann, S.; Richer, T. (2014): The influence of elevated feed stalls on feeding behaviour of lactating dairy cows. *Livestock and Machinery* 69, pp. 232-237
- Bergsten, C. (2004): Lameness and claw lesions as influenced by stall environment and cow comfort. 23rd World Buiatrics Congress, July 11-16 2004, Québec, Canada
- DeVries, T.J.; von Keyserlingk, M.A.G. (2006): Feed stalls affect the social and feeding behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, pp. 3522-3531
- Flury, R.; Gygas, L. (2016): Daily patterns of synchrony in lying and feeding of cows: Quasi-natural state and (anti-)synchrony factors. *Behavioural Processes* 133, pp. 56-61
- Manson, F.J.; Appleby, M.C. (1990): Spacing of dairy cows at a food trough. *Applied Animal Behaviour Science* 26, pp. 69-81
- R Core Team (2015): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>
- Weiske, A.; Vabitsch, A.; Olesen, J.E.; Schelde, K.; Michel, J.; Friedrich, R.; Kaltschmitt, M. (2006): Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, pp. 221-232

Bedarfsorientierte LED-Beleuchtung in der Milchviehhaltung – Erarbeitung einer neuen Bewertungsgrundlage

Adapted LED illumination in dairy farming – Creation of a new basis for valuation

DANIEL WERNER¹, MAIKE MÜLLER², EVA SCHWENZFEIER-HELLKAMP¹, KLAUS REITER²

¹ Fachhochschule Bielefeld, Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Mathematik, Forschungsschwerpunkt ITES, Interaktion 1, 33619 Bielefeld; daniel.werner@fh-bielefeld.de

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 5, 85586 Poing

Zusammenfassung

Im Rahmen des aktuellen Forschungsvorhabens I_LED_Milchvieh (Intelligente LED-Leuchte für die Funktionsbereiche „Fressen“, „Liegen“ und „Laufen“ in der Milchviehhaltung; Förderung erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank) wird derzeit eine bedarfsorientierte LED-Leuchte entwickelt und in der Stallumgebung getestet. Zur Bewertung einer bedarfsorientierten Beleuchtungssituation muss eine neue Mess- und Bewertungsstrategie, die sich an den Bedürfnissen von Mensch und Tier orientiert, entwickelt werden. In der vorliegenden Untersuchung hat sich gezeigt, dass neben der horizontalen Beleuchtungsstärke auch die vertikale Beleuchtungsstärke und insbesondere die Leuchtdichte unerlässlich sind, um die Beleuchtung in einem Milchviehstall korrekt zu bewerten.

Summary

Currently we develop a demand-based LED light and test it in a dairy farm within our research project I_LED_Milchvieh (Intelligent LED luminaire for feeding, resting and activity areas in dairy farming. The project is supported by funds of the German Government's Special Purpose Fund held at Landwirtschaftliche Rentenbank). For the assessment of the demand-based LED illumination we need a new strategy to quantify and evaluate light which should be guided by the special needs of humans and animals. In the present study it could be shown that besides the horizontal illuminance also the vertical illuminance and especially the luminance are essential parameters for an accurate evaluation of the illumination in a dairy barn.

1 Einleitung und Problemstellung

Licht ist für das Leben von Mensch und Tier elementar. Laut Plischke (in Baer et al. 2016) ist es die Grundlage zum Sehen und fungiert als Zeitgeber, beeinflusst das Verhalten sowie die Physiologie von Mensch und Tier. Steht es mit der richtigen spektralen Zusammensetzung in ausreichender Menge und Dauer zur Verfügung, können positive Effekte auf die Gesundheit, das Wohlbefinden, die Fruchtbarkeit und die Produktivität (Reksen et al. 1999) erzielt werden.

Zur Bewertung der Beleuchtung sind neben der Intensität auch die spektrale Zusammensetzung, die Farbwiedergabe und die Gleichmäßigkeit von Bedeutung. Hierbei muss der Einfluss auf das Sehen von Mensch und Tier und auf die Zeitgeberfunktion betrachtet werden. Im Folgenden soll die Intensität in den Mittelpunkt gestellt werden.

In der Fachliteratur werden für den Bereich des Milchviehstalls die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke und deren Gleichmäßigkeit als alleinige Bewertungsgrundlage genannt, da sich die Beleuchtungsstärke einfach und schnell erfassen lässt. Zu beachten ist aber, dass eine Beleuchtungsstärke immer nur eine vergleichende Messgröße ist und somit weder vom Auge des Rindes noch vom Auge des Menschen wahrgenommen werden kann. Erst mit der Betrachtung der Leuchtdichte werden der tatsächliche Helligkeitseindruck sowie die Transmissions-, Reflektions- und Absorptionseigenschaften der Stallumgebung bewertet.

Die Leuchtdichte L , angegeben in der Einheit cd/m^2 , ist die maßgebliche und einzige für den Menschen und das Tier sichtbare lichttechnische Grundgröße (Abb. 1). Zu beachten ist, dass aber auch die Leuchtdichte wie schon die Beleuchtungsstärke nur mit der spektralen Hellempfindlichkeitskurve des Menschen bewertet wird und somit nicht auf das Sehvermögen des Tieres hin angepasst ist. Da es derzeit keinen wissenschaftlichen Ansatz bzw. keine Methodik zur Erstellung einer Hellempfindlichkeitskurve des Rindes gibt, bietet sich für die Bewertungsgrundlage des Tieres eine zusätzliche Beurteilung in Form der Kontrastwahrnehmung an.

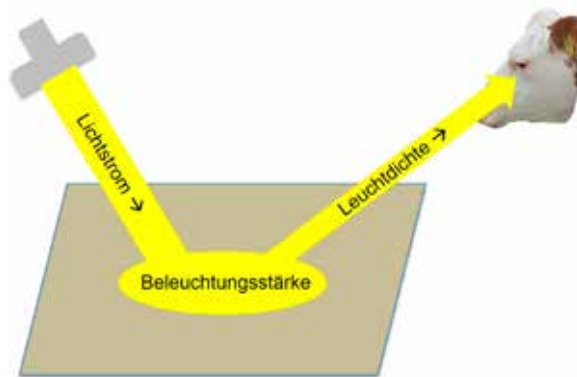


Abb. 1: Skizzierung der lichttechnischen Grundgrößen (eigene Darstellung)

Fig. 1: Outline of the basic lighting parameters (own diagram)

2 Material und Methoden

Die Kontrastwahrnehmung gilt laut Schierz (in Baer et al. 2016) innerhalb der Beleuchtungstechnik als eine der wesentlichen Beurteilungsgrundlagen der visuellen Umwelt. Für den Bereich des Milchviehstalls sollte der Michelson-Kontrast K_M verwendet werden. Dieser ist anzuwenden, wenn keine eindeutige Unterscheidung zwischen dem Sehobjekt und dem Umfeld möglich ist. In der Größenordnung variiert der Michelson-Kontrast zwischen -1 und 1. Durch das Vorzeichen wird dabei beschrieben, ob es sich um einen Positivkontrast oder einen Negativkontrast handelt. Bei einem Positivkontrast wird ein helles Sehobjekt vor einem dunklen Umfeld detektiert. Ist die Leuchtdichte des Sehobjekts geringer als die des Umfelds, handelt es sich um einen Negativkontrast.

Zur Bewertung der Beleuchtungssituation innerhalb eines Milchviehstalls sollten verschiedene Szenarien, die alltägliche und typische Situationen abbilden, betrachtet werden. Kontrastbewertungen bieten sich besonders gut zur Bewertung von Stufen, Begrenzungen oder allgemeinen Hindernissen an. Bei klassischen Lauf- und Verkehrswegen sollte eine Betrachtung auf Basis der horizontalen und bei Bedarf zusätzlich der vertikalen Beleuchtungsstärke sowie der Leuchtdichte erfolgen. Zu beachten ist, dass die Stallumgebung neben dem Aufenthaltsort des Tieres auch der Arbeitsbereich des Landwirts ist und entsprechend eine Beleuchtungssituation im bestmöglichen Kompromiss zwischen Mensch und Tier zu schaffen bzw. zu bewerten ist.

Im nachfolgenden Beispiel wird ein Versuchsstall des landwirtschaftlichen Versuchs- und Bildungszentrums Haus Düsse betrachtet. Ausgestattet mit einem automatischen Melksystem, 43 Fressplätzen sowie 21 Hoch- und 18 Tiefboxen bietet er auf 570 m² Platz für 39 laktierende Tiere. Lichttechnisch ist der Versuchsstall mit einer Natriumdampf- sowie einer LED-Beleuchtung ausgestattet. Das Beleuchtungsniveau ist mit einer mittleren Beleuchtungsstärke von 150 lx in einer Bewertungshöhe von 0,20 m unter beiden Beleuchtungssituationen vergleichbar. Zur Bewertung der lichttechnischen Situation wurden an ausgewählten Stellen, die zuvor durch acht typische Szenarien definiert wurden, vertikale und horizontale Beleuchtungsstärken sowie Leuchtdichten messtechnisch erfasst (Abb. 2).

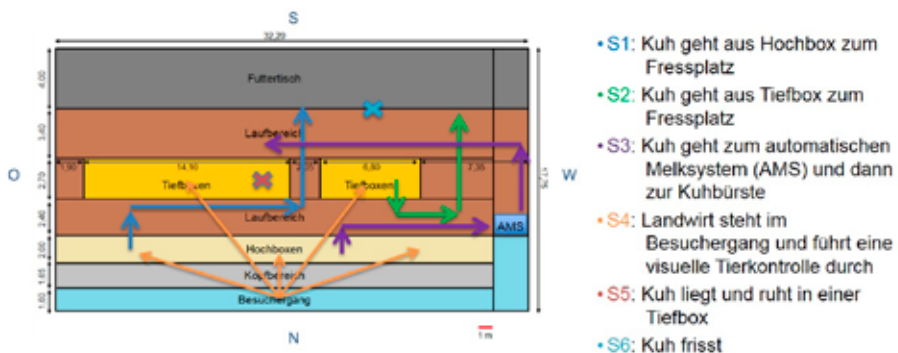


Abb. 2: Darstellung der betrachteten Szenarien (eigene Darstellung)

Fig. 2: Overview of the considered scenarios (own diagram)

3 Ergebnisse

Das erste Szenario umfasst den Gang einer Kuh aus der Hochbox zum Fressplatz. Am Startpunkt, der Hochbox, muss das Tier die Boxenbegrenzung sowie die Stufe zum Laufbereich sicher erkennen. Hier sollte jeweils ein ausreichender Leuchtdichtekontrast vorhanden sein. Als ausreichender Kontrast wird durch die Autoren und angelehnt an die DIN-Norm 18040-2 „Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 2 Wohnungen“ ein Michelson-Kontrast von $K \geq 0,4$ empfohlen. Die DIN-Norm für barrierefreies Bauen benennt „zum Orientieren und Leiten und für Bodenmarkierungen“ ein Leuchtdichtekontrast von $K \geq 0,4$ und „für Warnungen und schriftliche Informationen“ ein Leuchtdichtekontrast von $K \geq 0,7$.

Im ersten Betrachtungsteil wurde die Beleuchtungssituation an der Stufe zur Hochbox messtechnisch erfasst (Abb. 3, Tab. 1). Zur Bewertung wurden Leuchtdichten an den horizontalen (Pos. 1 und Pos. 3) sowie den vertikalen (Pos. 2) Flächen der Stufe, unter einem Beobachtungswinkel von annähernd 45° , punktuell erfasst.

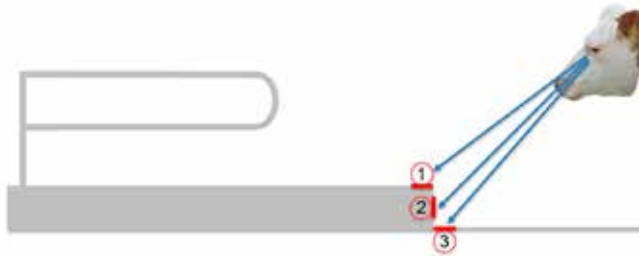


Abb. 3: Erfasste Bewertungsflächen der Stufe an einer Hochbox (eigene Darstellung)

Fig. 3: Measured areas of valuation at the step to the raised stall (own diagram)

Zur Validierung des Messaufbaus wurde zusätzlich die Beleuchtungsstärke sowie die Leuchtdichte auf einem Kalibrationsnormal aus optischen PTFE (Polytetrafluorethylen) erfasst. Die Grundidee der Validierung ist, dass die Leuchtdichte bei vollkommen diffus reflektierenden Oberflächen und bekanntem Reflexionsgrad ρ aus der gemessenen Beleuchtungsstärke E berechnet werden kann.

Tab. 1: Übersicht der erfassten Leuchtdichten L an der Stufe zur Hochbox

Tab. 1: Overview of the measured values for luminance L at the step to the raised stall

Bewertungsfläche	Natriumdampfbeleuchtung	LED-Beleuchtung
Messtechnisch erfasste Leuchtdichte L [cd/m ²]		
Position 1	12,3	10,2
Position 2	0,4	0,9
Position 3	3,5	6,1
Berechneter Michelson-Kontrast K_M		
Position 1 zu 2	0,94	0,84
Position 2 zu 3	0,80	0,74

Auf dem Weg zum Futtertisch muss das Tier den Funktionsbereich „Laufen“ durchqueren. Zur Bewertung dieses Bereichs ist die mittlere horizontale Beleuchtungsstärke $\bar{E}$ und deren Gleichmäßigkeit g_1 auf dem Laufweg zu betrachten (Tab. 2). Die messtechnische Erfassung der Beleuchtungsstärke sollte in Form eines engmaschigen Rasters erfolgen. Die Gleichmäßigkeit g_1 berechnet sich dabei aus dem Verhältnis der minimalen zur mittleren Beleuchtungsstärke und ist eine wesentliche Betrachtungsgröße, da das Auge des Tieres auf Grund der reduzierten Tiefenwahrnehmung und der schlechten Anpassung an Hell-Dunkel-Unterschiede eine hohe Gleichmäßigkeit benötigt.

Tab. 2: Übersicht der erfassten Beleuchtungsstärken E im Laufgang

Tab. 2: Overview of the measured values for illuminance E at the activity area

Beleuchtungsstärken							
Beleuchtungsstärke E [lx] unter Natriumdampfbeleuchtung							
188	208	157	160	135	127	71	181
197	209	188	149	101	74	147	172
200	227	204	168	130	123	131	161
Mittlere Beleuchtungsstärke $\bar{E}$							159 lx
Gleichmäßigkeit g_1							0,45
Beleuchtungsstärke E [lx] unter LED-Beleuchtung							
137	170	162	166	174	139	175	170
139	158	182	187	169	130	169	168
154	168	175	188	160	134	146	161
Mittlere Beleuchtungsstärke $\bar{E}$							162 lx
Gleichmäßigkeit g_1							0,83

Im Funktionsbereich „Fressen“ sind der Kontrast des Fressgitters sowie die horizontale Beleuchtungsstärke auf dem Futtertisch zu bewerten (Abb. 4, Tab. 3). Die Betrachtung des Fressgitters erfolgt vergleichbar zur Stufe der Hochbox. Vertikale und horizontale Bewertungsflächen entstehen auf der Fressgitterfläche (Pos. 1), der Ebene des Futters (Pos. 2), der Bugschwelle unterhalb des Fressgitters (Pos. 3) sowie dem Boden (Pos. 4).

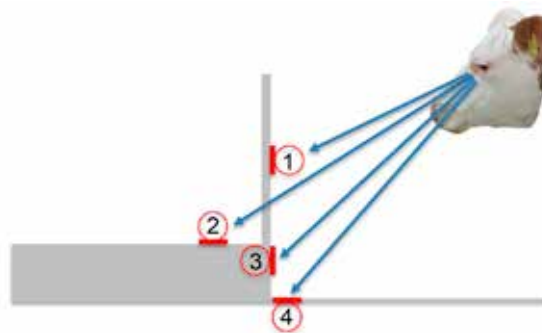


Abb. 4: Erfasste Bewertungsflächen am Fressgitter (eigene Darstellung)

Fig. 4: Measured areas of valuation at the feeding fence (own diagram)

Tab. 3: Übersicht der erfassten Leuchtdichten L am Fressgitter

Tab. 3: Overview of the measured values for luminance L at the feeding fence

Bewertungsfläche	Natriumdampfbeleuchtung	LED-Beleuchtung
	Messtechnisch erfasste Leuchtdichte L [cd/m^2]	
Position 1	2,4	2,3
Position 2	4,2	4,2
Position 3	3,2	1,3
Position 4	2,4	0,7
	Berechneter Michelson-Kontrast K_M	
Position 1 zu 2	-0,27	-0,29
Position 1 zu 3	-0,14	0,28
Position 1 zu 4	0,00	0,53

4 Fazit

Die aufgeführten Ergebnisse zeigen, dass die Gleichmäßigkeit g_1 der mittleren Beleuchtungsstärke mit der neuen LED-Beleuchtung deutlich gesteigert wurde. Ebenfalls konnten die Kontraste im Bereich des Fressgitters erhöht werden.

An der Stufe der Hochbox konnten trotz unterschiedlich hoher Leuchtdichten vergleichbare Kontraste, die über der Empfehlung von $K \geq 0,4$ liegen, erzielt werden. Dieses Beispiel zeigt, dass nicht nur ein Helligkeitseindruck, sondern die Betrachtung der gesamten Beleuchtungssituation notwendig ist.

Für eine neue Bewertungsgrundlage der Intensität im Stall sind daher die Leuchtdichte, die vertikale und die horizontale Beleuchtungsstärke unverzichtbar.

Literatur

DIN 18040-2: Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 2: Wohnungen. Beuth Verlag GmbH, September 2011

Plischke, H. (2016): Nicht visuelle Wirkungen von Licht. In: Baer, R.; Barfuß, M.; Seifert, D.: Beleuchtungstechnik: Grundlagen. Huss-Medien, Berlin, pp. 92-97

Reksen, O.; Tverdal, A.; Landsverk, K.; Kommisrud, E.; Bøe, K. E.; Ropstad, E. (1999): Effects of Photointensity and Photoperiod on Milk Yield and Reproductive Performance of Norwegian Red Cattle. Journal of Dairy Science 82, pp. 810-816

Schierz, C. (2016): Von der Beleuchtung beeinflusste Sehfunktionen. In: Baer, R.; Barfuß, M.; Seifert, D.: Beleuchtungstechnik: Grundlagen. Huss-Medien, Berlin, pp. 76-84

Vergleich von drei Belegmanagementsystemen bei Zuchtsauen zur Reduzierung der Aufenthaltsdauer im Kastenstand unter Berücksichtigung von Produktionsleistungen, Arbeitssicherheit und Tierschutz

Comparison of three management systems in the insemination of sows to reduce the duration of the stay in breeding boxes and regarding parameters of biological performance, labor safety and animal welfare

JENS-TOBIAS SCHOLZ, REINHARD SCHULTE-SUTRUM

VBZL Haus Düsse, LWK NRW, Fachbereich 73, 59505 Bad Sassendorf; Tobias.Scholz@lwk.nrw.de

Zusammenfassung

Die Haltung von Sauen in Kastenständen wird unter Tierschutzaspekten vor allem im Wartebereich zunehmend kritisch in Frage gestellt. Aus diesem Grund wird immer wieder über eine Verkürzung der Aufenthaltsdauer bis hin zu einem völligen Verzicht der Fixierung der Sau im Deck- und Wartebereich diskutiert.

Vor diesem Hintergrund werden seit April 2015 verschiedene Alternativen des Belegmanagements in der konventionellen Sauenhaltung von Haus Düsse erprobt. Zielsetzung ist es, die möglichen Auswirkungen auf die Produktionsleistungen und den Tier- und Arbeitsschutz bei unterschiedlichen Aufenthaltszeiträumen und Fixierungszeiten im Deckzentrum zu untersuchen.

Als Ergebnis dieser Erprobung lässt sich festhalten, dass mit Reduzierung der Fixierdauer der belegten Sauen im Kastenstand, die biologischen Leistungen (Anstieg der Umrauschquote) speziell bei den Altsauen sinken. Leichte Differenzen in den Wurfleistungen sind sicherlich nicht nur durch die unterschiedlichen Haltungsformen begründet. Auch bei weiterer Optimierung im Management ist mit Minderleistungen bei den Reproduktionszahlen und einem Anstieg der Produktionskosten zu rechnen. Ein gänzlicher Verzicht auf die Kastenstände ist aus Tier- und Arbeitsschutzgründen nicht zu verantworten.

Summary

Aspects of animal welfare lead to arguments over keeping sows in boxes for insemination and during a part of the gestation period. Beginning in April 2015, VBZL Haus Düsse started to perform trials on the subject of reducing the interval of sows being kept in boxes for the service period up to completely renounce fixation at service.

Data show that "free" insemination cannot be recommended. Reproductive performance decreases, safety at work is put at risk and there are even animal welfare issues for sows being mounted by others in heat. Sows should at least be kept in crates for service or even better during the whole period of the heat.

1 Zielsetzung

Nach EU-Richtlinie 2008/120/EG und Tierschutznutztierhaltungsverordnung (2016, § 24 Abs. 4) müssen Zuchtsauen ab der 5. Woche nach Besamung bis eine Woche vor dem Abferkeln in Gruppen gehalten werden. Bis zum 28. Trächtigkeitstag ist die Haltung der Tiere im Deckzentrum in Kastenständen erlaubt. Diese Haltung der Sauen in Einzelständen bzw. Kastenständen wird unter Tierschutzaspekten aber zunehmend kritisch in Frage gestellt. Aus diesem Grund wird immer wieder über eine Verkürzung der Aufenthaltsdauer bis hin zu einem völligen Verzicht der Fixierung der Sau im Deck- und Wartebereich diskutiert.

Vor diesem Hintergrund werden seit April 2015 verschiedene Alternativen des Belegmanagements in der konventionellen Sauenhaltung von Haus Düsse erprobt. Zielsetzung ist es, die möglichen Auswirkungen auf die Produktionsleistungen und den Tier- und Arbeitsschutz bei unterschiedlichen Aufenthaltszeiträumen und Fixierungszeiten im Deckzentrum zu untersuchen. Gleichzeitig sollen mögliche Empfehlungen für die Praxis erarbeitet werden.

2 Material und Methode

In drei verschiedenen Versuchsgruppen wurden die Tiere über unterschiedlich lange Zeiträume im Kastenstand fixiert. Dazu wurden die wöchentlichen Belegungsgruppen abwechselnd auf die drei Varianten aufgeteilt. In Abbildung 1 sind die drei verschiedenen Versuchsvarianten grafisch dargestellt. Die Varianten 1 und 2 stellen auf vielen Betrieben das aktuelle Produktionsverfahren dar. Die Tiere werden mit dem Absetzen, hier als „Tag 0“ bezeichnet, im Deckzentrum aufgestellt und in den Kastenständen fixiert. In beiden Varianten bleiben die Sauen bis zur Belegung am „Tag 5“ fixiert. Die Varianten 1 und 2 unterscheiden sich lediglich im Fixierungszeitraum nach der Belegung. Während die Sauen der Variante 1 für weitere 28 Tage nach der Belegung fixiert bleiben, verlassen die Sauen der Variante 2 das Deckzentrum bereits vier Tage nach dem Belegen. Alle Sauen werden vom Deckzentrum aus in eine dynamische Großgruppenhaltung mit ca. 140 Sauen umgestallt. In Variante 3, die zur besseren Veranschaulichung in Abbildung 2 dargestellt ist, werden die Sauen mit dem Absetzen der Ferkel an „Tag 0“ in eine Gruppenbucht umgestallt, in der die Sauen nur zum eigentlichen Belegen kurzzeitig in Besamungsständen fixiert werden. Mit dem Abklingen der Rausche werden die Sauen vier Tage nach der Belegung ebenfalls in die dynamische Großgruppenhaltung umgestallt.

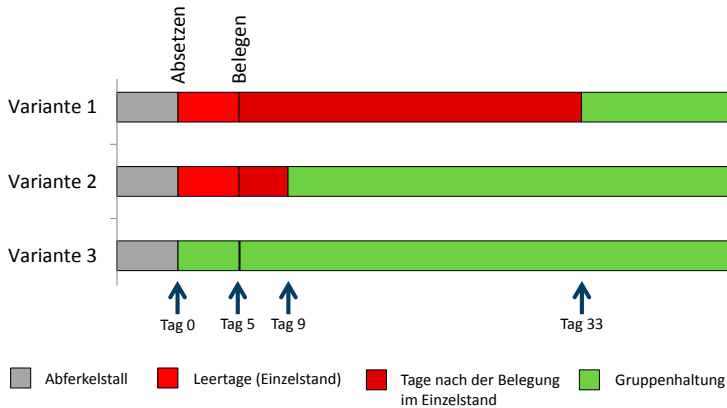


Abb. 1: Grafische Darstellung der drei erprobten Verfahren im Deckzentrum mit unterschiedlich langen Fixierzeiträumen der Sauen im Einzelstand (© Bütfering)

Fig. 1: Overview of the three tried methods in the insemination centre with unequally long fixing periods of the sows in breeding boxes (© Bütfering)



Abb. 2: Variante 3: Deckzentrum mit Besamungsständen zur kurzzeitigen Fixierung (© Bütfering)

Fig. 2: Variant 3: Insemination centre with breeding boxes for short-time fixation (© Bütfering)

3 Ergebnis

Während des Erprobungszeitraums wurden die Sauen einer Absetzgruppe jeweils nach einer der drei Varianten belegt und im Anschluss in die dynamische Großgruppe umgestellt, in der sie dann bis zum Aufstall im Abferkelstall gehalten wurden. Tabelle 1 zeigt die bisherigen Auswertungen der Umrauschquoten und Wurfleistungen der erprobten Varianten 1, 2 und 3.

Tab. 1: Auswertung der Umrauschquoten und Wurfleistungen in den erprobten Varianten

Tab. 1: Analysis of repeat breeding rates and litter performances within the tested variants

	Einheit	Variante 1 Kastenstand bis 28 Tage nach Belegen	Variante 2 Kastenstand bis 4 Tage nach Belegen	Variante 3 Kurzzeitige Fixierung zur Belegung
Anzahl Belegungen	n	94	160	139
Anzahl Umrauscher	n	9	16	16
Anzahl Umrauscher	%	9,57	10,00	11,51
Auswertung ohne Jungsauen				
Anzahl Belegungen	n	77	112	126
Anzahl Umrauscher	n	5	7	15
Anzahl Umrauscher	%	6,49	6,25	11,90
Auswertung Würfe				
Anzahl Würfe ausgewertet	n	48	84	71
Wurfzahl der Sau	n	3,6	3,4	4,0
Anzahl lebend geborene Ferkel	n	14,5	14,3	14,2
Anzahl tot geborene Ferkel	n	0,9	0,8	1,0
Geburtsgewicht je Ferkel	kg	1,3	1,3	1,3

Aus dieser Auswertung lässt sich ein leichter Vorteil in der Umrauschquote von 0,5–2 Prozentpunkte der Variante 1 gegenüber den anderen zwei Varianten erkennen. Bei Betrachtung der Umrauschquote ohne Jungsauen sind Variante 1 und 2 mit 6,49 % und 6,25 % auf deutlich besserem Niveau und die Variante 3 mit 11,9 % weit abgeschlagen. Die marginalen Differenzen in den Wurfleistungen sind wahrscheinlich nicht nur auf die verschiedenen Haltungsformen in der Belegphase zurückzuführen.

4 Fazit

Ein vollständiger Verzicht auf Kastenstände ist nicht zu empfehlen. Das Aufspringen von Sauen in der Brunst und der fehlende Schutzbereich für flüchtende Sauen stellen hier im Vergleich zur Haltung von Sauen im Deckzentrum mit Kastenständen eine grundlegende Verschlechterung dar. Ferner wird das Belegen der Sauen speziell zum Beginn und zum Ende der Brunst durch das ständige Aufspringen von vor- oder nachbrünstigen Sauen erheblich erschwert. Dagegen ist eine Verkürzung der Fixierungsdauer der Sauen im Kastenstand durchaus denkbar. Dies kann durch eine Gruppenhaltung der Sauen in den ersten ein bis zwei Tagen nach dem Absetzen in einer sogenannten Arena geschehen. Auch über den Einsatz von reinen Besamungsständen kann eine kürzere Fixierungsdauer während und nach der Belegung realisiert werden. Dies ist jedoch mit einem höheren Platzangebot für die Sauen verbunden und lässt sich in bestehenden Ställen

und Stallsystemen meist nur mit einem größeren baulichen und finanziellen Aufwand realisieren. Die schlechteren biologischen Leistungen, speziell die höheren Umrauschquoten der Variante 3 ohne eine Fixierung der Sau im Kastenstand über mehrere Tage, müssen durch eine zusätzliche Optimierung im Management weiter reduziert werden. Gegebenenfalls müssen verbleibende Minderleistungen aber zu guter Letzt in den Ferkelerlös eingepreist werden, denn wie bei fast allen Forderungen nach mehr Tierwohl ist auch diese Änderung eines Produktionsverfahrens nicht zum Nulltarif zu bekommen.

Literatur

EU-Richtlinie 2008/120/EG (2008): Richtlinie über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen. ABl. L 47, S. 5-13 vom 18.2.2009

Tierschutznutztierhaltungsverordnung (2016): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung. TierSchNutzTV, 22. August 2006, BGBl. I S. 2043, geändert 14. April 2016, BGBl. I S. 758, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tierschnutztv/gesamt.pdf>

Ergebnisse zu freien Abferkelbuchten

Results on free farrowing pens

EDINA HICKL¹, RALF MEYER², HENDRIK HORSTMANN³, WILFRIED BREDE⁴,
GERHARD QUANZ⁵, STEFFEN HOY¹

¹ Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Leihgesterner Weg 52, 35392 Gießen; Edina.Hickl@agr.uni-giessen.de

² WEDA Dammann und Westerkamp GmbH, Goldenstedt

³ En-Sta Ennigerloher Stalleinrichtungen GmbH, Beckum-Neubeckum

⁴ STA-Serviceteam Alsfeld GmbH, Alsfeld

⁵ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Landwirtschaftszentrum Eichhof, Bad Hersfeld

Zusammenfassung

In 20 Durchgängen wurden Daten zu je zwei freien Abferkelbuchten (FAB) und sechs Buchten mit Ferkelschutzkorb (KS) pro Durchgang erhoben. Es wurden die Ferkelverluste sowie die Leistungen der Sauen im Vergleich der beiden Systeme untersucht. Bislang konnten 2.469 Ferkel nach Wurfausgleich in die Untersuchungen einbezogen werden. Die Ferkelverluste nach dem Wurfausgleich bis zum Absetzen waren in den KS mit 11,5 % höchstsignifikant niedriger als in den FAB mit 23,1 %. Insgesamt 4,8 % der abgegangenen Ferkel in den KS waren Erdrückungsverluste (41,7 % bezogen auf alle Verluste). In den FAB waren es 13,9 % erdrückte Ferkel (60,1 %) ($p \leq 0,01$). Der mittlere Gewichtsverlust der Sauen zwischen dem Einstallgewicht (minus dem individuellen Wurfgewicht) und dem Ausstallgewicht belief sich bei den Sauen in den KS ($n = 276$) auf 21,6 kg, in den FAB ($n = 36$) auf 21,3 kg ($p > 0,05$). Das Drehen von der Bauchlage in die Seitenlage (46,1 % aller Fälle) und das Abliegen der Sau über den Karpalstütz (27,0 %) waren die wichtigsten Todesursachen der Ferkel aus Verhaltenssicht.

Summary

Data from two free farrowing pens (FAB) and six pens with farrowing crates (KS) were analyzed during 20 rounds. Piglet losses and performance of sows were investigated to compare both systems. Until now, 2,469 piglets after litter equalization were included in the study. Piglet losses after litter equalization until weaning were 11.5 % in KS and 23.1 % in FAB. A total of 4.8 % of piglet losses in KS were losses caused by crushing (41.7 % based on all losses). This percentage was 13.9 % crushed piglets (= 60.1 %) in FAB. The mean loss in weight of sows between day before transfer into farrowing pen (minus individual litter weight) and weight at weaning was in KS sows ($n = 276$) 21.6 kg and in FAB sows 21.3 kg ($p > 0.05$). Turning from the abdominal position to the lateral position (46.1 % of all cases) and lying down of the sow over the carpal position (27.0 %) were the main causes of death from the view of the behavior of the sows.

1 Einleitung

Es wird zwischen der Bewegungsbucht und der freien Abferkelbucht (FAB) unterschieden. In der Bewegungsbucht bleibt dem Landwirt die Dauer der Fixierung der Sau bislang freigestellt, in einer FAB ist eine Fixierung normalerweise nicht vorgesehen (Hoy 2016). Allerdings muss gemäß § 11 Nr. 3 der Unfallverhütungsvorschrift Tierhaltung eine Fixierungsmöglichkeit für die Sau vorhanden sein, z. B. während des Fangens oder der Behandlung von Ferkeln (VSG 4.1 2017).

In einer Untersuchung aus Österreich wurden drei FAB-Systeme mit fünf KS-Systemen verglichen. Die Ferkelmortalität in den KS betrug 15,5 bis 17,9 %. In der freien Abferkelung stiegen die Ferkelverluste auf 19,1 bis 23,1 % an (Baumgartner et al. 2005).

Die Schweiz weist gleiche Ferkelverluste bei Haltung der Sauen in KS oder FAB (12,1 %) auf (Hoy 2013). Allerdings sind die FAB dort mit 5,5 m² bis 7,5 m² deutlich größer als die KS und die bislang in Deutschland untersuchten FAB und die Sauen werden seit vielen Jahren auf eine hohe Ferkelaufzuchttrate und damit indirekt auf Mütterlichkeit selektiert (Hoy 2013).

2 Tiere, Material und Methoden

In einem Kompetenznetzwerk aus einer Forschungseinrichtung (JLU Gießen), zwei Landtechnik-Unternehmen (En-Sta und WEDA), einer Beratungsorganisation (STA) und dem Landwirtschaftszentrum (LWZ) Eichhof wurden drei verschiedene Prototypen einer FAB mit einer Fixierungsmöglichkeit konzipiert und im Jahr 2015 im Ferkelerzeugerstall des LWZ Eichhof eingebaut. Die Datenerhebung startete im November 2015. Von den ersten 20 Durchgängen der laufenden Untersuchungen liegen die Daten zu den Ferkelverlusten und zu den Leistungen der Sauen vor.

2.1 Buchten

Die zwei FAB der Firma En-Sta (ca. 6 m²) wurden nebeneinander in gespiegelter Form eingebaut. Der Trog sowie das Ferkelnest sind vom Gang aus einsehbar. Der Sauenbereich hat einen Bewegungsdurchmesser von 1,70 m und wird über ein diagonales Gatter vom Ferkelnest abgetrennt. Dieses Gatter ist schwenkbar, sodass die Sau für eine kurze Dauer am Trog fixiert werden kann. Der Boden besteht aus Kunststoff, in den Trogbereich wurden Gussroste als Inlay gelegt (Abb. 1, unten).

Die beiden FAB der Firma WEDA sind 6,6 m² bzw. 6,5 m² groß, wobei die Sau sich in einem Durchmesser von jeweils 1,80 m bewegen kann. In einer Bucht sind Trog und Ferkelnest vom Gang aus einsehbar. Das Gatter trennt die Sau vom Ferkelnest und kann durch Umschwenken dazu dienen, dass die Sau an der Wand quer zum Gang fixiert wird. Im Kunststoffboden wurden in der Mitte der Bucht Betoninlays verlegt.



Abb. 1: Vier freie Abferkelbuchten im Überblick (oben links und rechts Prototypen von WEDA, unten rechts und links Prototypen von En-Sta)

Fig. 1: View of four free farrowing pens (top left and right prototypes WEDA, down left and right prototypes En-Sta)

Bei der anderen Bucht liegt das Ferkelnest am Gang, während der Trog an der dem Futtergang gegenüberliegenden Wand angebracht ist. Dieser ist über das Ferkelnest erreichbar. Das Gatter, welches die Sau von den Ferkeln trennt, ist diagonal angeordnet. Anders als bei den vorher beschriebenen Buchten kann hier der Sauenbereich direkt vom Gang aus über ein Tor betreten werden (Abb. 1, oben).

2.2 Tiere

Der Ferkelerzeugerbetrieb LWZ Eichhof arbeitet im 3-Wochen-Rhythmus mit 7 Sauengruppen. Die Sauen werden etwa eine Woche vor der Abferkelung gewogen und in die Abferkelabteile eingestallt. Innerhalb jedes Durchgangs werden neben den beiden FAB-Sauen sechs KS-Sauen zufällig ausgewählt, die als Kontrolltiere dienen.

Die Erstversorgung der Ferkel findet in den ersten 24 h nach der Geburt statt. Dabei werden die Bestandsohrmarke eingezogen, Zähne geschliffen und das Gesamtwurfgewicht gewogen. Den Ferkeln der acht Sauen werden bei der Erstversorgung zusätzlich farbige, nummerierte Ohrmarken eingezogen. Diese Ferkel werden einzeln gewogen. Die Abgänge aller lebend geborenen Ferkel werden von der Geburt bis zum Absetzen mit Datum, Ursache und Totgewicht notiert. Am Ende der vierten Säugeweche (beim Absetzen) werden die Ferkel und die Sauen einzeln gewogen.

In 20 Durchgängen waren 40 Sauen in den FAB eingestallt und 120 Sauen in Ständen mit Ferkelschutzkorb (KS). Von 197 weiteren KS-Sauen waren Daten zur Wurfgröße vorhanden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ferkelparameter

Nach dem Wurfausgleich standen 2.469 Ferkel für die Untersuchungen bislang zur Verfügung: 497 Ferkel in den FAB und 1.972 Ferkel in den KS. Abbildung 2 zeigt, dass die Ferkelverluste nach dem Wurfausgleich bis zum Absetzen höchstsignifikant unterschiedlich bei 11,5 % in den KS und bei 23,1 % in den FAB lagen. Von allen abgesetzten Ferkeln wurden 4,8 % in den KS und 13,9 % in den FAB erdrückt ($p \leq 0,01$). Die Ferkelsterblichkeit nach dem Wurfausgleich war in den Untersuchungen von Hales et al. (2014) in den KS (zwischen 5,2 und 8,2 %) sowie den FAB (zwischen 7,1 und 16,7 %) deutlich niedriger als in unseren Erhebungen.

Die durchschnittlichen Geburtsgewichte der Ferkel unterschieden sich nicht signifikant zwischen den FAB ($\bar{O}$ 1,43 kg) und den KS ($\bar{O}$ 1,42 kg). Es wurden 2.081 Ferkel von 202 Sauen abgesetzt. Das durchschnittliche Absetzgewicht der Ferkel in den KS ($n = 1.700$) lag bei 7,2 kg, das der Ferkel in den FAB ($n = 381$) bei 8,0 kg ($p \leq 0,01$). Ähnlich gerichtete Differenzen fanden Baumgartner et al. (2005), die nach dreiwöchiger Säugezeit Ferkelabsetzgewichte im Mittel von 6,06 kg in den KS und 6,15 kg in den FAB nachwiesen. Eine Erklärung für die höheren mittleren Absetzgewichte in den FAB kann die erhöhte Ferkelsterberate von 23,1 % sein, wodurch sich zum Ende der Säugezeit weniger Ferkel auf die Zitzen der Sau verteilten.

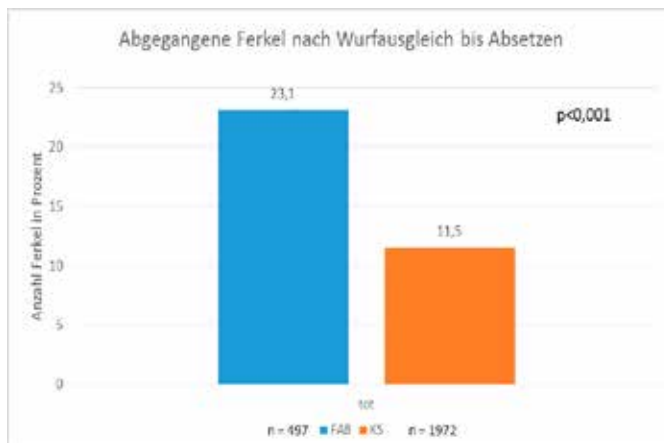


Abb. 2: Ferkelverluste (%) nach Wurfausgleich bis Absetzen bei Sauen in KS oder FAB
 Fig. 2: Piglet losses after litter equalisation up to weaning in KS or FAB pens

3.2 Sauenparameter

Da die Sauenwaage erst zum Ende des ersten Durchganges geliefert wurde, lagen keine Sauengewichte beim Einstellen aus den ersten beiden Durchgängen vor. Zehn Sauen wurden noch vor dem Ausstallen verkauft und daher beim Absetzen nicht gewogen.

Das durchschnittliche Sauengewicht lag vor dem Abferkeln bei den Tieren im KS ($n = 286$) bei 292,5 kg, in den FAB ($n = 36$) bei 304,9 kg. Beim Ausstallen wogen die Sauen in den KS ($n = 309$) im Mittel 254,9 kg, in den FAB ($n = 40$) 266,4 kg. Der mittlere Gewichtsverlust zwischen dem Einstallgewicht (minus dem individuellen Wurfgewicht) und dem Ausstallgewicht belief sich bei den Sauen in den KS ($n = 276$) auf 21,6 kg, in den FAB ($n = 36$) auf 21,3 kg. Der Unterschied zwischen den mittleren Ausstallgewichten war nicht signifikant. In Untersuchungen in Haus Düsse (2013, 2014) konnten ähnliche Gewichtsverluste bei den Sauen zwischen Abferkeln und Ausstallen in KS von 21,9 kg (2013) bis 29,5 kg (2015) festgestellt werden.

In Tabelle 1 sind die Wurfparameter im Vergleich der Sauen im Kastenstand mit denen in den freien Abferkelbuchten zusammengefasst. Neben den tot geborenen Ferkeln gingen bereits vergleichsweise viele Ferkel zwischen Geburt und Wurfaufnahme verloren. Besonders hoch war dieser Anteil (2,55 Ferkel/Wurf) in den FAB im Vergleich zu den KS mit 1,35 Ferkeln je Wurf.

Tab. 1: Leistungen von Sauen im KS bzw. in den FAB

Tab. 1: Performances of sows in farrowing crates (KS), in free farrowing pens (FAB) respectively

Parameter	Aufstallung	n	Mittelwert
Wurfgröße gesamt geb. Ferkel	KS	317	15,07
	FAB	40	15,80
Zahl totgeborener Ferkel/Wurf	KS	317	1,68
	FAB	40	1,43
Zahl abgegangene Ferkel vor Wurfaufnahme	KS	317	1,35
	FAB	40	2,55
Wurfgröße lebend geb. Ferkel	KS	317	12,04
	FAB	40	11,83
Wurfgröße nach Wurfausgleich	KS	319 ¹⁾	11,90
	FAB	40	12,43
Wurfgröße abgesetzter Ferkel	KS	319 ¹⁾	10,39
	FAB	40	9,55

¹⁾ Die Stichprobe erhöht sich um zwei Ammensauen nach dem Wurfausgleich.

Nach dem Wurfausgleich war die Wurfgröße in den FAB tendenziell höher als in den KS. Die Ferkelverluste nach dem Wurfausgleich bis zum Absetzen betrugen in den KS 1,51 Ferkel, in den FAB 2,88 Ferkel. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Baumgartner et al. (2005). Die deutlich erhöhten Ferkelverluste, insbesondere die hohen Erdrückungsverluste, in den FAB sind vor allem auf das Liegeverhalten der Sau zurückzuführen. Es konnte beobachtet werden, dass die Ferkel nach dem Säugen oft in der unmittelbaren Nähe der Sau verblieben und bei einem Positionswechsel der Sau leichter unter sie gerieten als in einer KS-Bucht. Insgesamt wurden 130 Ferkel in den FAB erdrückt, jedoch konnte bei 15 Ferkeln das Erdrücken visuell nicht analysiert werden. Es wurde notiert, ob die Ferkel unter der Sau starben ($n = 115$) oder sich verletzt ($n = 4$ Ferkel) bzw. unbeschädigt ($n = 11$ Ferkel) unter der Sau befreien konnten. Somit starben 88,5 % der Ferkel,

wenn sie unter die Sau gerieten, 3,0 % überlebten verletzt und nur 8,5 % blieben ohne Verletzungen. Das Drehen von der Bauchlage in die Seitenlage (46,1 % aller Fälle) und das Abliegen der Sau über den Karpalstütz (27 %) waren die wichtigsten Todesursachen aus der Sicht des Verhaltens der Sauen.

4 Fazit

Allein die Ferkelverluste nach dem Wurfausgleich bis zum Absetzen (ohne die Zahl zwischen Geburt und Wurfaufnahme verendeter Ferkel) waren in den KS mit 11,5 % höchstsignifikant niedriger als in den FAB mit 23,1 %. Insgesamt 41,7 % aller Verluste in den KS waren Erdrückungsverluste, dagegen waren es in den FAB 60,1 % ($p \leq 0,01$). Durch die aus tierschutzrechtlichen und ethischen Gründen nicht akzeptablen Ferkelverluste sind die FAB nicht praxistauglich. Wenn dennoch diese Buchten langfristig eingesetzt werden sollen, ist dies zwingend mit der Zucht der Sauen auf Mütterlichkeit (wie in der Schweiz) zu verbinden. Eine Möglichkeit zum kurzzeitigen Fixieren der ferkelführenden Sau in FAB ist für den Arbeitsschutz des Personals unumgänglich.

Literatur

- Baumgartner, J.; Winckler, C.; Quendler, E.; Ofner, E.; Zentner, E.; Dolezal, M.; Schmoll, F.; Schwarz, C.; Koller, M.; Winkler, U.; Laister, S.; Fröhlich, M.; Podiwinzky, C.; Martet-schläger, R.; Schleicher, W.; Ladinig, A.; Rudorfer, B.; Huber, G.; Mösenbacher, I.; Troxler, J. (2005): Schlussbericht: Beurteilung von Abferkelbuchten. S. 122-125
- Hales, J.; Moustsen, V.A.; Nielsen, M.B.; Hansen, C.F. (2014): Higher preweaning mortality in free farrowing pens compared with farrowing crates in three commercial pig farms. *Animal* 8 (1), pp 113-120
- Haus Düsse (2013, 2014): Jahresberichte. <https://www.landwirtschaftskammer.de/duesse/wir/jahresbericht/index.htm>
- Hoy, S. (2013): Freilaufbucht: Noch nicht praxisreif! top agrar 6/2013, S. S8-S10
- Hoy, S. (2016): Worüber reden wir eigentlich? DLG-Mitteilungen 11 (2016), S. 28-29
- VSG 4.1 (2017): Unfallverhütungsvorschrift Tierhaltung der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft, Stand 1.1.2000 in der Fassung vom 11.1.2017, S. 12

Danksagung

Ein großer Dank für die finanzielle Förderung geht an das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) bzw. die Rentenbank. Ein besonderer Dank gilt dem Stallpersonal des Ferkelerzeugungsbereiches am Landwirtschaftszentrum Eichhof für die Unterstützung bei der Datenerhebung.

Ein Vergleich zwischen Gruppensäugen und Einzelhaltung – Verhalten, Leistungen und Gesundheit von Sauen und Ferkeln

A comparison between group suckling and single housing – behavior, performance and health of sows and piglets

ANN-KATHRIN STUMPENHORST¹, PETER EBERTZ¹, FELIX AUSTERMANN²,
REINHARD SCHULTE-SUTRUM², WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der tierischen Erzeugung, Nussallee 5, 53115 Bonn; a.stumpenhorst@gmx.de

² Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse, Ostinghausen, 59505 Bad Sassendorf

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, das Verhalten von säugenden Sauen in konventionellen Abferkelbuchten mit dem im Haltungssystem Gruppensäugen zu vergleichen. Der Versuch fand zwischen Dezember 2015 und Juli 2016 am VBZL Haus Düsse in Bad Sassendorf statt. Untersucht wurden 48 Sauen und ihre 719 Ferkel (je Haltungsform 24 Sauen). Die Versuchsgruppe (VG) und die Kontrollgruppe (KG) ferkelten alle in Ferkelschutzkörben ab. Leistungs- und Verhaltensdaten wurden erfasst.

In der VG wurden im Mittel 0,8 Ferkel weniger abgesetzt als in der KG. Unterschiede im Säugeverhalten waren besonders auffällig. Im Mittel nahm die Länge der Saugakte der VG von sieben auf vier Minuten ab. Dies spiegelt einen ausgeprägten arttypischen Absetzprozess wie bei Wildschweinen in freier Natur wider. Die Haltungsumwelt und der individuelle Charakter beeinflusst das Verhalten der Sauen.

Summary

The aim of the study was to compare the behavior of lactating sows in conventional single housing pens with a farrowing crate to a group suckling system. The project took place between December 2015 and July 2016 at VBZL Haus Düsse in Bad Sassendorf. In total, 48 sows including their 719 piglets were compared (24 sows each system). The experimental group (VG) and the control group (KG) littered all in a farrowing crate. Litter information and behavioral parameters were recorded.

In the VG 0.8 piglets were weaned less than in the KG. The suckling behavior was particularly striking. On average, the length of suckling process of the VG decreased from about seven to four minutes. This reflects a pronounced type of weaning process as in wild boars. The environment and the individual character took influence on the behavior of the sows.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Gesellschaft fordert zunehmend eine artgerechtere Haltung von Nutztieren. Die Haltung von Sauen in Kastenständen wird aktuell, und besonders nachdem das Bundesverwaltungsgericht das Magdeburger-Urteil bestätigt hat, verschärft diskutiert.

In Anbetracht der Diskrepanzen zwischen Tierhaltung und Gesellschaft (Schulze et al., 2008) sowie vor dem Hintergrund zukünftiger agrarpolitischer Forderungen bezüglich des Tierschutzes sollte das Ziel dieser Arbeit die Untersuchung eines neu entwickelten konventionellen Haltungssystems für säugende Sauen in der Gruppe sein. Priorität hatte die Untersuchung von verhaltensbiologischen Aspekten. Mittels Videotechnik sollte das Verhalten der Tiere analysiert sowie Vorteile und Schwachstellen im System aufgedeckt werden. Unter anderem wurden die Leistungen der Sauen ausgewertet.

Es stellen sich somit die Fragen: Wie äußert sich Wohlbefinden im Verhalten der Tiere? Kann Wohlbefinden gemessen werden? Und inwieweit kann das System als Grundlage für zukünftige Diskussionen in Bezug auf Tierschutzfragen dienen?

2 Material und Methoden

Für den angestrebten Vergleich zweier Haltungsformen im Abferkelbereich wurden ein Abteil mit konventionellem Haltungssystem (Kontrollabteil) und ein neu eingebautes Gruppensäugenabteil (Versuchsabteil) untersucht. Abbildung 1 zeigt den Grundriss.

2.1 Versuchs- und Kontrollabteil

Die Gesamtfläche des Gruppensäugenabteils betrug ca. 42 m². Davon standen ca. 30 m² für die gemeinsame Nutzung mit den Ferkeln zur Verfügung (7,4 m² je Sau). Das Abteil gliederte sich in einen Ruhe- und Komfortbereich für die Ferkel und einen Gruppenbereich für die gemeinsame Nutzung von Sauen und Ferkeln. Im Ferkelbereich befanden sich eine integrierte Warmwasserbodenheizung und mehrere Ferkeltränken. Der 11 m² große Komfort- und Schutzbereich war ausschließlich für die Ferkel über zwei Schlupflöcher zugänglich. Das gesamte Abteil war mit Kunststoffrosten ausgelegt.

Das Kontrollabteil lag gegenüber dem Versuchsabteil. Aufgrund der Positionierungsmöglichkeiten der Kameras wurden jeweils die ersten beiden Buchten auf der rechten und linken Seite des Abteils zur Beobachtung ausgewählt. Jede Bucht war ca. 5 m² groß (1,83 m bzw. 1,75 m Breite, 2,50 m bzw. 3,00 m Länge) und mit einem Ferkelschutzkorb in gerader Aufstallung ausgestattet. Am Kopf der Sau war ein Trog und eine Mutter-Kind-Tränke (siehe gelbe Fläche) installiert. Parallel zum Ferkelschutzkorb befand sich ein Ferkelnest (rote Fläche, Abb. 1).

2.2 Datenerhebung

Sowohl die Versuchsgruppe (VG) als auch die Kontrollgruppe (KG) ferkelten in konventionellen Buchten mit Ferkelschutzkorb ab. Mit einem durchschnittlichen Alter von zwölf Tagen wurden je Durchgang vier Sauen der VG und ihre Ferkel in das Gruppensäugen-

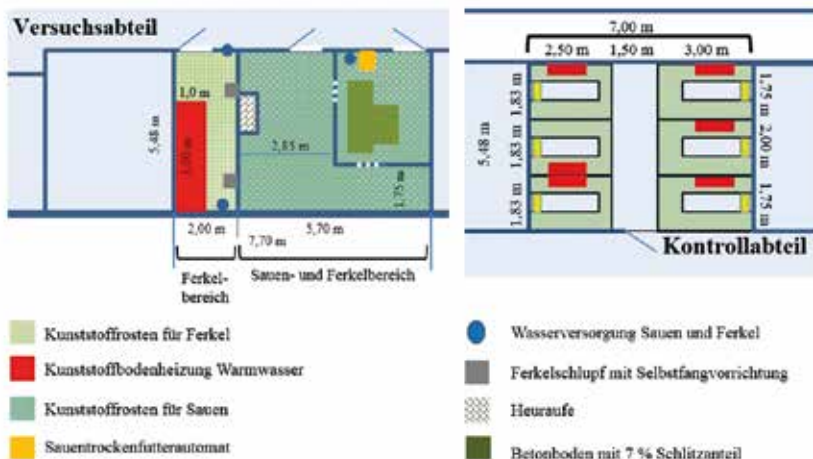


Abb. 1: Grundrisse des Versuchs- und Kontrollabteils (modifiziert nach Schulte-Sutrum)

Fig. 1: Floor plan of the experimental and control section

abteil umgestallt. Die Sauen der KG hingegen verblieben im konventionellen Abferkelabteil. Die Verhaltensparameter wurden mittels Videokameras 24 Stunden pro Tag aufgezeichnet. Zur Auswertung wurden jeweils die Aufnahmen an Donnerstagen und Sonntagen (Beobachtungstag 1, 4, 8 und 11) nach der Zwischenmessung (Lebenstag 12) verwendet. Beobachtungstag 1 entspricht somit Lebenstag 13 der Ferkel. Die genauen Auswertungszeiten lagen zwischen 10 bis 12 Uhr und 16 bis 18 Uhr (Time-sampling-Verfahren). Ausgewertet wurden das Ruhe-, Säuge- und Aktivitätsverhalten. Das antagonistische Verhalten der VG wurde separat an sechs Stunden nach dem Einstellen der Sauen in das Gruppensäugenabteil analysiert.

Die Sauen wurden fünf Tage vor der Geburt gewogen und nach dem Absetzen. Im Anschluss an die Geburt wurden weitere Leistungsparameter erfasst. Dazu zählten die Wurfnummer, die Anzahl lebend und tot geborener Ferkel sowie abgesetzter Ferkel. Zudem wurden bei verendeten Ferkeln der Zeitpunkt und die Todesursache ermittelt.

3 Ergebnisse

3.1 Leistungsdaten Sauen und Ferkel

Die maximale Wurfanzahl der Sauen lag bei 8,0 und im gesamten Mittel bei 3,38 Würfen. Folglich bestand der gesamte Versuch aus einer nahezu homogenen Verteilung aus Alt- und Jungsauen. Von den insgesamt 719 Ferkeln verendeten 115 Ferkel. 68 Ferkel verendeten (18,9 %) in der VG und 47 (13,1 %) in der KG. Somit lag der prozentuale Unterschied zwischen den beiden Haltungsformen bei 5,7 %. Dadurch setzten die Sauen der VG 12,2 Ferkel und die der KG 13 Ferkel pro Wurf ab. 90 % der Verluste ereigneten sich vor Tag 12 post partum. Nach dem Umstellen der VG in das Gruppensäugenabteil traten dort zwei Prozent höhere Ferkelverluste als in der KG auf.

Die Ferkel der VG hatten signifikant geringere Tageszunahmen als die Ferkel der KG. Die mittleren Absetzgewichte lagen in der VG bei 7,20 kg und in der KG bei 7,29 kg. Die Ferkel der VG besaßen aus versuchstechnischen Gründen am 12. Lebenstag (Zwischenmessung) 500 g höhere Gewichte als die Ferkel der KG. Der Grund dafür war, dass nur die fittesten Würfe in das Gruppensäugenabteil eingestallt wurden. Dieser Gewichtsvorteil konnten die Ferkel der VG nicht weiter ausbauen. Daher wurden die Ferkel der VG im Mittel mit zehn Gramm weniger abgesetzt als die der KG.

3.2 Verhalten der Sauen

Die Ergebnisse der Videoauswertung beziehen sich auf die vier festgelegten Beobachtungstage je Gruppe und Durchgang. Die Verhaltensweisen Ruhen, Säugen und Aktivität wurden gemeinsam erfasst und zu 100 % aufsummiert. Das antagonistische Verhalten wurde separat dazu ausgewertet. Insgesamt wurden 23.040 Minuten jeweils in der VG und in der KG für die Beobachtung der Verhaltensweisen ausgewertet. Abbildung 2 zeigt einen ersten Überblick über die summierte Dauer (in Minuten) der einzelnen Verhaltensweisen (Ruhen, Säugen, Aktiv) der gesamten Durchgänge im Vergleich zwischen VG und KG.

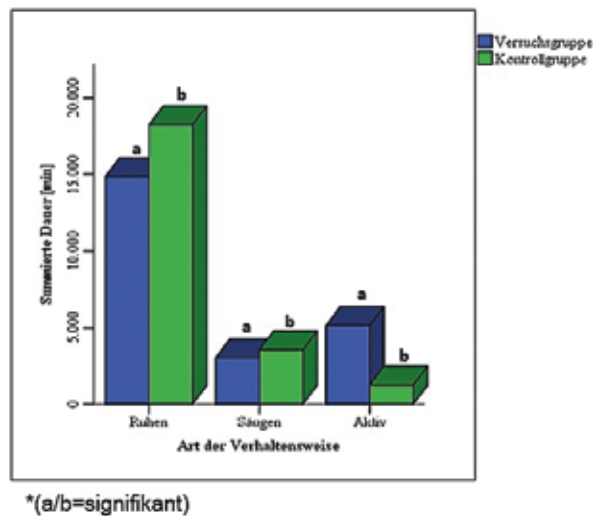


Abb. 2: Summierte Dauer (min) der einzelnen Verhaltensweisen (*a/b = signifikant)

Fig. 2: Total duration (min) of the individual behaviors (*a/b = significant)

3.3 Ruhe-, Säuge- und Aktivitätsverhalten

Am häufigsten zeigten die Sauen beider Gruppen das Ruheverhalten. Im Verhältnis zur gesamten Beobachtungszeit von 23.040 Minuten betrug das Ruhen in der KG 80 % und in der VG 65 %. Die Sauen der KG ruhten über 3.000 Min. mehr als die der VG ($p < 0,05$).

Die VG verbrachte von der gesamten Beobachtungszeit (23.400 Minuten) im Mittel 13 % ihrer Zeit mit Säugen. In der KG entsprach das Säugen im Mittel ca. 15 % der Beobachtungszeit ($p < 0,05$). In der VG war im Versuchsverlauf ein Abnehmen der Säugedauer von insgesamt 952 Minuten (Tag 1) auf 564 Minuten (Tag 11) zu erkennen. In Bezug zum gesamten beobachteten Verhalten machte das Säugen bei der VG an Tag 1 ca. 16,5 % der Gesamtzeit aus und an Tag 11 nur noch 9,8 %. Dies zeigte sich nicht in der KG. Hier dauerte das Säugen im Mittel 6,28 Minuten (Tab. 1).

Tab. 1: Dauer des Säugens in Abhängigkeit des Beobachtungstages

Title 1: Suckling Duration in relation to the observation day

		Versuchsgruppe			Kontrollgruppe		
		Säugen Summe Dauer (min)	Mittelwert (min)	%-Anteil Säugen	Summe Dauer (min)	Mittelwert (min)	%-Anteil Säugen
Tag	1	952	7,44	16,5	880	5,95	15,3
	4	851	6,50	14,8	868	6,43	15,1
	8	670	4,93	11,6	944	6,47	16,4
	11	564	4,41	9,8	854	6,28	14,8
Summe ¹		3.037 ^a	5,81	13,2	3.547 ^b	6,28	15,4

¹⁾ (a/b = signifikant).

Der Indikator „Aktivität“ war zur Untersuchung des Verhaltens eine wichtige Größe, da er signifikant von der Haltungsform beeinflusst wurde. Das Aktivitätsverhalten besaß vom gesamt beobachteten Verhalten einen Anteil von 5 % in der KG und 22 % in der VG. Im Mittel waren die Sauen der VG aktiver als die Sauen der KG ($p < 0,05$). Die VG bewegte sich innerhalb der Beobachtungszeit bis zu fünf Mal mehr als die KG.

3.4 Antagonistisches Verhalten

Bei den 24 Sauen der VG wurden 129 Konflikte festgestellt. Da zwei Tiere an einem Konflikt beteiligt waren, hat sich die Anzahl bei der Auswertung auf 258 antagonistische Interaktionen (AI) verdoppelt. Das ermöglichte die Erfassung beider Tiere, die an dem einzelnen Konflikt beteiligt waren. Die Dauer einzelner Konflikte lag im Mittel bei sieben Sekunden, minimal bei zwei und maximal bei 44 Sekunden.

4 Diskussion

90 % der Ferkelverluste traten vor dem Umstallen (12. Lebenstag) auf. Auffällig war, dass danach in der VG 2 % höhere Erdrückungsverluste auftraten als in der KG.

Das Ruheverhalten war ähnlich wie bei Schweinen in freier Wildbahn, dass am meisten gezeigte Verhalten. Dennoch hat die „Haltungsform“ einen signifikanten Einfluss auf das Verhalten der Sauen. Hoy (2009) stellte fest, dass Sauen in konventionellen Ferkelschutzkörben höhere Liegezeiten pro Tag (> 91 %) aufweisen als säugende Sauen

in einer Gruppenhaltung (84 %). Bussemas et al. (2011) fanden heraus, dass laktierende Sauen in Dreiergruppen niedrigere Liegezeiten besaßen als in der Einzelhaltung.

Von Beobachtungstag 1 bis 11 nahm in der VG die mittlere Dauer eines Saugaktes von 7,4 Minuten auf 4,4 Minuten ab. Dieser abnehmende Verlauf der Säugedauer pro Saugakt kann ein Hinweis auf den arttypischen Absetzprozess durch die Sau sein (Puppe und Tuchscherer, 2000). Dies war in der KG allerdings nicht ersichtlich. Das wirft die Frage auf, ob der arttypische Absetzprozess durch den Ferkelschuttkorb eingeschränkt wird und aus Sicht des Tierschutzes kritisch hinterfragt werden sollte.

Das antagonistische Verhalten zählt wie bei Wildschweinen zum arttypischen Verhalten. Es sichert jedem Tier den Zugang zu Ressourcen wie Futter, Wasser und Liegeplätzen und gibt der gesamten Gruppe eine feste Rangordnung und Ruhe. Zwischen den Durchgängen gab es individuelle Unterschiede in der Anzahl und Dauer der AI. Ältere Sauen besaßen ein geringeres Konfliktpotenzial als jüngere. Es könnte sein, dass sie eine höhere Rangposition gegenüber jüngeren und leichteren Sauen besaßen, wodurch es erst gar nicht zu AI kam (Moore et al., 1994). Dies spricht für ein Zusammenstellen von unterschiedlich alten und schweren Sauen.

Das System Gruppensäugen kann unter bestimmten Voraussetzungen funktionieren. Jedoch muss ein angepasstes Management besonders mit höherem Arbeitszeitaufwand für die Tierbeobachtung einkalkuliert werden. Einflussfaktoren wie Management (z.B. Zeitpunkt der Gruppierung), Haltungsumwelt (z.B. Platzangebot, Klima) und besonders die Fütterung müssen dem System angepasst sein.

Zum Faktor Arbeitssicherheit sollte erwähnt werden, dass das Verhalten der Sauen individuell sehr verschieden war. Besonders Tierbehandlungen waren schwierig durchzuführen. Das Arbeiten in der Gruppenbucht birgt daher ein schwer abschätzbares Risiko. Außerdem traten Trittverletzungen wie dicke Schultern und blutige Klauen bei den Ferkeln der VG auf. Dies befürwortet wiederum den Ferkelschuttkorb. Die Arbeit bietet eine Grundlage für weitere Diskussionen und Forschungen in Bezug auf das Tierwohl.

Literatur

- Bussemas, R., C. Kocerka und F. Weißmann (2011): Einzel-versus Gruppensäugen in der ökologischen Sauenhaltung: Betrachtung von Verhalten und Leistung. ART-Tagungsband 24. IGN-Tagung, 28-32
- Hoy, S. (Hg.) (2009): Nutztierethologie. 35 Tabellen, 1. Aufl. Ulmer
- Moore, A. S., H. W. Gonyou, J. M. Stookey und D. G. McLaren (1994): Effect of group composition and pen size on behavior, productivity and immune response of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 40, 13-30
- Puppe, B. und A. Tuchscherer (2000): The development of suckling frequency in pigs from birth to weaning of their piglets: a sociobiological approach. *Animal Science* 71, 273-279
- Schulze, B., A. Spiller und D. Lemke (2008): Glücksschwein oder arme Sau? Die Einstellung der Verbraucher zur modernen Nutztierhaltung. In: Spiller, A. und B. Schulze (Hg.): *Zukunftsperspektiven der Fleischwirtschaft. Verbraucher, Märkte, Geschäftsbeziehungen*. Universitätsverlag Göttingen, S. 465-488

Einfluss des Flächenangebots und des Tier-Fressplatz-Verhältnisses auf Leistung und Verhalten von Jungebern und Mischgruppen aus Kastraten und weiblichen Mastschweinen

Impact of space and animal-feeding place-ratio on production criteria and behaviour of fattening boars and mixed groups of castrates and female fattening pigs

MANFRED OTTING, CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMAN, MIRIAM ABRIEL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 85586 Poing/Grub;
christina.jais@LfL.bayern.de

Zusammenfassung

In drei Durchgängen wurden jeweils 105 Jungeber und 105 Tiere in Mischgruppen aus Kastraten und weiblichen Mastschweinen in Buchten mit vier verschiedenen Flächenangeboten aufgestellt (0,75 m²/Tier, 0,81 m²/Tier, 0,9 m²/Tier, 1,05 m²/Tier). Zum Tier-Fressplatz-Verhältnis bei einer ad libitum Flüssigfütterung wurden in zwei Durchgängen jeweils 112 Jungeber und 112 Tiere in Mischgruppen in Mastbuchten mit vier verschiedenen Tier-Fressplatz-Verhältnissen von 3,1:1, 3,7:1, 4,2:1 und 5,1:1 aufgestellt. Zahlreiche Daten am lebenden und am toten Tier wurden erfasst.

Jungeber und Mischgruppen erreichten ein sehr hohes Leistungsniveau. Die geprüften Flächenangebote und Tier-Fressplatz-Verhältnisse hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Verhalten und die Leistungen der Mastschweine sowie auf die an den Tieren erhobenen Befunde. Auch der Anteil der in Seitenlage ruhenden Schweine wurde nicht durch das zur Verfügung stehende Platzangebot beeinflusst.

Der frühzeitige Einsatz der Genesungsbuchten dürfte dazu beigetragen haben, dass die Tierverluste niedrig waren.

Summary

105 fattening boars and 105 animals in mixed groups of castrates and female pigs were held in pens of four different space allowances (0.75 m²/pig, 0.81 m²/pig, 0.9 m²/pig, 1.05 m²/pig) in each of three trial runs. 112 fattening boars and 112 animals in mixed groups of castrates and female pigs were held in pens of four different animal-feeding place-ratios (3.1:1, 3.7:1, 4.2:1, 5.1:1) and ad libitum liquid feeding in each of two trial runs. Numerous data were collected from the living and from the dead animal.

Boars and mixed groups achieved high performance. The tested space allowances and animal-feeding place-ratios had no impact on the animals' production criteria and

behavior, neither on the diagnostic findings took from the animals. The percentage of animals lying on their side wasn't influenced by space allowance, too.

The early use of recovery pens may have contributed to low number of animal losses.

1 Einleitung und Zielsetzung

Jungeber zeigen im Vergleich zu Kastraten und weiblichen Mastschweinen vermehrt „kritische Verhaltensweisen“, wie eine erhöhte Aktivität und ein größeres Aggressionspotenzial (Kämpfe, Aufreiten, Penisbeißen; Bünger et al. 2013).

In den vorliegenden Versuchen wurde deshalb geprüft, ob und wie diese „kritischen Verhaltensweisen“ der Jungeber durch eine Veränderung bzw. Anpassung der Haltungsumwelt und des Managements reduziert werden können. Mischgruppen aus Kastraten und weiblichen Schweinen dienten als Vergleich.

Im Zentrum der Untersuchungen standen dabei zwei Versuchsfragen:

1. die Auswirkungen verschiedener Flächenangebote und
2. die Auswirkungen verschiedener Tier-Fressplatz-Verhältnisse, jeweils auf Leistung und Verhalten der Tiere.

Darüber hinaus wurde der Einsatz von Genesungsbuchten nach dem „Bucht-in-Bucht-Prinzip“ getestet, mit dem Ziel behandlungsbedürftige Tiere schnell aus der Hauptmastbucht zu separieren und sie, falls möglich, nach erfolgreicher Genesung wieder in die Mastgruppe zu integrieren.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsbehandlungen

Für Versuchsfrage 1 zum Flächenangebot wurden in insgesamt drei Durchgängen jeweils 105 Jungeber und 105 Tiere in Mischgruppen (bestehend aus Kastraten und weiblichen Mastschweinen) in Mastbuchten mit vier verschiedenen Flächenangeboten und identischem Tier-Fressplatz-Verhältnis (3,3 : 1) aufgestellt. Bei unveränderten Buchtenmaßen im Betrieb erfolgte die Einstellung der Flächenangebote je Tier über eine Veränderung der Anzahl der Tiere je Bucht. Konkret wurden folgende Flächenangebote geprüft: 0,75 m²/Tier (30 Tiere/Bucht), 0,81 m²/Tier (28 Tiere/Bucht), 0,9 m²/Tier (25 Tiere/Bucht), 1,05 m²/Tier (22 Tiere/Bucht). Je Durchgang kam jedes Flächenangebot einmal vor.

Für Versuchsfrage 2 zum Tier-Fressplatz-Verhältnis am Flüssigkurztrog mit Sensor wurden in insgesamt zwei Versuchsdurchgängen jeweils 112 Jungeber und 112 Tiere in Mischgruppen in Mastbuchten mit vier verschiedenen Tier-Fressplatz-Verhältnissen von 3,1 : 1, 3,7 : 1, 4,2 : 1 und 5,1 : 1 bei identischem Flächenangebot und identischer Anzahl Tiere je Bucht (0,8 m²/Tier, 14 Tiere) aufgestellt. Je Durchgang kam jedes Tier-Fressplatz-Verhältnis zweimal vor.

Jungeber und Mischgruppen wurden in getrennten Abteilen gemästet. Die übrigen Parameter der Haltungsumwelt wurden in beiden Versuchsfragen in allen Mastbuchten konstant gehalten.

2.2 Genesungsbuchten

Die Genesungsbuchten im „Bucht-in-Bucht-Prinzip“ entstanden durch das Einsetzen einer zusätzlichen Trennwand, die bei Bedarf so in der Hauptmastbucht platziert wurde, dass das separierte Tier Zugang zum gemeinsamen Trog hatte.

Lahme oder erkrankte Tiere sollten frühzeitig separiert werden, um die Genesungschancen zu erhöhen und um Verluste zu reduzieren. Genesene Tiere sollten in die ursprüngliche Mastgruppe zurückgebracht werden. Deswegen wurden die Trennwand und der Trogbereich so gestaltet, dass den separierten Tieren weiterhin ein Nasenkontakt zur Mastgruppe möglich war (Abb. 1).



Abb. 1: Genesungsbucht im „Bucht-in-Bucht-Prinzip“. Das separierte Tier hat Zugang zum gemeinsamen Trog und Nasenkontakt zur Mastgruppe. (© LfL)

Fig. 1: Recovery pen in the „pen-in-pen-design“. The separated animal has access to the common trough and has nose-to-nose contact to the fattening group. (© LfL)

2.3 Datenerfassung

Zur Beurteilung der Wirkung der Versuchsfaktoren wurden Daten am lebenden und am toten Tier erfasst.

Die Tiere wurden einzeln zum Zeitpunkt der Einstallung, am 42., 65. und 86. Masttag sowie am Morgen des Schlachttages gewogen. Der Futterverbrauch wurde wöchentlich für jede Mastgruppe notiert, Tierverluste und Tierbehandlungen kontinuierlich im Stalltagebuch aufgezeichnet.

Verletzungen der Haut, Gelenksveränderungen an den Extremitäten und die Gangweise wurden in den Mastwochen 6, 9 und 12, jeweils zeitnah zu den Wiegeterminen bewertet. Bei den Hautverletzungen wurden der Ort am Tierkörper (hinten – vorne), die

Tiefe (tief – oberflächlich) und das Alter (alt – frisch) erfasst. Die Bonitur der Gelenkveränderung erfolgte anhand eines vierstufigen Systems (Note 1 = ohne Befund bis Note 4 = sehr starke Veränderungen; Jais et al. 2013). Bezüglich der Gangweise wurden fünf Stufen unterschieden (Note 1 = keine Lahmheit, Note 2 = steifer Gang, Note 3 = Lahmheit an einer Gliedmaße, Note 4 = Lahmheit an mehreren Gliedmaßen, Note 5 = Festliegen).

Ebenfalls zeitnah zum Wiegezeitpunkt in Mastwoche 12 wurden für Versuchsfrage 1 Videoaufnahmen zur Analyse des Liegeverhaltens erstellt. Der Anteil der in Seitenlage, Bauchlage oder Bauch-Seitenlage liegenden Tiere wurde an zwei aufeinanderfolgenden Tagen jeweils im Zeitraum von 20 Uhr abends bis 4 Uhr morgens erfasst.

Am toten Schlachtschwein wurden die üblichen Schlachtkörperwerte erhoben und bei den Jungebern zudem Fettproben aus dem Nacken zur Bestimmung der Gehalte an Androstenon, Skatol und Indol genommen. Zusätzlich wurden die Penisse der Jungeber ausgelöst und noch am Schlachttag auf Verletzungen und Veränderungen untersucht.

2.4 Statistische Auswertung

Die Prüfung der normalverteilten Parameter erfolgte mittels Varianzanalyse unter Verwendung der Faktoren Flächenangebot bzw. Tier-Fressplatz-Verhältnis, Durchgang und Geschlecht sowie Mutter. Für die Merkmale Lebendmasse und Lebendmasseentwicklung war das Einstallgewicht Covariable.

Merkmale, für die Häufigkeitsverteilungen erstellt wurden, wurden unter Verwendung des Chi-Quadrat-Tests auf Unterschiede geprüft.

War die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 5 %, wurden Unterschiede als signifikant bewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Flächenangebot

Jungeber und Mischgruppen waren mit etwa 30 kg Lebendmasse eingestallt worden. Das Mastendgewicht der Eber betrug knapp 123 kg nach 103 Masttagen, das der Mischgruppen gut 121 kg nach 105 Masttagen. Die täglichen Zunahmen lagen bei 909 g in den Ebergruppen und bei 872 g in den Mischgruppen. Die Futterverwertung betrug 2,4 : 1 (Eber) bzw. 2,5 : 1 (Mischgruppen). Aus den Eberbuchten wurden insgesamt 7 Tiere vorzeitig ausgestallt (2,2 %), aus den Mischbuchten 8 Tiere (2,5 %). Totalverluste traten nicht auf.

Die Eber wiesen signifikant mehr Hautverletzungen auf als die Mischgruppen. Über alle drei Boniturtermine waren nur 12,2 % der Eber unverletzt, aber 18,8 % der Tiere in der Mischgruppe. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern lag in den oberflächlichen Verletzungen. Tiefe Hautverletzungen traten mit 1,3 % bei Ebern und Mischgruppen gleichermaßen selten auf. Ebenso waren veränderte Gelenke mit 9,4 % (Eber) bzw. 10,6 % (Mischbuchten) und lahrende Tiere zu 9,2 % (Eber) bzw. 9,4 % (Mischbuchten) bei allen Geschlechtern gleich häufig zu beobachten.

Insgesamt lagen 67 % der Tiere in Mastwoche 12 während der aufgezeichneten Nachtstunden in Seitenlage, 17 % in Bauch-Seitenlage und 10 % in Bauchlage. 3 % der Liegepositionen konnten nicht eindeutig bestimmt werden. Eber und Mischbuchten unterschieden sich nicht.

Veränderungen an den Penissen traten über alle drei Durchgänge hinweg bei rund 64 % der Eber auf. Der mittlere Gehalt an Androstenon je Gramm Nackenfett betrug 145 ng, an Skatol 75 ng und an Indol 21 ng.

Die geprüften Flächenangebote hatten auf keinen der erhobenen Parameter einen signifikanten Einfluss.

3.2 Tier-Fressplatz-Verhältnis

Jungeber und Mischgruppen waren mit knapp 30 kg Lebendmasse eingestallt worden. Das Mastendgewicht der Eber betrug gut 126 kg nach 104 Masttagen, das der Mischgruppen knapp 124 kg nach 110 Masttagen. Die täglichen Zunahmen lagen bei 936 g in den Ebergruppen und bei 864 g in den Mischgruppen. Die Futterverwertung betrug 2,4 : 1 (Eber) bzw. 2,5 : 1 (Mischgruppen). Aus den Eberbuchten wurden insgesamt 10 Tiere vorzeitig ausgestallt (4,5 %), aus den Mischbuchten 6 Tiere (2,7 %). An Totalverlusten war 1 Eber (0,5 %) und 2 Tiere in den Mischbuchten (0,9 %) zu verzeichnen.

Die Eber wiesen signifikant mehr Hautverletzungen auf als die Mischgruppen. Über alle drei Boniturtermine waren nur 7,6 % der Eber unverletzt, aber 19,2 % der Tiere in der Mischgruppe. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern lag auch hier in den oberflächlichen Verletzungen. Ebenso waren wiederum veränderte Gelenke mit 12,8 % (Eber) bzw. 11,7 % (Mischbuchten) und lahmende Tiere zu 14,9 % (Eber) bzw. 15,6 % (Mischbuchten) bei allen Geschlechtern gleich häufig zu beobachten.

Veränderungen an den Penissen traten über alle fünf Durchgänge hinweg bei rund 41 % der Eber auf. Der mittlere Gehalt an Androsten je Gramm Nackenfett betrug 637 ng, an Skatol 90 ng und an Indol 19 ng.

Die geprüften Tier-Fressplatz-Verhältnisse hatten auf keinen der erhobenen Parameter einen signifikanten Einfluss.

4 Diskussion

Die Jungeber wie auch die Mischgruppen erreichten bei den Mast- und Schlachtleistungen in allen Mastdurchgängen ein sehr hohes Leistungsniveau.

Weder die verschiedenen Stufen der Flächenangebote, gekoppelt mit einer unterschiedlichen Tieranzahl je Bucht, noch die unterschiedlichen Tier-Fressplatz-Verhältnisse hatten einen Einfluss auf die Leistungsmerkmale, die an den Tieren beobachteten Verletzungen bzw. Veränderungen, das Tierverhalten oder die geruchsbeeinflussenden Inhaltsstoffe im Nackenfett. Demzufolge ergibt sich aus den vorliegenden Versuchen kein Hinweis darauf, dass die Haltungsbedingungen für Eber von den Haltungsbedingungen für Kastraten und weibliche Mastschweine abweichen müssten.

In Eberbuchten traten, entgegen den in einem Vorversuch erzielten Ergebnissen, im Vergleich zu den Mischbuchten keine erhöhten Tierverluste bzw. häufigere vorzeitige Abgänge auf. Dies könnte auf den frühzeitigen Einsatz der Genesungsbuchten zurückzuführen sein, da durch die in der Genesungsbucht gegebene Ruhe die Heilungschancen bei Lahmheit größer sein dürften als in der Gruppenbucht. Möglicherweise sind auch die höheren Verluste und Anteile vorzeitig abgegangener Tiere in den Versuchen zum Tier-Fressplatz-Verhältnis, verglichen mit den Werten aus den Versuchen zum Flächenangebot, ein Hinweis auf die positive Wirkung der Genesungsbuchten. Denn in den Versuchen zum Tier-Fressplatz-Verhältnis standen weniger Genesungsbuchten zur Verfügung und sie wurden deswegen auch restriktiver eingesetzt.

Eber zeigten, wie auch schon in anderen Versuchen (Bünger et al. 2013), deutlich mehr oberflächliche Verletzungen der Haut und diese vor allem in der vorderen Körperhälfte. Diese Verletzungen sind eine Folge der ausgeprägteren Auseinandersetzungen zwischen den Tieren. Ihre Bedeutung für das Wohlbefinden der Eber kann auf Basis der vorliegenden Daten nicht eindeutig beantwortet werden.

Gleiches gilt auch für die Bewertung der an der Mehrzahl der Penisse beobachteten verletzungsbedingten Veränderungen, aus denen sich aber in keinem Fall eine am Schlachtkörper zu erkennende Entzündung ergeben hatte. Ebenso fiel keines der betroffenen Tiere infolge von durch Schmerzen bedingten Verhaltensabweichungen auf.

Unter der Voraussetzung, dass die genannten häufigeren oberflächlichen Hautverletzungen sowie die Veränderungen an den Penissen mit Blick auf das Wohlbefinden der Tiere akzeptiert werden können, präsentierte sich die Jungebermast in den vorliegenden Versuchen als erfolgreich durchführbares Verfahren. Die in anderen Versuchen gefundenen zu Kastraten vergleichbaren Cortisolwerte (Isernhagen 2015) könnten als ein Indiz für eine gleiche, zumindest für eine nicht höhere Stressbelastung der Tiere gewertet werden.

Literatur

- Bünger, B.; Zacharias, B.; Schrade, H. (2013): Ebermast als Alternative zur Kastration. Tagungsband, 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, S. 35–40
- Isernhagen, M. (2015): Haltung von Ebern unter herkömmlichen Mastbedingungen – Einfluss auf Tiergesundheit und Wohlbefinden. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, https://edoc.ub.uni-muenchen.de/18004/1/Isernhagen_Marie.pdf
- Jais, C.; Oppermann, P.; Schwanfelder, J. (2013): Einsatz von Gummimatten im Liegebereich tragender Sauen – Teil 2: Klauen, Gelenke und Gangweise. Landtechnik 68 (3), S. 295–300

Gestaltung von Laufhöfen für Milchziegen

Design of outdoor runs for dairy goats

NINA M. KEIL¹, JOANNA STACHOWICZ^{1,2}, LORENZ GYGAX¹, BEAT WECHSLER¹,
EDNA HILLMANN²

¹ Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz; nina.keil@agroscope.admin.ch

² Einheit für Ethologie und Tierwohl, ETH Zürich, 8092 Zürich, Schweiz

Zusammenfassung

Auf 14 Betrieben wurden Daten zur Laufhofnutzung von Milchziegen erhoben und zum Wetter in Beziehung gesetzt. Für 13 Betriebe wurde jeweils für den Stall und den Laufhof ein Qualitäts-Index erstellt und deren Einfluss auf die Laufhofnutzung untersucht. Der Index nahm zu, je vielseitiger der Stall bzw. der Laufhof ausgestattet war. Anhand von Videoaufnahmen wurde der durchschnittliche Anteil der Ziegen einer Herde im Laufhof bestimmt. Die statistische Analyse erfolgte mit linearen gemischte-Effekte-Modellen.

Nahezu alle Tiere einer Herde suchten den Laufhof auf und 20 % der Ziegen hielten sich durchschnittlich dort auf. Wärmere Bedingungen führten zu einer höheren Laufhofnutzung ($p < 0,001$). Schon mäßige Windstärken reduzierten den Anteil der Ziegen im Laufhof ($p < 0,001$). An Tagen mit Regen wurde der Laufhof von einem kleineren Anteil der Ziegen genutzt ($p < 0,001$). Die Ziegen wurden im Laufhof häufig beim Liegen oder bei positiven sozialen Interaktionen beobachtet. Sie nutzten alle zur Verfügung gestellten Einrichtungen (z. B. Heuraufe, Bürste). Unabhängig vom Qualitätsindex des Stalles nutzten die Ziegen den Laufhof umso mehr, je vielseitiger er ausgestattet war ($p = 0,026$).

Summary

The use of an outdoor run in relation to weather conditions were investigated on 14 dairy goat farms. For 13 farms, a quality index was defined both for indoor housing and the outdoor run, and the effect of these indices on outdoor run use was evaluated. A high index indicated high quality in terms of the number of resources provided. Mean daily proportion of goats outside was assessed by video data. Data were analysed using linear mixed effect models.

Almost all goats of a herd visited the outdoor run and 20 % did so on average. Warmer conditions enhanced ($p < 0.001$) and even moderate wind speeds reduced the proportion of goats outside ($p < 0.001$). On days with rain, the outdoor run was used by a markedly smaller proportion of goats ($p < 0.001$). The goats were often seen lying in the outside run and interacting positively with each other. They used all items provided (e.g. brush, hayrack). With increasing outdoor index the mean proportion of goats outside increased ($p < 0.026$) regardless of the quality of indoor housing.

1 Einleitung

Milchziegen können sich in Laufställen frei bewegen und infolgedessen ihre natürlichen Verhaltensweisen besser ausleben als in Anbindehaltung. Gleichzeitig interagieren die Ziegen in einem Laufstall öfters miteinander. Dies kann aufgrund ihrer strikten Dominanzhierarchie (Barroso et al. 2000) und bei fehlenden Ausweichmöglichkeiten im Stall zu vermehrten agonistischen Interaktionen führen (Andersen und Bøe 2007, Aschwanden et al. 2009). Durch die Bereitstellung eines Laufhofs könnten diese Probleme möglicherweise reduziert werden, da durch diesen zusätzlichen Platz sowie Beschäftigungsmöglichkeiten angeboten werden können. Die Gestaltung des Stallinneren sowie die Ausstattung des Laufhof selbst könnten jedoch von großer Bedeutung dafür sein, wie stark der Laufhof genutzt wird. Ziegen nutzten beispielsweise einen Auslauf mehr, wenn sie dort Zweige und Blätter angeboten bekamen (Bøe et al. 2012). Hinzu kommt, dass Ziegen relativ empfindlich auf Witterungseinflüsse reagieren. Bøe und Ehrlenbruch (2013) zeigten, dass Ziegen den Laufhof bei Temperaturen unter 0 °C und Regen weniger aufsuchten.

Für die Beratung fehlen wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zur tiergerechten Gestaltung von Laufhöfen für Milchziegen. In einem Forschungsprojekt wurde deshalb untersucht: Erstens, wie sich unterschiedliche Wetterparameter auf die Laufhofnutzung in der kühleren Jahreszeit auswirken und zweitens, ob die Nutzung eines Laufhofs durch die Gestaltung von Laufhof und Stall beeinflusst wird.

2 Material und Methodik

Die Studie wurde auf insgesamt 14 Milchziegenbetrieben in der Schweiz (11) und in Deutschland (3) durchgeführt. Alle Ziegen wurden in Laufställen mit direktem Zugang zu einem Laufhof gehalten. Ein Betrieb hatte einen Offenfrontstall, die anderen geschlossene Ställe. Der Zugang zu den Laufhöfen variierte von Betrieb zu Betrieb zwischen 6 und 24 Stunden pro Tag. Die Betriebe hielten verschiedene Rassen in Gruppen von 20 bis 160 Tieren, darunter behornte sowie nicht behornte Ziegen. Die Altersstruktur der Gruppen war heterogen.

Auf jedem Betrieb wurden zehn Tage lang zwischen Februar und März 2014 Daten zur Laufhofnutzung und zum Wetter erhoben. Temperatur (°C), relative Luftfeuchtigkeit (%), Windgeschwindigkeit ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), Sonneneinstrahlung ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) und Regenmenge (mm) wurden von einer Wetterstation, die in unmittelbarer Nähe der Laufhöfe aufgestellt war, kontinuierlich gemessen. Die Laufhofnutzung wurde tagsüber auf Video aufgezeichnet. Mit dem Videobeobachtungsprogramm ETHO wurde kontinuierlich die Anzahl der Ziegen, die zwischen Stall und Laufhof wechselten, ermittelt. Anhand dieser Zahlen wurde der durchschnittliche Anteil der Ziegen einer Herde, die sich im Laufhof aufhielten, für verschiedene Beobachtungsperioden berechnet.

Der Einfluss von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Windgeschwindigkeit auf die Laufhofnutzung wurde betriebsindividuell zu den Hauptzeiten der Laufhofnutzung, d. h. in den ersten zwei Stunden nach dem morgendlichen Melken und Füttern, ermittelt. Um den Einfluss des Regens auf die Laufhofnutzung untersuchen zu können, wurden über den Tag verteilt 2-Stunden-Phasen ausgewählt, in denen es in einer der beiden Stunden geregnet hatte und eine Stunde lang trocken war. Es konnte entweder in der ersten Stunde oder in der zweiten Stunde geregnet haben. Um einen tageszeitlichen Effekt ausschließen zu können, wurden Kontrolltage herangezogen und die 2-Stunden-Phasen von Regentagen mit 2-Stunden-Phasen zur gleichen Tageszeit an Tagen ohne Regen verglichen. Weiter wurde der Einfluss der Regenmenge von Stunden mit Regen auf die Laufhofnutzung untersucht.

Um den Zusammenhang zwischen der Laufhofnutzung und der Gestaltung des Stalles sowie des Laufhofs zu untersuchen, wurde für den Laufstall sowie den Laufhof jedes Betriebs anhand eines Punktesystems je ein Qualitäts-Index definiert. Die Laufhofnutzung tagsüber zwischen den beiden Melkzeiten wurde für jeden Betrieb an mindestens zwei bis maximal vier Tagen mit moderaten Wetterbedingungen ausgewertet. Da sich die Laufhofnutzung des Offenfrontstalls sehr stark von derjenigen der anderen Betriebe unterschied, wurde dieser für die statistische Analyse ausgeschlossen ($n = 13$). Der Index nahm zu, je vielseitiger der Stall (Stall-Index: z. B. Platzangebot, Angebot von Strukturierung und Bürsten) bzw. der Laufhof (Laufhof-Index: z. B. Bedachung, Windschutz, Platzangebot, Zugang, Angebot von Bürsten, Raufen oder Klettermöglichkeiten) ausgestattet war. Die Laufhof-Indices der Betriebe reichten von 1 bis 8 und die Stallindices von 2 bis 5. Anhand von Fokustieren wurde direkt beobachtet (zwei Tage mit jeweils vier Stunden pro Betrieb), was die Tiere im Laufhof machten. Das Liegeverhalten (Liegedauer pro Tag und Anzahl an Liegeperioden) sowie die Gesamtaktivität (Summe der kinetischen Bewegungsenergie) der Ziegen wurden an 15 zufällig ausgewählten Fokustieren pro Betrieb mittels 3D-Beschleunigungs-Loggern gemessen. An diesen Tieren wurde zusätzlich das Alter als Indikator für den Rang der Tiere erhoben.

Um potentiell hoch korrelierte Wettervariablen zu reduzieren, wurden mittels einer Hauptkomponentenanalyse die Variablen Temperatur, Sonneneinstrahlung und Luftfeuchtigkeit zu einer Komponente „Wärme“ kombiniert. Die Windgeschwindigkeit ging in ihrer Rohform in die weiterführende Analyse ein. Für die Analyse des Effektes der Wetterbedingungen bzw. des Laufhof- und Stallindex auf den Anteil Ziegen im Laufhof wurden lineare gemischte Effekte Modelle verwendet. Die Modellwahl fand anhand einer Rückwärtseliminierung statt, wobei der p-Wert basierend auf einem parametrischen Bootstrap berechnet wurde.

3 Resultate

3.1 Einfluss des Wetters

Innerhalb des gemessenen Temperaturbereiches ($-0,8^{\circ}\text{C}$ bis $+16,5^{\circ}\text{C}$) führten wärmere Bedingungen (höhere Sonneneinstrahlung, höhere Temperaturen, niedrigere Luftfeuchtigkeit) zu einem höheren Anteil Ziegen im Laufhof ($p < 0,001$). Mit zunehmender Windstärke nahm der durchschnittliche Anteil Ziegen im Laufhof ab ($p < 0,001$), von 25 % bei 0 m/s auf 0,01 % bei 4 m/s (bei einem mittleren Wert für „Wärme“).

In Bezug auf die Laufhofnutzung an Regentagen wurde eine Interaktion zwischen Tag und Phase gefunden ($p < 0,001$). An Regentagen wurde der Laufhof insgesamt von einem kleineren Anteil Ziegen genutzt als an Tagen ohne Regen. Dabei war der Anteil Ziegen im Laufhof an Regentagen in den Stunden mit Regen kleiner (3 %) als in den Stunden ohne Regen (7 %). An den Kontrolltagen ohne Regen war der Anteil Ziegen im Laufhof in den jeweiligen beiden Vergleichsstunden auf gleichem Niveau (22 %). Mit zunehmender Regenmenge (gemessen im Bereich von 0,024 bis 5 mm/h) nahm der durchschnittliche Anteil an Ziegen im Laufhof ab ($p = 0,025$).

3.2 Einfluss von Stall- und Laufhofindex

Nahezu alle Tiere einer Herde (93 % der Fokustiere) suchten den Laufhof auf. Die Ziegen nutzten den Laufhof v. a. für positive soziale Interaktionen, Liegen und nach Möglichkeit zum Scheuern an Bürsten/Stallabtrennungen, Klettern und Fressen. Die Laufhofnutzung konnte durch den Laufhof-Index, nicht jedoch durch den Stall-Index erklärt werden. Je vielseitiger ein Laufhof ausgestattet war, desto mehr nutzten ihn die Ziegen ($p = 0,026$). Der Laufhof von Betrieben mit dem kleinsten Laufhof-Index 1 ($n = 3$) wurde von durchschnittlich 17 % der Ziegen genutzt, während auf dem Betrieb mit dem größten Laufhof-Index 8 ($n = 1$) durchschnittlich 38 % der Ziegen draußen waren. Mit zunehmendem Laufhof-Index erhöhte sich die Aktivität von älteren und verringerte sich die Aktivität von jüngeren Ziegen ($p = 0,008$). Bei unveränderter Liegezeit insgesamt pro Tag verringerte sich mit zunehmendem Stall-Index die Anzahl an Liegeperioden ($p = 0,02$).

4 Diskussion

Unsere Studie zeigt, dass die Laufhofnutzung von Milchziegen vom Wetter und der Qualität des Laufhofs abhängt. Die Ergebnisse erlauben Rückschlüsse darauf, wie durch die Gestaltung und den Schutz vor Wettereinflüssen die Nutzung von Laufhöfen durch Milchziegen gefördert werden kann.

Im Vergleich zu Kühen und Schafen weisen Ziegen morphologische und physiologische Anpassungen auf, die es ihnen besser erlauben, mit wärmeren Bedingungen zurecht zu kommen, wie z.B. ein kurzes feines Fell, eine höhere Respirationsrate sowie eine höhere Hauttemperatur (Curtis 1981; Lu 1989). Von daher ist es wichtig zu wissen, wie Ziegen mit kälteren Temperaturen, wie sie in Mitteleuropa in der kühleren Jahreszeit vorherrschen, umgehen. Bei Ziegen wurde in früheren Studien beobachtet, dass sie bei

Temperaturen von -10 bis 0 °C ihre Aktivität verringerten, ihre Fressdauer erhöhten und weniger Zeit im Liegen verbrachten (Appleman und Delouche 1958, Bianca und Kunz 1977, Andersen und Bøe 2007). Bøe und Ehrlenbruch (2013) konnten zusätzlich zeigen, dass Ziegen bei Temperaturen unter 0 °C weniger Zeit im Laufhof und mehr Zeit im Stall verbrachten als bei Temperaturen zwischen 0 bis 10 °C. Der in der vorliegenden Studie untersuchte Temperaturbereich von -0,8 bis +16,5 °C mit einem Mittelwert von 5,0 °C war höher. Er dürfte jedoch auch eher im unteren Bereich der thermoneutralen Zone von Ziegen liegen, da die Ziegen auch hier Verhaltensänderungen in Abhängigkeit von der „Wärme“ zeigten und diese Temperaturen weit entfernt von der Obergrenze der thermoneutralen Zone von 25 bis 40 °C (Lu 1989) waren.

Mit zunehmendem Wind nahm die Laufhofnutzung ebenfalls ab. Die mittlere gemessene Windstärke betrug 0,5 m/s, was nach der Beaufort-Skala als schwacher Luftzug definiert ist. Die maximale gemessene Windgeschwindigkeit von 4 m/s entspricht einer leichten Brise, die man im Gesicht spüren kann. Da Wind den Wärmeverlust erhöht (Young et al. 1989), spricht dies ebenfalls dafür, dass sich die gemessenen Temperaturwerte im unteren Bereich der thermoneutralen Zone der Ziegen befanden.

An Regentagen waren insgesamt weniger Ziegen im Laufhof als an Tagen ohne Regen und mit zunehmender Regenmenge gingen die Ziegen weniger nach draußen. Eine Erklärung dafür könnte die niedrigere Wärmeisolation von nassem im Vergleich zu trockenem Fell sein (Young et al. 1989). In der kühleren Jahreszeit mit den Wetterbedingungen, wie sie während unserer Studie herrschten, kann dies zu einem großen Wärmeverlust führen, weshalb die Ziegen den Laufhof bei Regen mieden. Ein ähnliches Verhalten zeigten wildlebende Ziegen, die mit zunehmender Regenmenge mehr Zeit in Höhlen verbrachten (Boyd 1981). Dass an Regentagen generell weniger Ziegen im Laufhof waren, auch in der Stunde vor sowie in der Stunde nach einem Regenereignis, könnte an der hohen Luftfeuchtigkeit und dem nassen Boden nach Regen gelegen haben. Ob Regen wegen seiner abkühlenden Wirkung bei extremer Hitze von Ziegen aktiv aufgesucht würde, bleibt offen.

Der Laufhof scheint für Ziegen eine attraktive Ressource zu sein. Das zeigen die Ergebnisse, dass nahezu alle Fokusziegen im Laufhof beobachtet werden konnten, die Laufhofnutzung unabhängig von der Gestaltung des Stallinneren war und sie mit zunehmender Qualität des Laufhofes anstieg. In dieselbe Richtung geht, dass ältere und somit ranghöhere Ziegen, die bevorzugt Zugang zu attraktiven Ressourcen haben, aktiver waren, wenn der Laufhof-Index zunahm. Einschränkend ist hier zu sagen, dass aus methodischen Gründen der Nachweis fehlt, dass die älteren Ziegen tatsächlich vermehrt im Laufhof aktiv waren. Die Ergebnisse der Studie lassen auch keine Rückschlüsse darauf zu, welche der Ressourcen, die Eingang in den Qualitäts-Index fanden, für die Laufhofnutzung bedeutsam waren. Die Betriebe mit hohem Stall-Index zeigten hier keine Gemeinsamkeiten. Nachdem die Fokusziegen jedoch alle der angebotenen Ressourcen nutzten, kann davon ausgegangen werden, dass sie geeignet waren, Bedürfnisse von Ziegen zu befriedigen. In weiterführende Studien müsste nun untersucht werden, welche Ressourcen hier besonders wichtig sind.

Der Stall-Index hatte zwar keinen Einfluss auf die Laufhofnutzung, jedoch auf das Liegeverhalten der Ziegen. Ein gut ausgestatteter Stall (v. a. Platz, Unterteilung in Liege- und Fressplatz; Strukturen, die besseres Ausweichen und Rückzug ermöglichen) führte zu weniger Liegeperioden bei unveränderter Liegezeit pro Tag. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass das Liegen der Ziegen in dieser Stallsituation ungestörter war, was Ergebnisse früherer Studien bestätigt (Loretz et al. 2004, Andersen und Bøe 2007, Aschwanden et al. 2009).

Die vorliegende Untersuchung macht deutlich, dass es von Vorteil ist, den Laufhof für Ziegen attraktiv zu gestalten und mit Beschäftigungsmöglichkeiten (z.B. Bürste, Klettermöglichkeiten, Heuraufe) auszustatten, um die Nutzung zu erhöhen. Unter den untersuchten Wetterbedingungen dürften Schutzvorrichtungen vor Regen und Wind, z.B. mit einer Teilüberdachung, Windschutznetzen, und eine Exposition des Laufhofs zur Sonne förderlich für die Laufhofnutzung sein.

Literatur

- Andersen, I.L.; Bøe, K.E. (2007): Resting pattern and social interactions in goats - the impact of size and organisation of lying space. *Applied Animal Behaviour Science* 108, pp. 89-103
- Appleman, R.D.; Delouche, J.C. (1958). Behavioral, Physiological and Biochemical Responses of Goats to Temperature, 0° to 40° C. *Journal of Animal Science* 17, pp. 326-335
- Aschwanden, J.; Gygax, L.; Wechsler, B.; Keil, N.M. (2009): Loose housing of small goat groups: Influence of visual cover and elevated levels on feeding, resting and agonistic behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 119, 171-179
- Barroso, F.G.; Aladol, C.L.; Boza, J. (2000): Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science* 69, pp. 35-53
- Bianca, W.; Kunz, P. (1977): Das Verhalten von Ziegen in Kälte, Hitze und Höhe. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 94, pp. 276-290
- Bøe, K.E.; Ehrlenbruch, R.; Andersen, I.L. (2012): Outside enclosure and additional enrichment for dairy goats - a preliminary study. *Acta Veterinaria Scandinavica* 54, p. 68
- Bøe, K. E.; Ehrlenbruch, R. (2013): Thermoregulatory behavior of dairy goats at low temperatures and the use of outdoor yards. *Canadian Journal of Animal Science* 93, pp. 35-41
- Boyd, I.L. (1981): Population changes and distribution of a herd of feral goats (*Capra* sp.) on Rhum, Inner Hebrides 1960-78. *Journal of Zoology* 193, pp. 287-304
- Curtis, S.E. (1981): Environmental management in animal agriculture. 2nd ed. Animal Environment Services, Illinois
- Loretz, C.; Wechsler, B.; Hauser, R.; Rüschi, P. (2004): A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area. *Applied Animal Behaviour Science* 87, pp. 275-283
- Lu, C. (1989): Effects of heat stress on goat production. *Small Ruminant Research* 2, pp. 151-162
- Young, B.; Walker, B.; Dixon, A.; Walker, V. (1989): Physiological adaptation to the environment. *Journal of Animal Science* 67, pp. 2426-2432

Wirkung von Hitzestress auf Verhaltens- und Vitalitätsparameter von Milchkühen

Effect of heat stress on behaviour and vitality parameters of dairy cows

JULIA HEINICKE¹, SABRINA HEMPEL¹, SEVERINO PINTO^{1,2}, CHRISTIAN AMMON¹,
THOMAS AMON^{1,2}, ANNEMARIE ENGLISCH¹, GUNDULA HOFFMANN¹

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

² Freie Universität Berlin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Fachbereich Veterinärmedizin,
Robert-von-Ostertag-Str. 7-13, 14163 Berlin

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurde eine intensive Überwachung des Mikroklimas und der Verhaltens- und Vitalitätsparameter von Milchkühen durchgeführt, um die Beurteilung von Hitzestress zu verbessern. Die Identifizierung der repräsentativsten Positionen für Klimasensoren und die Einbeziehung von Tierparametern unterstützt die Entwicklung und Bewertung von Steuerungssystemen, um optimale Klimabedingungen für Milchkühe im Stall sicherzustellen. Es hat sich gezeigt, dass eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität hinsichtlich des Mikroklimas besteht. Die Messunsicherheit hinsichtlich des Temperatur-Feuchte-Index (THI) in frei belüfteten Ställen wird hauptsächlich durch die relative Luftfeuchte bestimmt. Ein weiterer Forschungsansatz war die Untersuchung der Beeinflussung von physiologischen Vitalparametern (Atemfrequenz) und Verhaltensreaktionen (Aktivität) durch unterschiedliche Klimabedingungen. Die Atemfrequenz und die Stehzeit stiegen mit zunehmendem THI an und die Liegezeit nahm dementsprechend ab.

Summary

In the present study intensive on-farm monitoring of the microclimate and the behaviour and vitality parameters of dairy cows was conducted to improve the assessment of heat stress risk. Identifying the most representative positions for climate sensors and incorporating animal parameters supports the development and assessment of control systems to ensure optimal climate conditions for dairy cows in the barn. The study showed that there is a high spatial and temporal variability of microclimate. The measurement uncertainty of the microclimate in naturally ventilated barns with regard to temperature humidity index (THI) was mainly determined by relative humidity. A further finding of the study was that the physiological (respiration rate) and behavioural response (activity) are influenced by climate conditions. Respiration rate and standing time increased with increasing THI and the lying time decreased accordingly.

1 Zielstellung

Frei gelüftete Ställe sind in besonderem Maße vom Klimawandel betroffen. Ohne Anpassungsstrategien wird der Klimawandel zu einem suboptimalen Stallklima führen und damit sowohl das Tierwohl als auch die Leistung beeinträchtigen. Ziel dieser Arbeit ist es, eine intensive Überwachung des Mikroklimas und der Verhaltens- sowie Vitalitätsreaktionen von Milchkühen durchzuführen. Diese Daten werden mit Laborexperimenten und Modellierungen auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen kombiniert, um die Bewertung des Hitzestressrisikos zu verbessern. Die Identifizierung repräsentativer Positionen für Klimasensoren und die Einbeziehung von Tierparametern unterstützen die Entwicklung und Bewertung von Steuerungssystemen für intelligente Zonenbelüftung, Klimatisierungs- und Managementoptionen, um optimale Bedingungen für die Tiere im Stall zu gewährleisten.

2 Material und Methoden

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes OptiBarn (FACCE-ERANET+ Initiative "Climate Smart Agriculture") werden seit 2015 Stallklimaparameter sowie physiologische Reaktionen (Vitalität, Verhalten) der Einzeltiere in ausgewählten Ställen in Deutschland, Israel und Spanien erfasst. Wesentliche Ergebnisse werden im Folgenden am Beispiel der Messungen in einem Milchviehstall in Groß Kreutz, Deutschland (etwa 56 km westlich von Berlin, 32 m über dem Meeresspiegel) vorgestellt (Abb. 1). Der Stall ist 38,88 m lang und 17,65 m breit. Die Höhe des Daches aus Faserzementplatten variiert zwischen 3,60 m an den Seiten und 6,20 m am Giebel. Der Liegeboxenlaufstall mit Tiefliegeboxen und planbefestigten Laufgängen beherbergt im Schnitt 50 Kühe (1. bis 8. Laktation). Das Melken der Kühe erfolgt zwei bis drei Mal am Tag mit einem automatischen Melksystem (Lely Astronaut A4, Maassluis, Niederlande). Die durchschnittliche Milchleistung lag bei $40,7 \pm 6,8$ kg pro Kuh und Tag.

Temperatur und relative Luftfeuchte wurden in 5-Minuten-Intervallen an 8 Messpunkten im Stall in jeweils 3,4 m Höhe über dem Stallboden aufgezeichnet (Gerät: EasyLog USB 2+ Sensoren von Lascar Electronics Inc., USA; Temperatur-Genauigkeit 1 °C für -35 °C bis +80 °C, Relative-Feuchte-Genauigkeit: 3,5 % für -20 °C bis +80 °C, 0 % bis 100 % relative Feuchte, Abb. 1). Die erste Bewertung der mikroklimatischen Bedingungen erfolgte an Hand des Temperatur-Feuchte-Index (THI), der zur Erfassung von klimabedingten Stressreaktionen genutzt wird. Angewandt wurde die THI-Formel des NRC (1971):

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



Abb. 1: Milchviehstall in Groß Kreutz, Deutschland. Lageplan (links) (© Google maps), Ansicht aus Hauptwindrichtung (Mitte) und Verteilung der Temperatur-Feuchte-Sensoren (rechts) (© ATB)
 Fig. 1: Dairy barn in Groß Kreutz, Germany. Map of the farm (left) (© Google maps), photograph of the barn viewed from the main prevailing wind direction (middle) and layout of the barn and sensor positions (right) (© ATB)

Dabei ist T die Lufttemperatur in °C und H die relative Luftfeuchtigkeit in %. Unter Berücksichtigung der in Laborversuchen gefundenen Messunsicherheiten bei der Erfassung von Temperatur und relativer Feuchte sowie der räumlichen Variabilität in den Messungen berechneten wir mit einem Monte-Carlo-Ansatz eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für den THI zu jedem Messzeitpunkt. Den Mittelwert dieser Verteilung verglichen wir mit dem THI, der aus den Temperatur- und Feuchtemittelwerten der 8 Messpunkte berechnet wurde, um die Unsicherheit in der THI-Bestimmung abzuschätzen.

Zur tierindividuellen Aktivitätserfassung wurden die Tiere mit je einem IceTag3D™-Pedometer (IceRobotics, Edinburgh, UK) ausgestattet. Dieses ist für die Anbringung am Hinterbein validiert und wurde auch dort angebracht. Die Pedometer erfassen die Körperposition der Kuh (Liegen vs. Stehen/Gehen), die Schrittzahl und den Motion-Index. Anhand dieser sekundlich erfassten Daten konnten Zeitpunkt, Dauer und Frequenz der Aktivitäten Liegen, Stehen und Gehen bestimmt werden.

Die Atemfrequenz der Milchkühe diene als repräsentativer Vitalparameter. Dazu wurden visuell die Atemzüge pro 30 Sekunden gezählt und mit zwei multipliziert (Atemzüge/Minute). Diese Messungen wurden je nach Messkampagne stündlich von 7 bis 15 Uhr oder zweimal täglich (morgens und nachmittags) durchgeführt. Gleichzeitig wurde dokumentiert, ob sich das Tier während der Messung in einer liegenden oder stehenden Körperhaltung befand. Zusätzlich wurden täglich die Milchmenge und der Laktationstag erfasst. Die ermittelten THI-Werte im Stall wurden nach Mader et al. (2006) wie folgt kategorisiert: $\text{THI} \leq 74$ „normal“, $74 < \text{THI} < 79$ „alert“, $79 \leq \text{THI} < 84$ „danger“ und $\text{THI} \geq 84$ „emergency“.

3 Ergebnisse

Unsere Untersuchungen hinsichtlich der Klimamessungen zeigten, dass die Unsicherheit bei der Erfassung der mikroklimatischen Bedingungen in frei gelüfteten Milchviehställen wesentlich durch die Genauigkeit bei der Messung der Feuchte bestimmt ist (Abb. 2 links und Mitte). Im Fall der Lufttemperatur ergab sich die Gesamtunsicherheit im Wesentlichen aus der Messgerätegenauigkeit und der räumlichen Variabilität (hier $\pm 1^\circ\text{C}$ und etwa $\pm 2,5^\circ\text{C}$). Bei der Messung der relativen Luftfeuchtigkeit waren die Unsicherheiten deutlich größer: Die Gerätegenauigkeit lag bei $\pm 3,5\%$, die Abweichungen vom räumlichen Mittel bei etwa $\pm 15\%$. Darüber hinaus beobachteten wir für ältere Geräte (längerer Einsatz im Stall) eine Verschiebung der Messwerte hin zu höheren Feuchtwerten, wahrscheinlich verursacht durch die Kontamination mit Stallstaub, die sich durch eine Oberflächenreinigung nicht korrigieren ließ. Da die Kontamination in der Regel nicht an allen Messstellen gleich ist, ergibt sich daraus ein weiterer Unsicherheitsfaktor für Langzeitmessungen. Die resultierende Unsicherheit lag in unserer Fallstudie bei etwa $\pm 2\%$. Die Betrachtung der Extreme der unter Berücksichtigung aller Unsicherheiten geschätzten THI-Verteilung lieferte eine Unsicherheit im THI von ± 2 . Diese variierte jedoch in der Zeit, wie der Vergleich des Mittelwerts der THI-Verteilung mit dem aus mittlerer Temperatur und Feuchtwerte berechneten THI in Abbildung 2 rechts zeigt.

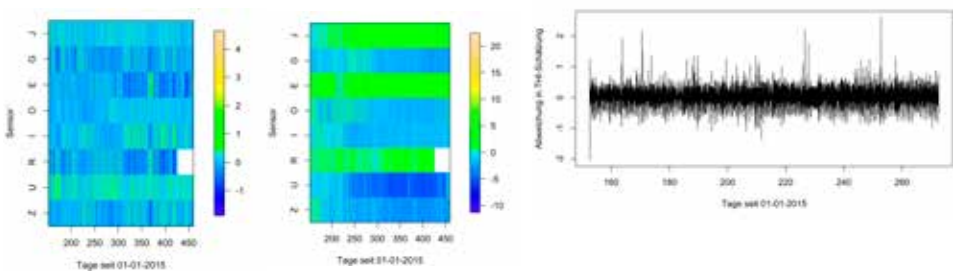


Abb. 2: Variabilität in den mikroklimatischen Bedingungen. Links: Abweichung der Lufttemperatur an den 8 Messpunkten (räumliche Zuordnung, Abb. 1) vom räumlichen Mittelwert zu jedem Messzeitpunkt. Mitte: Analoge Darstellung für die relative Luftfeuchte. Rechts: Abweichung des aus den räumlichen Temperatur- und Feuchtemitteln berechneten THI vom Mittelwert der geschätzten THI-Verteilung.

Fig. 2: Variability of microclimatic conditions. Horizontal profile of temperature in $^\circ\text{C}$ (left) and relative humidity in % (middle), deviations from the spatial average at each time step are shown. Uncertainty in the estimated temperature humidity index (THI) resulting from spatial deviations in temperature and relative humidity and from the estimated measurement device (left).

Aus den Untersuchungsergebnissen bezüglich des Verhaltens ließ sich schlussfolgern, dass die Stalllufttemperatur und der THI das Aktivitätsverhalten von laktierenden Milchkühen beeinflussen. Sowohl mit steigender Temperatur als auch bei steigendem THI nahm die Liegedauer pro Tag ab und die Stehzeit stieg an. Die Dauer der Bewegung blieb jedoch konstant (Abb. 3). Vergleicht man die absoluten Zeiten des jeweiligen Verhaltens,

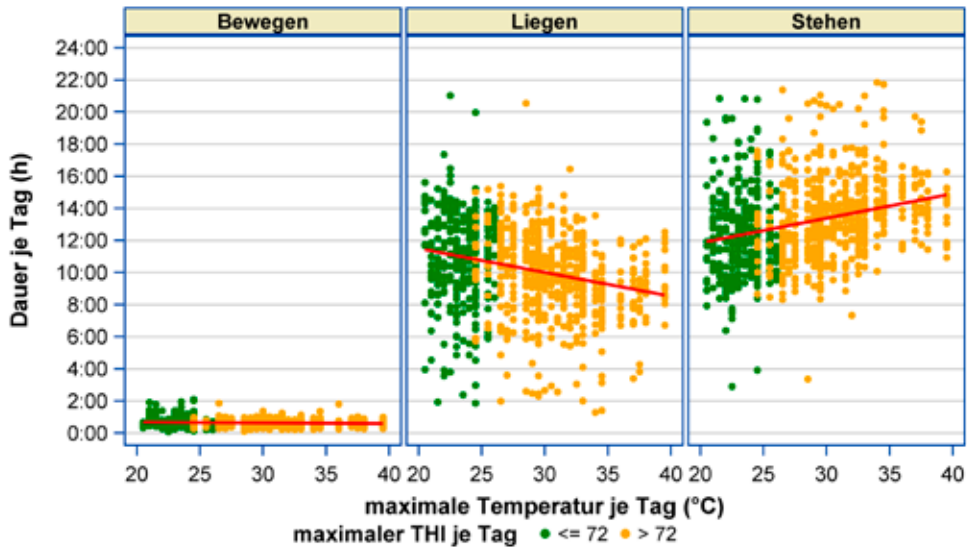


Abb. 3: Dauer der Verhaltensweisen Bewegen, Liegen und Stehen in Stunden je Tag in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Fig. 3: Duration of moving, lying and standing time in hours per day depending on the ambient temperature

so nahm die Liegedauer pro Tag bei Erhöhung der Tagesmaximaltemperatur um 1 °C um durchschnittlich 10 Minuten ab und die Stehzeit verlängerte sich um durchschnittlich 10,2 Minuten. Die Veränderung des Verhaltens in Abhängigkeit von der Witterung war je nach Tageszeit unterschiedlich groß. Die größten Veränderungen des Verhaltens traten am Nachmittag auf.

Bei den Untersuchungen zur Atemfrequenz wurde eine signifikante Wechselwirkung zwischen der THI-Kategorie und der Körperhaltung hinsichtlich der Atemfrequenz festgestellt ($P = 0,0191$). Gesonderte Regressionsanalysen für Liegen und Stehen zeigten einen Zusammenhang zwischen dem THI und der Atemfrequenz sowie einen Einfluss der Körperhaltung (Abb. 4). Die durchschnittliche Atemfrequenz stieg im Vergleich zwischen der THI-Kategorie „normal“ und „emergency“ an ($P < 0,001$). Die Vergleiche innerhalb der Körperhaltungen und der THI-Kategorien unterschieden sich alle signifikant. Einzige Ausnahmen gab es bei Stehen und Liegen in den Kategorien „danger“ und „emergency“ ($P < 0,001$). Die Atemfrequenz bei THI „normal“ und „alert“ war bei den liegenden Kühen höher als bei den stehenden Kühen. Die tägliche Milchleistung zeigte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Atemfrequenz ($P = 0,0013$). Es konnte ein Anstieg der Atemfrequenz pro Minute von $0,29 \pm 0,05$ festgestellt werden, wenn die Milchleistung um ein Kilogramm zunahm. Hinsichtlich des Laktationstages ließ sich kein Einfluss feststellen ($P = 0,3777$).

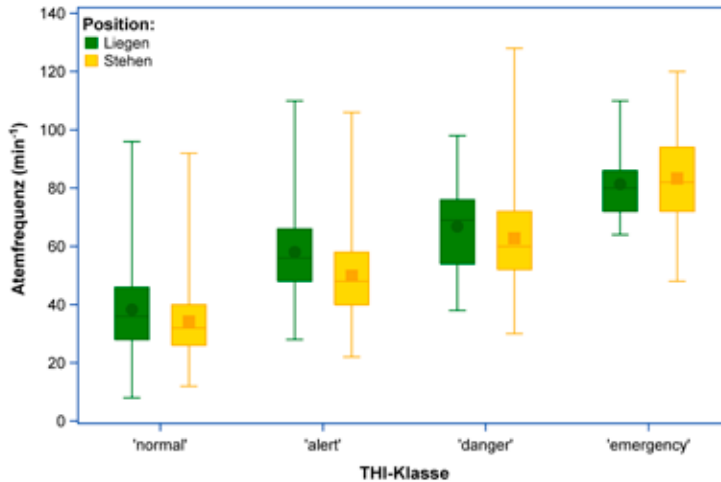


Abb. 4: Atemfrequenz der Kühe pro Minute (liegend und stehend) in Abhängigkeit von der THI-Kategorie
 Fig. 4: Respiration rate of dairy cows per minute (lying and standing) depending on the THI category

Ausblick

Die in dieser Studie untersuchten Tiermerkmale zeigten sich als gute Indikatoren zur Erfassung tierindividueller Veränderungen in Abhängigkeit vom Klima. Für präzisere Bewertungen werden weitere sensorgestützt am oder im Tier erfassbare Merkmale einbezogen werden.

Literatur

- Mader, T. L.; Davis, M. S.; Brown-Brandl, T. (2006): Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 84(3): 712–719
- NRC (National Research Council) (1971): *A Guide to Environmental Research on Animals*. National Academy of Sciences

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung (LVAT) e.V. in Groß Kreutz für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Studie. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes OptiBarn (Förderung: FACCE-ERANET+ Initiative “Climate Smart Agriculture”) durchgeführt. Des Weiteren gilt unser Dank der CAPES Förderagentur für Hochschulbildung (Brasilien).

Einfluss des Absetzverfahrens auf die Lebenstagszunahme von Ferkeln in der Aufzucht

Impact of weaning management on weight gain of piglets

MARCEL ALLERKAMP, HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutztierwissenschaften, Schwerpunkt Verfahrenstechnik, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen; earkena@gwdg.de

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss des zeitlich verzögerten Umstellens von abgesetzten Ferkeln in den Aufzuchtstall auf die Gewichtsentwicklung untersucht. Hierfür wurden nach vierwöchiger Sägezeit 15 Sauen zeitgleich abgesetzt. Die im Abferkelabteil verbliebenen 15 Würfe wurden in drei Gruppen aufgeteilt: Ferkel der Kontrollgruppe wurden am Tag des Absetzens in den Aufzuchtstall gebracht. Ferkel der Versuchsgruppe T2 wurden 2 Tage und Ferkel der Versuchsgruppe T4 4 Tage nach dem Absetzen in den Aufzuchtstall umgestallt. Ferkel aller Gruppen wurden am Tag der Geburt, am Tag des Absetzens sowie innerhalb der ersten 10 Tage nach dem Absetzen im zweitägigen Rhythmus einzeln gewogen.

Im Vergleich zur Kontrollgruppe konnten durch die beiden untersuchten zweiphasigen Absetzverfahren die Gewichtsverluste in den ersten Tagen nach dem Absetzen signifikant reduziert werden, wobei insbesondere die schweren Ferkel von diesen Verfahren profitierten. Ab dem 6. Tag nach dem Absetzen konnten keine signifikanten Unterschiede bei den Gewichtszunahmen zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Summary

The present study investigated the influence of a time delayed movement of weaned piglets into the rearing compartment on body weight gain. After four weeks of lactation 15 sows were simultaneously moved into the service area, whereas the weaned litters were assigned to one of three groups: piglets of the control group were moved on the day of weaning into the rearing compartment. Piglets of the experimental group T2 were taken 2 days and piglets of experimental group T4 were taken 4 days after weaning into the rearing compartment. Piglets of all groups were weighed individually on the day of the birth, the day of weaning and every second day within the first 10 days after weaning.

Compared to the control group weight losses of piglets belonging to the experimental group were significantly reduced in the first days after weaning, whereby in particular the heavy piglets benefited from the procedure of a time delayed movement into the rearing compartment. No significant differences in body weight gain between the groups could be determined from the 6th day after weaning.

1 Einleitung

Während sich das Absetzen bei Wildschweinen über mehrere Wochen zieht (Hulsen und Scheepens, 2005), handelt es sich in der modernen Schweinezucht um ein abrupt durchgeführtes Absetzen der Jungtiere (Broom und Fraser, 2007). Dieses hat zur Folge, dass die abgesetzten Ferkel gleich mehreren unbekannten Situationen ausgesetzt sind, die sich meist negativ auf die Entwicklung der Tiere auswirken. Die zu nennenden Stressoren sind neben der Trennung von dem Muttertier die Umstellung der Ernährung von flüssiger Milch auf festes, trockenes Futter, eine neue Umgebung und das Zusammentreffen mit wurffremden Ferkeln (Dong und Pluske, 2007). Durch die verschiedenen Stressoren und die zeitweilige Unangepasstheit der Ferkel an die sich schlagartig ändernden Umweltbedingungen verfallen die Ferkel unmittelbar nach dem Absetzen in eine Wachstumsdepression (Reiners, 2009).

Daher war es Ziel dieser Untersuchung, auf einem Praxisbetrieb zu prüfen, ob durch ein modifiziertes Absetzverfahren der Absetzstress reduziert werden kann. Der Fokus lag hierbei auf den Zunahmen der abgesetzten Ferkel.

2 Tiere, Material und Methode

2.1 Versuchsaufbau

Die Untersuchungen wurden auf einem Praxisbetrieb (Ldk. Northeim) mit 600 produktiven Sauen über einen Zeitraum von vier Monaten (Juli – August 2016) durchgeführt. Bei einem Ein-Wochen-Rhythmus und vierwöchiger Säugezeit werden ca. 31 Ferkel je Sau und Jahr abgesetzt. Die Sauen werden fünf Tage vor dem Abferkeltermin in ein mit konventionellen Abferkelbuchten ausgestattetes Abteil (16 Abferkelplätze) umgestallt. Durch die Abmessungen einer Abferkelbucht von 1,75 m x 2,40 m ergibt sich eine Buchtengrundfläche von 4,20 m². Etwa 0,70 m² dieser Fläche stehen den Ferkeln als beheiztes Ferkelnest aus Polymerbeton zur Verfügung. Ab Beginn der dritten Lebenswoche werden die Ferkel über eine Trogsschale in Liegeflächennähe zugefüttert.

Das Aufzuchtabteil umfasst 6 Buchten, die jeweils 70 Tieren Platz bieten. Mit den Maßen von 3,5 m x 4,0 m weist eine Bucht eine Größe von 14 m² auf. Davon stehen den Ferkeln etwa 3,2 m² als abgedeckte Liegefläche mit geringfügig perforiertem Kunststoffboden zur Verfügung.

Die Wasserversorgung der Ferkel erfolgt in jeder Bucht über 5 Nippeltränken und einer Schalentränke. Futter erhalten die Tiere zum einen ad libitum aus zwei Trockenfütterautomaten und zum anderen restriktiv mehrmals täglich aus einem langen Quertrog und einer zusätzlichen Trogsschale. Nach 28 Tagen in diesem Aufzuchtabteil wurden die Ferkel in ein neues, zuvor gereinigtes und desinfiziertes Abteil umgestallt.

2.2 Versuchsdurchführung

Für die Untersuchungen wurden 15 Sauen in dem Versuchsabferkelabteil aufgestellt. Nach dem Abferkeln wurde bei allen lebend geborenen Ferkeln am ersten Lebenstag eine beschriftete Betriebsohrmarke eingezogen und das Geburtsgewicht erfasst. Die durchnummerierten Betriebsohrmarken gewährleisteten eine uneingeschränkte Identifikation jedes einzelnen Ferkels. Nach der vierwöchigen Sägezeit wurden die Sauen zusammen abgesetzt und in das Deckzentrum umgestellt.

Die im Abferkelabteil verbliebenen 15 Würfe wurden anschließend in drei Gruppen aufgeteilt. Dabei wurde bewusst auf Homogenität zwischen den Gruppen und nicht auf Homogenität innerhalb der Gruppen sowie auf eine gleichmäßige Verteilung bezüglich des Alters der Muttersauen geachtet.

Die drei Gruppen mit jeweils fünf Würfen wurden den verschiedenen Absetzverfahren zugeordnet:

- Kontrollgruppe: Die Sauen werden abgesetzt, am selben Tag erfolgt die Umstallung der Ferkel in das Aufzuchtabelteil
- Versuchsgruppe T2: Die Sauen werden abgesetzt, 2 Tage später erfolgt die Umstallung der Ferkel in das Aufzuchtabelteil
- Versuchsgruppe T4: Die Sauen werden abgesetzt, 4 Tage später erfolgt die Umstallung der Ferkel in das Aufzuchtabelteil

Die Ferkel aller Gruppen wurden am Tag der Geburt sowie am Tag des Absetzens einzeln gewogen. Innerhalb der ersten 10 Tage nach dem Absetzen wurden die Wiegeungen in zweitägigem Rhythmus wiederholt. Die Gewichtserfassung erfolgte mit einer Brief- und Paketwaage, die in 2-g-Schritten bis zu 50 kg erfassen kann.

Datengrundlage waren 15 Würfe mit insgesamt 182 Ferkeln eines Abteils. Unter den Ferkeln befanden sich 15 Ferkel, die von der Muttersau versetzt wurden. Diese Tiere wurden nicht weiter berücksichtigt, so dass für die statistische Auswertung Gewichtsdaten von 166 Ferkeln vorlagen.

Anhand der vom 2. bis 10. Tag nach dem Absetzen ermittelten Tiergewichte wurden die tierindividuellen Zunahmen ausgehend von dem Absetzgewicht T_0 berechnet. Mit Hilfe der Prozedur „Mixed“ des Programms SAS wurden der fixe Effekt der Gruppe, der zufällige Effekt der Sau innerhalb der Gruppe sowie das Absetzgewicht als Kovariable auf die Zunahmen nach dem Absetzen geschätzt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Gewichtsentwicklung der Ferkel bis zum 10. Tag nach dem Absetzen ausgehend vom Absetzgewicht (T_0) wird in Abbildung 1 dargestellt. Ferkel der Kontrollgruppe weisen zwei Tage nach dem Absetzen die größten Gewichtsverluste auf. Mit einer durchschnittlichen Gewichtsreduzierung um -180 g (± 31 g) unterscheiden sich die Ferkel, die am Tag des Absetzens auch umgestellt und gemischt wurden, signifikant von den Gruppen „Versuch T2“ mit -69 g (± 29 g) und „Versuch T4“ mit -17 g (± 29 g).

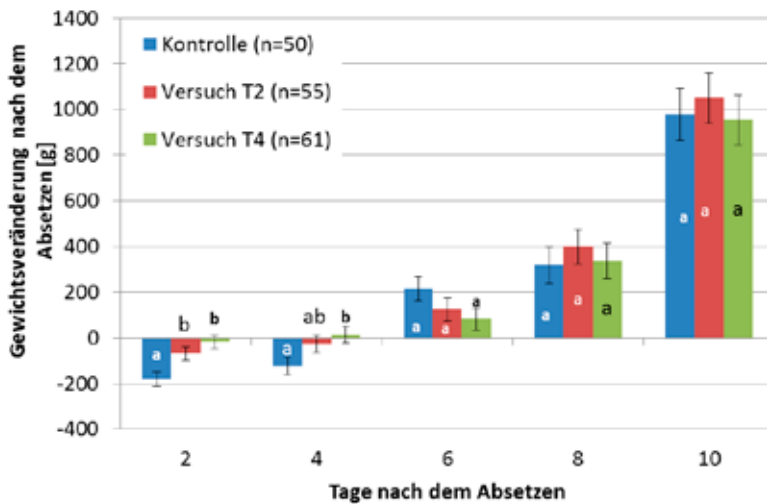


Abb. 1: LSMs und Standardfehler der Gewichtsveränderung in den ersten 10 Tagen nach dem Absetzen ausgehend vom Absetzgewicht ($n = 166$ Ferkel)

Fig. 1: LSMs and standard errors of weight change during the first 10 days after weaning based on weaning weight ($n = 166$ piglets)

Zwischen dem 2. und 4. Tag nach dem Absetzen können im Mittel alle Ferkel der drei Gruppen wieder an Körpergewicht zunehmen. Das mittlere Gewicht der Kontrollgruppe liegt mit -123 g ($\pm 38 \text{ g}$) noch deutlich unter dem Absetzgewicht. Ferkel, die erst 2 Tage nach dem Absetzen umgestallt und gemischt wurden (Versuch T2) weisen am 4. Tag nach dem Absetzen mit -26 g ($\pm 36 \text{ g}$) im Mittel nur minimal geringere Gewichte im Vergleich zum Absetzzeitpunkt auf. Abgesetzte Ferkel, die 4 Tage in der Abferkelbucht verblieben sind, haben ausgehend vom Absetzgewicht bereits im Mittel 15 g ($\pm 35 \text{ g}$) zugenommen. Zwischen der Kontrollgruppe und Versuchsgruppe T4 konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Bereits ab dem 6. Tag nach dem Absetzen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen mehr nachgewiesen werden.

Neben Pluske et al. (1997) und Bruininx et al. (2001) erwähnen auch Colson et al. (2005) einen Leistungsrückgang in Folge des Absetzens. Es ist jedoch zu beobachten, dass eine zeitlich verzögerte Umstallung in den Ferkelaufzuchtstall mit einer reduzierten Stressantwort einhergeht. Sie bewirkt, dass die Wachstumsdepression in ihrer Intensität abgeschwächt wird und die Ferkel in den ersten Tagen nach dem Absetzen weniger Gewicht verlieren. Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass insbesondere Ferkel mit höheren Absetzgewichten vom zweiphasigen Absetzverfahren profitieren (Abb. 2). 4 Tage nach dem Absetzen steigen die Gewichtsverluste der Ferkel in der Kontrollgruppe mit zunehmenden Absetzgewichten deutlich an, während in den beiden Versuchsgruppen das Absetzgewicht keinen Einfluss auf die Zunahmen 4 Tage nach dem Absetzen aufweist.

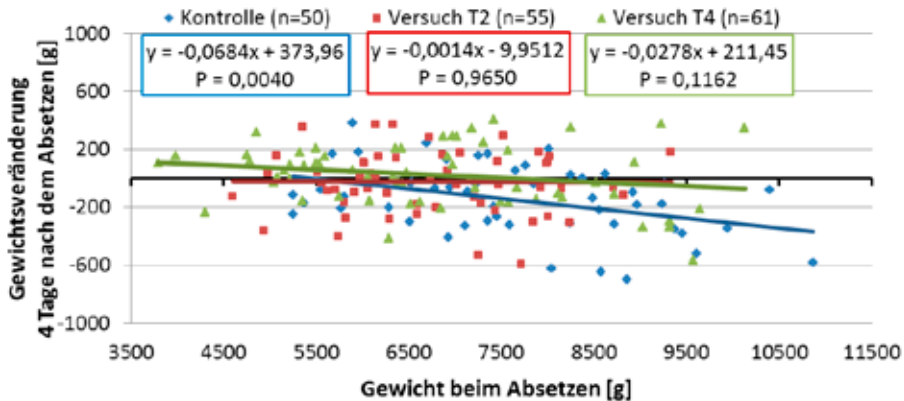


Abb. 2: Regression der Gewichtszunahme [g] 4 Tage nach dem Absetzen auf das Absetzgewicht [g]
 Fig. 2: Regression of body weight gain [g] 4 days after weaning on weaning weight [g]

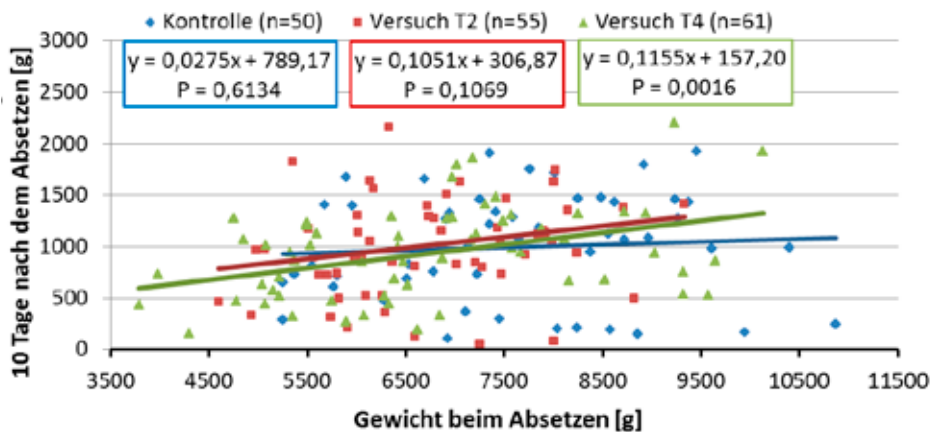


Abb. 3: Regression der der Gewichtszunahme [g] 10 Tage nach dem Absetzen auf das Absetzgewicht [g]
 Fig. 3: Regression of body weight gain [g] 10 days after weaning on weaning weight [g]

Zehn Tage nach dem Absetzen weisen Ferkel mit zunehmenden Absetzgewichten in den Versuchsgruppen deutliche höhere Zunahmen auf als Ferkel der Kontrollgruppe (Abb. 3).

Diese Ergebnisse decken sich mit Knoop (2007), die ebenfalls davon berichtet, dass in der ersten Woche nach dem Absetzen leichtere Ferkel mehr Gewicht zunehmen als schwerere Ferkel. Bereits ab der zweiten Lebenswoche dreht sich dieses Verhältnis um, schwere Ferkel nehmen dann mehr Gewicht zu als leichtere Ferkel.

4 Schlussfolgerung

Die nach dem Absetzen auftretenden Gewichtsverluste bei Ferkeln sind ein Zeichen von Absetzstress. Durch die beiden untersuchten zweiphasigen Absetzverfahren konnten diese Gewichtsverluste reduziert werden, wobei insbesondere die schweren Ferkel von diesen Verfahren profitierten.

Ob nun eine Verzögerung der Umstallung sinnvoll ist, hängt neben den kurzfristig nach dem Absetzen besseren Leistungen insbesondere davon ab, inwieweit dieses Verfahren in den üblichen Betriebsablauf integrierbar ist. Es wäre möglich, Arbeitsspitzen am Absetztag zu entzerren und die nötigen Arbeitskraftstunden für das Umstallen der Ferkel auf einen weniger arbeitsintensiven Tag zu verlegen.

Inwiefern sich nach dem Absetzen das zeitlich verzögerte Umstallen der Ferkel in den Aufzuchtstall auf das Tierverhalten auswirkt, wurde in dieser Studie nicht untersucht. Daher sollten in weiterführenden Untersuchungen mit einer größeren Stichprobe neben der Gewichtserfassung ebenfalls das Tierverhalten als auch die Verletzungen von Ferkeln in den ersten Tagen nach dem Absetzen mit erhoben werden.

Literatur

- Broom, D.M.; Fraser, A.F. (2007): Domestic Animal Behaviour and Welfare. CAB International. Cambridge University Press, Cambridge, 191-215
- Bruininx, E.M.A.M.; Van Der Peet-Schwering, C.M.C.; Schrama, J.W.; Vereijken, P.F.G.; Vesseur, P.C.; Everts, H., Den Hartog, L.A.; Beynen, A.C. (2001). Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: Effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups. *Journal of Animal Science* 79, 301-308
- Colson, V.; Orgeur, P.; Foury, A.; Mormède, P. (2005) Consequences of weaning piglets at 21 and 28 days on growth, behaviour and hormonal responses. *Applied Animal Behaviour Science* 98, 70-88
- Dong, G.Z.; Pluske, J.R. (2007) The Low Feed Intake in Newly-weaned Pigs: Problems and Possible Solutions. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 20, No. 3, 440-452
- Hulsen, J.; Scheepens, K. (2005): Schweinesignale. Praxisleitfaden für die tiergerechte Schweinehaltung. Roodbont-Verlag
- Knoop, S. (2007): Untersuchungen zur Entwicklung und Erprobung eines neuen Fütterungssystems für Absetzferkel - Der Ferkelfeeder. Dissertation, Universität Gießen
- Pluske, J.R.; Hampson, D.J.; Williams, I.H. (1997): Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig. *Livestock Production Science*, 215-236
- Reiners, K. (2009): Evaluierung verschiedener haltungstechnischer und prozesstechnischer Einflussfaktoren auf das Futteraufnahmeverhalten und die Wachstumsleistung von abgesetzten Ferkeln. Dissertation, Universität Göttingen

Erhöhte Ebene für Aufzuchtferkel – eine Methode zur Strukturierung und Anreicherung der Haltungsumwelt

Elevated platform for weaned piglets – a method to structure and enrich the environment

MICHAELA FELS, FRANZISKA LÜTHJE, JOANA BILL, KAMELIA ALEALI, NICOLE KEMPER

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Bischofsholer Damm 15, 30173 Hannover; michaela.fels@tiho-hannover.de

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde die Eignung einer erhöhten Ebene zur Flächenvergrößerung und -strukturierung in der Ferkelaufzucht untersucht. In vier Durchgängen wurden nach dem Absetzen jeweils 40 Ferkel über fünf Wochen in einer Bucht mit erhöhter Ebene gehalten. Auf der Ebene wurden Beschäftigungsmaterialien angeboten. An zwei Tagen pro Woche wurde videogestützt die Anzahl stehender und liegender Ferkel in einzelnen Buchtenbereichen erhoben. In zwei Durchgängen wurde zusätzlich der jeweilige Aufenthaltsort von 10 Ferkeln ermittelt. Die erhöhte Ebene wurde über die gesamte Haltungsperiode genutzt. Nachmittags hielten sich mehr Ferkel auf der Ebene auf als vormittags oder nachts (7 vs. 5 vs. 0; $p < 0,05$). Unter der Ebene hielten sich nachts und vormittags mehr Tiere auf als am Nachmittag (22 vs. 19 vs. 12; $p < 0,05$). Die Ferkel zeigten individuelle Unterschiede in der Nutzung der Ebene (2,6–26,9 %). Insgesamt erwies sich der Einbau einer erhöhten Ebene als geeignet, die Buchtenfläche zu vergrößern sowie diese zu strukturieren und anzureichern.

Summary

In this study, the possibility of introducing an elevated platform to a piglets' pen was explored in order to increase and structure the available space. In each of four batches, 40 piglets were housed together for five weeks in the two-level pen. On the platform different manipulable materials were offered. Using video material taken on two days per week, the number of standing and lying piglets were counted in different areas of the pen. Additionally, in two batches 10 individual pigs were followed separately. The platform was used by piglets during the entire housing period. In the afternoon more piglets were on the platform than in the morning or at night (7 vs. 5 vs. 0; $p < 0.05$). The area under the platform was preferred more at night and in the morning than in the afternoon (22 vs. 19 vs. 12; $p < 0.05$). The use of the platform differed between individuals (2.6–26.9 %). We conclude that an elevated platform is a feasible option to increase space allowance, to enrich the environment and to create functional areas in a piglets' pen.

1 Allgemeines

In der konventionellen Ferkelaufzucht ist das Flächenangebot häufig auf die gesetzlichen Mindestanforderungen beschränkt. Zudem sind die Buchten meist strukturarm gestaltet und bieten den Tieren nur eingeschränkte Möglichkeiten einer arttypischen Beschäftigung. Stark motivierte Verhaltensweisen, wie Bewegungs- und Erkundungsverhalten oder die Aufteilung der Haltungsumwelt in Funktionsbereiche, können oftmals nur unzureichend ausgeführt werden, wodurch das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigt sein kann (Sambraus, 1978; Achilles et al., 2010). Um die Haltung der Ferkel in der konventionellen Aufzucht zu optimieren, ist es daher notwendig, Haltungssysteme zu entwickeln, die den natürlichen Verhaltensbedürfnissen der Tiere gerecht werden, gleichzeitig aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. In der vorliegenden Studie wurde die Eignung einer erhöhten Ebene für die Haltung von Aufzuchtferkeln ab dem Absetzzeitpunkt untersucht, wobei die Plattform neben der Flächenvergrößerung insbesondere der Buchtenstrukturierung und Umwelanreicherung dienen sollte. Auf der Ebene wurden verschiedene Beschäftigungsmaterialien angeboten, um einen räumlich abgegrenzten Aktivitätsbereich zu schaffen. Verhaltensanalysen sollten Aufschluss über die Nutzung der Ebene sowie der übrigen Buchtenbereiche durch die Ferkel geben. Stallklimaerhebungen sollten eine zusätzliche Bewertung der Praxistauglichkeit ermöglichen.

2 Tiere, Material und Methoden

Ort der Untersuchungen war das Lehr- und Forschungsgut Ruthe der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Hier wurden zwei Aufzuchtteile mit erhöhten Ebenen ausgestattet, welche die Tiere über eine Rampe (Steigungswinkel 22°) erreichen konnten. In jedem der beiden Aufzuchtteile stand somit eine Bucht mit erhöhter Ebene für jeweils 40 Ferkel bei einem Platzangebot von 0,6 m² pro Tier zur Verfügung. Die Bodenflächen der Ebene und der Rampe bestanden aus Kunststoff-Vollspaltenelementen. Die Ebene wurde 60 cm über dem Boden errichtet. Seitlich begrenzt wurde diese durch Zaunelemente sowie an zwei Seiten durch die Abteilwand (Abb. 1). Die Bodenfläche des Plateaus der erhöhten Ebene umfasste 5 m². In vier Durchgängen wurden jeweils 40 Ferkel (Genetik: BHZP) nach dem Absetzen im Alter von 35 Tagen in eine Versuchsbucht eingestallt. Eine Gruppe wies hierbei möglichst einheitliche Lebendgewichte und eine möglichst gleichmäßige Geschlechterverteilung auf. Die Tiere blieben durchschnittlich 33 Tage in den Buchten, bevor sie den Stall zur Mast verließen. Auf der erhöhten Ebene wurden neun verschiedene Beschäftigungsmaterialien angeboten. Futter und Wasser stand den Ferkeln ad libitum zur Verfügung.

Über die Haltungsphase von fünf Wochen erfolgten im Abstand von sieben Tagen Videoaufzeichnungen über jeweils 48 Stunden. Ausgewertet wurden diese Aufnahmen in den Zeiträumen vormittags 07:00 Uhr bis 11:00 Uhr, nachmittags 13:00 Uhr bis 17:00 Uhr und nachts 0:00 Uhr bis 03:00 Uhr. Im 5-Minuten-Intervall wurde die Anzahl stehender und liegender Tiere auf der Ebene, unter der Ebene, im Laufbereich und im

Fressbereich erfasst. Zusätzlich wurden in zwei der vier aufgezeichneten Durchgänge jeweils 10 Fokustiere individuell verfolgt, deren Aufenthaltsorte ebenfalls im 5-Minuten-Intervall ermittelt wurden. Ergänzend wurden Stallklimaparameter, wie Temperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Ammoniakgehalt der Stallluft, in unterschiedlichen Buchtenbereichen jeweils am 15. und 29. Haltungstag gemessen. Die statistische Auswertung erfolgte mittels der Software IBM SPSS Statistics, Version 23. Aufgrund fehlender Normalverteilung der Daten erfolgte die Prüfung auf signifikante Unterschiede mittels nicht parametrischer Testverfahren (Friedman-Test; Wilcoxon-Test).



Abb. 1: Bucht mit erhöhter Ebene auf dem Lehr- und Forschungsgut Ruthe (© Fels)
 Fig. 1: Pen with elevated platform on the research farm Ruthe (© Fels)

3 Ergebnisse

Die Nutzung der erhöhten Ebene unterschied sich signifikant zwischen den Tageszeiten (Tab. 1). Die höchste Tierzahl wurde mit einem Median von 7 Ferkeln am Nachmittag auf der erhöhten Ebene beobachtet, während sich in der Nacht kaum Ferkel dort befanden. Die meisten Tiere wurden unter der Ebene gezählt. Die Fläche unter der Ebene diente als Ruhebereich und wurde vorwiegend nachts und am Vormittag von den Ferkeln aufgesucht. Im Gegensatz dazu waren auf der Ebene als Aktivitätsbereich geringere Tierzahlen zu erwarten – allerdings wurden auch hier Maxima von 20 Tieren gezählt. Lauf- und Fressbereich wurden zu allen Beobachtungszeitpunkten in annähernd gleichem Maße genutzt. In allen Funktionsbereichen mit Ausnahme des Fressbereiches wurden signifikant mehr liegende als stehende Ferkel beobachtet (Abb. 2). Am höchsten war der Anteil liegender Ferkel unter der Ebene, gefolgt vom vorgesehenen Laufbereich, der zusätzlich als Liegefläche genutzt wurde.

Die Verhaltensanalysen der Fokustiere ergaben individuelle Unterschiede in der Nutzung der erhöhten Ebene. Innerhalb des ersten untersuchten Durchganges nutzten Einzeltiere die Ebene zwischen 10,6 % und 26,9 % bezogen auf alle Beobachtungen (5 min Scan Sampling) innerhalb dieses Durchganges. In einem weiteren Durchgang lag die Nutzung der Ebene zwischen 2,6 % und 16,4 %. Grundsätzlich wurde jedes Fokustier zeitweise auf der erhöhten Ebene beobachtet (Tab. 2).

Tab. 1: Anzahl der Ferkel in unterschiedlichen Buchtenbereichen (Median)

Tab. 1: Number of piglets in different areas of the experimental pen (median)

Anzahl Ferkel	Auf der Ebene	Unter der Ebene	Laufbereich	Fressbereich
Vormittag	5 ^a	19 ^a	10 ^a	6 ^a
Nachmittag	7 ^b	12 ^b	12 ^b	7 ^b
Nacht	0 ^c	22 ^c	11 ^c	6 ^a
Median	4	17	11	7
Minimum	0	0	0	0
Maximum	20	36	32	25

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Spalten ($p < 0,05$).

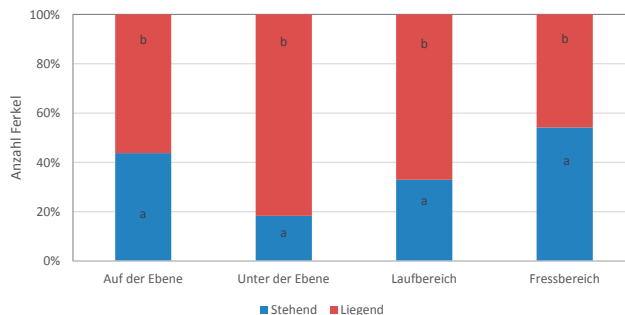
Abb. 2: Mittlerer prozentualer Anteil stehender und liegender Ferkel in den unterschiedlichen Buchtenbereichen. Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben dargestellt ($p < 0,05$; © Fels)

Fig. 2: Mean percentage of standing and lying piglets in the different pen areas. Significant differences are indicated by different letters ($p < 0,05$; © Fels)

Tab. 2: Prozentualer Anteil der Aufenthaltsorte von jeweils 10 Fokustieren in zwei Durchgängen bezogen auf alle Beobachtungen im 5 Minuten Scan Sampling

Tab. 2: Percentage of the locations of 10 focal animals in two batches related to all observations in the 5 minutes scan sampling

Ort	D1)	Fokustier-Nr.									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Auf der Ebene (%)	1	14,0	13,3	18,7	12,8	12,9	18,7	26,9	25,2	10,6	12,3
	2	2,6	5,5	14,3	12,5	11,0	9,2	9,9	13,6	3,8	16,4
Unter der Ebene (%)	1	21,2	45,6	41,6	26,4	32,3	28,4	41,7	36,9	40,5	35,5
	2	39,8	56,3	20,2	32,6	41,2	39,8	27,2	30,2	27,1	23,4
Laufbereich (%)	1	56,2	33,2	31,4	52,0	43,3	44,2	22,2	28,5	40,7	40,5
	2	31,8	23,5	50,5	41,2	38,0	43,3	40,2	25,6	53,6	40,3
Fressbereich (%)	1	8,6	7,9	8,2	8,8	11,5	8,6	9,2	9,3	8,2	11,8
	2	25,8	14,6	15,1	13,7	9,9	7,8	22,7	30,6	15,5	19,9

1) Durchgang.

Auf der Ebene wurde über alle Durchgänge eine mittlere NH_3 -Konzentration von $1,9 \pm 0,7$ ppm gemessen, während unter der Ebene ein Mittelwert von $2,0 \pm 0,6$ ppm ermittelt wurde. Die Luftbewegung war auf der Ebene geringfügig höher als in anderen Buchtenbereichen mit Maxima von 0,15 m/s. Auch unter der Ebene war mit Luftgeschwindigkeiten von 0,07 m/s bis 0,1 m/s ein Luftaustausch gegeben. Über alle Durchgänge lagen die mittleren Temperaturen auf der erhöhten Ebene bei $21,7 \pm 2,1$ °C, unter der erhöhten Ebene bei $22,5 \pm 2,0$ °C und im Laufbereich bei $22,4 \pm 2,0$ °C.

4 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war die Erprobung eines Haltungssystems für Aufzuchtferkel, welches den Tieren ein vergrößertes Platzangebot, eine bauliche Strukturierung der Bucht sowie eine angereicherte Haltungsumwelt bieten sollte. Dieses Ziel sollte mittels einer erhöhten Ebene in der Aufzuchtbucht erreicht werden, die mit neun verschiedenen Beschäftigungsmaterialien ausgestattet war. Erste Untersuchungen zum Einsatz erhöhter Ebenen in der Schweinehaltung wurden vor etwa 30 Jahren durchgeführt (Fraser et al., 1986; Philips and Fraser, 1987; Philips et al., 1989). In diesen Studien diente die erhöhte Ebene der Vergrößerung des Flächenangebotes für Läufer- und Mastschweine, welche die zusätzliche Fläche vorzugsweise zum Liegen nutzten. In der vorliegenden Studie wurde der Einsatz einer erhöhten Ebene für eine jüngere Altersgruppe (Absetz- und Aufzuchtferkel) geprüft. Die Ebene war zudem als Aktivitätsbereich konzipiert. Die Ebene wurde von den Tieren angenommen und genutzt. Während der Aktivitätsphase am Nachmittag hielten sich mit einem Median von sieben Ferkeln die meisten Tiere auf der Ebene auf, was die Funktion als Aktivitätsbereich unterstreicht. Zudem war der Anteil stehender Tiere auf der Ebene und im Fressbereich verglichen mit anderen Buchtenbereichen am höchsten. Das zeitweise starke Interesse der Ferkel an der erhöhten Ebene zeigte sich auch an Maximalwerten von 20 Tieren, die sich zeitgleich auf der 5 m² großen Ebene befanden. Nachts war kaum ein Tier auf der Ebene zu finden, während sich bis zu 36 Ferkel gleichzeitig unter der Ebene aufhielten – vorzugsweise in liegender Position. Die Fläche unter der Ebene wurde demzufolge als Ruhebereich genutzt und wurde während der Aktivitätszeit am Nachmittag am wenigsten frequentiert. Die Ergebnisse der Fokustier-Beobachtungen in zwei Durchgängen zeigten, dass sich grundsätzlich jedes beobachtete Einzeltier zeitweise auf der Ebene aufhielt, allerdings traten in der Häufigkeit der Nutzung der Ebene individuelle Unterschiede auf. So gab es Individuen, die lediglich in 3 % aller Beobachtungen auf der erhöhten Ebene gesichtet wurden, während sich andere Einzeltiere in bis zu 27 % der Beobachtungen auf der Ebene aufhielten. Deutlich häufiger wurden die Fokustiere unter der Ebene beobachtet. Hier schwankten die Werte zwischen 20 % und 56 % aller Beobachtungen. Da Schweine in konventioneller Haltung den überwiegenden Teil des Tages ruhen, wurde die Fläche unter der Ebene als Ruhebereich erwartungsgemäß häufig von den Tieren aufgesucht. In vorangegangenen Studien wurde gezeigt, dass Schweine bis zu 80 % des Tages in liegender Position verbrachten (Bea, 2004; Elkmann, 2007). Mit Ausnahme des Fressbereichs war in allen

Buchtenbereichen die häufigste gezeigte Körperposition das Liegen. Auf der erhöhten Ebene war jedoch der Anteil stehender Ferkel im Vergleich zu anderen Buchtenbereichen hoch, was für die Nutzung der Ebene als Aktivitätsbereich spricht. Der Einbau einer erhöhten Ebene aus Spaltenbodenelementen wirkte sich unter den gegebenen Bedingungen einer Unterdrucklüftung mit Zuluftöffnungen an der Stirnseite der Bucht nicht negativ auf die mikroklimatischen Verhältnisse in einzelnen Buchtenbereichen aus. Die Ebene diente der Strukturierung der Bucht in Aktivitäts- und Liegebereich sowie der Anreicherung der Haltungsumwelt durch dort angebrachte Beschäftigungsmaterialien. Außerdem wurde die nutzbare Fläche bei gleicher Buchtengrundfläche vergrößert und von den Ferkeln, wenn auch in individuell unterschiedlicher Häufigkeit, angenommen. Der Einsatz einer erhöhten Ebene für Aufzuchtferkel erwies sich somit unter den gegebenen Bedingungen als praxistauglich.

Literatur

- Achilles, W.; Benda, I.; von Borell, E.; Pflanz, W.; Schick, M.; Schrader, L.; Weber, R. (2010): Beschäftigungsmöglichkeiten für Schweine. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Heft 87
- Bea, W. (2004): Vergleich zweier Mastschweinehaltungssysteme – Beurteilung der Tiergerechtheit. Dissertation, Universität Hohenheim
- Elkmann, A. (2007): Haltungsbiologische Untersuchungen zur Beschäftigung von Mastschweinen in einstreuloser oder eingestreuter Haltung. Dissertation. Justus-Liebig-Universität Gießen
- Fraser, D.; Philips, P.A.; Thompson B.K. (1986): A test of a free-access two-level pen for fattening pigs. *Animal Production* 42 (2), pp. 269-274
- Phillips, P. A.; Fraser, D. (1987): Design, cost and performance of a free-access, two-level pen for growing-finishing pigs. *Canadian Agricultural Engineering* 29, pp. 193-195
- Phillips, P. A.; Thompson, B. K.; Fraser, D. (1989): The importance of cleat spacing in ramp design for young pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 69, pp. 483-486
- Sambraus, H. H. (1978): Nutztierethologie. Berlin und Hamburg, Verlag Paul Parey

Danksagung

Die Autoren danken dem Arbeitskreis Tierwohl der Rügenwalder Mühle GmbH für die finanzielle Unterstützung dieser Studie.

Der WühlTrog – Erprobung und Bewertung eines innovativen Futtertroges im Vergleich zu konventionellen Breifutterautomaten

WühlTrog – trial and assessment of an innovative feeding trough in comparison to conventional mash feeders

MAREIKE HENKEN¹, ANNE ELKMANN², ENGEL F. HESSEL¹

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Departement für Nutztierwissenschaften, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen; earkena@gwdg.de

² Big Dutchman International, Auf der Lage 2, 49377 Vechta Calveslage; aelkmann@bigdutchman.de

Zusammenfassung

Ziel war die Bewertung des innovativen Fütterungssystems „WühlTrog“ (WT), das mit seiner speziellen, aus Gummifalten bestehenden Trogoberfläche die artgerechte Futteraufnahme des Schweines unterstützen soll. Es sollte bewertet werden, ob sich das Verhalten der Tiere durch den Trog verändert und ob es zu Unterschieden in der Tierleistung sowie der Bonitur kam, bei der Verletzungen dokumentiert wurden. Als Vergleichssystem wurde der Breifutterautomat „PigNic“ gewählt, der in einer Gruppe mit Wasserzufuhr (PigNic+) und in einer weiteren Gruppe ohne (PigNic-) eingesetzt wurde.

Durch den Einsatz des WühlTroges konnten bei einigen Verhaltensweisen eine Annäherung an das arttypische Verhalten des Schweines erreicht werden. Die Tiere verbrachten mehr Zeit mit dem Fressvorgang als die Vergleichsgruppen und konnten damit höhere Zunahmen als am PigNic- erreichen. Keine positiven Effekte hatte der WühlTrog auf die Bonitur der Tiere. Zwar fielen die Schwanz- und Ohrenverletzungen im Vergleich zu den PigNic-Gruppen geringer aus, insgesamt kam es jedoch zu einem höheren Verletzungsgrad in der Endmast.

Summary

The study evaluated the innovative dry feeding system “WühlTrog” (WT) with special regard on animal behaviour. A rubber inlet is installed inside the trough, which is intended to improve the natural feeding behavior. Besides feeding behavior the influence of the WT on animal performance and skin lesions was examined. The “PigNic” was chosen as the reference system whereas one group was fed with water (PigNic+) and the other one without (PigNic-).

The WühlTrog affected certain behaviors towards more natural behaviour. Compared to the reference groups pigs of the experimental group spent more time at the feeder. Higher weight gain was achieved compared to the reference group PigNic-. There are no positive effects of the WT on skin lesions. Despite few injuries of ears and tails there was an increased rate of skin lesions until the end of the finishing period.

1 Einleitung

In der Diskussion um heutige Produktionssysteme in der Nutztierhaltung fällt immer häufiger der Begriff „Tierwohl“. Tiere sollen ihren arttypischen Verhaltensweisen nachgehen können und nicht durch Haltungssysteme eingeschränkt werden. Problematisch sind die reizarmen Haltungsumgebungen vor allem für das Hausschwein. In der Wildnis verbringen Schweine eine viel längere Zeit mit der Futterraufnahme als in den heutigen Produktionssystemen (Sambraus, 1991; Stolba, 1984; Zerboni und Grauvogl, 1984). Das Erkundungsverhalten, das durch das Wühlen zum Ausdruck gebracht wird, ist dabei eng verbunden mit dem Fressverhalten des Schweines. In der Stallhaltung wird dieses Verhalten nach van Putten (1978) aufgrund der kurzen Dauer der Futtersuche und Aufnahme nicht befriedigt. Dies kann zu Verhaltensauffälligkeiten wie dem Schwanzbeißen führen (van Putten, 1978; Zerboni und Grauvogl, 1984).

Die Idee war es daher, die Tiere mit einem innovativen Trog länger mit der Futterraufnahme zu beschäftigen. Durch den Einsatz von Gummifalten in der Trogschale sollen die Schweine zum Wühlen angeregt werden und ihren Erkundungstrieb ausleben, anstatt Ersatz bei ihren Buchtengenossen zu suchen.

2 Tiere, Material und Methode

2.1 Versuchsaufbau

Die Untersuchung fand auf einem Schweinemastbetrieb mit 2.000 Mastplätzen im Landkreis Damme statt.

Das zu untersuchende Trockenfütterungssystem WühlTrog (WT) wurde von Big Dutchman International GmbH entwickelt. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, besteht es aus einem an der Wand montierten Futterbehälter, aus dem sich die Tiere portionsweise das Futter ausdosieren, welches in die mit Gummifalten ausgelegte Trogschale fällt. Die Tiere sollen das Futter aus den Falten wühlen und so länger mit der Futterraufnahme beschäftigt sein. Als Referenzsystem diente der konventionelle Breiautomat „PigNic“. Um ausgewählte Verhaltensparameter zu erfassen, wurde pro Bucht eine Kamera installiert, die in vier, gleichmäßig über den Versuchszeitraum verteilten Wochen das Verhalten aller Tiere aufzeichnete.



Abb. 1: Der WühlTrog (© Big Dutchman International GmbH)

Fig. 1: The WühlTrog (© Big Dutchman International GmbH)

2.2 Versuchsdurchführung

Es wurden 72 Tiere mit einem Einstallgewicht von durchschnittlich 37 kg in einem Mastdurchgang bis zu einem Endgewicht von 121 kg beobachtet. Die Tiere wurden gleichmäßig auf drei Gruppen (je zwei Buchten) aufgeteilt:

- WühlTrog (WT) – Tier-Fressplatz-Verhältnis (TFV): 2:1
- Breifutterautomat mit Wasserzufuhr (PigNic+) – TFV: 6:1
- Breifutterautomat ohne Wasserzufuhr (PigNic-) – TFV: 6:1

Beim Einstallen erhielt jedes Tier eine individuelle Ohrmarke sowie eine Farbmarkierung auf dem Rücken, die die Identifikation während des Mastdurchganges, vor allem auf den Videoaufzeichnungen, ermöglichte.

Mit der Time-Sampling-Methode, bei der alle Tiere in 5-min-Abständen beobachtet wurden, konnten Aussagen über die Unterschiede in der Tagesperiodik der Gruppen gemacht werden. Hierfür wurde die Anzahl der Tiere notiert, die jeweils einer bestimmten Verhaltensweise wie bspw. „fressen“ oder „ruhen“ nachgingen.

Zudem wurde während der Aufzeichnungswochen eine kontinuierliche Beobachtung von insgesamt 18 Fokustieren (6 Tiere je Gruppe) vorgenommen, aus denen sich Aussagen über die Verhaltensunterschiede bezüglich Häufigkeit und Dauer ableiten ließen. Hierbei wurde neben dem Fressvorgang auch dessen freiwilliges bzw. unfreiwilliges Beenden notiert, bei dem das Schwein vom Trog verdrängt wurde.

Des Weiteren wurden alle Tiere dreimal (Anfang, Mitte und Ende der Mast) gewogen und bestimmte Körperteile (Schwanz, Ohren, gesamter Körper) im Hinblick auf Verletzungen bonitiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Tagesperiodik zeigte, dass alle Tiere im Laufe des Durchganges weniger aktiven Verhaltensweisen nachgingen und ihre Ruhephasen ausdehnten. Diesen Zusammenhang der zunehmenden Ruhezeit mit gleichzeitig verkürzter Fressaktivität erkannten auch Sambraus und Porzig (1991).

Zudem konnte ein signifikanter Unterschied zwischen allen Trogvarianten bei der Häufigkeit der Trogaufenthalte festgestellt werden. Die WT Gruppe stand am häufigsten am Trog, die Tiere an der Breifütterung PigNic+ am seltensten. Der Tagesrhythmus zeigte, dass es bei allen Varianten ein hohes Aktivitätsniveau in den Nachmittagsstunden gab. Zum Mastende konnte beim WT auch eine erhöhte Aktivität in den Morgenstunden erkannt werden, wie in Abbildung 2 zu erkennen ist. Dies kommt der arttypischen biphasischen Tagesaktivität näher, die auch van Putten (1978) und Sambraus (1991) erwähnen. Dieses Verhalten wurde allerdings nur in der letzten Aufnahmewoche beobachtet, sodass weitere Untersuchungen nötig sind, um es zu bestätigen.

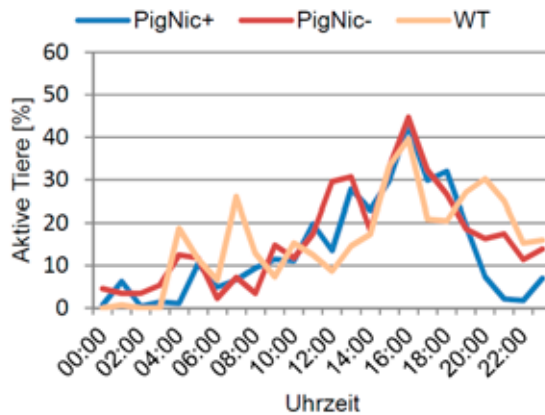


Abb. 2: Anzahl aktiver Tiere [%] (Masttag 73, Durchschnittsgewicht 89 kg)
 Fig. 2: Number of active animals [%] (fattening day 73, average weight of 89 kg)

Die Einzeltierbeobachtung bestätigte ebenfalls, dass die Tiere am WT signifikant häufiger fraßen als in den Vergleichsgruppen, wie in Abbildung 3 dargestellt ist. Auch in der Gesamtdauer dieses Verhaltens gab es einen signifikanten Unterschied zu den anderen beiden Gruppen. Zwar konnte ein Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen in der Gesamtdauer des Fressvorganges nicht statistisch belegt werden, jedoch war zu erkennen, dass die Tiere der Gruppe PigNic- länger mit der Futteraufnahme beschäftigt waren. Es kann also angenommen werden, dass die Tiere an den Trockenfuttersystemen länger mit der Futteraufnahme beschäftigt waren. Dieser Aspekt wird auch von Sambras (1991) bestätigt und ist positiv zu bewerten, da eine Verlängerung der Fresszeit

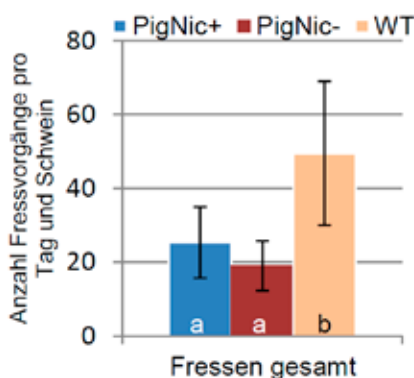


Abb. 3: Mittlere Anzahl Fressvorgänge pro Tag und Schwein
 Fig. 3: Average number of feed intakes per pig and day

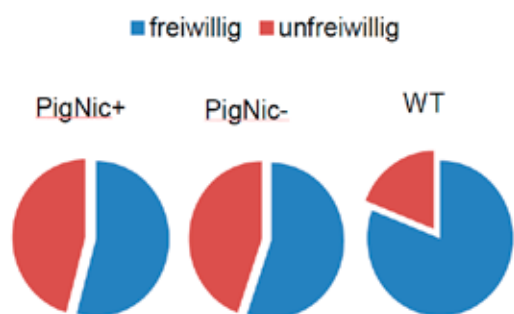


Abb. 4: Verteilung Fressvorgänge in Abhängigkeit von der Beendigungsursache [%]
 Fig. 4: Distribution of feed intakes depending on the cause of termination [%]

eine Annäherung an das arttypische Verhalten darstellt und besser für die Verdauung des Schweines ist (Sambraus, 1991).

Zudem wurde die Art des Beendens des Fressvorganges verglichen. Die Tiere der WT-Gruppe konnten ihren Fressvorgang bei über 80 % der Fälle freiwillig beenden. Bei den Vergleichsgruppen hingegen wurden die Tiere fast bei jedem zweiten Fressvorgang von einem Buchtengenossen vom Trog vertrieben (Abb. 4). Dieser positive Aspekt ist jedoch schwierig zu bewerten, da den Tieren mehr Fressplätze zur Verfügung standen als in den Vergleichsgruppen. Eine geringere Verdrängung am Trog bei engem Tier-Fressplatz-Verhältnis wird auch durch Hoy et al. (1995) bestätigt.

Bezüglich der Bonituren nahm der Verletzungsgrad nur in der Gruppe PigNic+ im Laufe der Mast ab. Der Verletzungsgrad an Schulter, Flanke und Schinken stieg beim WT zum Mastende stark an, die Ohren und Schwänze wiesen jedoch bei jeder Bonitur im Vergleich die geringsten Schäden auf. Nach van Putten (1978) entstehen Verhaltensauffälligkeiten wie das Schwanz- und Ohrenbeißen durch die einseitige Haltung der Tiere, die ihren Erkundungsdrang dann an ihren Buchtengenossen ausleben. Der geringe Boniturwert von Schwanz und Ohren beim WT könnte vermuten lassen, dass die Tiere sich intensiver mit der Futteraufnahme beschäftigen konnten und ihren Erkundungsdrang mit dem Wühlen im Trog ausreichend auslebten und daher seltener ihre Buchtengenossen bebissen. Auf der anderen Seite können Verletzungen an Schulter, Flanke und Schinken auch ein Zeichen vermehrter Auseinandersetzungen sein. Dies müsste jedoch durch weitere Versuchsdurchgänge bestätigt werden.

Die Gewichtsdatenanalyse zeigte, dass die WT-Gruppe höhere Zunahmen (0,759 kg/Tag) als die Vergleichsgruppen PigNic+ (0,729 kg/Tag) und PigNic- (0,682 kg/Tag) verzeichnete. Die Gesamtzunahme der WT-Gruppe war signifikant höher als beim PigNic-, wohingegen keine Signifikanz zum PigNic+ festgestellt werden konnte (Abb. 5). Laut Averberg et al. (2012) führt die Fütterung an Breifutterautomaten zu höheren Zunahme und einer besseren Futterverwertung. Den Nachteil der Trockenfütterung konnte die Gruppe am WühlTrog jedoch durch die häufigere und längere Futteraufnahme ausgleichen.

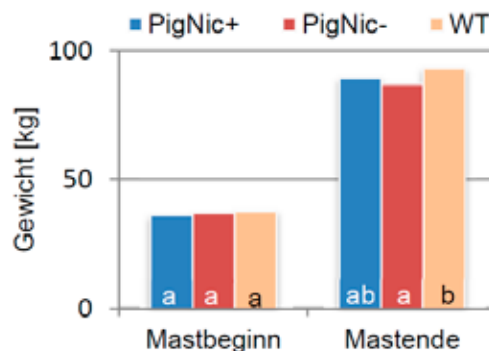


Abb. 5: Mittelwerte der Gewichte zu Mastanfang und Mastende

Fig. 5: Means of weights at beginning and end of fattening period

4 Fazit

Die Tiere am WühlTrog zeigten eine signifikant häufigere und insgesamt längere Futteraufnahme. Dieser Aspekt kommt einer natürlicheren Futteraufnahme nahe, da Schweine in der Wildnis einer längeren Futtersuche nachgehen als in den heutigen Produktionssystemen. Zudem konnte eine Annäherung an den typischen biphasischen Tagesverlauf erkannt werden.

Keine positiven Effekte durch den WühlTrog gab es hingegen bei der Bonitur der Tiere. Zwar konnten höhere Tageszunahmen erreicht werden, allerdings kann aufgrund der unterschiedlichen Tier-Fressplatz-Verhältnisse keine klaren Aussagen über den Effekt des Wühlkissen getroffen werden kann. Der Versuch sollte daher mit angeglichenem Verhältnis wiederholt werden, um die Ergebnisse festigen zu können.

Literatur

- Averberg, U.; Scholz, T.; Ziron, M. (2012): DLG-Merkblatt 360: Futtervorlage bei Mastschweinen. DLG, http://2015.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_360.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2017
- Hoy, S.; Fritzsche, T.; Teixeira, A.V. (1995): Untersuchungen zum Futteraufnahmeverhalten von Mastschweinen an Breifutterautomaten. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1994. Münster-Hiltrup, KTBL-Schrift 370, S. 178-187
- Sambras, H. H. (1991): Nutztierkunde. Biologie, Verhalten, Leistung und Tierschutz. Stuttgart, Ulmer Verlag, UTB 1622
- Sambras, H.H.; Porzig, E. (1991): Schwein. In: Porzig, E. und C. Engelmann (Hg.): Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Berlin, Dt. Landwirtschaftsverlag, S. 290-336
- Stolba, A. (1984): Verhaltensmuster von Hausschweinen in einem Freigehege. Bemerkungen zum Film. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1983. Münster-Hiltrup, KTBL-Schrift 299, S. 106-116
- van Putten, G. (1978): Schwein. In: Sambras, H.H. und H. Brummer (Hg.): Nutztierethologie. Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere, eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. Berlin, Parey, S. 168-212
- Zerboni, H.N. von; Grauvogl, A. (1984): Schwein. In: Bogner, H. und U. Andreae (Hg.): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart, Ulmer, Tierzuchtbücherei, S. 246

Aktivstall für eine tiergerechtere Mastschweinehaltung: Frequentierung von strukturierten Räumen

Active stable for more animal welfare in fattening pig housing: use of structured areas

JOST GEORG TEEPKE, HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL

Department für Nutztierwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Gutenbergstraße 33,
37075 Göttingen; earkena@gwdg.de

Zusammenfassung

Das Konzept „Aktivstall für Mastschweine“ bietet Schweinen neben einem erhöhten Platzangebot mehrere durchstrukturierte Bereiche an, zwischen denen die Schweine frei wählen können. Mittels einer Erhebung wurde untersucht, ob und wie die 400 Schweine in der Großgruppe die geschaffenen Ressourcen nutzen und von welchen Parametern die Nutzung beeinflusst wird. Die analysierte Frequentierung der einzelnen Funktionsbereiche und alle weiteren Beobachtungen sollen schließlich eine Einschätzung ermöglichen, inwieweit der Aktivstall zu einer tiergerechteren Haltung beitragen kann.

Die Attraktivität des erhöhten Wahlangebots zeigt sich in den Ergebnissen der Untersuchung. Am aktivsten waren die Tiere im Bällebad sowie im Wühlbereich. Fress- und Liegebereich sowie die Außenterrasse hatten den größten Anteil an ruhenden Tieren. Die Beobachtung von 20 markierten Fokustieren bestätigte, dass dem individuellen Präferenzverhalten nachgekommen wird, was zu einer tiergerechteren Haltungsumwelt beitragen kann.

Summary

The housing concept “Active stable for fattening pigs” offers a number of well-structured areas between which pigs can choose freely. An investigation was carried out to determine whether and how 400 pigs in this large group use the created resources and also which parameters influence their use. The analysed use of each area and all further observations should allow an assessment of the extent to which the active stall can contribute to more animal-welfare.

The attractiveness of the increased choice offer is shown in the results: The animals were most active in the ball pit and in the straw area. Feeding and resting areas as well as the outdoor terrace were used most often for lying. The observation of 20 focal pigs confirmed that individual preference behaviour was shown, which could represent a more animal-friendly environment.

1 Einleitung

Die moderne, arbeitswirtschaftlich-optimierte Schweinehaltung ist in den vergangenen Jahren in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt. Wissenschaftler beurteilen die derzeitigen Haltungsbedingungen „in wesentlichen Teilen für nicht zukunftsfähig“ (WBA, 2015). Neben dem geringen Platzangebot für die Tiere ist insbesondere die fehlende Strukturierung und die damit verbundene Reizarmut der Haltungsumwelt in der konventionellen Mastschweinehaltung als kritisch zu sehen.

Eine Haltungsalternative für Mastschweine bietet der Aktivstall. In diesem Stall stehen den Schweinen neben einem deutlich erhöhten Platzangebot mehrere strukturierte Bereiche zu Verfügung, zwischen denen die Tiere frei wählen können.

Ziel dieser Arbeit war es, das Konzept des Aktivstalls hinsichtlich der quantitativen Raumausnutzung der einzelnen Funktionsbereiche durch die Schweine zu untersuchen und zu bewerten.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden im Mai 2016 auf einem landwirtschaftlichen Praxisbetrieb mit einem Aktivstall für Mastschweine im Landkreis Osnabrück statt. Der Stall unterscheidet sich von anderen konventionellen Ställen grundsätzlich dadurch, dass die Schweine die Möglichkeit haben, verschiedene Stallbereiche und Räume zu nutzen. Der Aktivstall teilt sich in fünf Räume auf (Abb. 1). Insgesamt befinden sich 400 Tiere auf 340 m² Stallgrundfläche. Neben Vollspaltenböden, Strohbereichen und Außenklima gibt es offene Tränken, Raufutterangebote, Schweineduschen und diverse andere Beschäftigungsmaterialien. Der Liegebereich (Vollspaltenboden, Schweinedusche, Beschäftigungsmaterial, Raufe mit Raufutter, Scheuermöglichkeiten) hat eine Fläche von 174 m². Von dort aus erreichen die Tiere die Vollspalten-Außenterrasse (22 m²) sowie ein Bällebad mit Stroh (31 m²). Durch eine Schleuse, die während des Versuchs nicht selektiert, gelangen die Tiere in den Fressbereich (98 m²). Vom Fressbereich können die Tiere den Wühlbereich mit Stroh (14 m²) nutzen. Insgesamt stehen jedem Tier 0,85 m² zur Verfügung.

Der Schwerpunkt der Untersuchung ist die Nutzung des Raumangebots mittels einer Direktbeobachtung im Stall. Hierzu werden drei Wochen nach dem Einstellen 20 Fokusschweine (Ø 38,6 kg) mit Viehzeichenspray individuell so markiert, dass sie auch aus größerer Entfernung sicher zu identifizieren sind. Bei der Tierbeobachtung werden neben dem Aufenthaltsort der 20 Fokustiere auch deren Aktivität festgehalten. Bauch- oder Seitenlagen wurden als ruhend bewertet, alles andere stellte eine Aktivität dar (Hörning, 1999). Für die Bewertung der Gesamtverteilung der Tiere in den einzelnen Räumen wird zusätzlich die Tierzahl in den jeweiligen Bereich aufgenommen und in Prozent (20 %-Schritte) der Anteil ruhender und aktiver Tiere geschätzt. Im Wühlbereich, im Fressbereich, auf der Terrasse und im Bällebad ist die Tierzahl relativ gut zu erfassen.

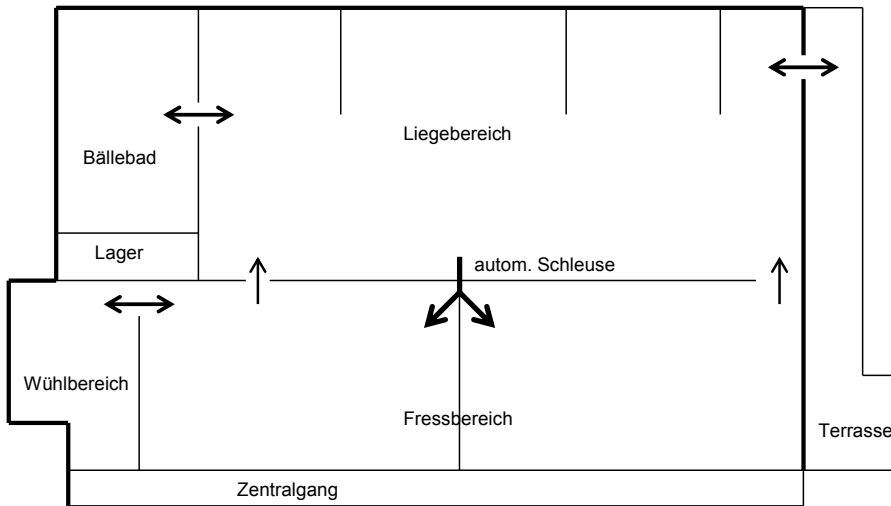


Abb. 1: Grundriss des Stalls (nicht maßstabsgetreu); die Pfeile stellen die möglichen Bewegungsrichtungen in andere Bereiche dar

Fig. 1: Layout of the stall (not true to scale); moving directions into another area are illustrated by arrows

Die Anzahl der Tiere im Liegebereich wird hieraus hergeleitet. Eine Beobachtungsrunde dauert 20 Minuten.

Der Untersuchungszeitraum beträgt drei Wochen, pro Woche werden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen Tierbeobachtungen durchgeführt. Fünfmal am Tag (09.30 Uhr, 11.00 Uhr, 12.30 Uhr, 14.00 Uhr, 15.30 Uhr) erfolgt der Rundgang, um den Standort der Tiere aufzuzeichnen. Nach insgesamt sechs Tagen mit täglich fünf Beobachtungen können 30 Datensätze pro Fokustier und ebenso viele für die Verteilung der Schweine in jedem Bereich mit Hilfe des Statistikprogramm SAS ausgewertet werden.

3 Ergebnisse

Während des gesamten Erhebungszeitraums halten sich im Mittel 74 % aller Schweine im Fressbereich (38 %) und im Liegebereich (36 %) auf. Aufgrund des deutlich geringeren Platzangebots werden die Terrasse (8 %), das Bällebad (10 %) und der Wühlbereich (8 %) deutlich weniger genutzt (Abb. 2 links). Um vergleichbare Ergebnisse zwischen den flächenmäßig unterschiedlichen Räumen zu generieren, wird in der Auswertung mit der Tierdichte/m² gerechnet. Daraus ergibt sich, dass der Liegebereich im Mittel mit 1,5 Tieren/m² der am stärksten frequentierte Raum ist. Mit durchschnittlich 77 % kann der Liegebereich zudem die höchste Anzahl ruhender Tiere vorweisen. Bereiche, die für aktives Verhalten konzipiert sind, werden hierfür von den Schweinen auch vornehmlich aufgesucht. Das Bällebad (76 % aktiv) und der Wühlbereich (71 % aktiv) sind die Räume mit den am signifikant aktivsten Tieren im Stall (Abb. 2 rechts).

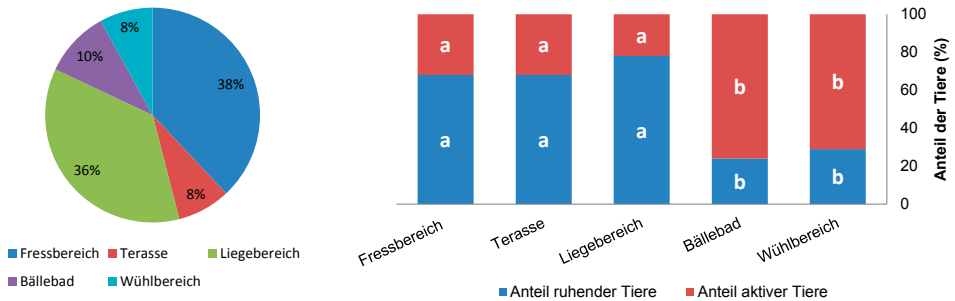


Abb. 2: Anteil genutzter Bereiche (links) sowie der Anteil ruhender und aktiver Tiere in den Wahlbereichen (rechts)

Fig. 2: Proportion of used areas (left), proportion of snoozing and active pigs in different areas (right)

Ein Grund für die hohe Aktivität im Bällebad und Wühlbereich ist das Angebot von Beschäftigungsmöglichkeiten (Stroh/Bälle). Des Weiteren beeinflusst das Betriebsmanagement die Aktivität in diesen Bereichen. Um die Attraktivität des Bällebads zu bewahren, wird es abends geschlossen und die Stroheinstreu erneuert. Erst am nächsten Morgen ist es wieder für die Schweine geöffnet. Die Entwicklung der Tierdichte im Tagesverlauf verdeutlicht, dass die dortige Frequentierung ($0,83 \text{ Tiere/m}^2$) morgens ihren signifikanten Höhepunkt hat. An jedem der sechs morgendlichen Termine sind die beobachteten Tiere im Bällebad zudem zu 100 % aktiv. Die Schweine werden durch die Maßnahmen der Betriebsleiterin zur Erkundung und damit zu mehr Bewegung animiert. Die Tierdichte fällt im weiteren Tagesverlauf auf ein niedrigeres Niveau ab, das Bällebad verliert somit nach einigen Stunden an Attraktivität. Im Vergleich dazu nimmt die Frequentierung der Terasse im Tagesverlauf mit ansteigenden Außentemperaturen zu. Nachmittags halten sich im Mittel $1,08 \text{ Schweine/m}^2$ im Außenbereich auf (Abb. 3).

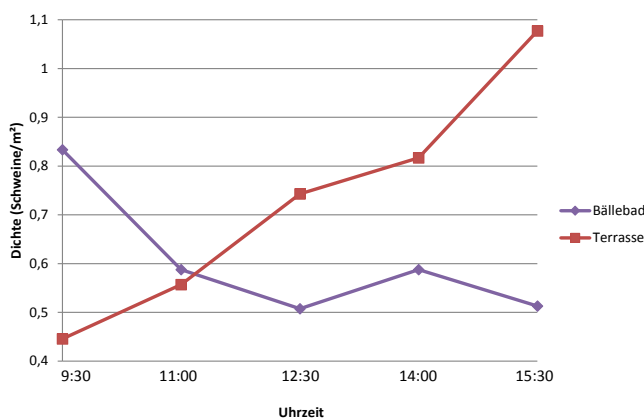


Abb. 3: Einfluss der Uhrzeit auf die Tierdichte (Schweine/m²) im Bällebad und auf der Terasse (n = 28)

Fig. 3: Influence of daytime on animal density (pig/m²) within the ball pit and on the terrace (n = 28)

Fokustiere

Während des gesamten Untersuchungszeitraums werden im Mittel pro Tier und Tag 2,65 Räume der fünf angebotenen Räume genutzt. Die anderthalbstündigen Intervalle zwischen den Beobachtungsrunden lassen den Fokustieren allerdings einen Zeitraum, unbeobachtet Räume zu nutzen, die aber nicht erfasst werden, so dass die reale Nutzung der verschiedenen Bereiche höher sein kann. In drei Fällen hat ein Fokustier nur einen Raum während des Beobachtungstags genutzt. Jedoch kann an keinem Tag beobachtet werden, dass ein Tier alle fünf Bereiche aufsucht. Im Mittel werden drei verschiedene Räume pro Tag besucht. Zudem ist auffällig, dass einige Tiere individuelle Präferenzen bezüglich ihrer Raumwahl zeigen. Fokustier Nr. 12 nutzt ausschließlich den Liege- und Fressbereich und ist mit lediglich zwei genutzten Räumen pro Tag das Tier, das am wenigsten an der Ressourcenvielfalt interessiert ist. Fokustier Nr. 15 dagegen nutzt während des Beobachtungszeitraums alle angebotenen Räume (Abb. 4). Mit durchschnittlich 3,7 genutzten Bereichen pro Tag kann es die höchste Frequentierung aufweisen. Auffällig ist dabei die Frequentierung der Außenterrasse mit 20 % des Beobachtungszeitraums. Dieser Wert liegt im Durchschnitt aller Fokustiere nur bei 8 %. Insgesamt nutzen drei Fokustiere die Möglichkeit der Außenterrasse nicht.

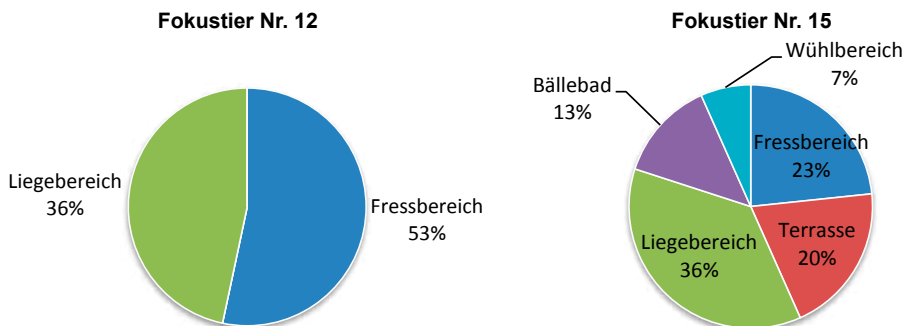


Abb. 4: Nutzung der Räume durch die Fokustiere Nr. 12 ($n = 30$) und 15 ($n = 30$)

Fig. 4: Usage of stall areas by focal pigs no. 12 ($n = 30$) and 15 ($n = 30$)

4 Schlussfolgerungen

Die durchgeführte Untersuchung bestätigt die Attraktivität des Wahlangebots von unterschiedlich strukturierten Räumen im Aktivstall. Dieser lässt sich angesichts der Verteilung ruhender und aktiver Tiere in zwei Kategorien systematisieren. Während die Kategorie „Ruhebereich“ mit Liegebereich, Fressbereich und Terrasse keine Signifikanzen untereinander aufweist, ist der „Aktivitätsbereich“ bestehend aus Bällebad und Wühlbereich höchst signifikant aktiver zu allen anderen Räumen.

Nichelmann und Tzschentke (1991) verweisen darauf, dass Mastschweine für verschiedene Verhaltensweisen jeweils Präferenztemperaturen haben. Diese „thermoregulatorische Präferenz“ setzt eine differenzierte Strukturierung der Stallanlage voraus. Der Aktivstall kann diese verschiedenen Temperaturzonen vorweisen. Die großen Unterschiede in der Frequenz zwischen den Fokustieren bestätigen, dass die Tiere innerhalb derselben Haltungsumwelt individuelles Präferenzverhalten zeigen. Aus Sicht der Tiergerechtigkeit sind Haltungssysteme mit differenzierten Klimazonen höher zu bewerten (Pflanz et al., 2005).

Die Tiere haben die Möglichkeit große Wegstrecken zurückzulegen. Verantwortlich hierfür ist nicht der absolute, sondern der relative Platz pro Tier, der in einer Großgruppe mit 400 Tieren in einem strukturierten Stall ein enormes Bewegungspotential bietet.

Das Wahlangebot – sei es für Ruhen auf Stroh oder Betonspalten, Fressen von Kraft- oder Raufutter, Saufen aus offener Fläche oder aus Zapfentränken oder Erkunden des Außenbereichs – stellt im Aktivstall eine besondere Ressource für Tiergerechtigkeit dar.

Literatur

- Hörning, B. (1999): Artgemäße Schweinehaltung. Grundlagen und Beispiele aus der Praxis. In: Stiftung Ökologie und Landbau (Hrsg.): Ökologische Konzepte. Heft 78, Bad Dürkheim
- Nichelmann, M.; Tzschentke, B. (1991): Thermoregulatorische Präferenzen: Sind sie ein Maß für die Optimierung des Stallklimas? Darmstadt, KTBL-Schrift 344, S. 184-195
- Pflanz, W.; Beck, J.; Jungbluth, T.; Troxler, J.; Schrade, H. (2005): Ethologische Beurteilung innovativer Schweinemastverfahren im Rahmen einer Feldstudie. Darmstadt, KTBL-Schrift 437
- WBA (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Kurzfassung des Gutachtens. In: http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung-Kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile

Auswirkungen gummierter Liegeflächen bei Mastschweinen

Effect of rubber mats in the lying area of fattening pigs

ROLAND WEBER¹, ANNA FALKE², KATHARINA FRIEDLI², LORENZ GYGAX²,
XAVIER SIDLER³, BEAT WECHSLER²

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

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

³ Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich, Departement für Nutztiere, Abteilung Schweinemedizin, Winterthurerstrasse 260, 8057 Zürich, Schweiz

Zusammenfassung

In der Untersuchung sollte geklärt werden, welche Auswirkungen Gummimatten auf Liegeflächen im Vergleich zu Betonböden bei Mastschweinen haben. Die Erhebungen zu Veränderungen an den Gliedmassen (Bursen, Hyperkeratosen) und zum Liegeverhalten (Anteil der Tiere, die auf der Liegefläche liegen) fanden vor dem Einstellen in die Mast, bei Mastmitte und am Ende der Mast statt. Diejenigen zur Verschmutzung der Bucht wöchentlich. Die Mastschweine auf Gummimatten hatten weniger Bursen als jene auf Betonliegeflächen. Die Prävalenz der Hyperkeratosen war nur durch das Alter der Tiere beeinflusst und nahm im Lauf der Mast zu. Der Anteil der Tiere, die auf der Liegefläche lagen, war auf Liegeflächen mit Gummimatten geringer als auf Betonböden und nahm bei beiden Bodenmaterialien mit zunehmender Temperatur ab. Die Verschmutzung der Buchten wurde nur durch die Temperatur beeinflusst. Die Liegeflächen waren mit zunehmender Temperatur zunehmend verschmutzt.

Summary

The study investigated the effects of rubber mats and concrete flooring provided in the lying area of pens for fattening pigs. Limb lesions (bursae, hyperkeratosis) and lying behaviour (proportion of animals lying in the lying area) were recorded at the beginning, in the middle and at the end of the fattening period. Data on pen soiling was collected weekly. The fattening pigs on rubber mats had fewer bursae than those on concrete. The prevalence of hyperkeratosis was only influenced by the age of the animals and increased over the fattening period. The proportion of animals lying in the lying area was lower on rubber mats than on concrete and decreased with increasing temperature on both floor types. Soiling of the pens was only influenced by temperature. The lying area was soiled increasingly with increasing temperature.

1 Einleitung

Planbefestigte Betonböden ohne Einstreu sind als Liegeunterlage unter dem Aspekt der tiergerechten Haltung nicht optimal. Mayer (1999) fand bei Systemen mit planbefestigten Böden (Kistenstall, Teilspaltenboden) gegenüber eingestreuten Liegeflächen mehr Liegeschwielen und Hyperkerathosen. Die Rauheit und Härte der Liegeflächen sind hauptsächlich für Schäden an den Gliedmassen verantwortlich (Hornauer et al., 2001).

Eine Alternative zur Strohmattatze stellen weiche Gummimatten dar. Untersuchungen von Gut et al. (2001) zeigten, dass Mastschweine in Buchten mit Liegematten bezüglich des Gesundheitszustandes bessere Ergebnisse aufwiesen als Schweine auf Vollspaltenböden. In neuerer Zeit entwickelte die Firma Kraiburg in Tittmoning eine spezielle Gummimatte für Schweine (PORCA relax). Eine Untersuchung dieser Matte konnte aufzeigen, dass deren Haltbarkeit während der 24-monatigen Einsatzzeit bei Zuchtsauen sehr gut war (Jais und Oppermann, 2012). Die mit geschlossenen Gummimatten ausgestattete Liegefläche, die Laufgänge und die Tiere waren in dieser Bucht jedoch deutlich schmutziger als der Boden und als die Tiere in einer Kontrollbucht mit Lochspaltenboden in den Liegekojen.

Das vorliegende Projekt hatte zum Ziel, die Auswirkungen von Gummimatten auf die Gliedmaßengesundheit sowie das Liegeverhalten von Mastschweinen zu untersuchen. Zudem sollte ermittelt werden, ob die Matte unterschiedliche Effekte hat, wenn sie perforiert oder unperforiert eingesetzt wird, v.a. in Bezug auf die Verschmutzung der Buchten.

2 Material und Methoden

Die Untersuchung wurde während 4 Umtrieben mit je 6 Gruppen zu je 10 Mastschweinen der Rasse Schweizer Edelschwein durchgeführt. Die Versuchsbuchten enthielten in zwei Dritteln ihrer Fläche eine verschieden gestaltete Liegefläche. In drei der Buchten war diese mit einer Gummimatte für Schweine ausgelegt, in dreien war sie aus Beton-elementen gestaltet. Die je drei Buchten mit dem gleichen Liegeflächen-Material unterschieden sich im Perforationsanteil (je eine Bucht unperforiert, mit 5 % Perforation oder mit 10 % Perforation). Das Platzangebot betrug in den ersten sechs Wochen $0,6 \text{ m}^2/\text{Tier}$ (davon $0,4 \text{ m}^2$ Liegefläche pro Tier), danach wurde die Buchtengrösse bis zum Ausstallen auf $0,9 \text{ m}^2/\text{Tier}$ (davon $0,6 \text{ m}^2$ Liegefläche pro Tier) erweitert.

Die Tiere wurden jeweils zum Zeitpunkt des Einstallens in die Versuchsbuchten, nach sechs Wochen (Mitte Mast) und nach zwölf Wochen (Mastende) klinisch auf das Vorhandensein von Bursen (vorhanden / nicht vorhanden) sowie den Schweregrad von Hyperkeratosen (1 = Verlust der Elastizität, schuppige Oberfläche; 2 = Hornhaut verdickt und verfärbt; 3 = Harte Stellen, Risse) an den Gelenken untersucht.

Die Verschmutzung der Liegeflächen wurde wöchentlich erhoben. Die Beurteilung erfolgte nach einer Skala, die von 0 (0 % verschmutzt) bis 4 (100 % verschmutzt) reichte.

Die Erhebung des Liegeverhaltens der Tiere erfolgte während sechs Umtrieben. Dabei wurden die Schweine in allen Buchten jeweils an einem Tag nach den klinischen Untersuchungen während 24 Stunden mittels Video beobachtet. Alle 15 Minuten wurde die Anzahl der Tiere erhoben, die auf der Liegefläche lagen.

Die Temperatur im Stall wurde bei allen Umtrieben für die gesamte Versuchsdauer in der Versuchskammer mittels eines Temperaturlogger stündlich erfasst.

Sämtliche Parameter wurden mit gemischte Effekte Modellen ausgewertet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Prävalenz für Bursen an den Sprunggelenken der Hinterbeine war bei Mastschweinen auf Liegeflächen mit Gummimatten geringer als bei jenen auf Betonliegeflächen (Abb. 1). Im Laufe der Mast nahm die Prävalenz für Bursen sowohl an den Vorder- als auch den Hinterbeinen auf beiden Bodenmaterialien zu. KilBride (2008) fand, dass ein rauer Boden auf der Liegefläche das Risiko für Bursen erhöht. Ekkel et al. (2003) stellten fest, dass es einen Zusammenhang gibt zwischen der zunehmenden Prävalenz von Bursen während der Mast und der längeren Zeitdauer, während der ältere Tiere liegen. Die geringere Prävalenz von Bursen auf der Gummimatte kann deshalb mit dem geringeren Druck auf die Sprunggelenke erklärt werden, wenn die Tiere auf dieser Unterlage liegen oder sitzen.

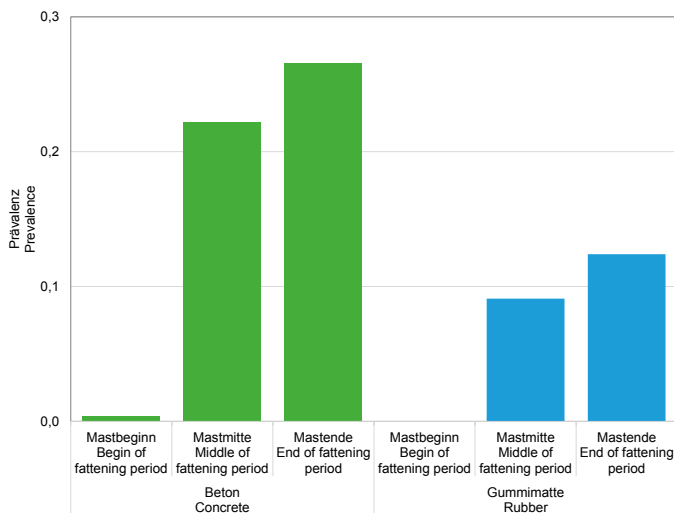


Abb. 1: Prävalenz von Bursen an den Hinterbeinen von Mastschweinen, die in Buchten mit Beton oder Gummimatten auf der Liegefläche gehalten wurden. Die Datenerhebung erfolgte zu drei Zeitpunkten während der Mast

Fig. 1: Prevalence of bursae on the hind legs of pigs kept in pens with concrete flooring or rubber mats in the lying area. Data was collected three times over the fattening period

Bei der Prävalenz von Hyperkeratosen an den Vorder- und Hinterbeinen bestand kein Unterschied zwischen den Bodenmaterialien auf der Liegefläche. Sie nahm jedoch im Laufe der Mast zu (Abb. 2). Hyperkeratosen entstehen durch langanhaltenden Druck auf die Haut oder Reibung derselben (Freeman, 2002). Da die Druckbelastung auf die Gelenkregionen mit zunehmendem Gewicht der Tiere grösser wird, steigt die Prävalenz von Hyperkeratosen.

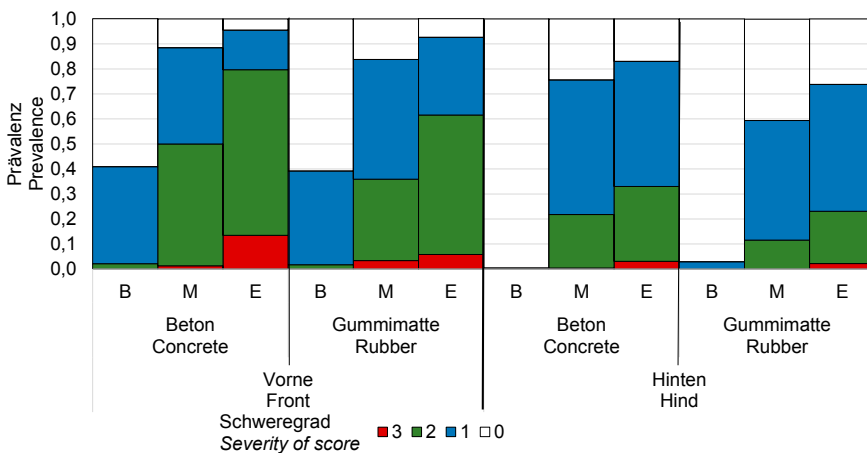


Abb. 2: Prävalenz der unterschiedlichen Schweregrade von Hyperkeratosen an den Vorder- und Hinterbeinen von Mastschweinen, die in Buchten mit Beton oder Gummimatten auf der Liegefläche gehalten wurden (B = Beginn Mast, M = Mitte Mast, E = Ende Mast)

Fig. 2: Prevalence of severity scores for hyperkeratosis on the front and hind legs of pigs kept in pens with concrete flooring or rubber mats in the lying area (B = begin of fattening period; M = middle of fattening period; E = end of fattening period)

Der Anteil auf der Liegefläche liegender Tiere nahm bei beiden Bodenmaterialien mit steigender Temperatur ab (Abb. 3). Bei Temperaturen über 20 °C war dieser Anteil bei den Mastschweinen auf Gummimatten geringer als bei jenen auf Beton. Mayer (1999) und Savary (2007) beobachteten ebenfalls, dass der Anteil der auf dem Spaltenboden liegenden Mastschweine mit steigender Temperatur zunahm. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Wärmeableitung auf den Gummimatten von den Tieren vor allem bei hohen Temperaturen als zu gering empfunden wurde.

Bei der Verschmutzung der Liegeflächen bestand kein Unterschied zwischen den Bodenmaterialien und den Perforationsanteilen der Liegeflächen. In den meisten Fällen wurde nur eine geringe Verschmutzung festgestellt. Die Verschmutzung wurde jedoch durch die Temperatur beeinflusst. Die Liegeflächen waren bei beiden Bodenmaterialien bei Temperaturen über 20 °C am meisten und unter 16 °C am wenigsten verschmutzt (Abb. 4). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass Tiere, die bei heißen Temperaturen auf der Kotfläche lagen, die Liegefläche als Ausscheidungsplatz benutzten.

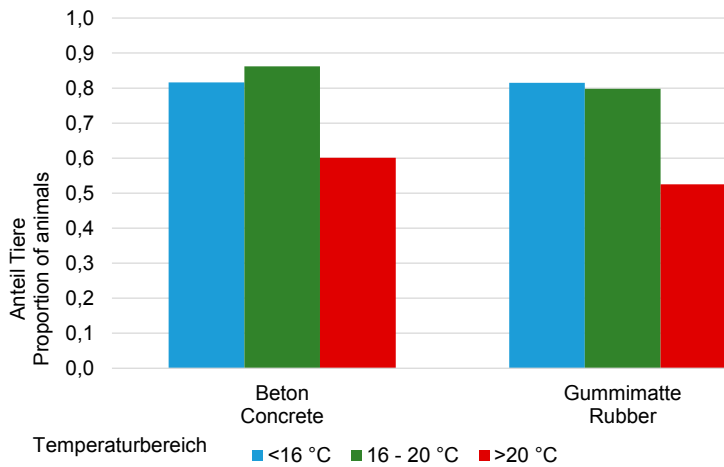


Abb. 3: Anteil der auf der Liegefläche liegenden Mastschweine an der Gesamtzahl der Tiere, die in der Bucht lagen, aufgeteilt nach Bodenmaterial und Temperaturbereich

Fig. 3: Proportion of the fattening pigs lying in the lying area relative to the total number of pigs lying in the pen. Data are presented for pigs lying on concrete or rubber mats and for different temperatures

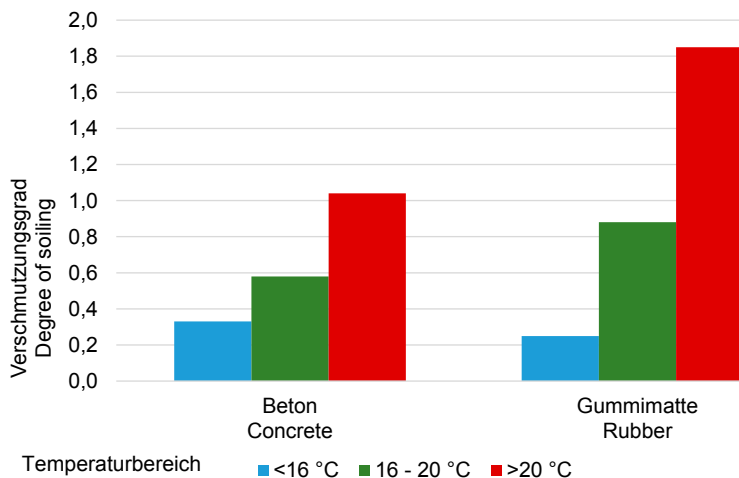


Abb. 4: Verschmutzungsgrad der Liegeflächen in Abhängigkeit von Bodenmaterial und Temperaturbereich.

Fig. 4: Degree of soiling of the lying area. Data are presented for lying areas made of concrete or rubber mats and for different temperatures.

4 Schlussfolgerungen

Die Gummimatte als Liegefläche wirkt sich bei Mastschweinen positiv auf das Auftreten von Bursen an den Hinterbeinen aus, da sie im Vergleich zu Beton einen geringeren Druck auf die Sprunggelenke ausübt. Demgegenüber wird die Wärmeableitung auf der Gummimatte bei hohen Temperaturen von den Schweinen als zu gering empfunden, was zu einem verminderten Anteil der Tiere führt, die dort liegen. Bezüglich Verschmutzung der Liegefläche sind Gummimatten und Beton als gleichwertig einzustufen. Eine Reduktion des Perforationsanteils der Liegefläche wirkte sich im vorliegenden Versuch nicht negativ auf die Verschmutzung aus.

Literatur

- Ekkel, E.D.; Spoolder, H.A.M.; Hulsegge, I.; Hopster, H. (2003): Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 80, pp. 19–30
- Freeman, D.B. (2002): Corns and calluses resulting from mechanical hyperkeratosis. *American family physician* 65, pp. 2277–2282
- Gut, E.; Laube, R.-B.; Fehlhaber, H. (2001): Verbesserung eines konventionellen Haltungssystems in der Schweinemast im Zuge gesetzlicher Neuordnung mittels Liegematten. In: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V. (Hrsg.), Fachtagung zum Thema „Tierschutz, Agrarwende und Heimtiere“, Nürtingen
- Hornauer, N.; Haidn, B.; Schön, H. (2001): Tiergesundheit im Aussenklima-Kistenstall für Mastschweine. *Agrartechnische Forschung*, 7, pp. 11–14
- Jais, C.; Oppermann, P. (2012): Einsatz von Gummimatten bei tragenden Sauen – Haltbarkeit und Sauberhaltung. *Landtechnik* 67, pp. 291–294
- KilBride, A.L. (2008): An epidemiological study of foot, limb and body lesions and lameness in pigs. PhD thesis, University of Warwick, Coventry, UK
- Mayer, C. (1999): Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtigkeit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. Dissertation, Technische Universität München
- Savary, P. (2007): Untersuchungen zur Optimierung der Liegeplatzqualität bei Mastschweinen. Dissertation, Universität Hohenheim

Das Klauengesundheitskonzept Lely Meteor® für automatische Melksysteme

The claw health approach Lely Meteor® for automatic milking systems

LUKAS WAGNER¹, DAGMAR JEZIERNY², VICTORIA DIETZ², DANIEL HERD²,
EVA GALLMANN¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik (440b), Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart;
lukas.wagner4@gmx.de

² Lely Deutschland GmbH, Industriestr. 8–10, 89367 Waldstetten; djezierny@lely.com

Zusammenfassung

Die Firma Lely hat mit dem Meteor®-Konzept einen ganzheitlichen Ansatz zur Verbesserung der Klauengesundheit in Milchviehbetrieben mit automatischem Melksystem entwickelt. Ziel des Konzepts ist es, infektiös bedingte Klauenkrankheiten zu verringern und diesen vorzubeugen. Zur Validierung des Meteor®-Konzepts wurde ein viermonatiger Versuch auf einem Milchviehbetrieb durchgeführt. Hierbei sollte untersucht werden, wie sich die Prävalenzen infektiös bedingter Klauenerkrankungen in der Milchviehherde verändern, ob eine eingesetzte Salbe die Abheilungsrate von Mortellaro-Läsionen (Dermatitis digitalis, DD) verbessert und wie sich die Lahmheitsprävalenz in der Herde und Besuchsverhalten und Milchleistung der Kühe verändern. Die Prävalenz von DD verringerte sich um 11,8 %. Die Lahmheitsprävalenz sank von 55,5 % auf 36,1 %. Die Abheilungsraten der DD-Läsionen lagen bei 85,2 %. In Bezug auf das Besuchsverhalten und die Milchleistung konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Summary

With the Meteor®-concept Lely developed an integrated approach to improve claw health in dairy herds milked by an automatic milking system. The aim of the concept is to reduce and prevent infectious claw diseases. To validate the Meteor®-concept a study on a dairy farm with a period of four month was conducted. Objective of the study was to evaluate the influence of the concept onto prevalence of infectious claw diseases in a dairy herd, the improvement of the healing rate of digital dermatitis lesions (DD) using a paste containing salicylic acid and improvement of lameness prevalence, visit behavior and milk yield of the cows. Prevalence of DD was reduced by 11.8 %. The lameness prevalence declined from 55.5 % to 36.1 %. The healing rate of DD lesions was 85.2 %. In relation to visiting behavior and milk yield no significant differences were found.

1 Einleitung

Klaufen- und Gliedmaßenkrankungen stellen nach Fruchtbarkeitsstörungen und Eutererkrankungen die dritthäufigste Abgangsursache von Milchkühen in Deutschland dar. 11,1 % der deutschen Milchkühe scheiden aufgrund von Klaufen- und Gliedmaßenkrankungen vorzeitig aus den Betrieben aus (ADR, 2015). Vor allem infektiös bedingte Klauenerkrankungen, und hier vor allem die Mortellarosche Krankheit (*Dermatitis digitalis*, DD), haben in den letzten Jahren stark zugenommen und werden mittlerweile für die Hälfte aller Lahmheiten in Milchviehherden verantwortlich gemacht (Klindworth, 2009). DD ist in vielen Milchviehherden mittlerweile die Klauenerkrankung mit der höchsten Prävalenz (Solano et al., 2016).

Insbesondere in Betrieben mit automatischen Melksystemen haben die mit den Klauenerkrankungen einhergehenden Lahmheiten einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Systems. Denn die Kühe müssen den Melkroboter freiwillig aufsuchen. Lahme Kühe suchen das AMS mit zunehmendem Locomotion-Score seltener auf und müssen zudem häufiger nachgetrieben werden (Bach et al., 2007).

Allerdings zeigen verfügbare Therapie- und Prophylaxemaßnahmen gegenüber DD keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Die Wirkung von Klauenbädern v. a. gegen DD ist umstritten (Pijl, 2010; Thomsen, 2015). Die lokale Einzeltierbehandlung ist zwar effektiv, aber sehr zeitaufwändig (Thomsen, 2015).

Mit dem Meteor®-Konzept entwickelte die Firma Lely einen ganzheitlichen Ansatz zur Verminderung und Prophylaxe von infektiös bedingten Klauenerkrankungen in Milchviehbetrieben mit automatischem Melksystem. Der Einfluss des Meteor®-Konzepts auf die Klauengesundheit einer Milchviehherde wurde in einem viermonatigen Praxisversuch untersucht.

2 Material und Methoden

Die Milchviehherde des Versuchsbetriebes in Nordhessen wurde in einem Boxenlaufstall gehalten und mit zwei Lely A4 Melkrobotern gemolken. Sie bestand zu Versuchsbeginn aus 157 Tieren (Laktierende, Trockensteher und Jungvieh) überwiegend der Rasse Holstein-Friesian. Die durchschnittliche Milchleistung lag bei 10.800 kg pro Kuh und Jahr.

Das Meteor®-Konzept beinhaltet eine funktionelle Klauenpflege nach dem Prinzip der „Nulltoleranz“. Dies bedeutet, dass alle Klauen neben der funktionellen Klauenpflege sehr genau auf DD-Läsionen untersucht werden und jedes Anzeichen einer Läsion ohne Ausnahme versorgt und dokumentiert wird. Zum besseren Erkennen von Läsionen im Zwischenklauenspalz werden die Klauen gewaschen und anschließend mit einer speziellen Zange gespreizt. DD-Läsionen werden mit dem salicylsäurehaltigen, biozidregistrierten Lely Meteor Balm® (Salicylsäuregehalt 34 %) versorgt und anschließend verbunden. Nach 5–7 Tagen werden die Verbände abgenommen und die Klauen erneut auf Läsionen untersucht. Sind noch akute DD-Läsionen zu erkennen, wird erneut Lely Meteor Balm

auf die Läsion aufgebracht und diese verbunden. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis alle akuten Läsionen vollständig abgeheilt sind.

Die Klauenpflege nach der oben beschriebenen Vorgehensweise erfolgte neben der melkenden Herde auch bei Trockenstehern und den belegten weiblichen Jungtieren ab einem Alter von 14 Monaten.

Ein weiterer Bestandteil des Meteor®-Konzepts ist ein automatisches und ein mobiles Klauensprühgerät (Abb. 1). Das automatische Klauensprühgerät wird auf der Bodenplatte des Lely Astronaut Melkroboter installiert und reinigt und desinfiziert die hinteren Klauen der laktierenden Kühe während eines jeden Melkvorgangs. Dabei werden die hinteren Klauen zu Beginn des Melkvorgangs mit 1,2 l Waschlösung (Wasser mit 1 % Lely Meteor Wash Spray®) unter 6-8,5 bar Druck gewaschen. Am Ende des Melkvorgangs werden 10 ml Pflegemittel (Wasser mit 5 % Lely Meteor Care Spray®) auf die Hinterklauen gesprüht.



Abb. 1: Reinigung der Klauen mit dem automatischen (links, eigenes Bild) und dem mobilen (rechts, Fa. Lely 2015) Klauensprühgerät

Fig. 1: Cleansing of claws by automatic (left) and mobile (right) Sprayer

Mithilfe des mobilen Klauensprühgeräts erfolgt die Versorgung der hinteren Klauen von Trockenstehern und Jungvieh, die zuvor im Selbstfang-Fressgitter fixiert werden. Als Pflegemittel wird Lely Meteor Care Spray® in 10 %iger Konzentration verwendet.

Zu Beginn des Versuchs wurde die Klauenpflege nach dem Prinzip der „Nulltoleranz“ durchgeführt. Anschließend wurden die automatischen Klauensprühanlagen und das mobile Klauensprühgerät in Betrieb genommen. Am Ende des Versuchszeitraums nach 4 Monaten erfolgte eine weitere Klauenpflege nach dem Prinzip der „Nulltoleranz“.

Die Dokumentation der Klauenbefunde an den beiden Klauenpflegeterminen erfolgte mithilfe der elektronischen Klauendokumentations-Software KLAUE® (dsp-Agrosoft, 2013) auf Grundlage des Diagnoseschlüssels für Klauenerkrankungen der DLG (Landmann und Herrmann 2007). Für den Vergleich der DD-Läsionen bei erstem und zweitem Klauenpflegetermin wurde ein Wilcoxon-Rangsummentest durchgeführt. Es wurden nur diejenigen Tiere berücksichtigt, die an beiden Klauenpflegeterminen teilgenommen hatten (114 Kühe, 20 Jungtiere).

Um zu beurteilen, wie effektiv die Versorgung der DD-Läsionen mit dem Lely Meteor Balm ist, wurden die Abheilungsraten der DD-Läsionen bei Abnahme der Verbände nach 5–7 Tagen ermittelt. Eine Läsion galt als abgeheilt, wenn keine akute Läsion mehr zu erkennen war.

Vor dem ersten Klauenpflegetermin und anschließend einmal monatlich über den Versuchszeitraum wurde ein Locomotion-Scoring nach Sprecher et al. (1997) aller Kühe durchgeführt, um die Lahmheitsprävalenz in der Herde zu überwachen.

Mit den Daten aus dem Managementprogramm T4C zum Besuchsverhalten (Melkungen und Verweigerungen pro Kuh und Tag) und den Milchleistungsdaten der Kühe wurde ein Vorher-Nachher-Vergleich mithilfe eines gepaarten t-Tests durchgeführt. Dabei wurde der Zeitraum 4 Monate vor Versuchsbeginn mit dem Zeitraum 4 Monate nach Versuchsbeginn der 114 berücksichtigten Kühe verglichen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 DD-Läsionen

Zum Zeitpunkt der ersten Klauenpflege wiesen 89,5 % der Kühe mindestens eine DD-Läsion auf. Zum Zeitpunkt des zweiten Klauenpflegetermins waren 78,9 % der Kühe betroffen, was einer Verringerung von 11,8 % entspricht. Zum Zeitpunkt der zweiten Klauenpflege verringerte sich der Anteil an Klauen mit DD-Läsion an allen vier Gliedmaßen im Vergleich zur ersten Klauenpflege (Abb. 2).

Für die Gliedmaßen VR, HL und HR war die Reduzierung der DD-Läsionen statistisch signifikant ($\alpha = 0,05$).

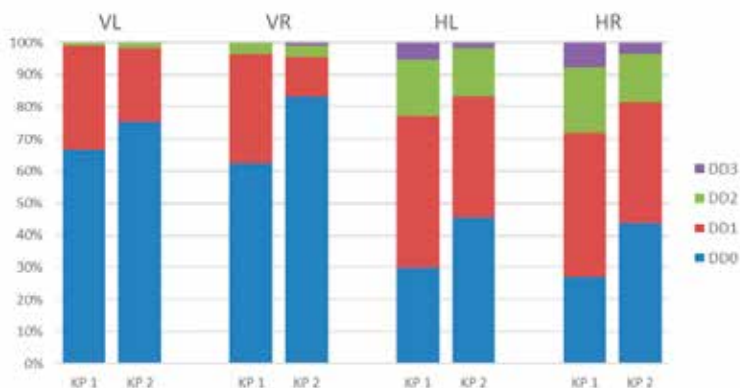


Abb. 2: Verteilung der DD-Läsionen nach dem DLG-Diagnoseschlüssel (Landmann und Herrmann, 2007) für Klauenerkrankungen bei erster (KP 1) und zweiter (KP2) Klauenpflege für jede Gliedmaße (114 Kühe, VL = vorne links, VR = vorne rechts, HL = hinten links, HR = hinten rechts)

Fig. 2: Distribution of DD lesions based on the diagnosis code for claw diseases of DLG (Landmann und Herrmann, 2007) at first (KP1) and second (KP2) claw trimming for each limb (144 cows, VL = front left, VR = front right, HL = rear left, HR = rear right)

Der Einfluss einer Klauenwaschanlage auf das Auftreten von DD-Läsionen wurde bereits in einigen Studien untersucht (Zelder, 2009; Silbernagl, 2012; Stahmann, 2014). Diese kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Allerdings wurde in diesen Studien die Klauenwaschanlage allein betrachtet und war nicht wie im vorliegenden Versuch in ein Konzept eingebunden. Die Absicherung der vorliegenden Ergebnisse durch den Vergleich mit einer Kontrollgruppe hätte die Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse möglicherweise verstärken können.

3.2 Abheilungsraten der DD-Läsionen

85,3 % der DD-Läsionen waren bei Abnahme der Verbände 5–7 Tagen nach der Klauenpflege abgeheilt. 9,4 % waren in Abheilung und 5,3 % waren unverändert.

Der Vergleich der Ergebnisse mit Studien, die den Einfluss salicylsäurehaltiger Präparate auf die Abheilung von DD-Läsionen untersuchten (Kofler et al., 2015; Schultz und Capion, 2013), zeigt, dass die ermittelten Abheilungsraten in der vorliegenden Studie sehr hoch lagen. Dies ist damit zu erklären, dass sich der verwendete Diagnoseschlüssel der DLG (Landmann und Herrmann 2007) nur bedingt zur Ermittlung von Abheilungsraten eignet, da DD-Läsionen nur nach der oberflächlichen Ausbreitung der Läsion klassifiziert werden.

3.3 Lahmheitsprävalenz, Besuchsverhalten und Milchleistung

Die Lahmheitsprävalenz in der Versuchsherde lag vor der ersten Klauenpflege bei 55,5 %. Einen Monat danach verringerte sie sich auf 34,3 % und blieb anschließend bis zum Versuchsende konstant (Tab. 1).

Tab. 1: Lahmheitsprävalenz in der Versuchsherde über den Versuchszeitraum

Tab. 1: Lameness prevalence in the herd within the period of the study

Untersuchungszeitpunkt	Lahmheitsprävalenz (%)
Termin 1	55,5
Termin 2	34,3
Termin 3	33,4
Termin 4	36,4
Termin 5	36,1

Die Auswertung des Besuchsverhaltens und der Milchleistungsdaten der 114 berücksichtigten Kühe ergaben keine signifikanten Veränderungen nach Einführung des Meteor®-Konzepts im Vergleich zum betrachteten Zeitraum vor Versuchsbeginn.

Trotz einer deutlichen Verringerung der Lahmheitsprävalenzen konnte keine signifikante Erhöhung des Besuchsverhaltens und der Milchleistung der Kühe festgestellt werden. Dies widerspricht den Ergebnissen anderer Studien (Bach et al., 2007; Miguel-Pacheco et al., 2014). Der Grund hierfür konnte nicht eindeutig geklärt werden.

4 Schlussfolgerung

Zusammenfassend konnte in der Arbeit ein positiver Effekt des Meteor®-Konzepts in Bezug auf die Verringerung der Lahmheitsprävalenz und dem Vorkommen von Läsionen infektiös bedingter Klauenerkrankungen in der Versuchsherde ermittelt werden. Jedoch muss bei der Interpretation der Ergebnisse der fehlende Vergleich mit einer Kontrollgruppe berücksichtigt werden.

Literatur

- ADR (2015): Rinderproduktion in Deutschland 2014. Druck Center Meckenheim, Meckenheim, 110 Seiten
- Bach, A., Dinares, M., Devant, M. und Carre, X. (2007): Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. *The Journal of dairy research* 74, No. 1, pp. 40-46
- dsp-agrosoft (2013): Klaue. Informationsbroschüre 10/13, dsp-Agrosoft GmbH, Ketzin/Havel, 2 Seiten
- Klindworth, H.-P. (2009): Klimawandel fördert den Fäule-Komplex. *Top Agrar*, No. 10, R21
- Kofler, J., Innerebner, C., Pesenhofer, R., Hangl, A. und Tichy, A. (2015): Effectiveness of salicylic acid paste for treatment of digital dermatitis in dairy cows compared with tetracycline spray and hydrotherapy. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 128, 7/8, pp. 326-334
- Landmann, D. und Herrmann, H.-J. (2007): Diagnoseschlüssel für Klauenerkrankungen vervollständigt. In: 2. DLG-Report Klauengesundheit. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, S. 6-11
- Miguel-Pacheco, G., Kaler, J., Remnant, J., Cheyne, L., Abbott, C., French, A., Pridmore, T. and Huxley, J. (2014): Behavioural changes in dairy cows with lameness in an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science* 150, pp. 1-8
- Pijl, R. (2010): Ätzend! DLZ primus Rind, No. 4, pp. 40-42
- Schultz, N. and Capión, N. (2013): Efficacy of salicylic acid in the treatment of digital dermatitis in dairy cattle. *Veterinary journal (London)* 198, No. 2, pp. 518-523
- Silbernagl, N. (2012): Einfluss einer Klauenwaschanlage auf die Klauengesundheit einer Milchviehherde. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München
- Solano, L., Barkema, H., Mason, S., Pajor, E., Leblanc, S. and Orsel, K. (2016): Prevalence and distribution of foot lesions in dairy cattle in Alberta, Canada. *Journal of dairy science* 99, No. 8, pp. 1-14
- Sprecher, D., Hostetler, D. and Kaneene, J. (1997): A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47, No. 6, pp. 1179-1187
- Stahmann, H. (2014): Mortellaro auch im Melkroboter unter Kontrolle. *Rinderprofi*, No. 3, p. 38
- Thomsen, P. (2015): Short communication: Efficacy of copper sulfate hoof baths against digital dermatitis – Where is the evidence? *Journal of dairy science* 98, No. 4, pp. 2539-2544
- Zelder, C. (2009): Einfluss eines Klauenhygienesystems auf die Klauengesundheit von Milchkühen. Projektarbeit. Fachhochschule Bingen, Bingen

Untersuchungen zum Verhalten und der Milchleistung von Milchkühen in einem AMS-Betrieb mit nachgerüsteten erhöhten Fressständen

Investigation of behaviour and milk yield in a farm with automatic milking system and subsequently installed elevated feedstalls

BARBARA BENZ, LORENZ BRAUN, DOMINIK ZINSEL

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), Institut für Angewandte Agrarforschung (IAAF), Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen; barbara.benz@hfwu.de

Zusammenfassung

In Betrieben mit einem automatischen Melksystem ist eine uneingeschränkte Mobilität und optimale Klauengesundheit der Kühe für die Funktionssicherheit des Systems besonders entscheidend.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, den Effekt von nachträglich installierten erhöhten Fressständen mit Trennbügeln und Gummibelag auf Liege-, Lauf- und Fressverhalten, die Futteraufnahme und die Milchleistung zu erfassen.

Die Fressstände hatten keinen Einfluss auf Liege- und Stehverhalten, jedoch liefen die Kühe signifikant weniger. Die Futteraufnahme erhöhte sich durch den Einbau der Podeste gegenüber der Ausgangssituation, wobei dies sich nicht in einer höheren Milchleistung auswirkte.

Es konnte bestätigt werden, dass sich erhöhte Fressstände problemlos im Praxisbetrieb nachrüsten lassen und einen Beitrag zur ungestörten Futteraufnahme leisten.

Summary

In farms with an automatic milking system, an unimpeded mobility as well as an optimal claw health is crucial for the function of the system.

The aim of the following study was to investigate the effect of subsequently installed elevated feedstalls with dividers and rubber flooring on behavior and milk yield.

The elevated feedstalls did not affect lying and standing behavior, however, the cows' activity was reduced. Although feed consumption increased, the elevated feedstalls did not lead to a higher milk yield.

It could be confirmed that elevated feedstalls can be unproblematically installed in a running farm and contribute to an undisturbed feed intake.

1 Einleitung und Zielsetzung

Uneingeschränkte Futteraufnahme ist die Voraussetzung für den funktionierenden Stoffwechsel und die Leistungsfähigkeit der Hochleistungskuh. Die Strukturierung des Fressbereichs mit Trennbügeln schafft definierte Fressplätze, reduziert gegenseitige Verdrängungen (DeVries und von Keyserlingk, 2006; Zimmermann, 2012) und ermöglicht eine ungestörte Futteraufnahme (Benz et al., 2014).

Im Fressbereich ist mit 70 % der höchste Kotanfall zu verzeichnen (Richter, 2006). 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 AMS-Betrieb ist eine uneingeschränkte Mobilität und optimale Klauengesundheit der Kühe für die Funktionssicherheit des Systems besonders entscheidend. Um während der 4- bis 7-stündigen Fresszeit sowohl eine ungestörte Futteraufnahme als eine klauenfreundliche Standfläche zu gewährleisten, wurden in einem Praxisbetrieb mit AMS nachträglich erhöhte Fressstände mit Trennbügeln und Gummibelag installiert. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde verglichen, wie die veränderte Fressplatzgestaltung das Lauf-, Steh-, Liege- und Wiederkauverhalten der Kühe beeinflusst und ob Auswirkungen auf die Futteraufnahme und Milchproduktion festgestellt werden können.

2 Tiere, Material und Methode

Beim Untersuchungsbetrieb handelte es sich um einen 2012 erbauten, 2-reihigen Außenklimastall. Die Breite der planbefestigten Laufflächen betrug im Bereich der Liegeboxen 3 m und im Fressgang 4 m. Im Laufstall mit Tiefboxen (1,2 x 2,6 m) mit Stroh-Kalk-Sägespäne-Einstreu und einem Tier-Liegeplatz-Verhältnis von 1,27 : 1 wurden 85 Kühe mit einem automatischen Melksystem der Fa. Delaval gemolken. Das System war als gelenkter Kuhverkehr nach dem Feed-First-Prinzip aufgebaut. Die durchschnittliche Milchleistung lag im Prüffahr 2014 bei 8.243 kg mit 3,8 % Fett und 3,4 % Eiweiß. Der Mistschieber lief im 2-Stunden-Takt. Die Untersuchung erstreckte sich von November 2015 bis April 2016 und war in drei jeweils 3-tägige Beobachtungsabschnitte gegliedert.

Der erste Untersuchungsabschnitt dokumentiert die Ausgangssituation (AS) mit Fressgang und Leitplankenabgrenzung zum Futtertisch, im zweiten Untersuchungsabschnitt wurden vorgefertigte Betonpodeste mit integriertem 3%igen Gefälle zur Erhöhung der Standfläche eingebaut (Podest ohne Bügel = PoB) und im letzten Abschnitt zusätzlich ein Nackenrohr und Trennbügel installiert (erhöhte Fressstände = eF). Der Einbau der Betonpodeste erfolgte analog zu der Vorgehensweise in einer vorhergegangenen Studie (Benz et al., 2014). Die Betonpodeste wurden außerhalb des Stalles gegossen und anschließend mittels Frontlader in den Stall gebracht. Anschließend wurden diese

mit Stiften gegen Verrutschen gesichert und eine Gummimatte auf der Standfläche verlegt (Lenta, Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH). Durch die 1,6 m langen Fressstände verschmälerte sich der zu reinigende Laufbereich, sodass der Mistschieber angepasst werden musste. Abschließend erfolgte die Installation eines Nackenrohrs an dem die Trennbügel befestigt wurden (Fa. Delaval) (Abb. 1). Während des Untersuchungszeitraumes schwankte die Außentemperatur lediglich zwischen 8 °C und 15,9 °C, sodass ein Temperatureinfluss auf die Tiere ausgeschlossen werden kann.



Abb. 1: Installation der erhöhten Fressplätze in vier Schritten (@Zinsel)

Fig. 1: Installation of the elevated feedstalls in four steps (@Zinsel)

Die Fütterung erfolgte mit einem Futtermischwagen, der vormittags um 9 Uhr eine Ration für 30 kg Milchleistung auf Basis von Grassilage, Silomais, Stroh, Biertreber, Kraftfutterpellets, Mineralfutter und Wasser vorlegte, welche zweimal täglich, um 12 und 15 Uhr, nachgeschoben wurde. Zusätzlich verfügte der Betrieb zur individuellen Kraftfutterfütterung über zwei KF-Automaten. Der Futtertisch war 61,2 m lang, sodass sich bei einer Fressplatzbreite von 75 cm und 85 laktierenden Kühen ein Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1,04 : 1 errechnete.

Für die Untersuchung wurden in jedem Abschnitt Fokustiere zum Erfassen des Fressverhaltens und zur Beobachtung des Liege-, Steh- und Gehverhaltens zufällig ausgewählt. Diese Kühe befanden sich in vergleichbaren Laktationsstadien zwischen

184 und 210 Laktationstagen. Bezüglich der Milchleistung wurden die MLP-Berichte der Monate November, Januar und März verwendet und alle Tiere zwischen dem 50. und 250. Laktationstag berücksichtigt. Zur Erfassung des Tierverhaltens kam mit dem Rumi-WatchSystem (ITIN+HOCH GmbH, Fütterungstechnik, Liestal, Switzerland) ein Messinstrument zum Aktivitäts- und Verhaltensmonitoring bei Wiederkäuern zum Einsatz. Die Futtermenge stellt einen Durchschnittswert für die Herde dar, der aus der Differenz der vorgelegten Futtermenge und der Restfuttermenge am Folgetag vor erneuter Futtervorlage ermittelt wurde.

Für die Paarvergleiche wurde der Tukey-HSD-Test verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0,5$ (signifikant *), $p \leq 0,01$ (sehr signifikant **) und $p \leq 0,001$ (hoch signifikant ***) festgelegt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Nach dem Einbau der erhöhten Fressstände konnten im dritten Untersuchungsabschnitt (eF) signifikante bis hoch signifikante Veränderungen der Laufzeit gegenüber der Ausgangssituation gemessen werden, während sich die Laufzeiten zwischen der Variante mit Podest und ohne Bügel (PoB) und dem erhöhten Fressstand mit Trennbügeln an jedem zweiten Fressplatz nicht unterschied (eF – AS, $p = 0,04$; PoB – AS, $p = 0,76$; PoB – eF, $p = 0,00$) (Abb. 2). Das Ergebnis lässt den Schluss zu, dass erst die Installation der Trennbügel dafür sorgte, die Verdrängungen am Fressplatz zu verringern, wodurch zusätzliche Laufstrecken entfielen. Die Futteraufnahme erhöhte sich mit der Änderung der Fressplatzgestaltung deutlich gegenüber der Ausgangssituation, jedoch besteht zwischen den Varianten mit und ohne Trennbügel kein signifikanter Unterschied (eF – AS,

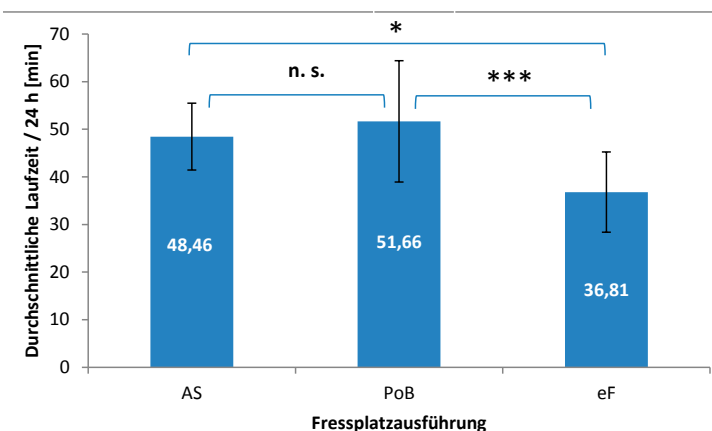


Abb. 2: Laufzeiten in den Untersuchungsabschnitten Ausgangssituation (AS), $n = 20$, Podest ohne Bügel (PoB), $n = 52$, und erhöhter Fressstand (eF), $n = 49$ (Tukey-Test)

Fig. 2: Walking time in the investigation stages initial situation (AS), $n = 20$, raised platform with rubber mats without dividers (PoB), $n = 52$, raised feedstalls with dividers (eF), $n = 49$ (Tukey-Test)

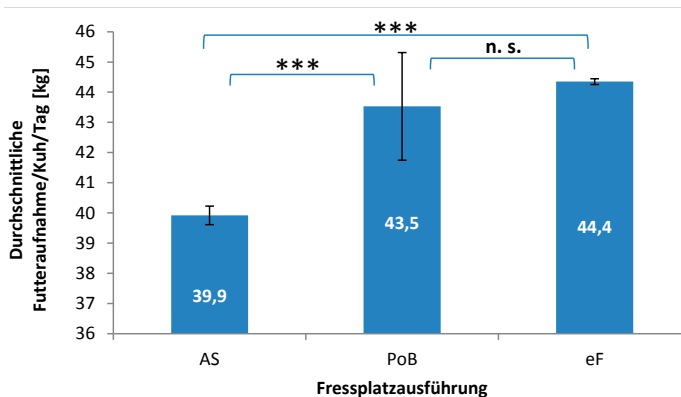


Abb. 3: Futteraufnahme in den Untersuchungsabschnitten Ausgangssituation (AS), $n = 20$, Podest ohne Bügel (PoB), $n = 52$, und erhöhter Fressstand (eF), $n = 49$ (Tukey-Test)

Fig. 3: Feed consumption in the investigation stages initial situation (AS), $n = 20$, raised platform with rubber mats without dividers (PoB), $n = 52$, raised feedstalls with dividers (eF), $n = 49$ (Tukey-Test)

$p = 0,00$; PoB – AS, $p = 0,00$; PoB – eF, $p = 0,19$) (Abb. 3). Das Wiederkauen verlängerte sich von der ersten Variante (AS) zum fertig gestellten erhöhten Fressstand (eF) mit 86 Minuten signifikant ($p = 0,03$), zum Podest ohne Bügeln (PoB) ist der Unterschied mit 51 Minuten nicht signifikant ($p = 0,19$) und auch zwischen den Varianten PoB und eF ist mit 25 Minuten Verlängerung kein signifikanter Unterschied vorhanden ($p = 0,73$).

Ein Einfluss auf die Milchleistung konnte statistisch nicht nachgewiesen werden. Diese lag im Herdendurchschnitt in der AS bei 25,16 kg/Tier/Tag, im Abschnitt PoB bei 27,88 kg/Tier/Tag (AS – PoB, $p = 0,24$) und schließlich mit eF bei 27,91 kg/Tier/Tag (AS – eF, $p = 0,22$; PoB – eF, $p = 0,99$).

Eine erhöhte Milchleistung könnte einen wertvollen Beitrag zur Akzeptanz von erhöhten Fressplätzen leisten, da sich höhere Einnahmen, anders als eine verbesserte Klauengesundheit oder verringerte Stressbelastung, direkt ökonomisch bewerten lassen. Auf dem untersuchten Betrieb ist das AMS bereits gut ausgelastet, möglicherweise begrenzt dies weitere Milchleistungssteigerungen.

Das Liegeverhalten änderte sich mit der Umgestaltung des Fressbereiches nicht. Im Mittel lagen die Tiere während der Fressplatzvariante AS 719,5 min/d, bei Variante PoB 714,1 min/d und bei Variante eF 734,2 min/d.

Die Stehzeiten zeigten ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Varianten AS (673,2 min/d), PoB (675,3 min/d) und eF (668,3 min/d). Erhöhte Fressstände leisten damit einen Beitrag zur ungestörten Futteraufnahme.

Störungen beim Fressen führten aber in der vorliegenden Untersuchung offensichtlich nicht zu einer Beeinträchtigung des Ruheverhaltens im Liegen und Stehen. Dies könnte sich in Betrieben mit konventionellem Melksystem jedoch durchaus anders darstellen, denn im AMS-Betrieb ist das herdensynchrone Verhalten aufgelöst und Konkurrenzsituationen entstehen aufgrund der Anreize durch Futtervorlage und Nachschieben offenbar eher im Bereich des Fressplatzes, nicht jedoch bei den Liegeplätzen.

Die Liegezeiten auf dem Untersuchungsbetrieb lagen mit ca. 12 h im Optimalbereich. Vor dem Hintergrund des eingeschränkten Liegeplatzangebotes wäre es interessant, eine differenzierte Auswertung unter Berücksichtigung des Rangstatus der einzelnen Tiere durchzuführen.

4 Schlussfolgerungen

Erhöhte Fressstände leisten einen wichtigen Beitrag zur konsequenten Strukturierung eines Liegeboxenlaufstalls und können im laufenden Betrieb nachgerüstet werden. Das Ruheverhalten wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht beeinflusst, jedoch erhöhte sich die Futteraufnahme, das Wiederkäuen verlängerte sich und die Laufzeiten, als Indikator für Verdrängungen vom Fressplatz, sanken mit dem Einbau der erhöhten Fressstände. Bezüglich der Laufzeiten besteht ein hoch signifikanter Einfluss der Trennbügel zwischen den Fressplätzen. Ungestörte Futteraufnahme ist ein wichtiges Ziel in der Milchkuhhaltung und auch im Zusammenhang mit der erhöhten Belastung der Klauen, verursacht durch zusätzliche Laufwege auf einem potenziell verschmutzten Fressgang, positiv zu werten. Ein Einfluss auf die Milchleistung konnte statistisch nicht nachgewiesen werden und sollte im Fokus weiterer Untersuchungen stehen.

Literatur

- Benz, B., Ehrmann, S., Hubert, S., T. Richter (2014): Der Einfluss erhöhter Fressstände auf das Fressverhalten von Milchkühen. *Landtechnik* 69 (5), S. 232–238
- 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. (2006): Feed Stalls Affect the Social and Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 89, pp. 3522–3531
- Richter, T. (2006): *Krankheitsursache Haltung*. Stuttgart, Enke Verlag
- Zimmermann, J. (2012): Fressstände für Milchkühe – Erarbeitung von baulichen, verfahrenstechnischen und arbeitswirtschaftlichen Grundlagen. Masterarbeit ETHZ, S. 45–47

Funktionssicherheit integrierter Laufhöfe gemäß EG-Öko-VO

Functional safety of integrated exercise yards according to the EC Organic Production Regulation

JOCHEN SIMON¹, FERDINAND OBERHARDT¹, BERNHARD BAUHOFFER²

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

² Gesellschaft für Aerophysik, Aidenbachstraße 52, 81397 München, bauhofer@gfa.de

Zusammenfassung

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 834/2007 (EG-Öko-VO) ist für Milchkühe in ganzjähriger Stallhaltung zusätzlich zum Aktivitätsbereich ($\geq 6,0 \text{ m}^2/\text{Tierplatz}$) eine Laufhoffläche ($\geq 4,5 \text{ m}^2/\text{Tierplatz}$), anteilig nicht überdacht, gefordert. Bei einhäusigen Stallanlagen wird diese außerhalb, bei mehrhäusigen innerhalb, zwischen den Teilgebäuden, angeordnet. Das bringt funktionale Vorteile und Einsparungen beim Investitionsbedarf. Dabei kann es bei innenliegenden Laufhöfen zu Niederschlagseintrag (Regen, Schnee) in die angrenzenden Funktionsbereiche (Liegebereich, Futtertisch) kommen. Ziel des Projektes ist die Evaluierung und Optimierung integrierter Laufhöfe hinsichtlich des Schneeeintrags im Winter sowie des Wassereintrags bei Starkregen und Wind im Sommer.

Summary

According to Regulation (EC) 834/2007 (EC Organic Production Regulation), a non-covered exercise yard area ($\geq 4.5 \text{ m}^2$ per animal place) is required in addition to the activity area ($\geq 6.0 \text{ m}^2$ per animal place) if dairy cows are kept in barns all year. In single-house barns, this area is situated outside the barn area. In multiple-house barns, the yard area is located between the buildings. This provides functional advantages and lower investment requirements. If exercise yards are situated within the barn area, precipitation (rain, snow) may reach the adjacent functional areas (resting area, feeding table). The goal of this project is the evaluation and optimization of integrated exercise yards with regard to the entry of snow in the winter and water in the summer during periods of heavy rain and wind.

1 Einleitung und Zielstellung

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 834/2007 (EG-Öko-VO) ist für Milchkühe bei ganzjähriger Stallhaltung zusätzlich zum Aktivitätsbereich der Kuh (Lauf- und Liegeflächen $\geq 6,0 \text{ m}^2$) eine Auslaufläche ($\geq 4,5 \text{ m}^2$), anteilig nicht überdacht, gefordert. Bei einhäusigen Stallanlagen müssen die nicht überdachten Flächen außerhalb des Gebäudes angeordnet werden. Bei mehrhäusigen Stallanlagen kann der Laufhof durch Nutzung des Bereichs zwischen den Gebäudeteilen in den Stall integriert werden (Abb. 1). Das bringt sowohl funktionale Vorteile als auch Einsparungen beim Investitionsbedarf.



Abb. 1: Innenliegender Laufhof bei einem mehrhäusigen Bio-Milchviehstall

Fig. 1: Exercise yard between two buildings of a multiple-house organic dairy cattle barn

Durch diese nicht überdachten Funktionsbereiche ergibt sich möglicherweise ein vermehrter Niederschlagseintrag in Form von Regen im Sommer und Schnee im Winter. Dieser mögliche Eintrag wird von vielen Landwirten als Argument gegen die ansonsten hochfunktionale und wirtschaftliche mehrhäusige Bauweise verwendet. Ziel des Projektes ist die Evaluierung und Optimierung integrierter Laufhöfe hinsichtlich der Funktionssicherheit unter folgenden Kriterien:

- Schneeeintrag im Winter mit eventuellen Folgen für den Entmistungsbetrieb bzw. Eisbildung auf den Laufflächen
- Verregnen von angrenzenden Funktionsflächen (Liege- bzw. Futtertischflächen) im Sommer bei Starkregen und Wind

Diese Fragestellungen werden sowohl auf ausgewählten Praxisbetrieben als auch über Modellversuche im Windkanal untersucht.

2 Stand des Wissens

Nicht überdachte Laufhöfflächen entsprechen den Bedürfnissen der Rinder nach Bewegung im Freien und direktem Kontakt mit dem Außenklima. Bei Versuchen zur Nutzung unterschiedlich ausgestalteter Laufhöfflächen konnten als vorteilhafte Faktoren ein entsprechendes Flächenangebot (gleichzeitige Nutzung durch alle Tiere bzw. Bedarf an Ausweichflächen), die Orientierung nach der Sonne (Aufwärmen, insbesondere in den Übergangsjahreszeiten und im Winter), der Niederschlagseintrag (Abkühlung im Sommer), die Verfügbarkeit über den Tagesverlauf und die Ausstattung (Tränke, Raufe, Kratzbürste) festgestellt werden. Bei der Vorlage der Grundfütterration im Laufhof erhöhen sich die Aufenthalts- bzw. Nutzungszeiten erheblich (van Caenegem und Krötzl Messerli 1997).

Vorteilhafterweise ergibt sich Letzteres bei mehrhäusigen Stallanlagen durch die Kombination von Fressgang und nicht überdachtem Laufhof. Es entfallen zusätzliche befestigte Flächen außerhalb der Gebäudehülle inkl. einer entsprechenden zusätzlichen Entmistungstechnik (Schieber, Spalten). Vergleiche zum Investitionsbedarf anhand von Modellberechnungen zeigen, dass die Errichtung eines externen, planbefestigten Laufhofes Mehrkosten von ca. 350 €/Kuhplatz (ca. 4 %) erzeugt, wobei beim Vergleich von mehrhäusigen zu einhäusigen Stallanlagen in Summe bis zu ca. 25 % und mehr an Kosten eingespart werden können (Simon et al. 2006, 2013).

Bezüglich des Schneeeintrags in die Liegehallen zeigen erste Beobachtungen bei einem Pilotbetrieb im Landkreis Rosenheim mit einer durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von > 1.200 mm im Nahbereich der Berge, dass bei einer Firstausrichtung der Stallanlage quer zur Hauptwindrichtung (Traufen in West- bzw. Ostrichtung) sowie bei Berücksichtigung bestimmter Aspekte bzgl. der Anordnung und Neigung der einzelnen Dachflächen zueinander der Schnee-Eintrag im Bereich der nicht überdachten Laufflächen vernachlässigt werden kann. Es können sich aber bei widrigen Windverhältnissen (insb. Gewitterereignisse im Sommer) Innenströmungsverhältnisse einstellen, die unerwünschte Schlagregeneffekte in Richtung der angrenzenden Funktionsflächen (Futtertisch, Liegebereich) zur Folge haben. Da diese Ereignisse nur sehr selten auftreten, wird vermutet, dass diese widrigen Innenströmungsverhältnisse von der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und ggf. den Öffnungszuständen der Außenwände abhängig sind. Als Frage stellt sich hier, in welchem Umfang darauf aus baulicher Sicht z. B. durch die Gebäudegeometrie, Dachform und -neigung, Dachüberstände, Abrisskanten oder aber auch durch das Lüftungsmanagement (Curtainsteuerung) reagiert werden kann.

Abgesehen von den oben genannten Untersuchungen über die Nutzung und erforderliche Ausgestaltung von Laufhöfen sind zu dieser Fragestellung bisher auf nationaler bzw. internationaler Ebene noch keine Untersuchungen durchgeführt worden. Bei der Versuchsstallanlage zur Haltung von Milchvieh an der eidgenössischen Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) steht der Einfluss von Entmistungssystemen (planbefestigte Laufflächen, Güllekanäle) bis hin zur zu öffnenden Dachfläche auf die Emissionsfaktoren im Vordergrund (Schrade et al. 2015). Am Potsdam-Bornim-Institut

(ATB) werden derzeit Strömungsverhältnisse im Innern von einhäusigen Stallanlagen untersucht (Hempel et al. 2015).

3 Material und Methode

Zur Bewertung der möglichen Schlagregensituation werden sowohl Messungen auf Praxisbetrieben als auch an Modellen im Windkanal durchgeführt.

3.1 Messungen an Praxisbetrieben

In einem ersten Schritt sind zwei Anlagen in Bayern ausgewählt worden, die hinsichtlich der Gebäudeorientierung und des -querschnitts, der Dachgestaltung und -anordnung sowie der Größe der Lüftungsöffnungen eine Standardsituation darstellen. An diesen Standardgebäuden werden zunächst Messungen der Außen- und Innenströmung durchgeführt sowie die Möglichkeit auf deren Einflussnahme zur Veränderung der Schlagregensituation untersucht. Die Naturmessungen laufen seit Anfang 2017. Über je eine lokale Wetterstation werden die meteorologischen Randbedingungen (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Niederschlagsmenge) aufgezeichnet. Zur Erfassung der Strömungsgeschwindigkeit und -richtung im kritischen Bereich der nicht überdachten Laufhöffflächen sind bei beiden Anlagen jeweils ein Ultrasonic Anemometer 3D (Fa. Thies) dauerhaft installiert (Abb. 2).

Höhe und Lage der Geräte im Stall lassen sich vor Ort manuell verändern. Da bei großflächig geöffneten Gebäudehüllen die zur Ermittlung der Gebäudedurchströmung notwendigen Messungen der Winddruckverhältnisse an den relevanten Positionen der Gebäudeoberfläche nicht hinreichend genau durchgeführt werden können, werden darüber hinaus, insbesondere im Winter bei Schneefall als auch im Sommer bei Gewitter-



Abb. 2: Ultrasonic Anemometer 3D (Fa. Thies) im nicht überdachten Laufhofbereich

Fig. 2: Ultrasonic anemometer 3D (manufacturer: Thies) in the non-covered exercise yard area

situationen, vor Ort mit Hilfe von thermischen Anemometern die Ein- und Austrittsgeschwindigkeiten in den Öffnungsflächen direkt gemessen. Die Strömungsrichtung wird gleichzeitig durch geeignete Visualisierungsmethoden erfasst. Darüber hinaus wird der Schlagregeneintrag im Gebäudeinnern protokolliert.

3.2 Windkanalmessungen am Modell in Anlehnung an die Praxisbetriebe

Sowohl zur Vertiefung der in der Praxis gemessenen Strömungsphänomene als auch für eine weitergehende Parameterstudie wird parallel zu den Messungen je ein Modell im Maßstab 1 : 100 erstellt, dessen Gebäudegeometrie, Ausrichtung und umgebende Topographie (Relief, Vegetation, Bebauung) den untersuchten Anlagen entspricht.

Anhand dieser Modelle werden die Windwirkungen auf das Stallgebäude und die Beeinflussung der bodennahen Windverhältnisse in einem atmosphärischen Grenzschichtwindkanal untersucht, indem das hochturbulente und instationäre Geschwindigkeits- und Druckfeld der Strömung für mindestens vier bis fünf Windrichtungen naturgetreu nachgebildet wird. Mögliche Schlagregeneffekte im Gebäudeinnern werden anhand der Querströmungsgeschwindigkeiten und -richtungen abgeschätzt. Neben dem besseren Verständnis für die in der Praxis gemessenen Phänomene werden die charakteristischen Messpunkte für die Naturmessungen laufend mit den Ergebnissen der Messungen im Windkanal abgestimmt.

3.3 Windkanalmessungen an weiterentwickelten Modellvarianten

Darüber hinaus werden bis zu 10 Gebäudevarianten für weiterführende Untersuchungen im Windkanal entwickelt. Untersucht werden zum einen die bauliche Ausformung weiterer Gebäudequerschnitte, die bei mehrhäusigen Stallanlagen in der Praxis üblich sind. Dazu gehören z.B. parallel angeordnete Satteldachkonstruktionen für Liegehallen und Futtertischüberdachungen mit gleicher bzw. unterschiedlicher Trauf- und Firsthöhe, Gebäudebreite und -volumen.

Zum anderen sollen in diese Modellvarianten die Ergebnisse aus den Ziff. 3.1 und 3.2 einfließen. Als mögliche Varianten zeichnen sich z. B. unterschiedliche Baukörper-Geometrien, Dachgestaltungen und -neigungen sowie die unterschiedliche Lage der Öffnungen zwischen den Teilgebäuden bzw. gleichfalls aus 3.1. und 3.2 abgeleitete, erfolgversprechende Öffnungsvarianten im Fassadenbereich ab.

Mit Blick auf künftige Planungsvorhaben mehrhäusiger Stallanlagen können damit die Grenzbereiche für unerwünschte Schlagregeneffekte bei leichten bis starken Gewitterereignissen, die in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsverteilung in den öffnungsnahen Einflusszonen stehen, aufgezeigt und aus den sich daraus ergebenden Gesetzmäßigkeiten für die untersuchten Gebäudevarianten durch entsprechende Verbesserungmaßnahmen vermieden werden. Insofern temporäres Verschließen einzelner Fassadenöffnungen bei extremen Witterungsbedingungen hilfreich sein kann, sollen zur Handhabung für den Betreiber einfache Öffnungs- bzw. Verschlusszenarien für den jeweiligen Gebäudetyp abgeleitet werden.

4 Ergebnisse

Bis zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung konnten noch keine Messdaten der Wetterstationen und der zwei 3-D-Anemometer auf den Praxisbetrieben ausgewertet werden. Für den Modellbau wurden die notwendigen Planunterlagen für die Stallanlagen (Grundrisse, Schnitte) sowie das bauliche Umfeld aufbereitet. Darüber hinaus werden für die Untersuchung gemäß Ziffer 3.3 weitere praxisübliche Varianten für mehrhäusige Stallanlagen analysiert. Abgesehen von den dargestellten Variablen hinsichtlich Gebäudebreite und -höhe sowie der Dachneigung lassen sich hinsichtlich der Lage der nicht überdachten Bereiche zwischen den Gebäuden Standardsituationen ableiten: Diese liegen bei den bekannten Gebäudetypen im First- bzw. Kehlbereich von parallel angeordneten Pult- und Satteldachkonstruktionen sowie in der Flucht der zur Windrichtung hin ansteigenden bzw. abfallenden Dachflächen. Spezielle bauliche Einrichtungen zur Beeinflussung der Strömung im Öffnungsbereich (z.B. Abrisskanten) kommen derzeit allein bei klassischen Firstentlüftungen einhäusiger Stallanlagen zum Einsatz. Erste Effekte hinsichtlich der Regelung des Schlagregeneintrags über die Beeinflussung der Innenströmungsverhältnisse durch ein entsprechend empirisch entwickeltes Curtainmanagement zeigen sich bei der Befragung der betroffenen Landwirte auf den beiden Untersuchungsbetrieben.

Literatur

- EG-Öko-VO 834/2007 (2014): EG-Öko-Basisverordnung. 28. Juni 2007, ABl. Nr. L 189, S. 1, geändert 18.10.2014, ABl. Nr. L 300, S. 72
- Hempel, S.; L. Wiedemann, C. Ammon, M. Fiedler, C. Saha, D. Janke, C. Loebstin, J. Fischer, B. Amon, G. Hoffmann, C. Menz, G. Zhang, I. Halachmi, A. del Prado, F. Estelles, W. Berg, R. Brunsch, T. Amon (2015): Bestimmung der Durchströmungscharakteristik freigelüfteter Milchviehställe zur Optimierung des Stallklimas. 12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in Freising, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, Tagungsband, S. 346–351
- Schrade, S., M. Zähler, J. Poteko, B. Steiner, M. Keck, M. Sachs, D. Herzog, M. Schick (2015): Versuchsstall zur Entwicklung und Quantifizierung von Maßnahmen zur Minderung von Emissionen. 12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in Freising, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, Tagungsband, S. 450–455
- Simon, J., P. Lingenfelder, A. Beibl, E. Kränsel (2006): Stallsysteme und Baukosten für Milchviehställe. LfL-Jahrestagung Artgerechte, umweltverträgliche und wettbewerbsfähige Tierhaltungsverfahren in Freising, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, Tagungsband, S. 81–116, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_19773.pdf
- Simon, J. et al. (2013): Landwirtschaft – Bauen in regionalen Kreisläufen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 12 S., https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_44875.pdf
- Van Caenegem, L., H. Krötzl Messerli (1997): Der Laufhof für den Milchvieh-Laufstall. Ethologische und bauliche Aspekte. FAT-Berichte Nr. 493, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwissenschaft und Landtechnik (FAT) Tänikon

Vergleich von Oberflächen auf Komfort-Liegematten aus Gummi für Milchvieh bezüglich der Hautschonung im Gelenksbereich

Comparison of surfaces on soft rubber mats for cubicles of dairy cattle with emphasis on protection of skin in the joint area

DOMINIK SOJER¹, ANNA CATRIN ANKER², MICHAEL STRIBL², ILKA STEINHÖFEL³, STEFFEN PACHE³, HEINZ BERNHARDT¹

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; dominik.sojer@t-online.de; heinz.bernhardt@wzw.tum.de

² Gummiwerk KRAIBURG Elastik GmbH & Co. KG, Göllstr. 8, 84529 Tittmoning

³ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Am Park 3, 04886 Köllitsch

Zusammenfassung

In vorliegender Arbeit wurden zwei Gummimatratten für Hochboxen mit verschiedenen Oberflächenstrukturen auf ihre schonende Wirkung des Integuments an exponierten Gelenksbereichen bei Rindern verglichen. Beide Matratten waren gleich weich und verformbar. Die Oberfläche der Kontrollmatte war völlig glatt, die Versuchsmatratten „TARSA“ war im hinteren Drittel halbkugelig erhöht. Es konnte gezeigt werden, dass dieses ausgeprägte Oberflächenprofil der Versuchsmatte die Hautschonung an einigen Gelenksbereichen der Hinterhand unterstützt. Hautveränderungen um die Tarsalgelenke waren teilweise weniger ausgeprägt. Am dorsalen Fersenbein etwa waren Verletzungen auf der Versuchsmatte signifikant vermindert. Beim Vergleich von Sommer- und Winterdurchgang zeigte die Haut über dem lateralen Tarsalgelenk und dem dorsalen Fersenbein im kälteren Winter teils signifikant geringere Verletzungsraten. Im Bereich der Karpalgelenke wurde kein Einfluss des Temperature-Humidity-Indexes (THI) nachgewiesen.

Summery

This study aimed at comparing the surface of two rubber mattresses for cubicles according to their protective effect against integumentary alterations in the joint area of the limbs. Both mattresses were equal in softness and cushion. The surface of the control mat was even, the experimental mattress "TARSA" was hemisphere-like embossed in the rear third. It was shown, that this convex surface of "TARSA" reduced the integumentary alterations at some joint areas and thus is supporting the protection of the integument. On the experimental mattress, alterations in the area of the tarsal joints were partly less severe, in the dorsal calcaneus for example they were significantly reduced. Comparing the experimental trials in summer and winter, in cold winter the risk of integumentary alterations occurred significantly less, especially at the area of the lateral tarsus and the dorsal calcaneus. In contrast to these findings, there was no influence of the temperature-humidity index detected on alterations in the area of the carpal joint.

1 Allgemeines

Veränderungen am Integument im Gelenksbereich bei Rindern und Milchkühen sind in Liegeboxenlaufställen ein aktuelles Thema mit deutlichen ökonomischen Auswirkungen. Die Ausprägung des Grades der Veränderung ist dabei multifaktoriell abhängig von Rasse, Leistung und Laktationsstadium der Tiere. Auch Einstreumenge und Einstreuart, Liegeboxenbelag sowie der Pflegezustand der Liegefläche haben einen Einfluss.

In dieser Untersuchung wurde besonderes Augenmerk auf die Liegeflächengestaltung gelegt. Die Entwicklung weicherer Liegematten für Hochboxen verbesserte den Liegekomfort bereits. Die Verminderung von Technopathien an exponierten Integumentsbereichen wie der Fessel, der Ferse oder besonders im Tarsalgelenksbereich und am lateralen Tarsalgelenk steht nun im Fokus.

2 Tiere, Material und Methode

Im Lehr- und Versuchsgut des LfULG in Köllitsch wurde ein Stallabteil mit 48 Liegeboxen je zu einer Hälfte mit der vorerst als Prototyp konzipierten Versuchsmatte „TARSA“ (Matratzenkörper aus halbschalenförmiger Gummimatte darüber eine Schaumstoffplatte sowie eine Gummideckschicht mit kugelsegmentartig ausgeprägter Oberfläche im hinteren Drittel der Matte, dem Liegebereich der Sprunggelenke) ausgelegt. Sie wurde mit der Kontrollmatte „KEW+“ verglichen (gleicher Unterbau, jedoch mit einer ganzflächig glatten Gummideckschicht versehen). Beide Bereiche wurden mit einem Gitter abgeteilt, so dass nahezu zwei spiegelgleiche Bereiche entstanden. Die Untersuchung erfolgte in zwei Durchgängen zu je drei Monaten, der Sommersversuch von 30.07.2015 bis 05.11.2015 und der Winterversuch von 25.11.2015 bis 03.02.2016. Die beiden Abteile wurden jeweils zu Beginn der Untersuchungszeit mit je 24 Färsen der Rasse Holstein-Friesian im Alter von 430 ± 65 Tagen bzw. 365 ± 86 Tagen, einem Gewicht von $382,9 \pm 65$ kg bzw. $363,1 \pm 55,4$ kg LM sowie einer Kreuzhöhe von $137,7 \pm 4$ cm bzw. $134,9 \pm 5$ cm belegt. Die Rinder wurden vor dem Umstallen auf Tiefstroh gehalten. Damit sollte ein nahezu idealer Grundzustand der Gelenke gewährleistet werden.

Die Bonitierung der Gelenksbereiche an den Tieren erfolgte zweiwöchentlich an den in Abbildung 1 dargestellten Punkten. Für die Beurteilung des Integumentszustandes in den definierten Gelenksbereichen wurde das Boniturschema für die Prüfberichte der DLG nach DLG-Prüfprogramm 04/2010 (Reubold, 2015) modifiziert angewandt. Darüber hinaus wurden Temperatur und Luftfeuchte im Liegebereich erfasst, um den Effekt des Temperature-Humidity-Indexes (THI) des Stallklimas auf die Veränderungen des Integuments zu prüfen und unterschiedliche Verletzungspotenziale zwischen Sommer- und Wintermonaten nachzuweisen.

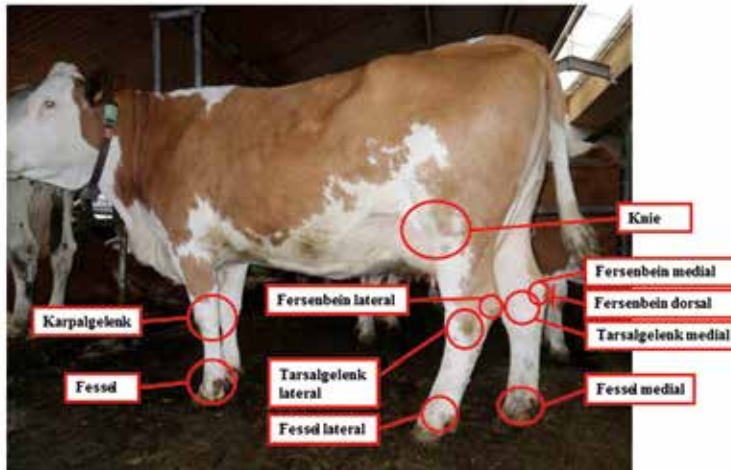


Abb. 1: Exponierte Gelenksbereiche an den Extremitäten der untersuchten Rinder nach dem DLG-Signum Test des DLG-Prüfprogramms 04/10, erweitert (© Sojer)

Fig. 1: Exposed joint area of the limbs, that were checked at cattle, according to DLG-Signum Test of DLG-Prüfprogramms 04/10, adjusted (© Sojer)

3 Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich der Kontroll- mit der Versuchsmatte „TARSA“ ergab, dass auf dem kugelsegmentartigen Profil der „TARSA“-Matte Irritationen an einigen exponierten Integumentsstellen der Hinterbeine in geringerem Umfang auftraten als auf der glatten Oberfläche.

Unverändertes Fell und Haut im Bereich des dorsalen Fersenbeins war bei den Rindern auf der Versuchsmatte „TARSA“ signifikant erhöht. Dieser nachweisbar höhere Anteil gesunder Hautstellen im Bereich des dorsalen Fersenbeines auf der neuen Matte „TARSA“ zeigte sich bereits sechs Wochen nach Versuchsbeginn im Sommer. Er hielt bis zum Ende des Versuches nach drei Monaten an.

Das halbkugelförmige Profil im hinteren Drittel der Liegefläche hielt Einstreu in größerer Menge, dadurch konnte die vom Tier abgegebene Feuchtigkeit besser gebunden werden. Dies führte zu besserem Abtrocknen der Haut und einer erhöhten Widerstandsfähigkeit.

Weitere Integumentspunkte im Tarsalgelenksbereich über dem lateralen und medialen Fersenbein sowie über dem medialen Tarsalgelenk waren, wie auch Krummel (2013) für Hochboxenmatten generell beschreibt, sowohl bei der neuen, profilierten Liegematte „TARSA“ als auch bei der glatten Kontrollmatte über den gesamten Versuchszeitraum im überwiegenden Maße gesund bzw. unverändert.

Der Vergleich zwischen den beiden Durchgängen im Sommer und im Winter zeigte am Integument der Vorderhand und besonders an der Haut über dem Karpalgelenksbereich keinen Einfluss des THI bzw. des Stallklimas auf die Häufigkeit von Veränderungen.

An der Hinterhand war während des Winterdurchgangs mit niedrigem THI zu beobachten, dass das Integument im Bereich des lateralen Tarsalgelenks und des dorsalen Fersenbeines zum Teil einen signifikant erhöhten Anteil an gesunden bzw. unveränderten Hautstellen im Vergleich zum Sommerdurchgang aufwies. Auch Kielland et al. (2009) konnten einen Einfluss des Monats und somit der Temperatur und der Luftfeuchte auf Läsionen der Haut am lateralen Tarsalgelenk nachweisen. Der Sommer 2015 zeichnete sich durch hohe Temperaturen bis in den Herbst hinein aus. Der THI stieg im August und September 2015 über 72, was laut Mačuhová et al. (2008) zu einer starken Hitzebelastung der Tiere führte. Dies dürfte besonders am exponierten lateralen Tarsalgelenk und dem dorsalen Fersenbein einen höheren Anteil an Veränderungen begünstigt haben. Die übrigen exponierten Integumentspunkte im Tarsalgelenksbereich zeigten nur wenige und geringgradige Veränderungen sowohl bei hohem als auch bei niedrigem THI.

Literatur

- Kielland, C.; Ruud, L.E.; Zanella, A.J.; Østerås, O. (2009): Prevalence and risk factors for skin lesions on legs of dairy cattle housed in freestalls in Norway. *Journal of dairy science* 92 (11), S. 5487-5496, DOI: 10.3168/jds.2009-2293
- Krummel, K. (2013): Spezifizierung der Lokalisation von Technopathien unter besonderer Berücksichtigung von Dekubitus am Tarsus von Kühen mit der Erarbeitung von Grundlagen für die Erstellung einer Systematik zu Ort und Grad der Veränderungen. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Tierärztliche Fakultät, <https://edoc.ub.uni-muenchen.de/15755/>, Zugriff am 18.02.2016
- Mačuhová, J.; Enders, S.; Peis, R.; Gutermann, S.; Freiburger, M.; Haidn, B. (2008): Untersuchungen zur Optimierung des Stallklimas in Außenklimaställen für Milchvieh. Schriftenreihe, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Freising-Weihenstephan
- Reubold, H. (2015): Protokollblatt und Erläuterungen zur Gelenksbonitierung nach dem DLG-Signum Test (DLG Prüfprogramm 04/2010). Freising-Weihenstephan

Untersuchungen zum Einsatz von Heu- bzw. Strohpellets zur Vorbeuge vor Schwanzbeißen bei Absetzferkeln

Investigations on use of hay or straw pellets to prevent tail-biting in weaner pigs

INA JANS-WENSTRUP, STEFFEN HOY

Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Universität Gießen, Leihgesterner Weg 52, 35392 Gießen;
Ina.Jans-Wenstrup@agrar.uni-giessen.de

Zusammenfassung

In jeweils 4 Durchgängen wurde an 748 Absetzferkeln mit unkupierten Schwänzen der Einfluss einer Zulage von 5 % Stroh- bzw. 5 % Heupellets zur Standardration auf die täglichen Zunahmen in der Aufzucht (vom durchschnittlich 24. bis 69. Lebenstag) und auf den Anteil intakter Schwänze am Ende der Aufzucht untersucht.

Ferkel mit Stroh- oder Heupellets als Zulage zum Aufzuchtfutter hatten bei freier Aufnahme im Mittel zwischen 16 und 21 Gramm geringere Zunahmen als die Kontrollferkel ohne Pellets. Die Pellets konnten das Auftreten von Schwanzbeißen unter den Ferkeln mit unkupierten Schwänzen nicht sicher verhindern. Am Ende der Aufzucht hatten im Mittel über alle Durchgänge und Varianten nur 58,7 % der Ferkel intakte Schwänze. Dabei gab es bedeutende Unterschiede zwischen den Durchgängen. Die Unterschiede zwischen Ferkeln mit oder ohne Pellets im Futter waren gering und nicht signifikant.

Summary

In four rounds 748 weaner pigs with undocked tails were given a supply of 5 percent of hay or straw pellets in their standard ration. It was examined, which influence this supply had on a daily gain (average 24–69 days of life) and on the percentage of intact tails at the end of rearing.

Compared to the control group, pigs with a supply of hay or straw pellets in rearing feed had a smaller weight gain (on average between 16 and 21 grams). In this case pellets could not reliably prevent the appearance of tail-biting between undocked pigs. At the end of rearing there was only an average of 58.7 percent of pigs with intact tails for all trials with significant differences between the rounds. The differences between pigs fed with and without pellets were low and not significant.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Hinblick auf den zukünftigen Kupierverzicht in der Ferkelerzeugung und den daraus entstehenden großen wirtschaftlichen Auswirkungen des Schwanzbeißen in der gesamten Entwicklungsperiode der Ferkel (EFSA 2007) wurde eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt. Übereinstimmung finden diese darin, dass es sich bei der Caudophagie um ein multifaktorielles Geschehen handelt (Veit et al. 2016). Das Problem in der Praxis besteht darin, dass Caudophagie oft nur in einzelnen, von Durchgang zu Durchgang aber unterschiedlichen, Buchten auftritt, ohne dass prognostiziert werden kann, ob und wenn ja in welcher Häufigkeit und Schwere diese Verhaltensstörung auftritt (Lechner et al. 2015). Des Weiteren gibt es bisher keine sicher und schnell wirkenden Gegenmaßnahmen. Aufgrund dessen wird seit vielen Jahren zur Verletzungsprophylaxe der letzte Teil des Schwanzes kupiert (Bracke et al. 2012).

Ziel dieser Untersuchung ist es, im Verbund von guter Tiergesundheit, optimaler Umweltgestaltung und Fütterung den Einfluss einer länger anhaltenden Sättigung durch die Zulage von Stroh- bzw. Heupellets zur Standardration auf die Häufigkeit von Schwanzverletzungen bei unkupierten Absetzferkeln zu prüfen. Mit Hilfe von wöchentlichen Bonituren und einem hohen Grad an Beobachtung werden das Auftreten des Schwanzbeißen und die gegenseitige Interaktion der Tiere dokumentiert.

2 Tiere, Material und Methoden

2.1 Untersuchungstiere

Es wurden Ferkel in acht aufeinanderfolgenden Durchgängen untersucht. Mit dem Untersuchungsbeginn wurden die Schwänze der Ferkel nicht mehr kupiert. In jedem Durchgang wurden Kontrollgruppen (ohne Pellet-Zulage) und Untersuchungsgruppen (mit 5 % Pellet-Zulage zum Aufzuchtfutter) gebildet. Die Haltungsbedingungen sowie die Art der Aufstallung in der Ferkelaufzucht (Wurfverband bzw. nach Gewicht aufgeteilt) waren für beide Varianten gleich.

2.2 Material

Die Untersuchung wurde in der Ferkelaufzucht der Lehr- und Forschungsstation Oberer Hardthof durchgeführt. Die Abteile umfassen jeweils acht Buchten zu 5,1 m² für maximal 14 Ferkel. Die Buchten sind mit einem perforierten Kunststoffboden ausgestattet. Die Spotmix-Anlage garantiert täglich eine Ausdosierung exakter Futtermengen. Wasser wird über Nippeltränken ad libitum angeboten. Als Beschäftigungsmaterial stehen eine einfache Kette, ein Kettenkreuz und ein Sisalseil zur Verfügung. Bei Bedarf (Beginn des Schwanzbeißen) wird ein Korb mit Heu in die Bucht gehängt.

Die eingesetzten Stroh- bzw. Heupellets wurden von einem regionalen Anbieter bezogen. Beide Arten von Pellets haben eine Größe von sechs bis acht Millimeter, sind nahezu staubfrei und durch die Erhitzung bei der Herstellung keimarm.

2.3 Untersuchungsaufbau – Stroh- bzw. Heupellets

Nach der vierwöchigen Säugezeit wurden die Ferkel mit durchschnittlich 7 kg abgesetzt und in die Ferkelaufzuchtteile umgestallt. Dort fand eine Aufteilung in folgenden Varianten statt:

- Ferkel mit unkupierten Schwänzen, ohne Zulage von Stroh- bzw. Heupellets,
 - Ferkel mit unkupierten Schwänzen, 5 % Stroh- bzw. Heupellets als Zulage zur Ration.
- Beim Absetzen wurden die Tiere einzeln gewogen und paritätisch unter Beachtung von Geschlecht und Lebendmasse gemischt oder im Wurfverband auf die Untersuchungsgruppen verteilt. Eine zweite Wägung erfolgte bei der Ausstallung. Einzeltierbehandlungen und Verluste wurden mit ihrer Ursache dokumentiert. Zur Beurteilung der Schwanz- und Ohrenverletzungen fand eine wöchentliche Bonitur aller Einzeltiere nach einem bestimmten („deutschlandweiten“) Schema statt. Damit ließen sich der Beginn sowie die Entwicklung des Schwanzbeißgeschehens dokumentieren. Es wurden je vier Durchgänge mit Stroh- bzw. Heupellets durchgeführt. Die Grundration (Tab. 1) war in allen Durchgängen gleich, in den Untersuchungsgruppen wurden 5 % Pellets zugegeben. Das Futter stand quasi ad libitum zur Verfügung und wurde in drei Blöcken pro Tag ausdosiert.

Bei den ersten Anzeichen von Schwanzbeißen wurde mit einem Vergrämungsspray (Kenofix) sowie dem Trennen von „Opfer“ bzw. „Täter“ von der Gruppe reagiert.

Tab. 1: Rationsgestaltung für das Ferkelfutter (I und II) auf dem Oberen Hardthof

Tab. 1: Diet composition of piglet feed (I and II) at Oberer Hardthof

Ferkelfutter I	%	Ferkelfutter II	%
Weizen	41	Weizen	35
Prekern Forte (Eiweißergänzer)	28	Gerste	29
Soja (grobdos.)	25	Soja (grobdos.)	20
Säure Vit. Acid	0,5	Suggi (Eiweißergänzer)	10
Säure Protect	0,5	Säure Vit. Acid	0,5
Heu- bzw. Strohpellets	5	Säure Protect	0,5
		Heu- bzw. Strohpellets	5

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Einsatz von Strohpellets

Zwischen den Ferkeln von Untersuchungs- und Kontrollgruppen mit unkupierten Schwänzen gab es keine signifikanten Unterschiede im mittleren Geburtsgewicht. Beim Absetzen waren die Strohpellet-Ferkel mit durchschnittlich 7,3 kg etwas schwerer als die Kontrollferkel (6,81 kg). Am Ende der Aufzucht (69. Lebenstag – LT) bestand kein Unterschied im Gewicht (30,37 kg bzw. 30,33 kg; Abb.1). Damit hatten „Langschwanzferkel“ mit Strohpellets in der Ration weniger an Gewicht zugenommen. Die täglichen Zunahmen betrugen 500 g/Tag bei den Pellet-Ferkeln und 516 g/Tag bei den Kontrolltieren. Dieses könnte das Ergebnis des früheren Sättigungseintrittes bei rohfaserreicher Fütterung sein.

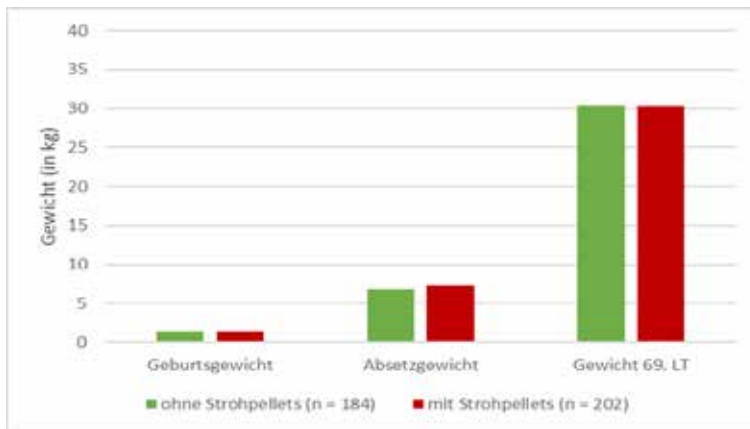


Abb. 1: Mittlere Gewichte der „Langschwanzferkel“ zu verschiedenen Zeitpunkten
 Fig. 1: Mean weight of pigs with undocked tails at different stages

Der Prozentsatz unversehrter Schwänze am Ende der Ferkelaufzucht für die einzelnen Durchgänge wird in Abbildung 2 dargestellt. Dabei zeigten sich starke Durchgangseffekte, die mit vielen Faktoren, wie z.B. der Außentemperatur, der Luftführung und der Gruppenzusammensetzung in Verbindung gebracht werden können. Ebenso sind sie als Auswirkung der häufig in der Literatur beschriebenen multifaktoriellen Ursache der Problematik zu verstehen (Veit et al. 2016).

In der Zusammenfassung aller vier Durchgänge waren von den insgesamt 386 untersuchten „Langschwanzferkeln“ 64,2 % der Schwänze am Ende der Aufzucht unversehrt. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit Werten aus der Literatur. Ferkel mit Pellet-Zulage

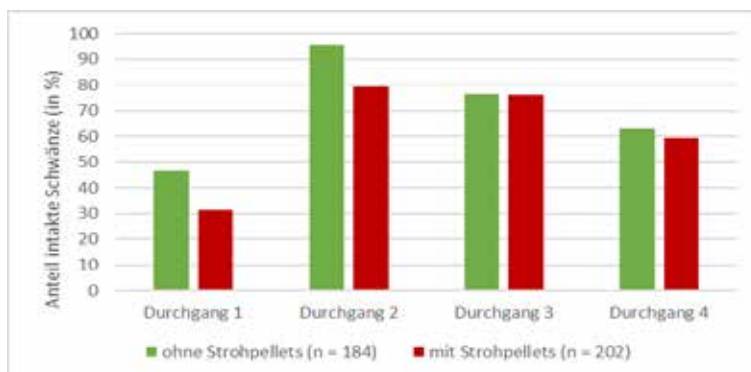


Abb. 2: Anteil intakter Schwänze mit oder ohne Strohpellet-Zulage in den Durchgängen
 Fig. 2: Percentage of pigs with uninjured tail with or without straw pellet supply in rounds

hatten sogar eine geringere Quote intakter Schwänze (57,9 %) als die Kontrollferkel (71,2 % ohne Pellet-Zulage). Somit blieb der Einsatz von Strohpellets bezüglich Schwanzbeißgeschehen und Gewichtsentwicklung wirkungslos.

3.2 Einsatz von Heupellets

Weder beim Geburtsgewicht (1,40 kg bzw. 1,48 kg) noch beim Absetzgewicht (7,20 kg bzw. 7,34 kg) gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Am Ende der Aufzucht (69. LT) waren die Kontrollferkel ohne Heupellets im Mittel 700 g schwerer als die Ferkel mit Pellets (Abb. 3). Ebenso spiegeln die mittleren täglichen Zunahmen diesen Befund wider (463 vs. 442 g/d). Somit wirkt sich auch die Zulage von Heupellets negativ auf die Gewichtsentwicklung der Ferkel aus.

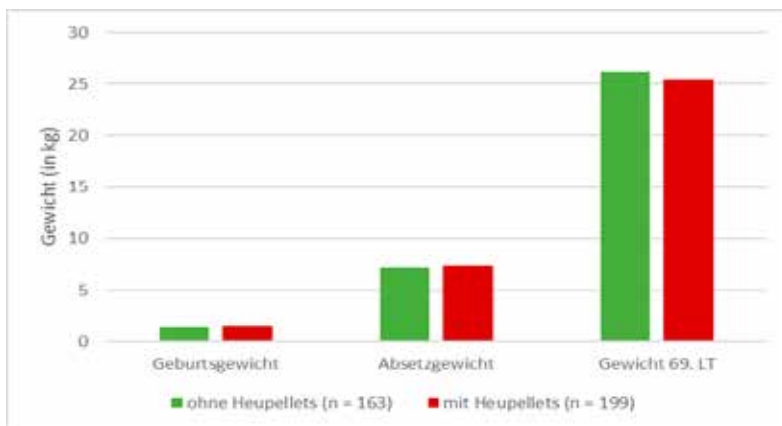


Abb. 3: Mittlere Gewichte der „Langschwanzferkel“ zu verschiedenen Zeitpunkten

Fig. 3: Mean weight of pigs with undocked tails at different stages

In drei von vier Durchgängen hatten die Ferkel, die eine Zulage von Heupellets erhielten, einen höheren Anteil an unversehrten Langschwänzen als die Kontrollferkel, wobei die Unterschiede relativ gering waren (Abb. 4). Ein positiver Effekt einer rohfaserreichen Fütterung könnte sich dabei andeuten. Allerdings trat im Durchgang 6 ein deutlich höherer Anteil unversehrter Schwänze in der Gruppe ohne Pellets auf.

Über alle vier Durchgänge (n = 362 Ferkel) hinweg zeigte sich insgesamt ein Anteil von 53,3 % unversehrter Langschwänze am Ende der Ferkelaufzucht. Unter Einbeziehung aller Durchgänge wies die Gruppe unter Einsatz von Heupellets zur Standardration 53,8 % intakte Schwänze und die Vergleichsgruppe 52,8 % auf ($p > 0,05$).

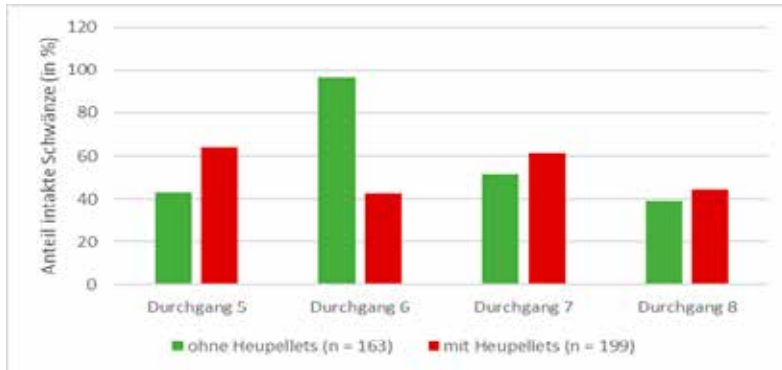


Abb. 4: Anteil intakter Schwänze mit oder ohne Heupellet-Zulage in den Durchgängen
 Fig. 4: Percentage of pigs with uninjured tail with or without hay pellet supply in rounds

4 Fazit und Ausblick

Das Kupieren der Schwänze in den ersten Lebenstagen der Ferkel bleibt die sicherste Methode zur Prophylaxe des Schwanzbeißen. Bisher konnte keine reproduzierbare Maßnahme zur Verhinderung des Schwanzbeißen gefunden werden. Auch die Zulage von Stroh- oder Heu-Pellets zum Aufzuchtfutter erbrachte nicht den gewünschten Erfolg, obwohl mit einem sehr großen Aufwand „Täter“ und „Opfer“ beobachtet und behandelt wurden. Als nachteilig ist dabei eine Verminderung der täglichen Zunahmen zu nennen. Da das Auftreten des Schwanzbeißen nicht prognostizierbar ist und die Verletzungen tierschutzrelevant sind, kommt der nach Tierschutzgesetz möglichen Ausnahmegenehmigung zum weiteren Kupieren (des letzten Stück des Schwanzes) eine große Bedeutung zu.

Literatur

- Bracke, M.; De Lauwere, C.; Wind, S.; Zonderland, J. (2012): Attitudes of dutch pig farmers towards tail biting and tail docking. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 26, 847–868
- 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, 1–13
- Lechner, M.; Langbein, F.; Reiner, G. (2015): Gewebnekrosen und Kannibalismus beim Schwein – eine Übersicht. *Tierärztl. Umschau* 70, 505–514
- Veit, C.; große Beilage, E.; Krieter, J. (2016): Literaturübersicht zur Verhaltensstörung „Schwanzbeißen“ beim Schwein. *Prakt. Tierarzt* 96, 232–241

Säugende Sauen in Bewegungsbuchten: Ergebnisse zum Buchtendesign und zu den Ferkelverlusten

Suckling sows in motion pens: Results concerning pen design and piglet losses

FRANK SCHNEIDER, CHRISTINA JAIS

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

Zusammenfassung

Im Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung Schwarzenau der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurde ein Versuchsaufbau mit sechs verschiedenen Typen Bewegungsbuchten (insgesamt 12 Buchten) in den Abferkelbereich eingebaut. Alle Buchten verfügten über einen Ferkelschutzkorb. In diesem wurden die Sauen vom Einstellen bis sieben Tage post partum fixiert gehalten, ebenso kurzzeitig zur Impfung der Ferkel in der dritten Säugewoche.

Die Buchten wurden von Oktober 2014 bis Juni 2016 nach Kriterien wie Handhabung im praktischen Einsatz, Funktionalität der Aufstallungstechnik, Dimensionierung von Buchtenabmessungen, Produktionsleistung und Tierverhalten untersucht.

Im Beitrag werden die unterschiedlichen Buchtentypen dargestellt. Es wird über Empfehlungen zur Gestaltung und Dimensionierung sowie zu Ergebnissen der Ferkelverluste und zum Verhalten der Tiere berichtet.

Summary

At the Expertise Center for Pig Production of the Bavarian State Research Center of Agriculture in Schwarzenau, an experimental setup with six different types of motion pens, in total 12 pens, had been installed. All pens were equipped with farrowing crates in which the sows are fixed from stabling day in the farrowing unit until day seven post partum (pp), as well as at the day when piglets are vaccinated (week three pp).

The pens were evaluated since October 2014 to June 2016 according to criteria such as practical handling, functionality, design and dimensions of the pens, production performance and animal behaviour.

In this article the different pens are presented. Recommendations for the design and dimensions as well as the results of the piglet losses and animal behavior are reported.

1 Einleitung

Die in der konventionellen Ferkelerzeugung praktizierte Haltung säugender Sauen in Ferkelschutzkörben mit durchgehender Fixierung steht wegen der eingeschränkten Bewegungsfreiheit der Muttersauen seit langem in öffentlicher Kritik. Eine deutliche Weiterentwicklung in Richtung tiergerechte Haltung bietet das Konzept der Bewegungsbuchten (EFSA, 2007; TierSchutzNutzV, 2014).

Bewegungsbuchten, bei denen die Muttersau zur Geburt und während der ersten Lebensstage der Ferkel in einem Ferkelschutzkorb fixiert ist und erst später laufen gelassen wird, ähneln den gewohnten Systemen mehr und werden von den Ferkelerzeugern vermutlich stärker nachgefragt als Systeme für freie Abferkelung.

Aufgrund der Vielzahl der am Markt erhältlichen Buchtensysteme, verbunden mit ihrer sehr dynamischen Weiterentwicklung, die sie in den vergangenen zwei Jahren erfahren haben, benötigen Schweinehalter und Fachberatung gesicherte Empfehlungen, um praktikable Lösungen für die jeweiligen Betriebe auszuwählen.

2 Zielstellung

Begründet durch die zuvor beschriebene Problematik, wurden im Rahmen entsprechend geführter Untersuchungen, sechs verschiedene Bewegungsbuchtentypen primär im Hinblick auf ihre Handhabung bei den entscheidenden Arbeitsabläufen im praktischen Einsatz getestet und beurteilt. Im Fokus standen hierbei Kriterien wie technische Bedienbarkeit, Übersichtlichkeit, Zugänglichkeit zum Tier, Durchführbarkeit der Arbeiten sowie Aspekte der Arbeitssicherheit. Als Ergebnisse sollten Empfehlungen z.B. für die Dimensionierung der Außenabmessungen, die prinzipielle Ausrichtung der Buchten sowie zur Gestaltung der Aufstallungstechnik formuliert werden.

Weiterhin sollten die tierische Leistung, ausführliche Ferkelverlustursachen sowie einschlägige Parameter des Tierverhaltens erfasst und analysiert werden.

3 Tiere, Material und Methode

3.1 Beschreibung des Versuchsaufbaus

Im Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung in Schwarzenau wurden im Herbst 2014 insgesamt 12 strohlose Bewegungsbuchten (6 Buchtentypen mit je 2 Buchtenvertretern) in den bestehenden Abferkelbereich eingebaut (Abb. 1–6).

Alle Buchten verfügten über eine Fixiermöglichkeit der Muttersau in Form eines Ferkelschutzkorbs. Die einzelnen Buchtentypen unterschieden sich v. a. in der Anordnung der Körbe (diagonal oder gerade, Sauentrog zur Wand bzw. zum Betreuungsgang oder parallel zum Gang) und in den Außenabmessungen der Buchten. Der Bewegungsbereich der Sau entstand einheitlich durch das Öffnen der Ferkelschutzkorbseitenteile. Bei einem System wurde hierfür eine Längsseite des Schutzkorbs parallel verschoben. In allen

Buchten waren die Ferkelnester zum Betreuungsgang hin angeordnet und konnten von hieraus über niedrige, 50 cm hohe Trennwände erreicht werden, ohne dass der Bewegungsbereich der Sau betreten werden musste. Die Fußböden wurden – entsprechend der jeweiligen Buchtengrundrisse – einheitlich aus herstellergleichen Kunststoffrosten, Gusseisenrosten und perforierten Betonelementen gestaltet. Bis auf eine Ausnahme verfügen alle Buchten über die Grundfläche von 6 m².

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

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

3.2 Darstellung der Buchtentypen

In den Buchten „Diagonal-breit“ (Abb. 1) und „Diagonal-schmal“ (Abb. 2) befand sich der Trog der Sauen an der Abteilmwand. Während der Phase der fixierten Haltung war die Sau mit dem Kopf zur Wand und mit dem Geburtsbereich zum Betreuungsgang orientiert, was der üblichen Ausrichtung von Abferkelbuchten entspricht. Die „Diagonal-breit“ maß 2,30 m Tiefe zwischen Gang und Abteilmwand und 2,60 m Breite. Die „Diagonal-schmal“ maß 2,60 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2,10 m Breite. Diese Bucht unterschritt als einzige Bucht die Größe von 6 m².

In den Buchten „Gerade-breit“ (Abb. 3) und „Gerade-schmal“ (Abb. 4) wurde der Trog der Sau zum Betreuungsgang hin angeordnet und der Geburtsbereich zur Wand orientiert. Die „Gerade-breit“ maß 2,60 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2,30 m Breite. Der Trog ragte bei dieser Variante ca. 15 cm in den Gang hinein. Die „Gerade-schmal“ maß 3 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2 m Breite.

In der „Flügelbucht“ (Abb. 5) wurde eine parallel zum Betreuungsgang ausgerichtete Anordnung des Ferkelschutzkorbs realisiert. Sie maß 2,30 m Tiefe zwischen Gang und Wand und 2,60 m Breite. Der Bewegungsbereich der Muttersau entstand 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 entstand durch das parallele, seitliche Verschieben einer Seite des Ferkelschutzkorbs. Diese Bucht verfügte über eine Tiefe von 2,50 m zwischen Gang und Wand und eine Breite von 2,40 m.



Abb. 1: Buchtentyp „Diagonal-breit“
Abmessungen: 2,6 x 2,3 m
Fig. 1: Type of pen „Diagonal-wide“
dimensions: 2.6 x 2.3 m



Abb. 2: Buchtentyp „Diagonal-schmal“
Abmessungen: 2,1 x 2,6 m
Fig. 2: Type of pen „Diagonal-narrow“
dimensions: 2.1 x 2.6 m



Abb. 3: Buchtentyp „Gerade-breit“
Abmessungen: 2,3 x 2,6 m
Fig. 3: Type of pen „Straight-wide“
dimensions: 2.3 x 2.6 m



Abb. 4: Buchtentyp „Gerade-schmal“
Abmessungen: 2 x 3 m
Fig. 4: Type of pen „Straight-narrow“
dimensions: 2 x 3 m



Abb. 5: Buchtentyp „Flügelbucht“
Abmessungen: 2,6 x 2,3 m
Fig. 5: Type of pen „Wing-pen“
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

3.3 Datenerhebung

Zur Bewertung der Handhabung, der Bedienbarkeit der Aufstallungstechnik, wie auch zur Reinigung und Pflege der Buchten wurden – während fünf nicht aufeinanderfolgender Abferkeldurchgänge – Interviews mit den tierbetreuenden Personen, jeweils im Anschluss an die einzelnen Arbeitsschritte (z.B. Einstellen, Abferkeln, Öffnen der Ferkelschutzkörbe etc.) geführt.

Die Daten zur tierischen Leistung bzw. zu den Ferkelverlusten wurden kontinuierlich (mit Ursache, Zeitpunkt und Ort) während 13 Abferkeldurchgängen aufgezeichnet.

Zur Analyse der Erdrückungsverluste wurden in sieben Abferkeldurchgängen Videoaufzeichnungen an vier Tagen um den Zeitpunkt der Geburt der Ferkel sowie an drei aufeinander folgenden Tagen jeder weiteren Säugewoche durchgeführt und die Aufnahmen im Hinblick auf die genauen Umstände der Erdrückung beurteilt (z.B. Aktivität der Sau und der Ferkel, Ort der Erdrückung).

4 Ergebnisse

4.1 Buchtenmaße

Aus den Ergebnissen der vorgestellten Untersuchungen ist keine eindeutige Präferenz der tierbetreuenden Personen zu einer speziellen Bucht bzw. Schutzkorianordnung zu erkennen. Alle untersuchten Buchtentypen sind prinzipiell in der Praxis einsetzbar. Jeder Buchtentyp weist individuelle Vor- und Nachteile auf und stellt spezifische Anforderungen bezüglich der einzuhaltenden Mindestabmessungen.

Bei geraden Aufstallungen sollte, wenn der Ferkelschutzkorb parallel zum Betreuungsgang bzw. der Trog zum Gang hin ausgerichtet ist, ein Längenmaß von min. 2,75 m gegeben sein (bestehend aus hochgelegtem Trog, Stand- bzw. Liegeplatz der Sau und ausreichend Platz für den Geburtsbereich mit gesichert min. 40 cm hinter dem Ferkelschutzkorb). Die Buchtenbreite sollte hier min. 2,15 m betragen. Diagonale Anordnungen der Schutzkörbe sind mit Buchtenabmessungen von 2,6 m Breite und 2,3 m Tiefe, alternativ mit einer Breite von 2,5 m bei einer Tiefe von 2,4 m günstig zu gestalten.

Bei geraden Buchten mit Ausrichtung des Trogs zur Abteiwand (= Geburtsbereich zum Gang) kann die Länge auf 2,60 m verkürzt werden. Bei seitlich versetztem Trog (wie in der „Goldbrunnerbucht“) sind auch 2,50 m Länge möglich.

4.2 Ferkelverluste

Laut Stalltagebuch wurden während der Abferkeldurchgänge, welche den Videoanalysen zugrunde lagen, insgesamt 126 Ferkel in den Versuchsbuchten erdrückt. Eine Erdrückung wurde dabei als Todesursache notiert, wenn das tote Ferkel auffällige Blutergüsse und/oder Quetschungen aufwies und/oder das Gittermuster des perforierten Buchtenbodens auf dem Ferkelkadaver eingedrückt war. Von diesen 126 vermuteten Erdrückungsvorfällen entfielen 58 auf die Zeitspanne der Videoaufzeichnungen.

Bei den Auswertungen bestätigte sich die Todesursache Erdrückung in 52 Fällen, vier weitere Ferkel erwiesen sich als falsch deklariert und zwei Todesursachen konnten

anhand des Bildmaterials nicht eindeutig geklärt werden. Damit ergab sich eine Bestätigung der vermuteten Todesursache „Erdrückung“ in 93 % der Fälle.

Von den erdrückten Ferkeln hatten 49 Tiere bzw. 94 % unmittelbar vor der Erdrückung einen vitalen Eindruck gemacht, sechs Prozent erschienen schwach oder waren Grätscherferkel (Kraus, 2017).

In den Buchten mit durchgehender Fixierung ereigneten sich 77 % der Erdrückungen in den ersten zwei Lebenstagen. In den Bewegungsbuchten betrug dieser Anteil 55 % im gleichen Zeitraum. Nach dem Öffnen der Ferkelschutzkörbe nahmen die Erdrückungen in den Bewegungsbuchten nochmal zu. 36 % der Ferkelerdrückungen geschahen in der Haltungsphase bei geöffnetem Schutzkorb. In den Buchten mit durchgehender Fixierung war dieser Anstieg hingegen nicht zu verzeichnen.

Mit 75 % ereigneten sich die meisten Erdrückungen beim Abliegen der Muttersau, lediglich 25 % traten durch Positionsänderungen der liegenden Sau auf (Kraus, 2017). Ein auffälliger Gefahrenbereich durch Form und/oder Position einzelner Aufstallungselemente hatte sich in keiner der Buchten gezeigt.

Als eine bedeutende Einflussgröße zeigte sich jedoch die einzelne Sau bzw. der einzelne Wurf. Die Anzahl der erdrückten Ferkel schwankte insgesamt zwischen null und acht zwischen den verschiedenen Würfen und auch zwischen den Würfen, die im selben Buchtentyp aufwuchsen, so erheblich, dass sich ein Vergleich der unterschiedlichen Buchtensysteme als nicht sinnvoll herausstellte.

Nominal wurden in den Bewegungsbuchten 1,3 Ferkel je Wurf erdrückt, 0,4 Ferkel davon während der Bewegungsphase. In den Fixierbuchten wurden insgesamt 0,7 Ferkel erdrückt, 0,1 Ferkel davon ab dem siebten Lebenstag. Insgesamt wurden in den Bewegungsbuchten damit 0,3 Ferkel mehr während der Bewegungsphase erdrückt als im vergleichbaren Zeitraum in den Fixierbuchten. Die Verluste durch Lebensschwäche betrugen in den Bewegungsbuchten 0,4 Tiere und in den konventionellen Buchten 0,7 Tiere je Wurf.

Literatur

- Kraus, M. (2017): Untersuchung der Erdrückungsverluste von Ferkeln in verschiedenen gestalteten Bewegungsbuchten. Bachelorarbeit, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik (TUM) in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
- EFSA (2007): Food safety aspects of different pig housing and husbandry systems. European Food Safety Authority Journal 613, p. 1-20
- TierSchutzNutzV (2014): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung 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

Wirkung perforierter Gummimatten im Liege- und Laufbereich von tragenden Sauen auf die Klauen und die Gelenke

Effects of perforated rubber mats in the lying and walking area of pregnant sows on claws and joints

CHRISTINA JAIS¹, PETER OPPERMAN¹, JOSEF SCHWANFELDER², MIRIAM ABRIEL¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 85586 Poing-Grub; christina.jais@LfL.bayern.de

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung, 97359 Schwarzenau

Zusammenfassung

In einer Bucht für tragende Sauen wurde der Boden im Liege- und Laufbereich mit geschlitzten Gummimatten ausgelegt. In einer baugleichen Kontrollbucht befanden sich im Liegebereich Loch-Betonelemente und in den Laufgängen Betonspaltelemente.

Der Versuch umfasste 6 Durchgänge zwischen November 2011 bis Juni 2014.

Klauen, Gelenke und Gangweise der Sauen wurden regelmäßig beurteilt. Die Sauen absolvierten ein bis sechs Trächtigkeiten im Versuch. Für die Auswertung konnten Daten aus 630 Trächtigkeiten von 199 Sauen herangezogen werden.

Die Klauen der Sauen auf Gummiboden waren signifikant länger als die der Sauen auf Betonboden. Bei den Merkmalen Wandhornabrieb, Wandhornrisse und Ballen wurden die Klauen der Sauen aus der Bucht mit Betonboden signifikant schlechter bewertet. Bezüglich der Gangweise wurden keine Unterschiede festgestellt.

Summary

In a pen for pregnant sows the floor was covered with perforated rubber mats in the lying- and in the walking area. In a reference pen the lying areas had hole-perforated concrete elements and the walking area conventional concrete slatted floor.

The experiment lasted from November 2011 to June 2014 and included 6 trial runs.

Claws, joints and gait of the sows were evaluated regularly. Sows passed up to six pregnancies in the experiment. Data of 630 pregnancies of 199 sows could be used.

Claws of the sows held on rubber floor were significantly longer than those of the sows on concrete floor. Wall horn abrasion, horn wall cracks and balls were rated significantly worse on concrete floor. No differences were found in the evaluation of gait.

1 Einleitung und Zielstellung

Fundament- und Klauenprobleme sind häufige Abgangsursachen für Zuchtsauen. Die Bodenbeschaffenheit wirkt sich auf beide Merkmale aus. Sauen, die auf Gummimatten gehalten wurden, gingen seltener lahm und hatten weniger Klauenschäden als auf Betonboden [1, 2]. Allerdings war der Klauenabrieb auf Gummimatten reduziert [3].

Nachdem in früheren Versuchen, in denen lediglich der Liegebereich der tragenden Sauen mit Gummimatten ausgestattet war, die Klauen- und Gelenksbeschaffenheit nicht besser war [3, 4, 5, 6], sollte nun die Wirkung weicher Lauflflächen geprüft werden.

2 Durchführung des Versuchs

In einer Bucht für 40–50 tragende Sauen waren die Laufgänge und die Liegekojen mit geschlitzten Gummimatten ausgestattet. In einer baugleichen Kontrollbucht waren die Laufgänge mit Betonspaltenelementen und die Liegekojen mit Lochbetonelementen ausgelegt. In einem zusätzlich zur Verfügung stehenden Auslaufbereich befand sich in beiden Buchten Betonspaltenboden. Der Versuch dauerte von November 2011 bis Juni 2014 und umfasste sechs Durchgänge.

Die Gummimatten stammten von der Firma Gummiwerk KRAIBURG Elastik GmbH & Co. KG. Sie wiesen einen Perforationsgrad von 3–4 % im Liegebereich und von etwa 8 % im Laufbereich auf. Die Schlitzte waren zwischen 8 cm und 20 cm lang und nur 1,5 cm breit.

92 Sauen mit 319 Trächtigkeiten waren in der Bucht mit Gummimatten am Versuch beteiligt und 107 Sauen mit 311 Trächtigkeiten auf Betonspaltenelementen.

Die Sauen wurden mit Wurfzahl 1 in den Versuch aufgenommen und absolvierten bis zu sechs Durchgänge. Tiere, die in ihrem ersten Versuchsdurchgang in die Bucht mit Gummimatten eingestallt worden waren, wurden auch in allen folgenden Trächtigkeiten in dieser Bucht gehalten und „Betonsauen“ immer wieder in die Bucht mit Betonspaltenelementen eingestallt. Eine gleiche Besatzdichte der Buchten konnte, mit Ausnahme von Durchgang 3, im Wesentlichen realisiert werden.

2.1 Datenerfassung

Zu zwei Zeitpunkten je Produktionszyklus wurden die Klauen und die Gelenke der Sauen beurteilt: im Wartestall, etwa eine Woche nach der Einstallung, nach Abschluss der Rangordnungskämpfe und eine Woche nach dem Abferkeln im Abferkelstall.

2.1.1 Klauenlänge

Die Länge der linken und rechten Außenklaue (Klauenvorderwand) der beiden Hintergliedmaßen wurde einmal je Produktionszyklus mittels einer Schiebelehre etwa eine Woche nach dem Abferkeln im Abferkelstall gemessen.

2.1.2 Veränderungen an den Klauen und Gelenken

Die Klauen der Hintergliedmaßen wurden zu den genannten zwei Zeitpunkten beurteilt. Ballen, Wandhornverletzungen, Wandhornabschürfungen, Hautverletzungen über der Klaue, die Länge der Innen- und Außenklaue im Vergleich und die Länge der Afterklaue wurden anhand eines 4-stufigen Schemas subjektiv bewertet (Note 1 = ohne Befund bis Note 4 = hochgradige Veränderung). Ebenso wurde der Zustand der Fessel- und Sprunggelenke in vier Klassen bonitiert. Das genaue Beurteilungsschema wurde bereits in einer früheren Veröffentlichung erläutert [4].

2.1.3 Gangweise

Die Beurteilung der Gangweise der Sauen erfolgte zu vier Zeitpunkten: beim Umstallen der Tiere vom Deck- in den Wartestall, im Wartestall etwa eine Woche nach der Einstallung (zusammen mit der Beurteilung der Klauen), beim Umstallen vom Warte- in den Abferkelstall und beim Umstallen vom Abferkel- in den Deckstall ebenfalls anhand von vier Klassen (1 = ohne Befund, 4 = hochgradige Lahmheit) [4].

2.2 Statistische Auswertung

Unterschiede der Mittelwerte der Klauenlängen und des Klauenwachstums wurden mit dem Wilcoxon-Test geprüft. Die Nullhypothese (die Mittelwerte unterscheiden sich nicht) wurde verworfen, wenn der p-Wert unter 0,05 lag (Signifikanzniveau). Bei p-Werten unter 0,001 wurde das Ergebnis als „hoch signifikant“ bezeichnet.

Die Häufigkeitsverteilung der Boniturnoten wurde mit dem Chi-Quadrat-Test getestet. Die Nullhypothese (Verteilung der Boniturnoten unterscheidet sich nicht) wurde verworfen, wenn der p-Wert unter 0,05 lag (Signifikanzniveau). Bei p-Werten unter 0,001 wurde das Ergebnis als „hoch signifikant“ bezeichnet.

3 Ergebnisse

Für die Auswertung wurden die Beurteilungen beider Hinterklauen bzw. Hinterbeine je Sau unabhängig voneinander berücksichtigt.

3.1 Klauenlänge und weitere Klauenmerkmale

Im Rahmen der Tierbetreuung wurden bei Bedarf zu lange After- und Hauptklauen gekürzt. Für den Vergleich der Klauenlängen wurden Sauen ab dem Zeitpunkt ihrer ersten Klauenkürzung nicht mehr berücksichtigt. Zur Beurteilung des Klauenwachstums wurden diejenigen Trächtigkeiten ausgeschlossen, die von einer Kürzung betroffen waren.

Verglichen wurde die Klauenlänge aller Sauen, die mindestens vier Trächtigkeiten im Versuch absolviert hatten und deren Klauen nicht korrigiert worden waren.

Anders als bei der erstmaligen Einstallung bestand beim Ausstallen nach vier Trächtigkeiten ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsbehandlungen. Sauen auf Gummimatten hatten etwa 4 mm längere Klauen als die Sauen aus der Betonbucht. Die Klauen der Tiere auf Gummiboden wuchsen während der vier Trächtigkeiten um 6,0 mm, bei den Sauen auf Betonboden waren es im Durchschnitt nur 2,8 mm. Die Differenz war signifikant.

Die Länge der Afterklauen war zwischen den Versuchsvarianten sowohl eine Woche nach dem Einstallen wie auch eine Woche nach dem Abferkeln signifikant unterschiedlich. Die Sauen auf Betonboden erhielten zu beiden Boniturzeitpunkten häufiger die Noten 1 und 2 (75,3 % bzw. 47 %) als die Sauen auf Gummimatten (72 % bzw. 35,8 %).

Die Länge der Innen- und Außenklaue unterschied sich nur am Ende der Trächtigkeit signifikant. Hier wurden 85 % der Klauen auf Gummimatten mit den Noten 1 und 2 bewertet, aber 92 % der Klauen auf Betonboden.

Sauen auf Betonboden zeigten schlechtere Ballen als die Sauen auf Gummimatten (Tab. 1).

Bei den Hautverletzungen bestand nur eine Woche nach dem Einstallen ein signifikanter Unterschied zuungunsten des Betonbodens (Tab. 1).

Wandhornabrieb und Wandhornrisse wurden zu beiden Boniturzeitpunkten auf Betonspaltenboden schlechter bewertet (Tab. 1).

Alle Klauenmerkmale verschlechterten sich im Laufe der Trächtigkeit (Tab. 1).

Die Gelenke wiesen keine Unterschiede in den Boniturnoten zwischen den beiden Behandlungen auf, auch die Boniturzeitpunkte unterschieden sich kaum.

3.2 Gangweise

Zu keinem Zeitpunkt bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen. Auffällig war jedoch, dass die Gangweise zum Zeitpunkt des Umstallens vom Deck- in den Wartestall am besten benotet wurde.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Gummimatten im Liege- und Laufbereich der Sauen einen Einfluss auf den Zustand der Klauen ausübte. Die Abnutzung der Klauen wurde reduziert. Dies hatte einerseits zur Folge, dass Klauenpflegemaßnahmen häufiger nötig waren. Andererseits dürften negative Folgen einer zu hohen Abnutzung verringert worden sein. Das Merkmal „Ballenveränderungen“ könnte als ein Indikator für die Druckbelastung angesehen werden. Bei diesem Merkmal wurden die Ballen der Sauen auf Gummimatten besser bewertet als auf Betonspalten. Auch die bessere Bewertung auf Gummimatten beim Merkmal „Wandhornrisse“ spricht für eine geringere Druckbelastung.

Tab. 1: Benotung der Ballen, Haut, Gelenke und Wandhornveränderungen aller Hintergliedmaßen
(2 Werte pro Sau)

Tab. 1: Evaluation of the ball-zone, skin, joints and wall-horn damages of all hind legs
(two values per sow)

Merkmal	Boniturzeitpunkt	Behandlung	Klauen n	Note 1 %	Note 2 %	Note 3 %	Note 4 %	p-Wert
Ballenveränderungen	Einstellung Wartebucht	Gummimatte	629	43,6	52,5	4,0	0,0	0,04
		Betonspalten	616	36,5	59,6	4,0	0,0	
	Ausstellung	Gummimatte	628	18,9	68,3	11,6	1,1	0,05
		Betonspalten	602	15,6	66,9	16,9	0,5	
Hautverletzungen	Einstellung Wartebucht	Gummimatte	629	19,2	78,1	2,7	0,0	0,006
		Betonspalten	616	15,6	77,9	6,3	0,2	
	Ausstellung	Gummimatte	628	16,7	77,4	5,1	0,8	0,7
		Betonspalten	602	16,8	78,2	4,7	0,3	
Wandhornabrieb	Einstellung Wartebucht	Gummimatte	629	67,6	31,3	1,1	0,0	< 0,0001
		Betonspalten	616	55,0	40,6	4,4	0,0	
	Ausstellung	Gummimatte	628	48,6	49,2	1,9	0,3	< 0,0001
		Betonspalten	602	27,2	66,4	6,3	0,0	
Wandhornrisse	Einstellung Wartebucht	Gummimatte	629	57,9	40,7	1,4	0,0	< 0,0001
		Betonspalten	628	22,5	64,2	11,5	1,9	
	Ausstellung	Gummimatte	616	48,1	46,3	5,4	0,3	< 0,0001
		Betonspalten	602	17,3	58,5	23,9	0,3	

Der Klauenabrieb konnte durch die nur teilweise Auslegung der Laufflächen mit Gummimatten verbessert werden. Bei einer früheren Vollausslegung, d.h. der Auslegung von Gummimatten auch im Auslauf, war die Klauenlänge während nur einer Trächtigkeit um durchschnittlich 8,7 mm angewachsen [6].

Hautverletzungen über den Klauen waren eine Woche nach dem Einstellen in den Wartebereich bei den Sauen auf Betonboden etwas stärker ausgeprägt als bei den Sauen auf Gummiboden. Vermutlich waren hier die Rankämpfe der Sauen ausschlaggebend, welche auf Betonboden eher zu Verletzungen an den Beinen führten als auf Gummimatten.

Mit den positiven Effekten der Gummimatten auf Wandhorn und Ballen stimmt diese Untersuchung mit anderen Studien überein [1, 7]. Der Vergleich mit Untersuchungen, die Gummimatten nur im Liegebereich prüften [4], zeigt, dass vor allem der weiche Boden im Laufbereich positiv wirkt. Das Laufen stellt somit die größte Belastung für die Tiere dar [7]. Dies erklärt die sich im Verlauf der Trächtigkeit verschlechternden Befunde.

Zu keiner Zeit führten die Gummimatten zu einer Verbesserung der Gangweise der Sauen. Inwieweit mögliche positive Effekte durch die geringere Trittsicherheit auf Gummimatten überdeckt wurden, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht sicher beantwortet werden.

Literatur

- [1] Baumann, S.; Pflanz, W. (2014): Entwicklung von Komfortmatten für den Liege- und den Laufbereich in der Sauenhaltung (PigComfort), Artikelserie Teil 2: Untersuchungen zur Klauengesundheit. Newsletter LSZ Boxberg
- [2] Falke, A.; Sidler, X.; Wechsler, B.; Weber, R. (2015): Einfluss gummierter Liegeflächen auf die Klauen- und Gliedmaßengesundheit von Mastschweinen. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2015. Darmstadt, KTBL Schrift 510, S. 270-272
- [3] Jais, C.; Oppermann, P.; Schwanfelder, J.; Ebert, J. (2013): Einsatz von Gummimatten im Liegebereich tragender Sauen – Teil 1. Auswirkungen auf die Klauenlänge. Landtechnik 68 (2), S. 117-121
- [4] Jais, C.; Oppermann, P.; Schwanfelder, J. (2013): Einsatz von Gummimatten im Liegebereich tragender Sauen – Teil 2: Klauen, Gelenke und Gangweise. Landtechnik 68 (3), S. 295-300
- [5] Jais, C.; Oppermann, P. (2012): Einsatz von Gummimatten bei tragenden Sauen – Haltbarkeit und Sauberhaltung. Landtechnik 67 (4), S. 291-294
- [6] Jais, C.; Oppermann, P.; Schwanfelder, J. (2013): Langer Weg zum Ziel. Profi, H. 7, S. 60-63
- [7] Meyer, E. (2013): Immer mehr Sauen mit Klauenproblemen. Top Agrar, H. 3, S. S14-S17

Erprobung und Bewertung neuer Haltungsverfahren mit Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum

Testing and evaluation of new group housing conditions of sows in an insemination center

EVA MARIA GÖRTZ, BENJAMIN UNANGST, HANSJÖRG SCHRADE

Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg – Schweinehaltung, Schweinezucht – (Landesanstalt für Schweinezucht – LSZ), Referat für Haltungssysteme, Stallbau, Stallklima, 97944 Boxberg;
Eva-Maria.Goertz@lsz.bwl.de

Zusammenfassung

Die LSZ Boxberg sammelt bereits seit zehn Jahren Erfahrungen mit der Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum. Dabei kamen drei verschiedene Haltungssysteme zum Einsatz. Seit diesem Jahr wird ein neues Haltungssystem für Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum mit freier Besamung ohne Fixierung erprobt.

Neben den kontinuierlich erfassten Produktionsleistungen werden nun mit dem neuen Haltungsverfahren alle Haltungssysteme an der LSZ Boxberg nach Aspekten der Arbeitswirtschaft sowie nach Aussagen zum Tierverhalten oder Verletzungsrisiken der Sauen untersucht.

Summary

The LSZ Boxberg has been collecting experiences with group housing of sows in insemination centers for about ten years. Thereby three different housing systems were used. Since this year a new housing system has been considered for group housing of sows with free insemination without stalls and fixation in stalls.

In addition to the continuously recorded reproductive performance the new housing system is now being used to examine all housing systems at the LSZ Boxberg according to aspects of the workforce as well as the animal behavior or the risk of lesions to the sows.

1 Einleitung und Problemstellung

Der gesellschaftspolitische Druck auf die Tierhaltung und Tierhalter steigt. Die Haltung von Sauen in Kastenständen wird nicht nur im Abferkelstall, sondern auch im Deckzentrum kritisch in Frage gestellt.

Nicht zuletzt durch das nun rechtskräftige Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes (2016) bleibt die Frage offen, wie die Haltung von Sauen im Deckzentrum in Zukunft aussehen kann. Zukunftsorientierte Neubauten denken bereits heute über Möglichkeiten zur Gruppenhaltung im Deckzentrum nach oder planen ein Deckzentrum mit einer kürzeren Verweildauer der Sauen im Deckzentrum (Müller, 2016).

Während für die Gruppenhaltung tragender Sauen bereits einige praktikable Haltungssysteme sowohl für dynamische als auch stabile Gruppen etabliert sind, stellt die Gruppenhaltung im Deckzentrum Tierhalter und Tiere vor neue Herausforderungen. Insbesondere das natürliche Rauscheverhalten birgt dabei ein hohes Risiko. Das Rauscheverhalten ist, vor allen in der Phase der Vorbrunst (Proöstrus), durch gesteigerte Unruhe bei den Sauen und gegenseitigem Aufreiten auf Buchtengenossinnen gekennzeichnet. Das Aufreiten kann vor allem zu Verletzungen des Fundamentes führen. Vor allem rangniedere Tiere oder jüngere, kleinere Sauen können Schäden davon tragen, wenn sie von älteren und schwereren Sauen besprungen werden (Weber und Schiess, 2006).

Die zweite kritische Phase betrifft den Zeitraum der Implantation, die ab bzw. um den 14. Trächtigkeitstag stattfindet (Kressin und Schnorr, 2011). Vermehrter Stress in dieser kritischen Phase durch Rangordnungskämpfe haben Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit (Spooler et al., 2009; Knox et al., 2014). In Abbildung 1 werden beide genannten kritischen Phasen im Beispiel eines Produktionszyklus von 21 Wochen dargestellt.

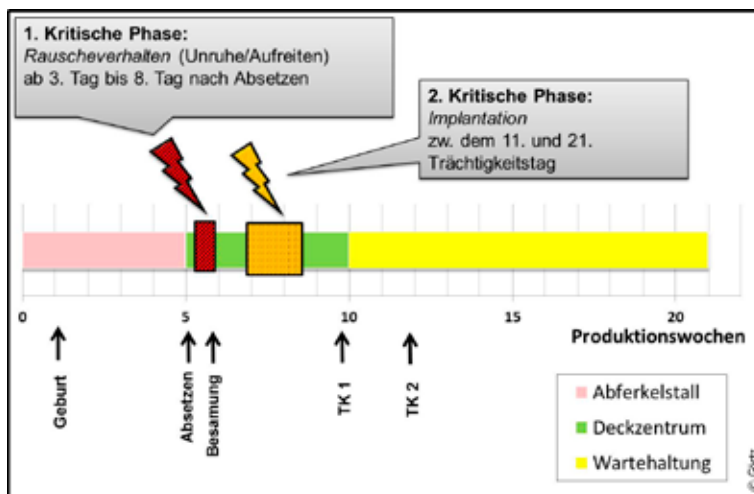


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung eines Produktionszyklus mit kritischen Zeitpunkten einer Gruppenhaltung von Sauen (© Görtz)

Fig. 1: Exemplary figure of a production period with critical times during group housing of sows (© Görtz)

2 Zielsetzung

Das Ziel ist es neue Haltungsverfahren im Deckzentrum, die an mögliche neue Vorgaben angepasst sind, zu erproben.

Dabei werden sowohl Produktionsleistungen und arbeitswirtschaftliche Aspekte erfasst sowie Aussagen zum Tierverhalten oder Verletzungsrisiken der Sauen in den unterschiedlichen Haltungssystemen erarbeitet. Daraus sollen mögliche Empfehlungen für die Praxis zur zukunftsfähigen Haltung von Zuchtsauen im Deckzentrum abgeleitet werden.

3 Material und Methoden

An der LSZ Boxberg bestehen seit 10 Jahren Erfahrungen mit Gruppenhaltung von Sauen im Deckzentrum. Die Gruppenbildung der Sauen findet direkt nach dem Absetzen über ca. 24 Stunden in einer Arena (stroheingestreut, 5 m² Platzangebot/Sau) statt. Nach dem Aufenthalt in der Arena werden die Sauen in das jeweilige Haltungssystem verbracht. Folgende Varianten werden bzw. wurden erprobt.

- Variante 1: Gruppenhaltung direkt nach dem Absetzen der Ferkel in einer Dreiflächenbucht mit Selbstfangfressständen. Eine Fixierung erfolgt nur über die kritische Phase der Rausche und zur Besamung für wenige Tage. Während der Gruppenhaltung steht den Sauen insgesamt ca. 4 m² pro Sau in 15er-Gruppen und ein Liegebereich außerhalb der Selbstfangfressbuchten zur Verfügung (Abb. 2 links).
- Variante 2: Gruppenhaltung direkt nach dem Absetzen in einer Zweiflächenbucht mit hydraulisch kippbaren Ständen (ca. 3 m² Platzangebot pro Sau in 15er-Gruppen). Eine Fixierung erfolgte nur über die kritische Phase der Rausche und zur Besamung für wenige Tage (Abb. 2 rechts). Anfang dieses Jahres wurde diese Variante durch Variante 4 ersetzt.
- Variante 3: Gruppenhaltung in einer Dreiflächenbucht mit Korbständen und Auslauf direkt nach dem Absetzen. Eine Fixierung erfolgt nur kurzzeitig direkt während der Besamung. Im Innenbereich stehen den Sauen (12er-Gruppen) 3,9 m² und zusätzlich im Auslauf 1,8 m² pro Sau zur Verfügung (Abb. 3).
- Variante 4: Seit diesem Jahr wird eine Gruppenhaltung ab Absetzen in einer Kleingruppe ohne Fixierung mit freier Besamung erprobt (8 Sauen mit 4 m² Platzangebot pro Sau in einer strukturierten Bucht, Abb. 4).

Daten zu den Produktionsleistungen werden bei allen Haltungssystemvarianten kontinuierlich dokumentiert. Arbeitswirtschaftliche Aspekte und Bewertungen zur Handhabung der Systeme erfolgen zukünftig in regelmäßigen Befragungen des betreuenden Personals. Ebenso erfolgt eine Erfassung des Tierverhaltens über Videoaufnahmen. Bonituren der Sauen bezüglich Hautläsionen und Verletzungen werden zusätzlich an Stichtagen erfasst.



Abb. 2: Grundriss der Variante 1 (links) und Grundriss der Variante 2 (rechts), (© Görtz und Unangst)
 Fig. 2: Layout of version 1 (left) and layout of version 2 (right, © Görtz und Unangst)

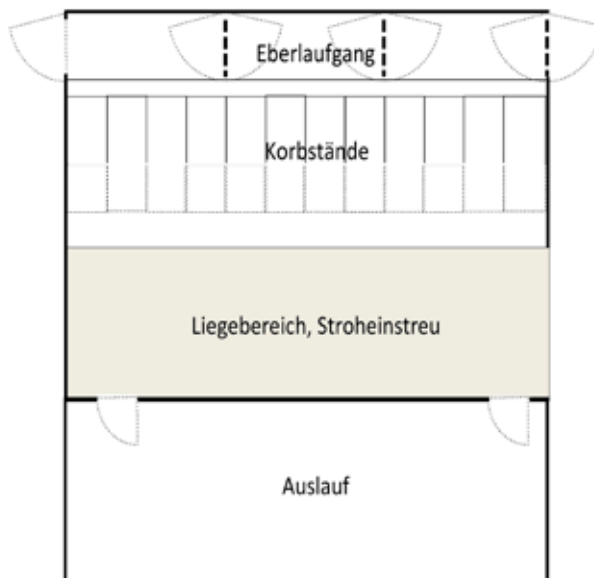


Abb. 3: Grundriss der Variante 3 (© Görtz)
 Fig. 3: Layout of version 3 (© Görtz)

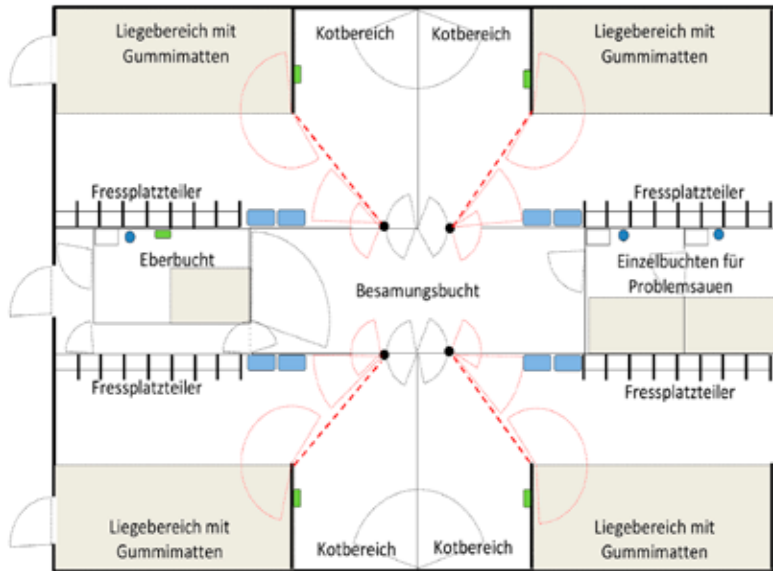


Abb. 4: Grundriss der Variante 4 (© Görtz und Unangst)

Fig. 4: Layout of version 4 (© Görtz und Unangst)

4 Ergebnisse und Diskussion

Für die Auswertungen bisheriger Produktionsleistungsdaten ergeben sich zwei Auswertungszeiträume. Durch Änderungen im Raum- und Funktionsprogramm sowie im Besamungsmanagement werden die Belegungen vom Juli 2011 bis September 2013 getrennt von den Belegungen vom November 2013 bis Juni 2016 dargestellt (Tab. 1). Im ersten Auswertungszeitraum sind insgesamt 1362 Belegungen von 37 Durchgängen von Altsauen (Wurfnummer > 1) analysiert worden. Der zweite Auswertungszeitraum umfasst 41 Durchgänge mit insgesamt 1.376 Belegungen von Altsauen (Wurfnummer > 1).

Im ersten Auswertungszeitraum ist die Abferkelrate im Haltungssystem mit Selbstfangfressständen um rund 4 % niedriger als im System mit den hydraulisch kippbaren Ständen, in dem es kein Rückzugsraum für die Sauen gibt. Es lässt sich vermuten, dass die Zahl auch durch die spätere Wartehaltung in einer Wechselgruppe mit Abrufstation beeinflusst wird. Es wurde beobachtet, dass die Sauen in Variante 1 den Schutzraum des Selbstfangfressstandes aufsuchen und damit möglicherweise eine weniger stabile Rangordnung ausbilden können, so dass das Umstallen in die dynamische Großgruppe zu vermehrten Rangordnungsaueinandersetzungen und Trächtigkeitsabbrüchen führt. Weitere Untersuchungen mit Videobeobachtungen und Bonituren sollen einen möglichen Zusammenhang prüfen.

Ergebnisse zur Variante 4 (Gruppenhaltung mit freier Besamung, ohne Fixierung) liegen noch keine vor.

Tab. 1: Erfolgte und erfolgreiche Belegungen mit Abferkelrate für den Auswertungszeitraum Juli 2011 bis September 2013 sowie November 2013 bis Juni 2016 (Görtz 2017)

Tab. 1: Collectively and successful inseminations with farrowing rate for the evaluation periods July 2011 to September 2013 as well as November 2013 to June 2016

	Auswertungszeitraum				
	Juli 2011 bis September 2013			November 2013 bis Juni 2016	
	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 1 + 2	Variante 3
Anzahl Belegungen insgesamt	522	425	415	910	466
Anzahl erfolgreicher Belegungen	395	338	334	722	347
Abferkelrate	75,7 %	79,5 %	80,5 %	79,3 %	74,5 %

Literatur

- Bundesverwaltungsgericht (2016): Pressemitteilung des Bundesverwaltungsgerichtes Nr. 97/2016 BVerwG 3 B 11.16. <http://www.bverwg.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung.php?jahr=2016&nr=97>
- Knox, R., Salak-Johnson, J., Hopgood, M., Greiner, L. und Connor J. (2014): Effect of day of mixing gestating sows on measures of reproductive performance and animal welfare. J. Anim. Sci. 92, 1698-1707
- Kressin, M. und Schnorr, B. (2011): Embryologie der Haustiere. 6. aktualisierte Auflage. Enke Verlag, Stuttgart, 102-105
- Müller, K. (2016): Deckzentrum verkürzen? DLG-Mitteilungen 7, 72-74
- Spooler, H.A.M., Geudeke, M.J., Van der Peet-Schwering, C.M.C., Soede, N.M. (2009): Group housing of sows in early pregnancy: A review of success and risk factors. Livestock Science, 125, 1-14
- Weber, R. und Schiess, C. (2006): Gruppenhaltung von Sauen während der Deckzeit. Erfahrungen aus Praxis. ART-Berichte, Nr. 658/2006. Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Der Kompostierungsstall für Milchkühe – Möglichkeiten und Grenzen

Composting stable for dairy cattle – possibilities and limits

STEFFEN HOY¹, JOACHIM MUTH¹, NICOLE FISCHER¹, KIRA GIESEKE¹,
WILFRIED WOLTER [†]², HANS-JOACHIM HERRMANN³

¹ Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Universität Gießen, Leihgesterner Weg 52, 35392 Gießen; Steffen.Hoy@agr.uni-giessen.de

² Regierungspräsidium Gießen

³ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Schanzenfeldstraße 8, 35578 Wetzlar

Zusammenfassung

Der Kompostierungsstall ist ein innovatives Haltungsverfahren mit hohem Tierwohlpotential. Die Möglichkeiten bestehen in einer arttypischen Haltung der Kühe mit wenig Technopathien. Es besteht kein unmittelbares lebensmittelhygienisches Risiko durch die Haltung von Kühen im Kompostierungsstall unter dem Aspekt einer möglichen Anreicherung hitzeresistenter, sporenbildender Mikroorganismen in der Milch. Die Grenzen sind wie folgt zu charakterisieren: bei den Baukosten sind durch den großen umbauten Raum je Kuh und die notwendige Fütterungs- sowie Entmistungstechnik keine großen Einsparungen im Vergleich zum Liegeboxenlaufstall zu erwarten. Entscheidend für die betriebswirtschaftliche Bewertung sind Verfügbarkeit und Kosten des Einstreumaterials und das Vorhandensein der Arbeitszeit, um mindestens zweimal täglich das Einstreumaterial zu wenden.

Summary

The composting stable for dairy cattle is an innovative housing system with a high animal welfare potential. The possibilities exist in a species-specific housing of cows with few technopathies. There is no food hygienic risk caused by a possible accumulation of heat-resistant spore-forming microorganisms in milk of cows kept on a composting material. The limits should be characterized as follows: concerning the construction costs, there are no big savings in comparison to the freestall barn due to the large enclosed space per cow and the feeding and manure removing technique. Important for the economic evaluation are the availability and costs of the litter material and the presence of working time in order to turn the litter material at least twice a day.

1 Einleitung

Der Kompostierungsstall ist im Hinblick auf Kuhkomfort und Tierwohl durch die freie und weiche Liegefläche ein alternatives Haltungssystem für Milchkühe. Während der Kompoststall fertigen Kompost, zum Beispiel aus Bioabfall oder Schnittgut, als Einstreumaterial nutzt, werden im Kompostierungsstall Sägespäne, Hobelspäne, Holzhackschnitzel oder Ähnliches verwendet, in die regelmäßig die Exkremente bzw. ein Teil davon eingebracht werden. Damit gelangen Wasser, Mineralstoffe und organische Substanz in das Kompostbett. Der organisch gebundene Stickstoff wird zu Ammonium mineralisiert und anschließend zu NO_3 nitrifiziert. Aus lebensmittelhygienischer Sicht spielt die mögliche Vermehrung hitzeresistenter Keime eine Rolle, die die Pasteurisierung überleben können. Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, die Funktion von Kompostierungsställen anhand von Einstreutemperatur und Trockensubstanzgehalt (TS) der Einstreu zu überprüfen, die Sauberkeit und das Liegeverhalten der Tiere zu beurteilen, das Auftreten hitzeresistenter Keime an verschiedenen Punkten zu bestimmen sowie eine Abschätzung der Baukosten vorzunehmen.

2 Material, Methoden und Datenerfassung

Es wurden fünf Kompostierungsställe in die Untersuchungen einbezogen. An verschiedenen Stellen des Einstreumaterials wurden Temperatur und TS-Gehalt bestimmt. An unterschiedlichen Materialien bzw. Messpunkten (Mischproben des Kompostmaterials, Sockentupferproben, Proben des Milchfilters, Zitzentupferproben, Milchproben des Sammel tanks) wurde das Auftreten hitzeresistenter Sporen untersucht. Als Vergleich dienten ausgewählte Milchviehbetriebe mit Liegeboxenlaufstall und Hoch- bzw. Tiefboxen. Weiterhin wurde in beiden Haltungssystemen die Kuhsauberkeit bonitiert, um zu überprüfen, ob es einen Zusammenhang mit der Belastung durch hitzeresistente Sporen gibt. Verhaltensuntersuchungen zum Liegeverhalten, die Erfassung von Zellzahlen (bei der Milchleistungsprüfung) sowie eine Bewertung der Baukosten rundeten die Analysen ab.

3 Ergebnisse

Zwischen den Kompostierungs- und Liegeboxenlaufställen traten zwar keine signifikanten Unterschiede in der Zahl hitzeresistenter, sporenbildender Keime (*Bacillus ssp.*) auf, die Kompostierungsställe besaßen jedoch höhere Werte als die Liegeboxenlaufställe. Die Anzahl der hitzeresistenten Keime pro Gramm Substrat war in der Mischprobe des Kompostsubstrates ungefähr auf demselben Niveau wie bei den Sockentupfer-Proben (Tab. 1). Bei der Untersuchung der Sockentupfer-Proben im Hinblick auf eine Anreicherung mit hitzeresistenten Keimen konnte zwischen den verschiedenen Ställen (Kompostierungsställe, Hoch-, Tiefboxenställe) kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Aus mikrobiologischer Sicht ist dennoch auffällig, dass die Kompostierungsställe höhere

Werte als die Liegeboxenlaufställe aufwiesen (Abb. 1). Vor allem gegenüber den Tiefboxenställen war die Zahl koloniebildender Einheiten (KBE) im Mittel der Kompostierungsställe etwa dreimal so hoch. Die Keimbelastung an den Milchfiltern war deutlich geringer (etwa eine Zehnerpotenz niedriger) als bei den Sockentupfer-Proben. Grundsätzlich sind die Ergebnisse ein Hinweis darauf, dass die Keime trotz einer Vorreinigung des Euters beim Melkprozess bis in die Milch gelangen können. Die Unterschiede zwischen den Haltungssystemen waren bei den Milchfilter-Proben gleichgerichtet wie bei den Sockentupfer-Proben, allerdings deutlich geringer und nicht signifikant. Auch auf den Zitzen waren hitzeresistente Keime auf einem niedrigen Niveau nachweisbar. Dabei gab es jedoch keine gerichteten Unterschiede zwischen den fünf Kompostierungsställen.

Tab. 1: Zusammenfassung der Ergebnisse zum Nachweis hitzeresistenter Keime in den verschiedenen Medien der fünf Kompostierungsställe

Tab. 1: Summary of results for the detection of heat-resistant bacteria in the different media of the five composting stables

Betrieb/ Medium	Kompostsubstrat KBE/g	Sockentupfer KBE/g	Zitzenspitze KBE/cm ² Zitzenhaut	Milchfilter KBE/g	Sammelmilch KBE/ml
1	2,1 x 10 ⁵	2,9 x 10 ⁵	17,5	1,9 x 10 ⁴	0
2	9,0 x 10 ⁴	1,6 x 10 ⁵	12,7	3,1 x 10 ⁴	0
3	6,7 x 10 ⁵	2,7 x 10 ⁵	14,3	7,0 x 10 ³	0
4	1,1 x 10 ⁵	5,2 x 10 ⁴	8,8	1,3 x 10 ⁴	0
5	1,8 x 10 ⁵	6,9 x 10 ⁵	10,2	7,5 x 10 ⁴	0

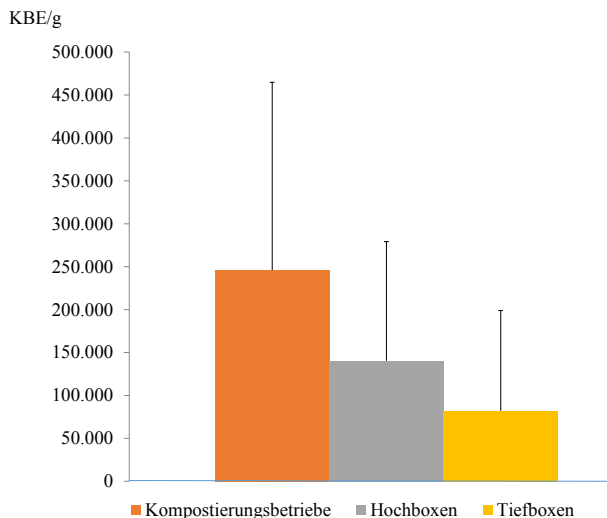


Abb. 1: Zahl hitzeresistenter Keime (KBE) in den Sockentupfer-Proben (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Fig. 1: Number of heat-resistant microorganisms (CFU) in sock swabs (means and SD)

Aus lebensmittelhygienischer Sicht bedeutsam ist das Ergebnis, dass in keiner Sammelmilchprobe ein Nachweis sporenbildender, hitzeresistenter Keime gelang (Tab. 1). Möglicherweise spielt der Verdünnungseffekt dabei eine Rolle. Zumindest kann aus den Resultaten kein besonderes lebensmittelhygienisches Risiko abgeleitet werden.

Die Temperatur und der Trockenmassegehalt in der Einstreu stellen Indikatoren für die Funktion der Kompostierung dar. Die Temperatur soll zwischen 45 und 65 °C, der optimale Trockenmassegehalt zwischen 40 und 60 % liegen. In den untersuchten Betrieben wurden mit Ausnahme von Betrieb 1 diese empfohlenen Trockenmassegehalte und Tiefstreutemperaturen nicht erreicht, obwohl die Untersuchung im Sommer stattfand. Im Betrieb 1 waren die Trockensubstanzgehalte etwa 15 % höher als in den anderen Kompostierungsställen ohne nennenswerte Unterschiede zwischen den verschiedenen Tiefen (Abb. 2). Es herrschten in diesem Stall Temperaturen in der Einstreu zwischen 35 und fast 45 °C. Grund für die höheren Temperaturen und die damit offensichtlich besser funktionierende Kompostierung in Betrieb 1 war die täglich dreimalige tiefwendende Kompostbearbeitung.

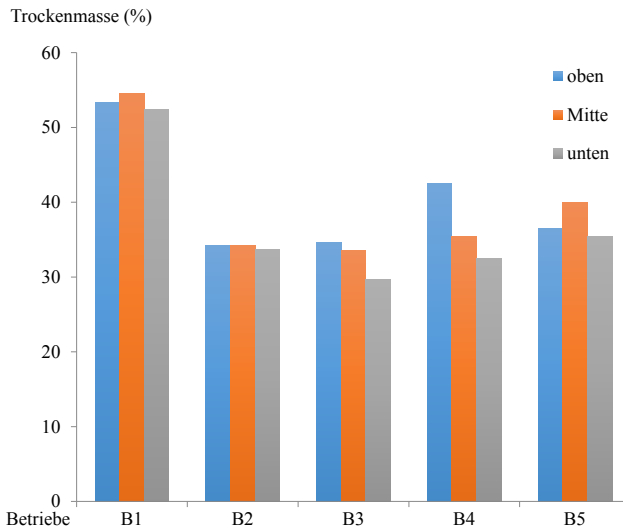


Abb. 2: Mittelwerte der Trockenmassegehalte in verschiedenen Einstreuschichten der untersuchten Kompostierungsställe

Fig. 2: Means of dry matter content in different litter depths of composting stables investigated

Die Kühe im Kompostierungsstall legten sich zügiger als in den Tiefboxen ab. In Bezug auf die Kuhsauberkeit konnte festgestellt werden, dass die Tiere im Liegeboxenlaufstall sauberer als die Tiere in den meisten Kompostierungsställen waren (Abb. 3). Die Kühe waren dabei auf einer Skala von 1 = sauber bis 5 = stark verschmutzt bonitiert worden. Dies spiegelt den geringeren TS-Gehalt und die niedrigen Temperaturen und damit nicht fachgerechte Bewirtschaftung dieser Ställe wider.

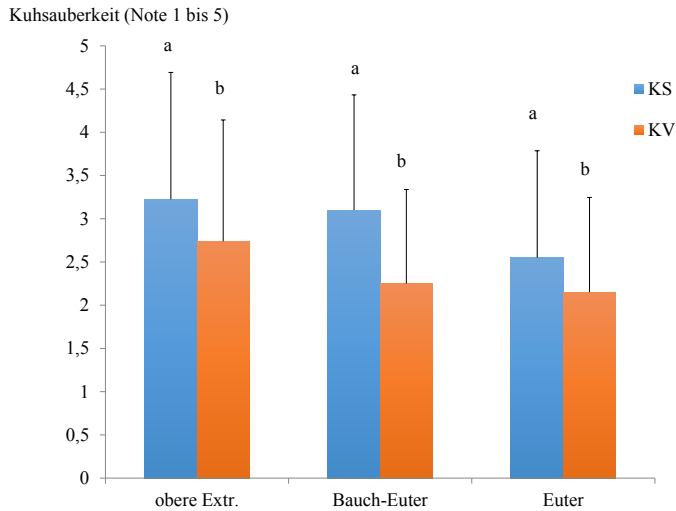


Abb. 3: Boniturnoten für die Sauberkeit der Tiere im Kompostierungsstall (KS) bzw. im Liegeboxenlaufstall (KV) (Mittelwerte und Standardabweichung; obere Extr. = obere Extremitäten; ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, $p < 0,05$)

Fig. 3: Scores for the cleanliness of cows in composting stable (KS) or in freestall barns (KV) (means and SD; obere Extr. = upper extremities, Bauch-Euter = belly-udder, Euter = udder; unequal letters indicate significant differences, $p < 0.05$)

Die Häufigkeit von Läsionen bei den Kühen wurde in einem Betrieb im Vergleich zu Kühen im Liegeboxenlaufstall mit Tiefboxen analysiert. Wenn Technopathien bei den Kühen im Kompostierungsstall auftraten, dann immer bei Tieren, die kürzlich aus dem Laufstall in diese Gruppe gewechselt waren. Insgesamt 44,5 % der bonitierten Kühe im Kompostierungsstall hatten keinerlei erkennbare Schäden, bei den Tieren im Laufstall waren es nur 14 % (Tab. 2). Allerdings waren die Läsionen sehr gering, zumeist handelte es sich lediglich um haarlose Stellen.

Die Zellzahlen schwankten zu den MLP-Terminen im Beobachtungszeitraum stark (im Mittel zwischen 150.000 und 250.000 Zellen), sodass keine verlässliche Aussage zur Eutergesundheit im Kompostierungsstall abgegeben werden kann. Zumindest traten aber keine Probleme auf.

Tab. 2: Häufigkeit von Läsionen bei Kühen im Kompostierungs- bzw. Liegeboxenlaufstall

Tab. 2: Frequency of lesions in cows kept in composting stable or freestall barns

	Kompostierungsstall	Liegeboxenlaufstall
Anzahl Kühe	92	62
ohne Läsion	44,5 %	14,0 %
mit Läsionen	55,5 %	86,0 %
davon Schwellungen	2,1 %	11,2 %
davon Läsion > 2 cm	3,2 %	41,9 %

Bezüglich der pflanzenbaulichen Bewertung kann festgestellt werden, dass das entstehende Substrat wie Kompost behandelt werden kann. Auffallend ist der hohe pH-Wert, der zu N-Verlusten führen kann, ähnlich wie bei Gülle. Die Gehalte an Kalium und Calcium sind etwas höher als bei Kompost, was durch den Eintrag von Kot und Harn zusammen mit kaliumreichen Einstreumaterialien zu erklären ist.

Die Baukosten wurden für einen Kompostierungsstall kalkuliert (Tab. 3). Dabei ist zu beachten, dass es immer örtliche Gegebenheiten gibt, die besonders die Erschließungskosten beeinflussen. Bei den aufgeführten Angaben handelt es sich um bare Kosten ohne manuelle Eigenleistungen. Die Kosten für die Erschließung und die Baunebenkosten sind nicht in der Kalkulation enthalten, somit ist es also kein Vollkostenvergleich. Der untersuchte Stall ist ein Anbau an einen bestehenden Stall. Zum Vergleich wurde ein Liegeboxenlaufstall, der ebenfalls als Erweiterung errichtet wurde, herangezogen. Anders als erwartet, kommt es im Kompostierungsstall nicht zu einem großen Baukostenvorteil. Der leichte Kostenvorteil von knapp 300 €/Tierplatz gegenüber dem Boxenlaufstall ist durch die sehr einfache Bauweise zu erklären. Bei einer niedrigeren Belegungsdichte (im Betrieb ca. 8,5 m²/Kuh) wäre der geringe Vorteil nicht mehr vorhanden. Die relativ hohen Kosten der Kompostierungsställe entstehen durch die große Fläche des umbauten Raumes pro Kuh. Besonders bei den Erdarbeiten und den Betonarbeiten erhöht dies die Baukosten. Außerdem werden eine planbefestigte Fläche am Fressgitter, das Fressgitter selbst und ein Güllekanal für die Exkremente auf dieser Lauffläche benötigt.

Tab. 3: Kalkulation der Baukosten im Vergleich von Kompostierungs- und Liegeboxenlaufstall

Tab. 3: Calculation of costs in comparison of composting stable and freestall barns

Gewerk	Kompostierungsstall €/Platz	Liegeboxenlaufstall €/Platz
Erdarbeiten	190	337
Betonarbeiten	850	867
Oberbau	1.300	2.563
Curtains	200	-
Wasserinstallation	44	27
Beleuchtung	22	-
Stalleinrichtung Tränken	340	189
Schieberanlage	80	166
Querkanal	500	-
Giebelverkleidung	250	-
Elektroinstallation	50	47
Ventilatoren	64	-
Kosten pro Kuhplatz bei 10 m ² pro Kuh und 100 Plätzen	3.890	4.196

Baukosten nach Plock-Girmann und in Absprache mit Ute Langhuth (STA)

Kompoststall für Rinder – Kompostmanagement, Ammoniakemissionen, VOCs und Mikrobiologie

Compost bedded pack barns – bedding management, ammonia emissions, VOCs and microbiology

ALFRED PÖLLINGER¹, BARBARA PÖLLINGER-ZIERLER²

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Raumberg 38, 8952 Irdning, Österreich; alfred.poellinger@raumberg-gumpenstein.at

² TU Graz, Institute of Analytical Chemistry and Food Chemistry, Stremayrgasse 9/2, 8010 Graz, Österreich

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden auf 23 milchviehhaltenden Betrieben zu drei unterschiedlichen Jahreszeiten (Sommer, Herbst und Winter) punktuell Emissionsmessungen durchgeführt sowie Proben zur Analyse der gebildeten VOCs und charakteristischer Parameter (pH-Wert, C, N_{gesamt}, TM etc.) gezogen. Des Weiteren wurde ein mikrobiologisches Screening erstellt.

Bilanziert man das gesamte Kompoststallsystem und setzt es in eine vergleichende Betrachtung mit Liegeboxenlaufställen, so ergeben sich durchschnittlich niedrigere Emissionswerte für Kompostställe. Der Durchschnittswert der gemessenen VOC-Konzentrationen liegt deutlich unter dem eines Liegeboxenlaufstalles.

Das mikrobiologische Screening zeigte, dass es keine große Variation innerhalb der einzelnen Jahreszeiten und auch im Betriebsvergleich gibt. Extrem thermophile Sporenbildner (XTAS) sind in der Kompostmistmatratze von allen untersuchten Betrieben in unbedeutend geringen Konzentrationen vorhanden.

Summary

Within the project emission measurements of 23 composted bedded dairy barns (CDB) were executed and samples for the analysis of odouractive volatile organic compounds (VOCs) and chemical parameters (e.g. pH, DM, C/N ratio) were taken. In addition, an extensive microbiological screening was carried out.

In analysis of the whole CDB system ammonia emission was less than the emissions from comparable freestall barns with cubicles. The results of the analysis of the odouractive VOCs show considerably lower emissions than in dairy barns with cubicles.

The microbiological screening indicates no wide variation concerning different seasons as well as different farms. Extreme thermophilic spore formers (XTAS) were analysed in a very low concentration range.

1 Einleitung und Stand des Wissens

Der Kompoststall für Rinder ist eine Zweiflächenbucht, bei der die Liegefläche mit Sägespänen, Hobelspänen, feinen Hackschnitzeln oder anderen organischen Materialien eingestreut wird und diese unter Einarbeitung von Kot und Harn verrotten. Aus der Sicht der artgemäßen Tierhaltung wird das System durchwegs positiv beurteilt, denn „Stallsysteme mit freier Liegefläche kommen den Bedürfnissen von Rindern in Hinblick auf das Liege- und Sozialverhalten sehr entgegen. Sie ermöglichen den Tieren, ihre artgemäßen Liegepositionen einzunehmen und in sozialem Kontakt mit Artgenossen zu ruhen. Der Fressgang kann entweder planbefestigt oder mit Spaltenboden ausgestattet sein.“ (Holzeder, 2012). Der Kompoststall wird auch aus der Sicht der Klauengesundheit positiv beurteilt (Burgstaller et al., 2016). Wichtig ist auch die Auslegung der Liegeflächenengröße. In Israel stehen zwischen 13 und 20 m² Liegefläche pro Tier zur Verfügung, in den USA 7,5 bis 9,2 m² (Leifker, 2010). In Österreich liegt die Bandbreite zwischen 6 und 15 m²/Tier.

Eine der zentralen Herausforderungen für einen Kompoststallbetreiber ist das Sicherstellen des Kompostierungsprozesses in der Liegematratze, insbesondere in der Übergangszeit von Herbst auf Winter und im Winter selbst. Der Aufbau einer neuen Matratze sollte nicht in der kalten Jahreszeit erfolgen, da bei Kälte der Rotteprozess nur schwer in Gang kommt (Holzeder, 2012). Durch die Wärmeentwicklung (25 bis über 50 °C) verdampft ein hoher Anteil der eingetragenen Flüssigkeit und nur damit ist es möglich, die Liegefläche sauber und vor allem trocken zu halten. Die Wahl der Einstreumaterialien richtet sich im Wesentlichen nach der mengen- und preisbezogenen Verfügbarkeit derselben. Dabei spielen die „Strukturstabilität“, die gute Durchmischbarkeit, die Kohlenstoffverfügbarkeit und ein gutes Flüssigkeitsaufnahmevermögen eine entscheidende Rolle (Pöllinger et al., 2016).

10 bis 16 m³ an Sägespänen werden pro Kuh und Jahr verbraucht (Holzeder, 2012). Weitere Materialien, die derzeit von verschiedenen Betrieben eingesetzt werden, sind Hackschnitzel, ausgesiebt Material aus der Hackschnitzelreinigung, zerkleinertes Reisig, Miscanthus, Rapsstroh, Maisspindeln, Müllereiabfälle, Dinkelspelzen, Heu von Naturschutzflächen und separierte Gärreste. Einige Materialien daraus sind nur als Mischungspartner und nicht für die alleinige Verwendung geeignet (Holzeder, 2012 und Pöllinger et al., 2016). Die Bearbeitung der Liegefläche erfolgt zweimal täglich mit einem Grubber (Tiefengrubber, Federzinkengrubber/-egge) oder einer Fräse.

Jegliche Form der Tierhaltung steht auch in Verbindung mit Geruchs- und Ammoniakemissionen. Die Geruchsemissionen aus Kompostställen werden zwar in der Praxis subjektiv als niedrig empfunden, wurden jedoch bis dato in wissenschaftlichen Untersuchungen zu Kompostställen noch wenig berücksichtigt. Ammoniak als geruchs- und ökosystemrelevante Verbindung entsteht hauptsächlich beim Abbau der stickstoffhaltigen Ausscheidungen der Tiere im Stall, bei der Lagerung und bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger (Gülle, Stallmist, Jauche). Dementsprechend stellt die Landwirtschaft mit 94 % in Österreich die Hauptquelle der Ammoniakemissionen dar. Kompoststallsysteme wurden bisher nur sehr vereinzelt hinsichtlich Ammoniakemissionen (Galama,

2014; Bjerg und Klaas, 2014) und den Emissionen an flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds; VOCs) analysiert (Shane et al., 2010).

Einen weiteren wichtigen Parameter im System Kompoststall stellt die große Diversität an Mikroorganismen dar (Schwarzkopf, 2012). Driehuis et al. (2013) untersuchten die mikrobielle Belastung von Pferdedung, Kompost, getrocknetem Rinderdung und Kompoststallmatratzen und postulieren diese Medien als Brutstätte für thermophile, aerobe Sporenbildner. Die Gruppe der extrem thermophilen aeroben Sporenbildner (XTAS) war auch der Grund dafür, dass in den Niederlanden ein Lieferverbot für die Milch aus Kompoststallbetrieben an Molkereien ausgesprochen wurde. In der Literatur findet man bei Godden et al. (2008) und Black et al. (2014) Untersuchungen über die vorhandenen Mikroorganismen in einem Kompoststall. Es zeigt sich, dass in manchen Analysen pathogene Keime (z. B.: Mastitiserreger wie *E.coli* oder *Klebsiella ssp.*) in deutlich geringeren Konzentrationen vorliegen als in einem vergleichbaren Liegeboxenlaufstall.

2 Material und Methoden

2.1 Betriebe und Begleitparameter

Für die Datenerhebung wurden 23 Betriebe ausgewählt und zu drei unterschiedlichen Jahreszeiten (Sommer, Herbst, Winter) vermessen, um den Zustand der Kompostmatratze in jeder klimatischen Situation nachvollziehen und vergleichen zu können. Begleitend zu den Emissionsmessungen wurden Daten zu Tierbestand, zur Tier- und Eutergesundheit erhoben und Proben zur chemischen Analyse der Kompostmatratze gezogen sowie Temperaturen derselben gemessen.

2.2 Emissionsmessungen und Berechnungen

Auf jedem Betrieb wurden zu Beginn jeder Messung sechs Messpunkte, regelmäßig im Stall verteilt, festgelegt und in einer Skizze festgehalten, um diese für die weiteren Messungen wiederzufinden. Für die Messung der Ammoniakemissionen aus der Kompost-Liegefläche wurde eine 0,5-m² große Messhaube (Open dynamic chamber) auf den Messflächen positioniert. Zur Bestimmung der Luftzusammensetzung (NH₃, CO₂, N₂O) wurde der Multigasmonitor – 1412 der Firma Lumasens verwendet.

2.3 Bestimmung der VOCs

Jede Probe aus den 6 Messpunkten pro Kompoststall pro Messzeitpunkt wurde zweifach mittels GC-MS vermessen. Somit erhielt man 12 Analysen pro Kompoststall pro Messzeitpunkt. Es wurde pro Analyse mittels GC-MS je 1 g Probe eingewogen. Als Probenvorbereitungstechnik wurde die SPME (solid phase microextraction) als lösungsmittelfreie Probenvorbereitungstechnik gewählt. Die Anreicherung der Analyten fand an einer 2 cm 50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS Stable Flex Faser statt.

Die Analyse erfolgte mit dem Gaschromatographen und anschließender Massenspektrometrie (Fa. Agilent 7890 GC bzw. Fa. Shimadzu GC2010). Die Gaschromatographie-Olfaktometrie (GC-O) erfolgte mittels Gaschromatographen und FID (Hewlett Packard 5890 Series II mit FID).

2.4 Mikrobiologische Untersuchungen

Mikroorganismenscreening war primäres Ziel zum einen, um einen Überblick über die vorhandenen Mikroorganismen in einer Kompostmatratze zu generieren, und zum anderen, um den Einfluss des Einstreumaterials auf die Diversität der Mikroorganismen zu untersuchen. Aus diesem Grund wurden neben der Ermittlung der Gesamtkeimzahl Selektivnährmedien mit unterschiedlichen Inkubationstemperaturen (Bsp.: Baird Parker RPF Agar, SGC2 Agar, Columbia Blood Agar, Pseudomonas CFC Agar etc.; alle von Bioré bzw. VWR) herangezogen, die eine Identifizierung und Quantifizierung der einzelnen Spezies (Bsp.: extrem thermophile Sporenbildner -XTAS, *Klebsiella ssp.*, *Bacillus ssp.* oder *Streptococcus ssp.*) ermöglichen.

3 Ergebnisse

3.1 Betriebsmanagement und Kompostqualität

In Tabelle 1 sind wichtige chemische Parameter der untersuchten Komposte angeführt.

Tab. 1: Analyseergebnisse von Komposten aus den 23 Kompoststallbetrieben, Proben aus dem Sommer, Herbst und Winter 2015-16 (Werte in g/kg FM)

Tab. 1: Values of analysis from compostmaterial from 23 CDB, samples were taken in summer, autumn and winter 2015-16, minimum, maximum, average (g/kg FM)

Parameter	TM	Ca	N	pH-Wert	C/N
Min	245	1,7	2,2	7,5	11
Max	516	47,0	11,0	9,1	66
Mittelwert	342	6,6	5,1	8,2	30

Es handelt sich um Komposte, die mitten im Umsetzungsprozess beprobt wurden. Im Mittel weisen die Komposte einen Trockenmassegehaltswert von 34,2 % auf.

Das ist auch jener Wert, den es zu erreichen gilt, um gesichert trockene und saubere Liegeflächenbedingungen anbieten zu können. Der große Schwankungsbereich von 24,5 bis 51,6 % zeigt aber auch die Problematik auf, die es im Management zu bewältigen gilt. Vor allem feuchte Kompostmatratzen (unter 30 % TM) sind aufgrund der folgenden höheren Tierverschmutzung, des tieferen Einsinkens und des unzureichenden Kompostierungsprozesses problematisch. Abhilfe kann dann nur mehr mit erhöhtem Einstreubedarf und, wenn verfügbar, mit dem Einsatz spezieller Einstreumaterialien geschaffen werden.

3.2 Emissionen

Einen großen Einfluss auf die Ammoniakfreisetzung haben das Einstreumaterial und das Liegeflächenangebot wie in Tabelle 2 anhand verschiedener Betriebe dargestellt wird. Es sind die Gesamtemissionen (Liegefläche und Fressgangfläche) aus dem Kompoststallsystem berechnet. Für den Fressgangbereich wurden Werte aus der Literatur für Liegeboxenlaufställe verwendet.

Tab. 2: Ammoniakemissionen ausgesuchter Kompoststallbetriebe mit den Parametern Milchleistung, Liegeflächenangebot und Einstreumaterial

Tab. 2: Ammonia emissions from selected CDB with parameters milk yield, laying area and bedding material

Betrieb Einheit	Milch- leistung kg/a	Liegefläche m ² /Tier	Einstreu ¹⁾	NH ₃ Liegefläche kg/GVE/a	NH ₃ Fressgang kg/GVE/a	Summe aus LF und FP kg/GVE/a
1	9.500	10,5	1 + 3	1,76	2,14	3,9
10	8.900	11,5	1	0,74	4,54	5,3
11	8.200	9,1	2	1,88	4,86	6,7
13	6.800	4,9	5	4,39	2,24	6,6
17	9.800	8,3	6	0,66	1,80	2,5
16	10.600	5,3	2 + 1	19,09	2,00	21,1
20	10.000	4,4	1	8,06	2,10	10,2

¹⁾ 1 = Säge/Hobelspäne; 2 = Dinkelspelzen; 3 = Gülleseparat; 5 = Mähgut; 6 = Torf

Der Betrieb 16 mit dem höchsten Emissionswert von 21,1 kg NH₃/GVE/a ist durch ein geringes Liegeflächenangebot und der Verwendung eines speziellen Einstreumaterials (Dinkelspelzen) charakterisiert. Beide Faktoren wirken zusammen emissionserhöhend.

3.3 VOCs

Mittels GC-MS und GC-O konnte eine Vielzahl von aromarelevanten flüchtigen Verbindungen vor allem aus den Gruppen der Aldehyde, Phenole und Säuren identifiziert und hinsichtlich ihrer sensorischen Eigenschaften charakterisiert werden.

Bei der Gesamtanalyse aller geruchsrelevanten VOCs zeigte sich, dass die Konzentrationen dieser VOCs sehr stark variieren; zum einen zwischen den unterschiedlichen Betrieben und zum anderen innerhalb der drei Jahreszeiten.

Betriebe mit Säge- und/oder Hobelspan-Einstreu wiesen die höchste Konzentration an VOCs auf, während in Kompostställen mit anderen Einstreumaterialien wie Dinkelspelzen oder Siebmaterialien deutlich niedrigere Mengen an geruchsrelevanten VOCs analysiert werden konnten. Bei der multivariaten Datenanalyse konnte keine Korrelation zwischen NH₃-Emissionen und geruchsrelevanten VOCs dargestellt werden. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die VOC-Konzentrationen trotz der großen Schwankungsbreite im Durchschnitt unter den VOC-Emissionen in einem Liegeboxenlaufstall liegen, sodass aus emissionstechnischer Sicht der Beweis für die deutlich geringere Geruchsaktivität eines Kompoststalles erbracht werden konnte.

3.4 Mikrobiologie

Bei der mikrobiologischen Analyse der Kompostmatratze konnte gezeigt werden, dass es keine große Variation innerhalb der einzelnen Jahreszeiten und im Betriebsvergleich gibt. Die Betriebe, die eine etwas höhere Gesamtkeimzahl aufweisen, zeigen entweder auf Grund des alternativen Einstreumaterials Dinkelspelzen eine veränderte Mikrobiologie (v. a. thermophile Mikroorganismen) oder Schimmelpilze auf Grund der durchgehend (zu) niedrigen Temperaturen der Kompostmatratze über einen langen Zeitraum (Bsp.: Siebmateralien). Des Weiteren wurde das Screening auf das Vorhandensein von extrem thermophilen aeroben Sporenbildnern (XTAS) durchgeführt. Es zeigte sich, dass XTAS in der Kompostmatratze von allen untersuchten Betrieben vorhanden waren, allerdings in sehr geringen Konzentrationen ($3,8 \cdot 10^4$ KBE/g). Somit ist der Schluss zulässig, dass trotz des bis dato fehlenden Grenzwerts für diese Klasse an Mikroorganismen von keinem Gefährdungspotential ausgegangen werden kann.

Literatur

- Bjerg, B.; Klaas, I. (2014): Water and ammonia evaporation in a compost bedded pack dairy barn with under floor aeration. University of Copenhagen, Denmark
- Black, R.A.; Taraba, J.L.; Day, G.B.; Damasceno, F.A.; Newman, M.C.; Akers, K.A.; Wood, C.L.; McQuerry, K.J.; Bewley, J.M. (2014): The relationship between compost bedded pack performance, management and bacterial counts. *J. Dairy Sci.* 91, 1-11
- Burgstaller, J.; Raith, J.; Kuchling, J.; Mandl, V.; Hund, A.; Kofler, J. (2016): Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. *The Veterinary Journal* 216, 81-86
- Driehuis, F.; Lucas-van den Bos, E.; Wells-Bennik, M.H.J. (2013): Risks of the use of cattle manure solids as bedding material for milk quality: *Bacillus cereus* and butyric acid bacteria spores. NIZO Rapport E2013/180
- Galama, P. (2014): On farm development of bedded pack dairy barns in The Netherlands. Report 707, Wageningen UR Livestock Research
- Godden, S.; Bey, R.; Lorch, K.; Farnsworth, R.; Rapnicki, P. (2008): Ability of organic and inorganic bedding materials to promote growth of environmental bacteria. *Journal of Dairy Science* 91, 151-159
- Holzeder, S., (2012): Komfort zum Wohlfühlen. *Elite* 3, 54-59
- Leifker, A. (2010): Grenzenlose Freiheit. *Top Agrar* 4, R6-R11
- Pöllinger, A.; Pöllinger-Zierler, B.; Kapp, C.; Schwaiger, M.; Konrad, M.; Reisinger, C.; Kopper, M. (2016): Kompoststall für Rinder – wichtige Parameter für einen guten Kompostierungsverlauf
- Schwarzkopf, K. (2012): Hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen von Kompostställen und Einstreumaterialien aus Gärresten und Kompost. Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin und Tierklinik
- Shane, E. M.; Endres, M. I.; Janni, K. A. (2010): Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota. *Appl. Eng. Agric.* 26, 3, 465

Verfahrenstechnische und Tierwohl-Bewertung der Milchviehhaltung in Kompostierungsställen

Technological and welfare evaluation of bedded pack dairy barns

WOLFGANG BÜSCHER¹, ANDREAS PELZER², MANFRED TRIMBORN¹,
ALEXANDER J. SCHMITHAUSEN¹, MARC PHILLIP HÖCKESFELD¹, MATTHIAS OSKAMP¹

¹ Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn; Buescher@Uni-Bonn.de

² Landwirtschaftskammer NRW, Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse, Ostringhausen, 59505 Bad Sassendorf

Zusammenfassung

In der Diskussion um mehr Tierwohl in der Milchviehhaltung und über Alternativen für den klassischen Liegeboxenlaufstall wird immer häufiger über Kompostierungsställe diskutiert. Allerdings fehlen für eine vergleichende Gegenüberstellung einige verfahrenstechnische Kennwerte und darüber hinaus eine objektive Tierwohlbewertung. Diese Lücken sollten zwei Masterarbeiten schließen, die vom Institut für Landtechnik der Universität Bonn betreut wurden.

Da die Liegeflächen aus kompostierenden Holzhackschnitzeln intensiv mit Sauerstoff versorgt werden müssen, sind aufwendige Systeme zur Luftverteilung und zur Überwindung der Strömungswiderstände erforderlich. Auch die tägliche Durchmischung der oberen Schicht ist mit erheblichem Arbeitszeitaufwand verbunden, wodurch sich insgesamt keine kosten- bzw. arbeitswirtschaftlichen Vorteile ergeben.

Besonders vorteilhaft ist hingegen der große Liegekomfort für die Kühe zu bewerten, was sich in schnellen Abliegevorgängen und Positionen mit ausgestreckten Gliedmaßen ausdrückt.

Summary

In the discussion about dairy welfare and alternatives for free stalls with cubicles the bedded pack system is often mentioned. However, for a comparing evaluation additional technological information and welfare analyses are needed. That was the reason for two master theses supervised by Bonn University.

To supply the composting wooden bedding material with oxygen, a complex air distribution system with high pressure resistance capacity has to be installed. Also the daily tillage process (for homogenization) of the covering layer generates a high labour time demand. Due to these facts the system has no cost and labour benefits.

Very beneficially is the laying comfort for the cows which leads to faster lay-down processes and more laying positions with stretched legs than in cubicles.

1 Einführung und Problemsituation

Der Liegeboxenlaufstall hat sich zum Standard in der Milchviehhaltung etabliert, weil er aus Sicht der Tierhalter ein guter Kompromiss in Bezug auf die Kriterien „Tierwohl“, „Arbeitszeitbedarf“, „Gebäudekosten“ und „Umweltbelastungen“ darstellt. Allerdings ist die Tierwohl-Situation in den verschiedenen Liegeboxenlaufställen sehr unterschiedlich und nicht immer zufriedenstellend, wie die zahlreichen Bewertungen (z.B. nach den CowsAndMore-Kriterien (Dahlhoff, 2014) nachweisen. Insbesondere das Liegeverhalten und die Eutersauberkeit sind ein Dauerproblem bei vielen Tierhaltern.

Seit einigen Jahren wird daher nach besonders tierfreundlichen Lösungen zur Liegeflächengestaltung in der Milchviehhaltung gesucht. Da in den Liegeboxen nicht alle Liegepositionen von den Tieren eingenommen werden können, wird nach Lösungen gesucht, bei denen keine Metallrahmen oder -bügel im Liegebereich installiert sind. Eine sehr kontrovers diskutierte Variante ist der Kompostierungsstall, bei dem die Liegefläche aus einer ca. 50 cm starken Holzhackschnitzel-Schüttung besteht und den Tieren eine uneingeschränkte Liegefläche ohne Steuerungseinrichtungen bietet. Nachdem dieses Stallsystem schon seit einigen Jahren erfolgreich in Israel und den USA betrieben wird, hat es sich in letzter Zeit auch zusehends in Mitteleuropa etabliert (Ofner-Schröck et al., 2013). Obwohl das Interesse von Praxis und Beratung an diesen Stallsystemen sehr groß ist, mangelt es an belastbaren Zahlen und Tierwohl-Bewertungen.

Ziel der Untersuchungen war es daher, im Rahmen zweier Masterarbeiten, ergänzende verfahrenstechnische Kennwerte zu ermitteln und die Tierwohl-Situation anhand der CowsAndMore-Kriterien zu erheben, um einen bewertenden Vergleich dieses Systems zum Standard-Liegeboxenlaufstall vornehmen zu können.

2 Methodische Vorgehensweise

Bei einer Literaturrecherche zum Stichwort „Kompostierungsstall“ wird schnell deutlich, dass es einen grundsätzlichen Unterschied zwischen den Stallsystemen gibt, die unter diesem Begriff beschrieben werden. Zum einen handelt es sich um den „Kompoststall“, bei dem die Einstreu im Liegebereich aus Kompost (also kompostierter organischer Masse) aus der Grüngut-Aufbereitung besteht. Beim hier untersuchten Stallsystem handelt es sich hingegen um einen „Kompostierungsstall“, bei dem frische Holzhackschnitzel in den Liegebereich gefüllt werden und mit den Ausscheidungen der Tiere durch eine Belüftung im Stall kompostieren. Während im ersten Fall die Entstehungsgeschichte des Kompostes eine große Rolle für die Qualitätseinstufung spielt, ist beim Kompostierungsstall die Qualität des Substrates durch die Steuerung des Rotteprozesses aktiv zu beeinflussen.

Während diese Ställe hinsichtlich der Melk- und Futtervorlageorganisation ganz konventionell ausgeführt sind, ist das Liegeflächen-Management völlig anders (Abb. 1). Mindestens einmal täglich wird die Liegefläche mit einer Fräse oder mit einem Grubber durchgearbeitet, damit sich keine anaeroben Zonen bilden und die aeroben Mikroorganismen optimale Stoffwechsel-Bedingungen haben. Damit sich auch in tieferen Schich-



Abb. 1: Blick in einen Kompostierungsstall für 120 Kühe in den Niederlanden. Links befinden sich zwei AMS Einzelboxen, rechts der Futtergang und der Futtertisch, mittig die jederzeit zugängliche Liegefläche aus organischem Material. (© Büscher)

Fig. 1: View in a bedded pack dairy barn for 120 cows in the Netherlands. Left side: two AMS (single boxes), right side: feeding alley and feeding table, in the middle: free stall laying area covered with organic litter.

ten kein Sauerstoffmangel einstellt, wird Luft durch ein Radialgebläse aus dem Kompost gesaugt oder von unten hineingedrückt. Voraussetzungen hierzu sind natürlich, dass unterhalb des Kompostes ein dauerhaft funktionierendes Sammel- bzw. Verteilsystem für die Lüftung installiert ist. Nach dem Funktionsprinzip eines Biofilters befindet sich das organische Material auf einem Spaltenboden, der unter sich einen Druckraum bildet, um eine ganzflächig gleichmäßige Ansaugung bzw. Luftverteilung zu gewährleisten.

Die Erhebung der Tierwohl-Situation sollte nach bewährten Tierwohl-Indikatoren erfolgen, die nach einer feststehenden Erhebungsmethode nach Pelzer et al. (2007) und bei Dahlhoff (2014) beschrieben sind. Diese Erhebungsmethode wird von der Landwirtschaftskammer NRW als Beratungsservice für Milchvieh haltende Betriebe zur Bewertung der Tierwohl-Situation ihrer Ställe angeboten. Da sich die Methodik zwischenzeitlich bei Liegeboxenlaufställen bewährt hat, ist die vergleichende Bewertung der Resultate mit einem Kompostierungsstall besonders interessant.

Die Grundfläche des Liegebereichs eines jeden Stalls beträgt insgesamt 3.000 m² und ist ausgelegt für 350 Kühe. Mit diesen Maßen ist bei einer vollen Belegung des Stalls eine Liegefläche von ca. 8,5 m²/Kuh gegeben. Zusammen mit dem Fressgang beträgt das gesamte Platzangebot pro Kuh im Stall ca. 11,4 m².

Als Einstreumaterial wurde in beiden untersuchten Ställen eine Mischung aus unterschiedlichen Holzhackschnitzeln genutzt. Hierbei handelte es sich um verschiedene Hart- und Weichhölzer. Während des Ein- bzw. Nachstreuvorgangs wurden die Hölzer in einem Verhältnis von ca. 3 : 1 gemischt, wobei das Weichholz den größeren Anteil ausmachte. Durch diesen ersten Vermischungsprozess wurde die grobe Verteilung der verschiedenen Hölzer im Stall gewährleistet. Eine gleichmäßige und stärkere Vermengung wurde durch die tägliche Bearbeitung des Einstreumaterials im Stall sichergestellt. Dazu wurde die Fläche an fünf Tagen in der Woche dreimal täglich gegrubbert und an

zwei Tagen in der Woche ebenso häufig gefräst. Der Bearbeitungshorizont beim Grubbern umfasste die komplette Einstreutiefe. Zum Zeitpunkt der Messungen betrug diese zwischen 40–50 cm. Durch die Bearbeitung der gesamten Tiefe mit dem Grubber sollten die verschiedenen Schichten der Einstreumatratze fortlaufend miteinander vermischt werden. Der Arbeitsvorgang des Fräsens diente hingegen dazu, die groben Partikel mechanisch zu zerkleinern.

Für die Messung des Arbeitskraftbedarfs der Ein- und Nachstreuvorgänge wurden die Zeiten der einzelnen Teilarbeitsschritte aufgezeichnet. Es wurden der Verladevorgang der Hackschnitzel, des Komposts, der Transport der beiden Komponenten in den Stall sowie die Dauer des Planierens im Stall erfasst. Auf dem Untersuchungsbetrieb wurden die frischen Hackschnitzel beim erstmaligen Einstreuvorgang nach der Entmistung des Stalls mit bereits kompostierendem Einstreumaterial vermischt. Durch die Vermengung von altem Einstreumaterial mit frischen Holzhackschnitzeln sollten sich die für den Kompostierungsprozess nötigen Mikroorganismen schneller vermischen.

Auf dem Untersuchungsbetrieb sind in beiden Ställen Belüftungsanlagen unter der Einstreumatratze eingebaut. Das Belüftungssystem der Ställe besteht jeweils aus zehn handelsüblichen PVC-Rohren, die in einer Tiefe von 23 cm in den Betonboden der Liegefläche eingelassen wurden. Die Lüftungsrohre haben einen Durchmesser von 18 cm und sind längs durch den Stall verlegt. Die Gesamtlänge der verlegten Rohre beträgt in beiden Ställen jeweils 1.250 m. An der Oberseite wurden Löcher mit einem Durchmesser von 6 mm in einem unregelmäßigen Abstand von 28 bis ca. 45 cm gebohrt. Die Löcher dienen dazu, den Austritt der Zuluft aus den Rohren in das Einstreumaterial zu ermöglichen. Der Abstand zwischen den einzelnen Rohren im Stall beträgt 2,5 m.

Um das Einstreumaterial mit einer für den Kompostierungsvorgang notwendigen Menge an frischer Zuluft zu versorgen, sind für jeden Stall vier Radiallüfter der Firma INDUVAC vom Typ U/PBM 352 (INDUVAC, Zoetermeer, Niederlande) in Betrieb. Die Lüfter befinden sich in einem Lüftungsraum, welcher jeweils mittig an der Längsseite des Stalls angebaut ist. Dort laufen alle Belüftungsrohre an den Lüftern zusammen.

Für die aktive Belüftung der Einstreu wurden die Lüfter über Zeitschaltuhren jeweils viermal stündlich für fünf Minuten eingeschaltet. Es ergab sich also eine Belüftungsdauer von insgesamt 20 min/h. Bei niedrigen Temperaturen der angesaugten Zuluft besteht die Möglichkeit die Abwärme der betriebseigenen Biogasanlage zu nutzen, um die Abtrocknung des Einstreumaterials zu begünstigen. Zum Zeitpunkt der Messungen war aufgrund der relativ hohen Außentemperaturen ein Erwärmen der Zuluft nicht notwendig.

3 Ergebnisse

Die auf der Liegefläche anfallenden Exkremente wurden durch die Einarbeitung „kompostiert“ und färbten den Boden sehr schnell dunkel, sodass die eigentliche Holzfarbe nicht mehr zu erkennen war. Die Struktur des Materials veränderte sich ebenfalls nach wenigen Wochen, was auch eine regelmäßige Erneuerung erforderte.

Durch den Eintrag von Exkrementen und durch die Zerkleinerungswirkung der „Bodenbearbeitung“ kommt es zu einer starken Selbstverdichtung der Liegefläche, die nur durch regelmäßige Auflockerung und durch eine hohe Belüftungsintensität (mit hohen Strömungswiderständen) im Sinne einer funktionierenden Kompostierung gesteuert werden kann. Diese Zusammenhänge haben auch Einfluss auf die N-Umsetzungen in der Liegefläche, die noch weiter untersucht werden sollen.

Der Tierwohl-Vergleich zwischen typischen Werten aus Liegeboxenlaufställen und dem untersuchten Kompostierungsstall hat gezeigt, dass die Tiere in dem untersuchten Stall deutlich weniger Verletzungen aufwiesen als in Liegeboxenlaufställen. Bezüglich der Sauberkeit konnten die Zielwerte des „CowsAndMore“-Programms an den meisten Körperregionen erreicht werden. Zudem konnten Hinweise auf Verbesserungen bezüglich der Abliegegeschwindigkeit und eine höhere Bandbreite an Liegepositionen als im Liegeboxenlaufstall nachgewiesen werden.

In Abbildung 2 ist zu erkennen, dass in beiden Gruppen mehr als die Hälfte der Tiere bereits 30 Sekunden nach der Auswahl eines Liegeplatzes gelegen haben. In Gruppe NK waren es mit 61 % drei Prozent mehr als in Gruppe AK.

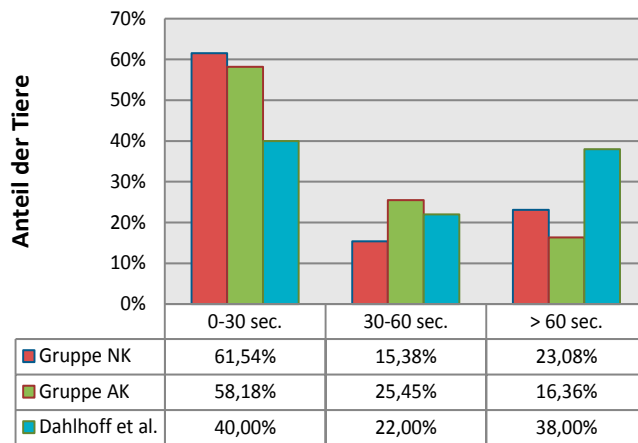


Abb. 2: Ergebnisse zur Abliegedauer (NK $\triangleq$ Neuer Kompost, AK $\triangleq$ Alter Kompost)

Fig. 2: Results for the 'laying down time' (NK $\triangleq$ New Bedding, AK $\triangleq$ Old Bedding)

Im Vorfeld war zu erwarten, dass häufiger Liegepositionen eingenommen werden, die viel Platz benötigen, weil es keine räumliche Begrenzung wie in einer konventionellen Liegebox gibt. Bestätigt werden konnte, dass die Liegepositionen „totale Seitenlage“ und „Schlafposition“ zusammengefasst, in beiden Gruppen mindestens 10 % der Tiere ausmachten. Im Vergleich der beobachteten Werte mit denen von Dahlhoff (2014) festgelegten Richtwerten für Liegeboxenlaufställe (Tab. 1) zeigte sich, dass bei der Brustlage die Untersuchungsgruppen am unteren Rand des Referenzbereiches lagen. Bei gestrecktem Vorderbein und Hinterbein lagen beide Gruppen aus dem Kompostierungsstall nahe dem Richtwert. Auffällig waren hingegen die Werte der beiden Liegepositionen, die am

meisten Platz benötigen, der Schlafposition und der totalen Seitenlage. Hier wurde der Richtwert bei beiden Gruppen mindestens erreicht und in Gruppe AK mit 8,98 % Tieren in der Schlafposition der Referenzbereich überschritten. In Gruppe NK wurde der Referenzbereich (1 bis 3 %) bezüglich der totalen Seitenlage mit 5,33 % überschritten.

Tab. 1: Erfasste Liegepositionen in Prozent im Vergleich zu den Richtwerten von Dahlhoff (2014) (NK $\triangleq$ Neuer Kompost, AK $\triangleq$ Alter Kompost)

Tab. 1: Results for the 'laying position' in relation to Dahlhoff (2014) (NK $\triangleq$ New Bedding, AK $\triangleq$ Old Bedding)

	Richtwerte	Referenzbereich	Gruppe NK	Gruppe AK
Brustlage	65	55–80	55,08	56,89
Gestr. Vorderbein	7,5	5–15	10,65	13,17
Gestr. Hinterbein	20	10–35	23,08	19,16
Schlafposition	5	3–7	4,73	8,98
Totale Seitenlage	2,5	1–3	5,33	2,99

4 Fazit

Die Kompostierung funktionierte bei dieser Art der Kompostierung (Material, Bearbeitung und Belüftung) sehr gut. Durch das Verlegen der Belüftungskanäle und den Energieaufwand für die Gebläse sollten die Anschaffungskosten und die Stromkosten nicht unterschätzt werden.

Es ließ sich abschließend feststellen, dass in einem Freilaufstall wie dem Kompostierungsstall häufiger Liegepositionen zu beobachten waren, die ein höheres Platzangebot benötigten. Diese Tatsache, dass die Tiere ihr natürliches Verhaltensrepertoire besser ausüben konnten und nicht in ihrem Verhaltensmuster eingeschränkt waren, spricht laut der Definitionen von Brade (2001) und Lorz (1992) für eine tiergerechte Haltungsform.

Für weitere Untersuchungen wäre interessant zu beobachten, ob es eine Korrelation zwischen den Häufigkeiten der Liegepositionen und der Bearbeitungs-/Pflegeintensität der Liegefläche gibt. Im Untersuchungsbetrieb wurde die Fläche bei jeder der drei Melkzeiten bearbeitet. Das hatte zur Folge, dass die Fläche ständig eine ebene Struktur aufgewiesen hat. Bei nur einer oder zwei Bearbeitungen des Komposts wäre die Fläche dementsprechend unebener und es wäre mehr Kot auf der Oberfläche zu finden. Außerdem könnte in einer Folgeuntersuchung erfasst werden, ob sich bei diesem System die Liegepositionen auch auf die Liegedauer auswirken.

Weiterhin offen sind die Umweltbewertungen (Emissionsfaktoren) und das Mastitis-Risiko dieses Systems; zwei wichtige Kriterien für die geplanten Folgeuntersuchungen.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Untersuchung des räumlichen Verhaltens von Milchkühen im Umfeld unterschiedlicher mobiler Objekte

Investigation of the spatial behaviour of dairy cows in the environment of different mobile objects

RENATE LUISE DOERFLER, TOBIAS BOLLMEIER, HEINZ BERNHARDT

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; renete.doerfler@wzw.tum.de

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersuchte den Einfluss unterschiedlicher Formen und Attribute mobiler Objekte auf das räumliche Verhalten von Kühen. Diese Fragestellung ergab sich vor dem Hintergrund, dass Spaltenreinigungsroboter im Aktivitätsbereich von Kühen fahren und dabei Kontakte zwischen Kühen und Roboter auftreten, die zu Verletzungen bei den Tieren führen und den Arbeitsablauf des Geräts stören können. Im viereinhalbwöchigen Versuch in der Versuchsstation Veitshof der Technischen Universität München wurden dazu Positionsdaten von 30 Kühen und unterschiedlichen mobilen Objekten mit einem Indoor-Ortungssystem erfasst. Die Ergebnisse wiesen bei den unterschiedlich gestalteten Objekten keine signifikanten Unterschiede in der Distanz zwischen Tier und Objekt und in der zurückgelegten Wegstrecke der Kühe nach. Daraus kann geschlossen werden, dass Form und Attribute eines mobilen Objekts das räumliche Verhalten von Kühen nur geringfügig beeinflussen.

Summary

The present study analysed the influence of the different shapes and attributes of mobile objects on the spatial behaviour of dairy cows. This question arose in the light of robot scrapers moving in the cows' activity area and resulting in contacts between cows and robot, which can cause injury to the cows and can result in interruptions of machine operation. In the 4.5-week experiment on the research farm Veitshof of the Technical University of Munich the positioning data of 30 cows and different mobile objects were gathered using a local positioning system. Results indicated no significant differences for the different objects in the distance maintained between animal and object and in the distance covered by the cows. It can therefore be concluded that the shape and attributes of a mobile object only have a minor influence on the spatial behaviour of cows.

1 Einleitung

Auf milchviehhaltenden Betrieben schreitet die Automatisierung von Arbeitsabläufen immer weiter voran. Neben der Etablierung von Robotern in der Melk- und Fütterungstechnik gewinnt auch der Spaltenreinigungsroboter an Bedeutung. Mit dessen Einsatz sollen Aspekte des Tierkomforts berücksichtigt und dem steigenden Arbeitszeitbedarf infolge des betrieblichen Wachstums Rechnung getragen werden. Bei bereits eingeführten Modellen zeigt sich, dass es im Vergleich zu herkömmlichen Schieberanlagen häufiger zu Kontakten zwischen Tieren und Roboter kommt. Wenn die Kühe nicht rechtzeitig ausweichen, können Störungen im Betriebsablauf des Geräts und auch Verletzungen bei den Tieren auftreten.

In diesem Zusammenhang ist vor allem das räumliche Verhalten der Kühe von Bedeutung. Mit Hilfe von Indoor-Ortungssystemen können Tiere und Gegenstände im Stall in Echtzeit 2- bzw. 3-dimensional lokalisiert werden. Somit können Informationen beispielsweise zum Distanzverhalten gegenüber anderen Tieren oder Gegenständen, zu zurückgelegten Wegen oder zu den Aufenthaltsorten der Tiere automatisch generiert werden (Neisen et al. 2009, Rose et al. 2013). Das Ziel dieser Untersuchung war es, das räumliche Verhalten von Milchkühen im Umfeld von fünf unterschiedlich gestalteten mobilen Objekten zu analysieren, die einen Spaltenreinigungsroboter simulierten.

2 Material und Methoden

Die Untersuchung wurde im April und Mai 2015 über einen Zeitraum von viereinhalb Wochen in der Versuchsstation Veitshof der Technischen Universität München durchgeführt. Es wurden 30 gesunde, zufällig aus der Braunviehherde ausgewählte, Milchkühe beobachtet. Die Tiere waren in einem Liegeboxenlaufstall mit mittig angeordnetem Futtertisch aufgestellt. Auf jeder Seite des Futtertisches waren Liegeboxen in zwei Reihen angeordnet, wobei die Versuchsanordnung auf der Seite gegenüber dem Melkstand am Laufgang zwischen den Liegeboxen installiert war.

An einem Zugseil wurden fünf unterschiedlich gestaltete Objekte pendelnd aufgehängt, mit einer Geschwindigkeit von 4 m/min und einem Bodenabstand von etwa 15 cm über den Laufgang bewegt. Die fünf Objekte umfassten ein kleines rechteckiges Objekt (A; $l \times b \times h$ 52 x 28 x 70 cm) und ein großes rechteckiges Objekt (B; $l \times b \times h$ 52 x 28 x 122 cm). Das große Objekt war während der Untersuchung zeitweilig mit Kuhhörnern (C) oder einem Stock (D) ausgestattet. Ein weiteres Objekt besaß die Form eines Kalbes (E; $l \times b \times h$ 70 x 19 x 85 cm). An jedem Versuchstag wurden alle Objekte in wechselnder Reihenfolge (Latin Square Design) eingesetzt und die Kühe je Objekt 44 Minuten beobachtet. Die Steuerung der Objekte erfolgte automatisch außerhalb des Stallraums.

Die Positionen der 30 Kühe und des Objekts wurden mit einem Echtzeit-Ortungssystem (Ubisense Series 7.000; Ubisense, Düsseldorf, Deutschland) erfasst. Das System bestand aus 31 aktiven Transpondern (Tags), sieben Sensoren mit integrierten Antennen und der Software. Die Tags waren dorsal an den Halsbändern der Kühe und an der vertikalen Haltevorrichtung des Objekts befestigt, während die Sensoren im oberen Wand- und Dachbereich angebracht waren. Die systeminterne Berechnung der Positionen erfolgte über den Einfallswinkel der durch die Tags in regelmäßigen Zeitabständen emittierten Impulse an den Sensoren und die Bestimmung der Zeitdifferenz der bei den verschiedenen Sensoren eingehenden Impulse. Die Positionsdaten wurden als x-, y- und z-Koordinaten ausgegeben.

In der Auswertung der Positionsdaten wurden für alle fünf untersuchten Objekte die mittleren Distanzen zwischen Tieren und Objekten und die mittleren zurückgelegten Wegstrecken der Kühe bestimmt. Objekt A diente als Referenz. Die statistische Analyse der Daten erfolgte mit linearen gemischte-Effekte-Modellen in R (3.3.1). Dabei waren die Objekte als fixe Effekte und die Kühe als zufällige Effekte einbezogen. Das Signifikanzniveau wurde vorab auf 5 % festgelegt. Aufgrund von fehlender Gleichverteilung wurden die Daten für beide Parameter logarithmiert.

3 Ergebnisse

Die mittleren Distanzen zwischen Tieren und Objekten wiesen bei den untersuchten Objekten zwar kleinere numerische Veränderungen auf, diese waren jedoch nicht signifikant (Abb. 1). Verglichen mit dem Referenzobjekt A nahmen die mittleren Distanzen zwischen Kuh und Objekt bei Objekt B (9,76 vs. 9,83 m; $p = 0,984$) und bei Objekt C (9,76 vs. 9,98 m; $p = 0,205$) numerisch zu, während sie bei Objekt D übereinstimmten (9,76 vs. 9,76 m; $p = 0,817$) und bei Objekt E (9,76 vs. 9,64 m; $p = 0,309$) numerisch abnahmen.

Ebenso konnten bei den zurückgelegten mittleren Wegstrecken der Kühe keine signifikanten Unterschiede zwischen den unterschiedlich gestalteten Objekten nachgewiesen werden (Tab. 1). Numerisch verringerte sich die mittlere zurückgelegte Wegstrecke bei Objekt B (157,29 vs. 149,40 m; $p = 0,389$), bei Objekt C (157,29 vs. 150,01 m; $p = 0,584$), bei Objekt D (157,29 vs. 150,47 m; $p = 0,555$) und bei Objekt E (157,29 vs. 148,59 m; $p = 0,431$) im Vergleich zu Objekt A.

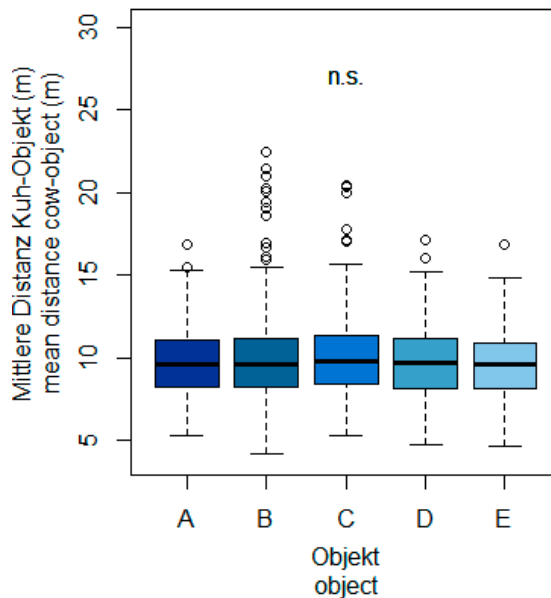


Abb. 1: Boxplot der mittleren Distanzen zwischen Kühen und Objekten; n. s. = nicht signifikant; A = kleines Objekt, B = großes Objekt, C = großes Objekt mit Hörnern, D = großes Objekt mit Stock, E = Objekt in Form eines Kalbes

Fig. 1: Boxplot of the mean distance between cows and objects; n. s. = not significant; A = small object, B = large object, C = large object with horns, D = large object with stick, E = object shaped as a calf

Tab. 1: Schätzwerte, Standardfehler und P-Werte des linearen gemischte-Effekte-Modells für die mittleren zurückgelegten Wegstrecken der Kühe bei den Objekten B, C, D und E verglichen mit Objekt A; mit Objekt als fixem Effekt und Kuh als zufälligem Effekt

Tab. 1: Estimates, standard errors and p-values of the linear mixed-effects model for the mean distances covered by the cows regarding the objects B, C, D and E compared to object A; using experimental period as fixed effect and cow as random effect

Objekt object	Schätzwert estimate	Standardfehler standard error	P-Wert p-value
B	-0,0299	0,0347	0,389
C	-0,0190	0,0346	0,584
D	-0,0204	0,0346	0,555
E	-0,0273	0,0347	0,431

4 Diskussion

Die durchschnittlichen Distanzen, welche die Tiere zu den einzelnen Objekten einhielten, lagen bei allen Objekten in einem Bereich von 9-10 m. Entsprechend zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der Objekte im Vergleich zum Referenzobjekt. Auf Grund dessen kann angenommen werden, dass die Größe und Form eines mobilen Objektes nur einen geringen Einfluss auf die eingehaltene Distanz der Kühe zu diesem hat.

Entgegen der Erwartung der Autoren waren auch keine Effekte der Objektattribute Hörner und Stock nachweisbar. In diesem Zusammenhang wäre es denkbar gewesen, dass die Kühe beispielsweise bei der Präsenz von Hörnern eine größere Distanz als zu den anderen Objekten einhalten, denn die Tatsache, ob ein Tier behornt ist oder nicht beeinflusst die Individualdistanz. Zu behornten Kühen wird im Allgemeinen eine größere Distanz eingehalten (Sambraus et al. 1978, Knierim et al. 2015).

Auch bei der Betrachtung der zurückgelegten Wegstrecke der Kühe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den fünf unterschiedlichen Objekten. Für alle Objekte betrug die mittlere zurückgelegte Wegstrecke etwa 150 m. Bei Kühen in Stallhaltung wurden zurückgelegte tägliche Wegstrecken von 200 bis 2.500 m beschrieben (Kempkens und Boxberger 1987, Krohn et al. 1992). Unter der Annahme einer maximalen täglichen Ruhezeit von 14 Stunden ergibt sich eine mögliche tägliche Fortbewegungszeit von 10 Stunden.

Über die Umrechnung der während der 44-minütigen Laufzeit der einzelnen Objekte zurückgelegten mittleren Wegstrecke von etwa 150 m auf den Zeitraum von 10 Stunden ergibt sich ein zurückgelegter Weg von etwa 2.000 m pro Tag. Demnach liegt die ermittelte zurückgelegte Wegstrecke der Kühe im Bereich der in der Literatur beschriebenen Werte. Es ist daher anzunehmen, dass die Tiere in ihrem Fortbewegungsverhalten nicht durch die Objekte beeinträchtigt waren.

5 Schlussfolgerung

In dieser Untersuchung ließen sich für die unterschiedlich gestalteten Objekte weder bei den mittleren Distanzen zwischen Kühen und Objekten noch bei den zurückgelegten Wegstrecken der Kühe signifikante Unterschiede nachweisen. Die Ähnlichkeit des Tierverhaltens bei allen untersuchten Objekten lässt den Schluss zu, dass Form und Attribute eines mobilen Objekts nur geringe Auswirkungen auf das räumliche Verhalten der Kühe haben. Mit der Abbildung realerer Bedingungen im Versuch, unter Einbeziehung eines Spaltenroboters mit variierender Form, könnte ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn verbunden sein.

Literatur

- Kempkens, K.; Boxberger, J. (1987): Locomotion of cattle in loose housing systems. Proc. of the 2nd Technical Section of C.I.G.R.A.S.A.E. St. Joseph, MI, USA, No. 6-87, pp. 179-190
- Knierim, U.; Irrgang, N.; Roth, B.A. (2015): To be or not to be horned – Consequences in cattle. *Livestock Science* 179, pp. 29-37
- Krohn, C.; Munksgaard, L.; Jonasen, B. (1992): Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments I. Experimental procedure, facilities, time budgets – diurnal and seasonal conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 34, pp. 37-47
- Neisen, G.; Wechsler, B.; Gyga, L. (2009): Effects of the introduction of single heifers or pairs of heifers into dairy-cow herds on the temporal and spatial associations of heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science* 119, pp. 127-136
- Rose, T.; Hellmuth, U.; Georg, H.; Krieter J. (2013): Methodik zur Analyse tierindividueller Verhaltensweisen von Milchkühen auf Basis von Ortungsdaten des Real Time Location Systems Ubisense Series 7000. Tagungsband, 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 24.-26. September 2013, Vechta, S. 59-64
- Samraus, H.H.; Fries, B.; Osterkorn K. (1978): Das Sozialgeschehen in einer Herde hornloser Hochleistungsrinder. *Animal Breeding and Genetics* 95, S. 81-88

Untersuchungen zur Bewertung von Gruppenhaltungssystemen in Deutschland und Vorstellung des neuen Sauwohl-Konzepts

Studies on the evaluation of group housing systems in Germany and presentation of the new sow welfare concept

PETER EBERTZ¹, RICHARD HÖLSCHER², WOLFGANG BÜSCHER¹

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

² Hölscher + Leuschner Agrartechnik, Siemensstraße 15, 48488 Emsbüren

Zusammenfassung

Die Gruppenhaltung tragender Sauen ist in Deutschland seit dem 01.01.2013 gesetzlich vorgeschrieben. In der landwirtschaftlichen Praxis ist dies jedoch nicht automatisch ein Garant für mehr Tierwohl und wirtschaftlichen Erfolg. Oft berichten Landwirte von technischen Problemen sowie einem erhöhten Anteil nicht gruppentauglicher Tiere, die entweder aggressives Verhalten zeigen oder Verletzungen aufweisen.

Zur Erfassung der praktischen Erfahrungswerte mit den eingesetzten Haltungssystemen in der Wartesauenhaltung wurde durch das Institut für Landtechnik der Universität Bonn in Zusammenarbeit mit der landwirtschaftlichen Fachzeitschrift *top agrar* erstmals eine deutschlandweite Umfrage zu diesem Thema durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass jedes System Vor- und Nachteile mit sich bringt. In diesem Zusammenhang wird im vorliegenden Beitrag das neue Sauwohl-Haltungs- bzw. Fütterungskonzept vorgestellt, welches einige Vorteile der gängigen Systeme vereint, ohne die Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Summary

Since January 1st, 2013, the group housing of gestating sows has been required by law in Germany. In agricultural practice, however, this is not a guarantee for more animal welfare and economic success. Farmers often report about technical problems as well as an increased proportion of group-unsuitable animals, which either show aggressive behavior or have injuries.

*In order to record the practical experience with the husbandry systems used for gestating sows, the Institute of Agricultural Engineering at the University of Bonn in cooperation with the agricultural trade magazine *top agrar* conducted a survey throughout Germany for the first time.*

The results show that each system has advantages as well as disadvantages. In this context, the new sow-welfare-feeding-concept is to be presented in this article, which combines some advantages of the current systems, without having to accept the disadvantages.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Gruppenhaltung tragender Sauen vier Wochen nach erfolgreicher Belegung bis eine Woche vor dem geplanten Abferkeltermin ist seit dem 01.01.2013 gesetzlich vorgeschrieben (TierSchNutzV, 2016). Tragende Sauen werden bei rationierter Fütterung mit einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1:1 entweder synchron oder in Abrufstationen einzeln gefüttert (Jais, 2012). Der Vorteil der 1:1-Fütterung liegt in der arttypisch gleichzeitigen Futteraufnahme, nachteilig ist jedoch die fehlende Möglichkeit der einzeltierbezogenen Futterzuteilung. Abruffütterungen bieten zwar diesen Vorteil, entsprechen jedoch nicht dem arttypischen Futteraufnahmeverhalten von Sauen und führen zu stetigen Rankämpfen vor den Futterstationen (Ziron, 2005). Eine Alternative ist die Ad-libitum-Fütterung, wobei energiearmes, rohfaserreiches Futter zur freien Aufnahme angeboten wird (Sendig, 2003). Vorteile des Systems sind die geringere Aggressivität durch Sattfütterung bei verbesserter Kotkonsistenz und Senkung der MMA-Häufigkeit, nachteilig ist jedoch oft ein „Auseinanderwachsen“ der Gruppe (Steffens, 2005; Ziron, 2005).

Die Gruppenhaltung tragender Sauen funktioniert in der landwirtschaftlichen Praxis daher nicht immer problemlos. Landwirte berichten vermehrt von technischen Problemen sowie einem erhöhten Anteil nicht gruppentauglicher Tiere, die entweder zu Aggressionen neigen oder durch zu heftige Rankämpfe Verletzungen davontragen.

Um die Systeme, die aktuell in der Praxis eingesetzt werden, zu erfassen und die Erfahrungen mit den einzelnen Haltungsformen herauszustellen, wurde durch das Institut für Landtechnik der Universität Bonn und die Fachzeitschrift *top agrar* eine Umfrage unter deutschen Sauenhaltern durchgeführt. Gleichzeitig entwickelt und optimiert eine Projektgruppe bestehend aus den Industriepartnern Hölscher + Leuschner und JSR Hybrid GmbH sowie den Universitäten Halle-Wittenberg, der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover und der Universität Bonn ein neuartiges Haltungssystem für tragende Sauen, welches im Folgenden unter Berücksichtigung ausgewählter Umfrageergebnisse ebenfalls vorgestellt wird.

2 Material und Methoden

In der landwirtschaftlichen Fachzeitschrift *top agrar* wurde in der Ausgabe 12/2016 (Seiten S4-S5) und auch online eine empirische Erhebung unter deutschen Sauenhaltern zur Abfrage und Beurteilung ihres verwendeten Gruppenhaltungssystems durchgeführt. Mit einer Auflage von circa 100.000 Exemplaren ließ die Zeitschrift eine gute nationale Verbreitung in die Betriebe mit entsprechend hoher Rücklaufquote erwarten. Eine solche deutschlandweite Datenerhebung wurde in diesem Rahmen erstmalig durchgeführt. Bisher liegen keine vergleichbaren Daten anderer Studien vor.

Insgesamt wurden 516 gültige Fragebögen ausgewertet. Durch die Verbreitungs- und Befragungsmethode sowie die geringe Stichprobengröße sind die Ergebnisse nicht repräsentativ für die gesamte deutsche Sauenhaltung. Trotzdem konnten mit dieser Erhebung

rund fünf Prozent aller deutschen Ferkelerzeuger abgefragt werden, woraus sich belastbare Tendenzen für sauenhaltende Betriebe in Deutschland ableiten lassen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden ausgewählte Resultate der Umfrage vorgestellt und diskutiert. Die beiden Fragen zur Art der Fütterung wurden, wie in Tabelle 1 dargestellt, beantwortet.

Tab. 1: Anteile der einzelnen Fütterungsarten
Tab. 1: Percentage of individual feeding strategies

Fütterungsart	Anteil in %	Fütterungsart	Anteil in %
Trocken	83,5	Restriktiv	96,3
Flüssig	16,5	Ad libitum	3,7

Der Großteil der Landwirte füttert seine Sauen mit Trockenfutter, wobei nur ca. ein Sechstel eine Flüssigfütterung einsetzt. Gründe hierfür sind die sicherlich einfachere Technik, verbunden mit geringerer Störanfälligkeit und geringen Betriebskosten bei der Trockenfütterung. Außerdem sind Trockenfütterungen flexibler nutzbar, insbesondere in kleineren Stalleinheiten (Brede, 2010).

Ein noch deutlicheres Ergebnis brachte die Frage nach der restriktiven oder Sattfütterung. Wie ebenfalls in Tabelle 1 ersichtlich, füttern fast alle befragten Sauenhalter ihre Tiere restriktiv. Damit entfielen nur 19 Fragebögen auf die Sattfütterung, ein Indiz dafür, dass trotz der in der Regel einfacheren Technik und damit günstigeren Anschaffungskosten die Nachteile bei dieser Fütterungsart überwiegen: deutlich höhere Futterkosten sowie Hinweise auf eine reduzierte Lebensleistung und -dauer der Sauen (Jais, 2012).

Tabelle 2 gibt Auskunft über die einzelnen Gruppenformen und Gruppengrößen (klassiert). Ein Anteil von über 42 Prozent arbeitet mit dynamischen Gruppen und hat in diesem Bereich schon Erfahrungen gesammelt. Trotzdem hält der größere Teil der Landwirte die Sauen in festen Gruppen.

Tab. 2: Anteile der einzelnen Gruppenformen und Klassen der Gruppengrößen
Tab. 2: Percentage of individual group types and classified group sizes

Gruppenform	Anteil %	Gruppengröße Sauen	Anteil %
Fest/stabil	57,8	0–5	2,9
	42,2	6–15	28,2
Wechselnd/dynamisch		16–40	44,3
		41–100	21,9
		> 100	2,7

Die Gruppengrößen bis zu 5 bzw. über 100 Tiere je Gruppe sind nur zu geringen Anteilen in den Betrieben zu finden. Die meisten Sauenhalter arbeiten mit Gruppengrößen von 16–40 Sauen.

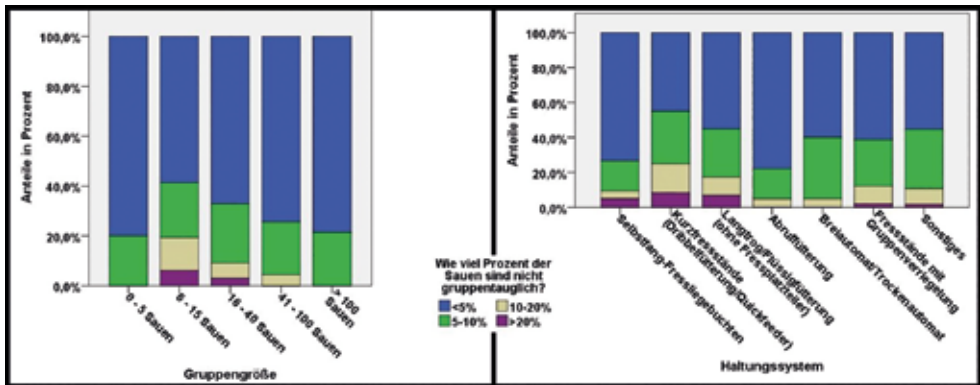


Abb. 1: Anteil gruppenuntauglicher Sauen in Abhängigkeit der Gruppengröße (links) und des Haltungssystems (rechts)

Fig. 1: Percentage of group-unsuitable sows depending on group size (left) and husbandry system (right)

Abbildung 1 zeigt die Probleme, mit denen Landwirte in der Gruppenhaltung konfrontiert werden. Die rechte Grafik zeigt die Anteile gruppenuntauglicher Sauen in Abhängigkeit des Haltungssystems. Dies lässt Rückschlüsse darauf zu, wie viele Tiere aus den Gruppen entweder durch aggressives Verhalten oder aufgrund von Verletzungen durch Rankenkämpfe separiert werden müssen.

Systeme mit Langtrog ohne geschlossenen Fressstand bereiten die meisten Schwierigkeiten. Hier ist der größte Anteil nicht gruppentauglicher Tiere zu finden. Abruffütterungen oder Fütterungssysteme am Breiautomat benötigen weniger Reserveplätze, was sicherlich auch mit den dort in der Regel vorherrschenden größeren Gruppen begründet werden kann. Bei Gruppengrößen ab ca. 50 Tieren steigt die Anonymität und die Sauen können eigene, stabile Untergruppen bilden (Jais, 2012). Diese These wird auch durch die Ergebnisse in der linken Grafik von Abbildung 1 gestützt. Außer bei den sehr kleinen Gruppen bis zu 5 Tieren, die ein stabiles Gruppengefüge vermuten lassen, zeigt sich eine Abnahme des Anteils gruppenuntauglicher Sauen je größer die Gruppen werden.

Aus diesen ausgewählten Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse für die Planung und eine Optimierung des neuen Haltungsverfahrens ziehen, welches durch den Industriepartner Hölscher + Leuschner sowie die o.g. Universitäten entwickelt wird.

4 Vorstellung des neuen Sauwohl-Haltungsverfahrens

Dem neuen Sauwohl-Konzept liegt die Idee zugrunde, dass die Tiere auf dem Weg vom Aktivitäts- zum Fressbereich eine Sortierschleuse passieren müssen. Dort wird ihr BCS optisch bewertet und entsprechend der gewünschten Konditionsentwicklung des jeweiligen Tieres wird eine Tür zum Fressbereich A (energiearmes Ad-libitum-Futter) oder zum Fressbereich B (energiereiches Ad-libitum-Futter) geöffnet. Es handelt sich also nicht um ein klassisches Sattfütterungssystem, welches einen unkontrollierten, teuren

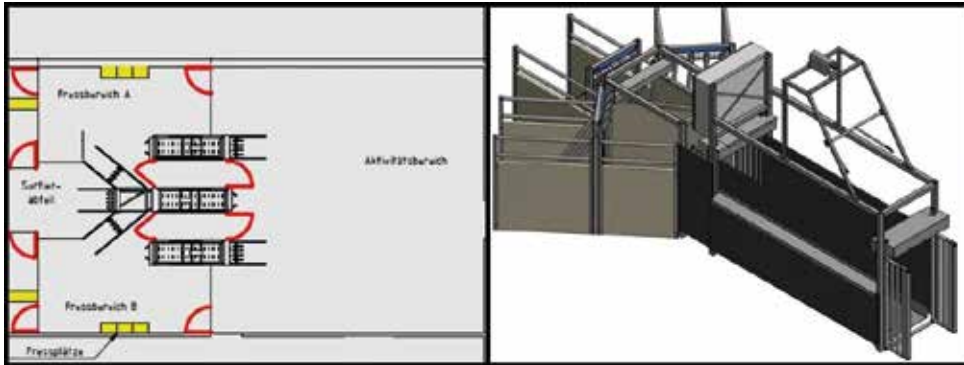


Abb. 2: Technische Zeichnung der Raumaufteilung und Funktionsmuster der Sortierschleuse des Sauwohl-Fütterungs-Konzepts (Hölscher + Leuschner, 2016)

Fig. 2: Technical drawing of the floor plan and functional model of the sorting unit in the sow-welfare-feeding-concept (Hölscher + Leuschner, 2016)

„Luxuskonsum“ an energiereichen Futtermitteln verursacht, sondern um eine gesteuerte Futteraufnahme mit softwarebasierter Kontrolle.

Durch die individuelle Konditionssteuerung soll ein Auseinanderwachsen der Gruppe nachhaltig vermieden werden. Ein Funktionsmuster der Anlage (Abb. 2) wurde im Oktober 2016 auf dem Versuchsgut Ruthe der Tierärztlichen Hochschule Hannover in Betrieb genommen. Gefüttert werden die Tiere mit einem rohfaserreichen, regional erzeugten Grundfuttermittel (Mais-, Weizen- oder Roggen-Ganzpflanzensilage). Durch diese Rohfaserkomponenten trägt das Sattfütterungssystem zum einen zur Verbesserung des Tierwohls durch gänzliche Freiheit von Hunger (und Durst) und damit verringerten Rankämpfen um Ressourcen bei, zum anderen wird eine Verschwendung energiereicher Futterkomponenten wirksam verhindert. Das Futter wird über eine modifizierte Flüssigfütterungsanlage in den beiden Fressbereichen vorgelegt. Damit die eingesetzten Futtermittel prozessfähig sind, werden sie vor der Silierung vermahlen.

Bei dem vorliegenden System handelt es sich (ähnlich dem der Abrufstation) um ein Großgruppenhaltungssystem. Wie die Ergebnisse der Umfrage zeigen, treten in größeren Gruppen weniger Situationen auf, die ein Herausnehmen einzelner Tiere aus der Gruppe hervorrufen. Die Tiere können „untertauchen“ und sind nicht ständig mit denselben Artgenossinnen konfrontiert, was Rankämpfe entschärft. Ein deutlicher Vorteil gegenüber der Abrufstation ergibt sich, da es zu keinen Rankämpfen vor der Schleuse kommt. Die Schleuse fungiert nur als „Nadelöhr“, welches schnell passiert werden kann, sodass davor keine Wartesituation mit mehreren Sauen zustande kommt. Zudem entspricht das System dem arttypischen Futteraufnahmeverhalten, da die Tiere ihr Futter in Kleingruppen im Fressbereich gemeinsam aufnehmen können.

Wie die Umfrage zeigt, haben schon einige Landwirte Erfahrungen mit dynamischen Gruppenhaltungsformen gesammelt und es bleibt zu hoffen, dass unter diesen Umständen auch die Ad-libitum-Flüssigfütterung wieder stärker in den Fokus der Tierhalter gerückt wird. Vorteile in Bezug auf eine ausgeprägtere Ruhe durch zufriedene Sauen im

Abteil, verbesserte Kotkonsistenz und verringerte MMA-Problematik durch die eingesetzten Rohfaserkomponenten sind zu erwarten.

Neben den Vorteilen für Tierwohl und Tiergesundheit ist durch die eingesetzten Futtermengen mit einer erhöhten Flüssigkeitsmenge zu rechnen. Vorversuche mit Maissilage ohne Sortierschleuse zeigen eine 1,6-fache Flüssigkeitsmenge bei Verdopplung des TS-Gehaltes auf acht Prozent. Der höhere TS-Gehalt sorgt dabei vermutlich für eine höhere organische Stickstoffbindung und dadurch verringerte NH_3 -Emissionen. Diese Hypothese muss allerdings durch Langzeit-Untersuchungen bestätigt werden.

Literatur

- Brede, W. (2010): Fütterungstechnik und Futterlagerung. In: Bauförderung Landwirtschaft (Hg.): Baubrief 48 Mastschweinehaltung. Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverlag, S. 51–56
- Hölscher + Leuschner (2016): Raumprogramm Sauwohl-Haltungsverfahren und Funktionsmuster Sortierschleuse
- Jais, C. (2012): Der Wartestall - Die Gruppenhaltung richtig gestalten. In: Bauförderung Landwirtschaft (Hg.): Baubrief 50 Sauenhaltung und Ferkelaufzucht. Deutscher Landwirtschaftsverlag, S. 66
- Sendig, S. (2003): Untersuchungen zum Einfluss des Tier-Fressplatzverhältnisses in der Gruppenhaltung tragender Sauen bei ad libitum Fütterung auf Leistung und Tiergerechtigkeit. Dissertation, Halle/Saale, im Selbstverlag
- Steffens, R. (2005): Gesundheit und Leistung von Sauen nach unterschiedlicher Fütterung in der Trächtigkeit (übliches Alleinfutter restriktiv im Vergleich zu trockenschnitzelreichem Mischfutter ad libitum). Dissertation, Hannover, im Selbstverlag
- TierSchNutzTV (2016): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tierschnutztv/gesamt.pdf>, zuletzt geprüft am: 28.03.2017
- Ziron, M. (2005): Einfluss der ad libitum bzw. rationierten Fütterung von Sauen über mehrere Trächtigkeiten hinweg auf unterschiedliche Verhaltens- und Leistungsparameter. Habilitationsschrift. Online verfügbar unter <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2007/4814/>, zuletzt geprüft am 28.03.2017

Förderungshinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

Betriebliche Eigenkontrolle in der Mastschweinehaltung – Bewertung der Durchführbarkeit anhand der Vorschläge aus der KTBL-Schrift 507

Operational self-control of fattening pigs – Assessment of feasibility based on proposals from KTBL document 507

SYLKE ORDEMANN, HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL

Department für Nutztierwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen; earkena@gwdg.de

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Untersuchung war es, die Vorschläge des KTBL zur Datenerhebung im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle in der Mastschweinehaltung hinsichtlich der Durchführbarkeit zu bewerten. Zusätzlich wurde ein eigener modifizierter Vorschlag zur Datenerhebung erstellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Beurteilungen derselben Schweine von verschiedenen Beurteilern häufig voneinander abwichen. Selbst die erneute Beurteilung von derselben Person lieferte selten dieselben Ergebnisse. Daraus ergibt sich, dass die Anwendung der Indikatoren konkretisiert und mit Beurteilungshilfen veranschaulicht werden sollte. Ein einheitliches Bewertungsschema für alle Indikatoren sowie die Erfassung aller Schweine haben die Aussagekraft bei dem modifizierten Vorschlag verbessert.

Summary

The aim of this study was to assess the feasibility of the KTBL's proposals for data collection within the scope of the operational self-control in fattening pigs. In addition, a modified proposal was drawn up.

The results show that the assessments of the same pigs differed widely from different assessors. Even the re-evaluation of the same person rarely produced the same results. It follows that the application of the indicators should be concretized and illustrated by means of assessment tools. A uniform assessment scheme for all indicators as well as the recording of all pigs has improved the meaningfulness of the modified proposal.

1 Einleitung

Nutztierhalter sind seit Februar 2014 nach § 11 Abs. 8 des Tierschutzgesetzes verpflichtet eine betriebliche Eigenkontrolle anhand von tierbezogenen Tierschutzindikatoren durchzuführen (TierSchG, 2016). Das Tierschutzgesetz enthält jedoch keine Verordnungsermächtigung zur Regelung von Inhalt, Umfang und Häufigkeit der betrieblichen Eigenkontrollen. Es wird lediglich gefordert, dass geeignete tierbezogene Merkmale, sog. Tierschutzindikatoren, erhoben und bewertet werden. Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) hat daraufhin die KTBL-Schrift 507 (2015) mit dem Titel „Tierschutzindikatoren – Vorschläge für eine betriebliche Eigenkontrolle“ herausgebracht.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Vorschlag des KTBL zur Datenerhebung im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle in der Mastschweinehaltung hinsichtlich der Durchführbarkeit zu bewerten und mit einem eigenen modifizierten Vorschlag zu vergleichen.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Bewertung der Schweine erfolgte an drei Terminen im Juli und August 2016 auf dem Versuchsgut der Georg-August-Universität Göttingen. Hierfür standen zwei baugleiche Abteile (200 Mastplätze) mit jeweils acht Buchten für je 25 Schweine zur Verfügung. In dem Versuchszeitraum waren die Schweine zwischen 15 und 23 Wochen alt und wogen zwischen 60 kg und 120 kg.

Die Beurteilung der Schweine erfolgte anhand der Vorschläge aus der KTBL-Schrift 507 „Tierschutzindikatoren – Vorschläge für eine betriebliche Eigenkontrolle“ (2015).

Zusätzlich zu den Vorschlägen des KTBL wurde ein eigener modifizierter Vorschlag erstellt und durchgeführt, der auf den Vorschlägen des KTBL basiert. Es wurden jedoch alle Schweine in jeder Bucht anhand der fünf Indikatoren beurteilt. Im Gegensatz zu den Vorschlägen des KTBL wurde bei den Indikatoren „Hautverletzungen und -schäden an allen Körperregionen“, „Verletzungen und Schäden an Schwanz und Ohren“ und „Lahmheit“ eine differenzierte Betrachtung vorgenommen (Tab. 1).

Die Datenerhebung wurde an drei Terminen im Abstand von jeweils zwei bis drei Wochen von insgesamt vier für die Tierbetreuung beschäftigten Personen vorgenommen. Am 1. und 2. Termin wurde die Beurteilung von jeweils einer Person durchgeführt. Am 3. Termin haben drei Personen gleichzeitig die Schweine beurteilt, wobei einer der Beurteiler auch die Bewertung am 1. Termin durchgeführt hatte. Aufgrund der objektiven Vergleichbarkeit von drei Personen am 3. Termin beschränken sich die aufgeführten Ergebnisse auf diese Beobachtungen. Die Bewertungen der Tiere (KTBL und modifizierter Vorschlag) wurde in zwei Abteilen, jeweils direkt aufeinander folgend, durchgeführt. Innerhalb des 3. Termins erfolgten die beiden Bewertungsrounds zunächst im Abteil 1 und anschließend im Abteil 2.

Bei der Auswertung der Ergebnisse erfolgte für jeden Indikator ein Vergleich des KTBL-Vorschlags mit dem modifizierten Vorschlag. Weiterhin wurde die Wiederholbarkeit zwischen und innerhalb der drei Beurteiler bewertet.

Tab. 1: Übersicht der Bewertungen pro Abteil nach dem Vorschlag des KTBL und dem modifizierten Vorschlag

Tab.1: Overview of the ratings per compartment according to the KTBL proposal and the modified proposal

Indikator	Vorschlag KTBL			Eigener modifizierter Vorschlag
	Anzahl Schweine je Bucht	Anzahl Buchten	Bewertung	
Sauberkeit	alle	3	Note 0, 1, 2 ¹⁾	alle Schweine in allen Buchten Note 0, 1, 2 ⁴⁾
Hautverletzungen und -schäden an allen Körperregionen	alle	3	Note 2 ²⁾	
Verletzungen und Schäden an Schwanz und Ohren	5	4	Anzahl der Tiere mit Verletzungen	
Lahmheit	alle	alle	Anzahl lahmer Tiere	
Magere Tiere/Kümmerer	alle	alle	mind. zwei Anzeichen ³⁾	mind. zwei Anzeichen ³⁾

¹⁾ Note 0: < 20 % der Oberfläche verschmutzt, Note 1: 20 bis 50 % der Oberfläche verschmutzt, Note 2: > 50 % der Oberfläche verschmutzt.

²⁾ Note 2: schwere oder viele Verletzungen und Schäden (offene und verheilte Wunden ≥ 5 cm, ≥ 15 leichte Verletzungen und Schäden).

³⁾ Anzeichen: offensichtliche kleine, hervorstehende Wirbelsäule; eingesunkene Flanke; lange Borsten; großes Gesicht mit eingesunkenen Augen.

⁴⁾ Note 0: keine Auffälligkeiten, Note 1: leichte Auffälligkeiten und Note 2: starke Auffälligkeiten (in Anlehnung an KTBL-Schrift 507, 2015).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die im Folgenden aufgeführten Ergebnisse beziehen sich auf das Abteil 2. Tiere in diesem Abteil wurden zeitlich nach den Tieren des Abteils 1 beurteilt. Zunächst erfolgte die Beurteilung nach dem modifizierten Vorschlag und im direkten Anschluss nach dem Vorschlag des KTBL.

3.1 Sauberkeit

Nach KTBL und modifiziertem Vorschlag erfolgt die Beurteilung der Sauberkeit in den Buchten 2, 5 und 8 nach dem gleichen Schema, so dass diese Daten für die Bewertung der Wiederholbarkeit innerhalb und zwischen den Beurteilern herangezogen werden können. Die Sauberkeit der Schweine wurde von den Beurteilern zum selben Zeitpunkt

unterschiedlich beurteilt. Die Beurteiler A und B haben den Großteil der Schweine mit Note 1 bewertet, während der Beurteiler C die Noten 0, 1 und 2 annähernd zu gleichen Teilen vergab. Die erneute Beurteilung derselben Schweine innerhalb einer Stunde von denselben Beurteilern brachte abweichende Ergebnisse. Die Beurteilung bei Beurteiler A war relativ konstant zwischen den Wiederholungen. Dieses kann damit begründet werden, dass er bereits Erfahrungen mit der Tierbeurteilung am 1. Bewertungstermin sammeln konnte. Bei Beurteiler B zeigten sich zwischen Note 0 und 1 sowie bei Beurteiler C zwischen Note 1 und 2 größere Abweichungen. Es scheint, dass es diesen beiden Beurteilern schwer fiel, die Noten 0 - 2 klar voneinander abzugrenzen (Abb. 1).

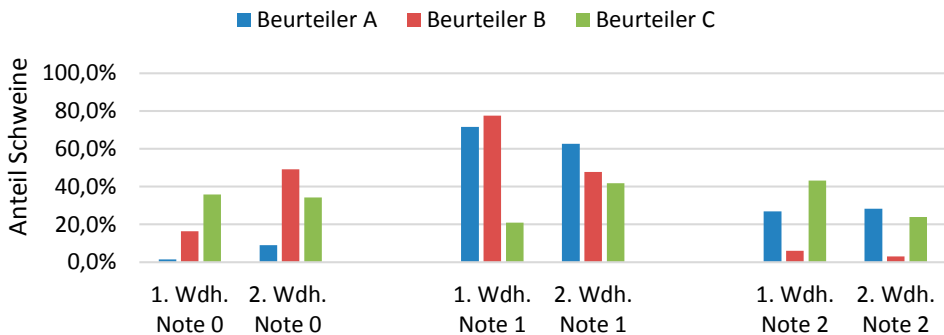


Abb. 1: Bewertung der Sauberkeit, Abteil 2, Buchten 2, 5, 8

Fig. 1: Assessment of cleanliness, compartment 2, pens 2, 5, 8

3.2 Hautverletzungen und -schäden an allen Körperregionen (ohne Schwanz und Ohren)

Hautverletzungen mit der Note 2 werden nach KTBL und modifiziertem Vorschlag identisch beurteilt, so dass für die Bewertung der Wiederholbarkeit die Daten der Buchten 2, 5 und 8 herangezogen werden können. Zwischen den drei Beurteilern unterschieden sich die Bewertungen der Hautverletzungen und Schäden an allen Körperregionen. Beurteiler B hat bei der 1. Wiederholung in keiner Bucht Schweine mit Verletzungen der Note 2 notiert. Bei der 2. Wiederholung hat er dagegen 16, 4 und 12 % der Tiere mit der Note 2 klassifiziert (Abb. 2).

3.3 Verletzungen und Schäden an Schwanz und Ohren

Nach dem Vorschlag des KTBL wurden nur 5 Tiere in 4 Buchten, beim modifizierten Vorschlag hingegen alle Tiere des Abteils bewertet. Zwischen den beiden Vorschlägen waren im Gesamtergebnis für das Abteil bei den Beurteilern A und B nur geringe Unterschiede festzustellen. Bei Beurteiler C war die Abweichung etwas größer. Die Gesamtergebnisse zwischen den Beurteilern lagen dagegen weiter auseinander. Den höchsten Wert hat Beurteiler B mit 35 % und den niedrigsten Beurteiler C mit 4 %. Beurteiler A lag zwischen den beiden anderen Beurteilern (Abb. 3).

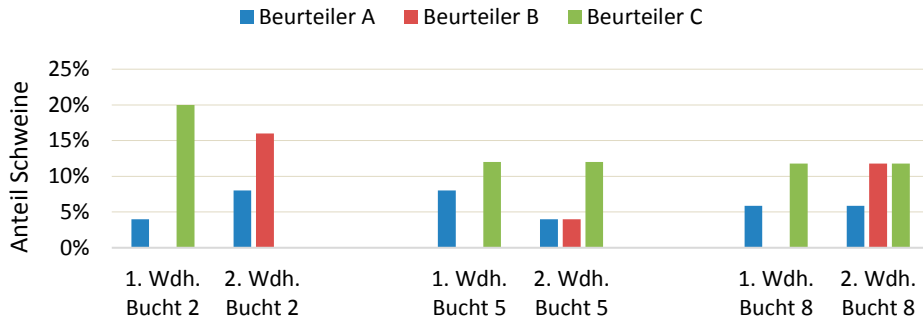


Abb. 2: Bewertung der Hautverletzungen und Schäden an allen Körperregionen mit Note 2, Abteil 2, Buchten 2, 5, 8

Fig. 2: Assessment of skin damage and damage to all body regions with grade 2, compartment 2, pens 2, 5, 8

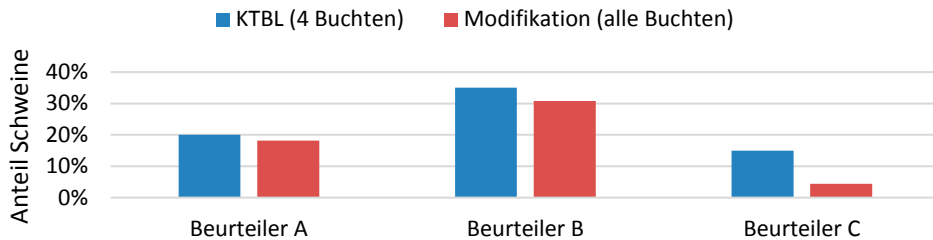


Abb. 3: Bewertung der Tiere mit Verletzungen und Schäden an Schwanz und Ohren nach KTBL (4 Buchten) und dem modifizierten Vorschlag (alle Buchten), Note 2, Abteil 2

Fig. 3: Assessment of animals with injuries and damage to tail and ears by KTBL (4 pens) and the modified proposal (all pens), grade 2, compartment 2

3.4 Lahmheit und magere Tiere

Nach KTBL und modifiziertem Vorschlag werden Lahmheit und magere Tiere identisch beurteilt. Für die Auswertung der Lahmheit wurden vom modifizierten Vorschlag die Tiere mit Note 1 und 2 zusammengefasst, da nach KTBL nicht nach Stärke der Lahmheit unterschieden wurde. Innerhalb des Untersuchungszeitraumes wurden wenig lahme Tiere festgestellt. Die Beurteiler B und C haben bei der 1. Wiederholung jeweils mehr lahme Tiere notiert. Bei Beurteiler C zeigt sich dies in einer Abweichung um 6 Schweine. Bis auf die 1. Wiederholung von Beurteiler C lagen die Bewertungen der 3 Beurteiler eng beieinander (Abb. 4).

Für den Indikator magere Tiere bzw. Kümmerer (Auseinanderwachsen) wurde kein Tier in dem Untersuchungszeitraum festgestellt.

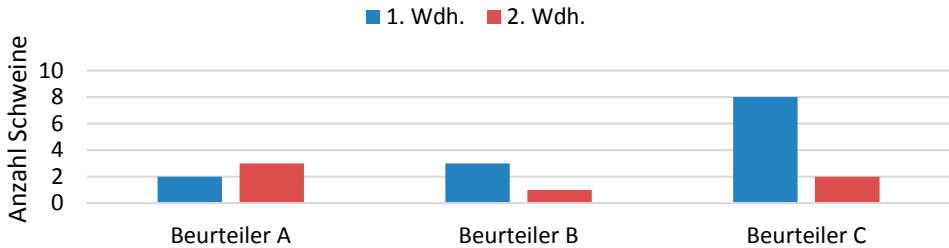


Abb. 4: Bewertung der Lahmheit, Abteil 2, alle Buchten

Fig. 4: Assessment of lameness, compartment 2, all pens

4 Schlussfolgerungen

- Für eine praktikable und aussagekräftige betriebliche Eigenkontrolle muss an den Vorschlägen der KTBL-Schrift 507 noch gearbeitet werden.
- Ein einheitliches Bewertungsschema für alle Indikatoren und die Beurteilung aller Schweine in einer Bucht könnten die Aussagekraft deutlich verbessern und die Durchführung für die Landwirte erheblich vereinfachen.
- Um Ergebnisse mit Referenzwerten vergleichen zu können und um die Wiederholbarkeit zu verbessern, wäre eine Schulung der Landwirte sinnvoll. Andernfalls könnte auch die Beurteilung von einer außerbetrieblichen, geschulten Person durchgeführt werden, wodurch zusätzlich die Möglichkeit bestünde, Betriebe untereinander zu vergleichen.

Literatur

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

TierSchG (2006): Tierschutzgesetz. Vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), geändert 18. Juli 2016 (BGBl. I S. 1666), <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>

Wirkung von Hitzestress auf das Wiederkauverhalten von Milchkühen

Effect of heat stress on rumination activity in lactating dairy cows

THERESA SIEMENS¹, GUNDULA HOFFMANN¹, SABRINA HEMPEL¹, CHRISTIAN AMMON¹,
JULIA HEINICKE¹, SEVERINO PINTO¹, THOMAS AMON^{1,2}, BARBARA AMON¹

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

² Freie Universität Berlin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Fachbereich Veterinärmedizin,
Robert-von-Ostertag-Str. 7–13, 14163 Berlin

Zusammenfassung

Zur Beurteilung von Hitzestress in frei gelüfteten Milchviehställen dienen tierspezifische Stressindikatoren und Studien zur Variabilität des Mikroklimas. Durch Veränderungen der Physiologie und des Verhaltens der Milchkühe und deren Verhalten (z.B. ein Abfall der Wiederkauaktivität) lassen sich Rückschlüsse auf den Einfluss des Klimas ziehen. Daher rückt die Wiederkauaktivität seit der Entwicklung ihrer automatischen Aufzeichnung zunehmend in den Vordergrund. Sie wird durch die Fütterungs- und Ruhezeiten der Tiere charakterisiert, aber auch klimatische Umweltbedingungen beeinflussen die Länge der Wiederkaudauer. Nachts, während der Ruhephasen der Kühe und der niedrigsten Temperatur-Feuchte-Indices, werden die längsten Wiederkauzeiten registriert. Nachmittags und in den Abendstunden nimmt die Wiederkaudauer am stärksten mit steigendem Temperatur-Feuchte-Index ab.

Summary

For identifying heat stress in naturally ventilated barns, animal-specific stress indicators and studies of the microclimatic variability are applied. Variations in the physiology and behaviour of lactating dairy cows (e.g., a decrease in rumination activity) can be used to investigate the influence of climate. Therefore, the rumination activity comes more into focus, since it can be recorded automatically. It is characterized by feeding and resting times of the animals, but it is also influenced by environmental conditions. The cows spend more time on rumination during the night, when they have their resting phase and the temperature humidity index (THI) is lowest. The rumination time decreases strongest with increasing THI during the afternoon and the evening.

1 Zielstellung

Das transnationale Projekt „OptiBarn“, das im Rahmen der FACCE ERA-NET Plus Initiative „Climate Smart Agriculture“ des 7. Forschungsrahmenplans (FP7) der Europäischen Kommission und durch die nationalen Kontaktstellen der Projektpartner gefördert wird, soll einen Beitrag zur Entwicklung regionaler, nachhaltiger Anpassungsstrategien für die Milchviehhaltung leisten. Der Fokus liegt hierbei auf einer optimierten, tierspezifischen Stallklimatisierung bei steigenden Temperaturen und erhöhter Klimavariabilität in frei gelüfteten Offenställen, da diese besonders vom Klimawandel betroffen sind.

Die Entwicklung und Realisierung von intelligenten Ställen und von Umweltkontrollsystemen stellen technische Lösungen für eine Verringerung der Emissionsbelastung und eine Optimierung des Klimas im Tierbereich dar. Hierzu werden Daten aus sensorbasierten Tierbeobachtungen, die beispielsweise auf der automatischen Aufzeichnung der Wiederkauaktivität beruhen, mit Daten aus numerischen Simulationen aus einem Grenzschichtwindkanal und aus Feldstudien kombiniert, um den Einfluss von klimatischen Randbedingungen auf das Stallklima und auf das Tierwohl in frei belüfteten Ställen zu quantifizieren. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen der Verbesserung von Managementstrategien, um Leistungseinbußen wie ein Abfall der Milchleistung zu verhindern.

2 Material und Methoden

Zur Erfassung von Stallklimadaten und Parametern physiologischer Reaktionen wie Vitalität und Verhalten erfolgten seit 2015 Untersuchungen in frei gelüfteten Ställen mit Hochleistungsmilchkühen in Deutschland, Spanien und Israel. Repräsentativ für diese Forschungen werden nachfolgend Ergebnisse vom Juni 2015 bis September 2016 von 00:00 bis 24:00 Uhr (GMT +0100H) am Beispiel der Messungen in einem Milchviehstall der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung e.V. in Groß Kreutz, Deutschland (etwa 56 km westlich von Berlin, 32 m über dem Meeresspiegel), dargestellt. Der Stall war 38,88 m lang und 17,65 m breit. In dem Liegeboxenlaufstall mit Tiefliegeboxen und planbefestigten Laufgängen waren durchschnittlich 50 Holstein Friesian Kühe (1. bis 8. Laktation) untergebracht. Die Gruppe behielt während des gesamten Experiments einen dynamischen Charakter. Daher kamen immer wieder Tiere in die Gruppe bzw. verließen diese. Die Fütterung der Tiere erfolgte zweimal am Tag gegen 05:30 Uhr und gegen 10:30 Uhr mit einer totalen Mischration. Um etwa 15:30 Uhr und 20:00 Uhr wurde für die Tiere nicht erreichbares Futter wieder an das Fressgitter herangeschoben. Die Kühe wurden zwei- bis dreimal täglich mit einem automatischen Melksystem (Lely Astronaut A4, Maassluis, Niederlande) gemolken. Die durchschnittliche Milchleistung lag bei $38,2 \pm 9,4$ kg Milch pro Kuh und Tag.

Temperatur und relative Luftfeuchte wurden in 5-Minuten-Intervallen an 8 Messpunkten im Stall in jeweils 3,4 m Höhe über dem Stallboden aufgezeichnet (Gerät: Easy-Log USB 2+ Sensoren von Lascar Electronics Inc., USA; Temperatur-Genauigkeit 1 °C für -35 °C bis +80 °C, Relative-Feuchte-Genauigkeit: 3,5 % für -20 °C bis +80 °C, 0 % bis 100 % relative Feuchte). Eventuell entstandene Datenlücken konnten mit Aufzeichnungen von 2 LogTags (HAXO-8, LogTag Recorders, Auckland, Neuseeland) ergänzt werden. Für die Bewertung der klimatischen Gegebenheiten kam der Temperatur-Feuchte-Index (THI) zum Einsatz.

Die Berechnung erfolgte mit der Formel vom NRC (1971):

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

Dabei beschrieb T die Lufttemperatur in °C und H die relative Luftfeuchtigkeit in %.

Für die Erfassung der tierindividuellen Wiederkauaktivität war jede Milchkuh im Stall mit einem mikrofonbasierten Sensor (Lely Qwes HR System, Lely S.à.r.l., Maassluis, Niederlande) am Halsband ausgestattet. Bei der Regurgitation von Boli zeichnete der Sensor, ausgelöst durch das spezifische Geräusch des Hochwürgens, die Wiederkau-dauer in 2-Stunden-Phasen als Gesamtzeit und mit Bezug zur Originalzeit auf. Diese Daten wurden über eine Antenne während der Melkzeiten ausgelesen und konnten dann mit der Lely T4C Herdenmanagementsoftware betrachtet und analysiert werden. 128.034 einzelne Datensätze ließen sich in die Auswertung integrieren.

3 Ergebnisse

Das Stallklima, hier repräsentiert durch den THI, hat das Wiederkauverhalten von laktierenden Milchkühen beeinflusst (Abb. 1). Charakterisiert wurde das Wiederkauverhalten vor allem durch die Fress- und Ruhephasen der Milchrinder. Alle Kühe kauten durchschnittlich 44 Minuten in 2 Stunden wieder. Über 24 Stunden ergab sich eine durchschnittliche Gesamtwiederkauzeit von etwa 523 Minuten. Während der Ruhephase in der Nacht von 22 bis 4 Uhr und bei geringem THI verbrachten die Tiere etwa 11 Minuten mehr Zeit mit dem Wiederkauen. Sie kauten im Durchschnitt während dieser Zeitspanne zwischen 53 und 57 Minuten wieder. Im Tagesverlauf fiel bei steigendem THI die Dauer des Wiederkauens ab, was vor allem in den Nachmittagsstunden und am frühen Abend beobachtet werden konnte. Auch in den frühen Morgenstunden wurden eher kurze Wiederkauzeiten erfasst, was vermutlich fütterungsbedingt war. In der Zeit von 6 Uhr morgens bis 18 Uhr abends konnten nur durchschnittliche Wiederkauzeiten unter 40 Minuten erreicht werden. Erst ab 20 Uhr stieg die Wiederkaudauer erneut an und blieb dann in der Nacht konstant hoch.

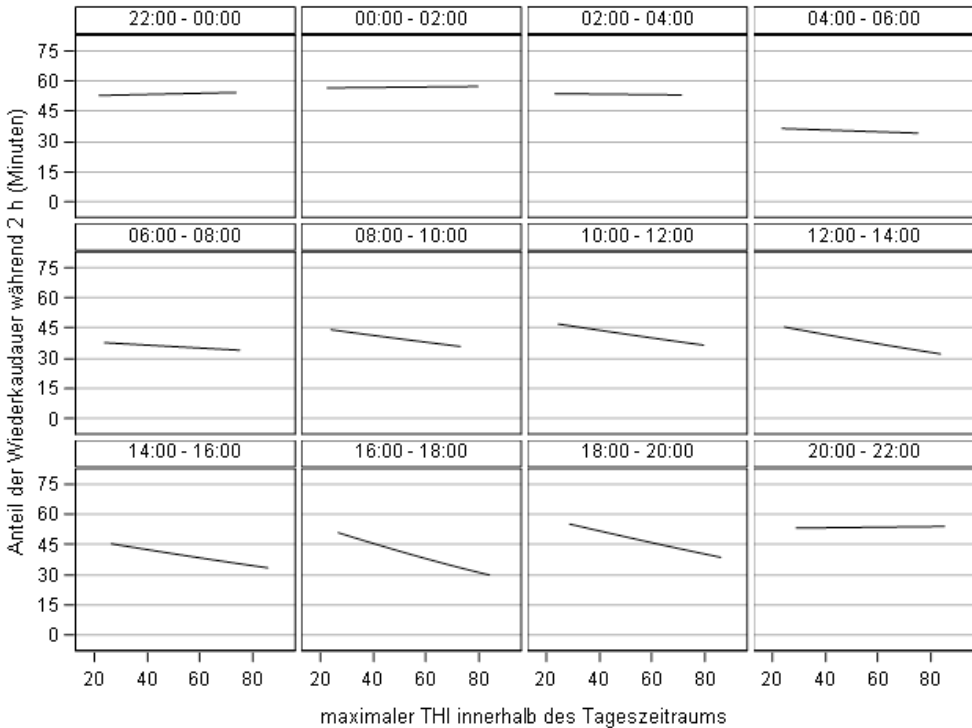


Abb.1: Durchschnittliche Wiederkaudauer von Hochleistungsmilchkühen in 2-Stunden-Perioden in Abhängigkeit vom THI über 24 Stunden

Fig. 1: Proportion of rumination time in lactating dairy cows during 2-hour periods depending on THI over 24 hours

4 Schlussfolgerungen

Die automatische Erfassung der Wiederkauzeiten eröffnet für die Forschung neue und innovative Möglichkeiten zur Analyse des Tierverhaltens unter Berücksichtigung der Beeinflussung durch externe Faktoren, wie z.B. das Klima. Durch die schnelle Verfügbarkeit der Wiederkaudaten können Landwirte zeitnahe und angepasste Managementmaßnahmen ergreifen, um Stresssituationen zu verhindern. Durch die Automatisierung bedarf es keines zusätzlichen Personals. Allerdings sollte der richtige Sitz des Sensors am Halsband regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden, um eine optimale Aufnahmefähigkeit zu gewährleisten. Zukünftige Forschungen sollten sich auch auf die Einbeziehung tierbezogener Faktoren wie beispielsweise die Milchleistung, Körperposition etc. konzentrieren, da diese eventuell einen Einfluss auf die Wiederkauaktivität nehmen können.

Literatur

NRC (National Research Council) (1971): A Guide to Environmental Research on Animals.
National Academy of Sciences

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung (LVAT) e.V. in Groß Kreutz für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Studie. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes OptiBarn (Förderung: FACCE-ERANET+ Initiative "Climate Smart Agriculture") durchgeführt. Des Weiteren gilt unser Dank der CAPES Förderagentur für Hochschulbildung (Brasilien).

Auswirkungen von eingeschränkten Laufwegen auf Verhaltens-, Aktivitäts- und Herzfrequenzvariabilitätsparameter von Milchkühen

Effects of restricted walkways on behaviour, activity and heart rate variability parameters of dairy cows

MAREN KRÄMER¹, MARIT GROSSE-BRINKHAUS¹, LEONARD MANDTLER²,
LUTZ PLÜMER², WOLFGANG BÜSCHER¹, UTE MÜLLER³

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

² Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Institut für Geodäsie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, 53115 Bonn

³ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn

Zusammenfassung

Wie in der Literatur hinreichend beschrieben, steht das Haltungssystem von Milchkühen in direktem Zusammenhang mit einer guten Tiergesundheit und dem Wohlbefinden. Aktuelle Haltungsempfehlungen geben an, dass ein eingeschränkter Kuhverkehr, durch zum Beispiel Behinderungen in den Laufwegen, zu Stressbelastungen bei Kühen führt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Einfluss von eingeschränkten Laufwegen (EL) auf Verhaltens-, Aktivitäts- und Herzfrequenzvariabilitätsparameter von Milchkühen untersucht. Alle untersuchten Daten weisen keinen erkennbaren Einfluss der eingeschränkten Laufwege auf die ermittelten Parameter auf.

Summary

As documented in the literature, the housing system of dairy cows is directly related to good animal health and well-being. Current recommendations concerning the housing of dairy cows suggest that restricted cow traffic, for instance by disabilities in the walkways leads to stress in cows. In this study, the influence of restricted walkways (EL) on behaviour, activity and heart rate variability parameters of dairy cows was investigated. The data examined shows no recognisable influence of the restricted walkways on the determined parameters.

1 Einleitung

Das Wohlbefinden von Milchkühen steht in zunehmendem Interesse der Verbraucher, aber auch bei den Milchviehhaltern, den landwirtschaftlichen Beratern und den Tierärzten. Bei der Betrachtung des Wohlbefindens spielen drei verschiedene Bereiche eine Bedeutung: Der biologische und der affektive Zustand des Tieres sowie die Möglichkeiten des Tieres, die ihm erlauben ein natürliches Leben zu führen (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 2010). Der biologische Zustand beinhaltet Krankheiten, der affektive Zustand beschreibt die Gefühle des Tieres und der dritte Punkt befasst sich mit den Haltungsbedingungen der Milchkühe.

Haltungsbedingungen haben demnach einen wesentlichen Einfluss auf das Befinden der Milchkühe. Zur Verbesserung der Haltungssysteme von Milchkühen im Hinblick auf das Tierwohl ist sowohl das Erkennen als auch das Erheben von Stress wichtig (Kovacs et al., 2014). In diesem Zusammenhang können verschiedene Indikatoren/Bewertungssysteme zur Beurteilung von Wohlbefinden herangezogen werden: The Welfare Quality® Assessment Protocol, Tiergerechtheitsindex, DLG-Checklisten, etc. Besonders bei Hochleistungskühen ist die Überwachung und Minderung von Stress für das Tierwohl und die Produktion von größter Bedeutung, da diese sehr sensibel auf Umweltfaktoren reagieren (Kovacs et al., 2014).

Im Rahmen der eigenen Studie werden verschiedene Daten von Sensoren am Tier zur Beurteilung von Belastungen bei Tieren herangezogen. Mit Hilfe von innovativen Sensoren und intelligenten Analysemethoden soll ein objektiver Zugang zu inneren Zuständen der Tiere ermöglicht werden. Die Sensordaten lassen sich drei Ebenen zuordnen:

- Bewegungs- und Verhaltensdaten (CowView-Trackingdaten, Aktivität, Liegezeiten, Laufstrecken, Futter- und Wasseraufnahmeverhalten)
- Daten zur Beurteilung des Herz-Kreislaufsystems (Herzrate (HR) und Herzratenvariabilitätsparameter (HRV))
- Leistungsdaten (Milchmenge, Milchinhaltsstoffe und Futter- und Wasseraufnahme)

Mit Hilfe dieser Daten wird im Rahmen der eigenen Studie der Einfluss von Haltungsstrategien auf das Verhalten und Wohlbefinden von Milchkühen objektiv beurteilt. Die gesamte Untersuchungsreihe verfolgt das Ziel, ein Modell zur Bewertung des Tierwohl-Status bei verschiedenen Haltungsformen zu erstellen. Aktuelle Haltungsempfehlungen in der Milchviehhaltung warnen ausdrücklich vor Barrieren in den Laufwegen. Es besteht die Gefahr, dass rangniedere Tiere ranghöheren Kühen nicht ausweichen können und dies zu einer vermehrten Stressbelastung der Tiere führt (Arbeitsgruppe Rinderhaltung, 2007; von Borell, 2002; Haidn und Leicher, 2015; Jungbluth et al., 2005).

Ziel der ersten Voruntersuchung war es, die Frage zu klären, ob eingeschränkte Laufwege bzw. ein eingeschränkter Kuhverkehr zu Belastungen bei den Tieren führen bzw. diese in ihrem Wohlbefinden einschränken.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchstiere

Die Datenerhebung zur vorliegenden Studie wurde an der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn durchgeführt. Die Untersuchung basiert auf den Daten von 60 Holstein-Friesian-Kühen mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 10.353 kg pro Tier und Jahr. Die Herde setzt sich zusammen aus Kühen, die sich in der ersten bis hin zur achten Laktation befinden. Die Futtervorlage für die Milchkühe erfolgte zweimal täglich und ad libitum, gefüttert wird eine Totale Mischration über fest installierte Wiegetröge der Fa. Insentec (Marknesse, Niederlande). Der Melkstand, ein Doppel-4er-Durchtreibe-Melkstand, befindet sich in einem separaten Melkhaus mit einem offen angelegten Wartehof.

2.2 Versuchsdurchführung und Methode zur Sensormessung

Die Erfassung der einzelnen Parameter erfolgte an 44 zusammenhängenden Tagen im Mai und Juni 2016. Die Versuchsherde wurde für diesen Zeitraum in zwei homogene Gruppen (I und II) unterteilt, wobei in jeder Gruppe in verschiedenen Versuchsphasen (VP) die Laufwege eingeschränkt wurden (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsphasen mit Bezeichnung und Dauer

Tab. 1: Trial periods with description and duration

VP	Bezeichnung	Dauer (Tage)
I	Kontrolldaten vor Stalltrennung in zwei Gruppen	7
II	Stalltrennung und Kontrolldaten ohne Laufwegeinschränkung	14
III	Laufwegeinschränkung Gruppe II	5
IV	Zwischenbasisdaten ohne/nach Laufwegeinschränkung	2
V	Laufwegeinschränkung Gruppe I	5
VI	Kontrolldaten nach Laufwegeinschränkung	4
VII	Kontrolldaten ohne Gruppeneinteilung	7

Die erhobenen Daten wurden zur Bewertung von Belastungen bei den Tieren drei Ebenen zugeordnet. Bewegungs-, Verhaltens- und Leistungsdaten konnten für die gesamte Versuchsherde ausgewertet werden. Alle Tiere sind mit Pedometern und dem Lokalisierungssystem CowView der Fa. GEA Farm Technologies (Bönen, Deutschland) ausgerüstet. Des Weiteren ist die gesamte Herde mit einem am Halsband befindlichen Sensor zur Bedienung der Wiegetröge ausgestattet. Weitere produktionsbezogene Daten der Milchkühe konnten dem internetbasierten Kuhdatenmanagementsystem „KuhDaM“ des Versuchsstalls entnommen werden. Aufgabe dieser Datenbank nach Büscher et al. (2010) ist es, große Datenmengen aus dem Herdenmanagementsystem (DairyPlan C21 der Fa. GEA Farm Technologies) und der übrigen Prozesstechnik vom Einzeltier beständig zu speichern. Die Datenerfassung beinhaltet die Bereiche Stammdaten, Fütterung, Fruchtbarkeit, Milch und Gesundheit. Pro Versuchsgruppe wurden sechs bzw. sieben Fokus-

tiere ausgewählt und mit einem Herzfrequenz-Sensor der Fa. POLAR Electro GmbH (Büttelborn, Deutschland) (Gerätetyp RS800 CX) und Accelerometern der Fa. Gulf Coast Data Concepts (USA) (am Fesselgelenk des Vorderbeins befestigt) ausgestattet. Für die Herzfrequenzmessungen wurde den Fokustieren ein Gurt mit zwei Elektroden (linksseitig aufliegend und mit Ultraschallgel benetzt) kranial um den Thorax gelegt. Zweimal täglich, zu den Melkzeiten, wurden die erhobenen kardiologischen Daten auf einen Computer gespielt und alle Sensoren mussten kontrolliert und ggf. neu justiert werden.

2.3 Statistische Analyse

Die für die statistische Analyse notwendige Aufbereitung und Zusammenführung der Daten erfolgte mit Hilfe von den Programmen Microsoft Office Excel 2013, Polar Pro Trainer 5 Software Version 5.4.002, Kubios HRV Version 2.2 und MATLAB R2015a Version 8.5.0.197613. Die statistische Auswertung der Daten wurde mit dem Programm IBM SPSS Statistics Version 24 durchgeführt.

Zur Überprüfung des Einflusses der EL auf die Bewegungs-, Verhaltens-, Herz-Kreislauf- und Leistungsdaten wurden verschiedene Testverfahren und Modellansätze verwendet. Der Vergleich der beiden Gruppen mit und ohne Einschränkung erfolgte zunächst innerhalb der Phasen II bis VI mit Hilfe von gemischten linearen Modellen mit dem Datum, der Gruppe und der Laktations-Nr. als feste Effekte sowie der Interaktion Datum*Gruppe. Für anschließende paarweise Vergleiche wurde der Bonferroni-Test angewandt, d.h. unter Berücksichtigung der Alpha-Korrektur. Zusätzlich zu dem Vergleich des Verlaufs innerhalb jeder Phase wurde die Ausprägung der verschiedenen abhängigen Variablen pro Gruppe und Tag sowie der Vergleich der Tage unmittelbar vor und nach der Laufwegveränderung pro Gruppe mit Hilfe des t-Tests unter Berücksichtigung der Varianzhomogenität verglichen (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$).

3 Ergebnisse

Die Auswertung der Leistungsdaten ergab für die Herde eine mittlere Milchleistung im Versuchszeitraum von $32,6 \pm 8,8 \text{ kg Tag}^{-1}$, wobei sich die beiden Gruppen signifikant ($p < 0,05$) voneinander unterschieden: Gruppe I mit $31,4 \pm 7,7 \text{ kg Tag}^{-1}$ vs. Gruppe II mit $33,7 \pm 9,7 \text{ kg Tag}^{-1}$. Dieser deutliche Unterschied war zum Zeitpunkt der Einteilung der Tiere in die beiden Gruppen nicht erkennbar. Im Mittel fraßen die Tiere $42,3 \pm 8,4 \text{ kg Frischmasse Tag}^{-1}$ mit einer mittleren Futteraufnahmezeit von $218,1 \pm 57,3$ Minuten und 54 ± 23 Trogbesuchen. Bezogen auf die einzelnen Parametergruppen haben die ersten (noch nicht abgeschlossenen) Auswertungen folgendes ergeben: Die Analyse der Herzrate und der Herzratenvariabilitätsparameter (insb. RMSSD-Root Mean Square of Successive Differences) haben gezeigt, dass durch die Einschränkung der Laufwege in den jeweiligen Versuchsphasen kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) zwischen den Gruppen mit und ohne EL festzustellen war. Die Herzrate lag, bis auf einzelne Ausschläge, innerhalb des Normalbereichs zwischen 70 und 90 S min^{-1} (Engelhardt et al., 2010). Die Herzrate unterschied sich aber signifikant ($p < 0,05$) bei Tieren unterschiedlicher

Laktationen. Die Färsen hatten eine mittlere Herzrate von $83,9 \pm 3,4 \text{ S min}^{-1}$ und Kühe in der achten Laktation von $78,3 \pm 4,8 \text{ S min}^{-1}$. Die bisherige Auswertung der CowView-Daten, d.h. einem Großteil der Bewegungs- und Verhaltensdaten, von allen Tieren hat ergeben, dass sich bei den Variablen „Stehen“, „Gehen“, „Aufenthalt in der Liegebox“, „Aufenthalt am Futter-/Wassertrog“ (min Tag^{-1}) und der zurückgelegten „Distanz“ (m Tag^{-1}) kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) durch die EL zeigte. Unabhängig von den EL waren die Werte der Gruppe mit der signifikant höheren Milchleistung auch bei den CowView-Daten entsprechend signifikant verschieden: Kühe aus Gruppe I hielten sich im Mittel $747,4 \pm 105,5 \text{ min Tag}^{-1}$ in der Liegebox auf und Kühe aus Gruppe II $813,1 \pm 147,9 \text{ min Tag}^{-1}$. Dieser Unterschied war auch bei der Gruppe mit der höheren Milchleistung in einer signifikant höheren Futter- und Wasseraufnahme ($p < 0,05$) wiederzufinden. Bei Analyse der Bewegungs- und Verhaltensdaten zeigte sich, wie auch bei den kardiologischen Daten, ein signifikanter Einfluss durch das Alter bzw. die Laktationsnummer der Tiere. Wobei z.B. die jüngeren Tiere längere Distanzen (erste Laktation $304,8 \pm 77,6 \text{ m Tag}^{-1}$ vs. achte Laktation $245,2 \pm 121,7 \text{ m Tag}^{-1}$) zurücklegten und gleichzeitig weniger Zeit in den Liegeboxen verbrachten (erste Laktation $799,6 \pm 117,6 \text{ min Tag}^{-1}$ vs. achte Laktation $1016,8 \pm 257,8 \text{ min Tag}^{-1}$). Die Auswertung der jeweiligen Pedometer-Aktivitätsdaten ergab entsprechende Ergebnisse. Die Analyse der Liegezeiten (h Tag^{-1}), welche von den Fokustieren durch die Accelerometer berechnet werden konnten, korrespondierten mit den CowView-Daten: kein Unterschied durch die EL, aber ein Einfluss durch die Milchleistung und das Alter. Die Tabelle 2 zeigt die komprimierten Wertebereiche einzelner Parameter (ohne Angabe von Datum, VP etc.) für die Tiere in den Zeiträumen mit und ohne EL.

Tab. 2: Untersuchung der Sensordaten im Versuchszeitraum auf Unterschiede zwischen den Gruppen. Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD).

Tab. 2: Examination of the sensor data in the experimental period on differences between the groups. Mean values (MW) and standard deviations (SD).

Parameter	Einheit	Tiere ohne EL MW $\pm$ SD	Tiere mit EL MW $\pm$ SD
Herzrate ^b	s/min	$80,8 \pm 5,9$	$82,1 \pm 10,3$
HRV Parameter RMSSD ^b	ms	$11,8 \pm 8,8$	$13,7 \pm 10,5$
Stehen ^a (CowView)	min Tag ⁻¹	$173,2 \pm 98,8$	$189,7 \pm 109,3$
Gehen ^a (CowView)	min Tag ⁻¹	$127,1 \pm 60,2$	$128,5 \pm 56,3$
Distanz ^a (CowView)	m Tag ⁻¹	$270,9 \pm 113,8$	$272,9 \pm 121,2$
Aufenthalt in der Liegebox ^a (CowView)	min Tag ⁻¹	$807,5 \pm 283,4$	$781,7 \pm 284,4$
Aufenthalt am Futter-/Wassertrog ^a (CowView)	min Tag ⁻¹	$183,3 \pm 101,1$	$181,2 \pm 100,9$
Futterraufnahme ^a	kg FM Tag ⁻¹	$43,9 \pm 7,7$	$44,1 \pm 7,6$
Wasseraufnahme ^a	kg Tag ⁻¹	$82,9 \pm 20,9$	$84,9 \pm 20,5$
Liegen ^b (Accelerometer)	h Tag ⁻¹	$10:00 \pm 03:21$	$09:35 \pm 03:44$
Aktivitätsrate ^a (Pedometer)	Summe Tag ⁻¹	$317,5 \pm 95,9$	$326,1 \pm 108,2$

^a n = 60 Tiere, ^b n = 13 Fokustiere

4 Schlussfolgerung

Anhand der analysierten Daten kann festgestellt werden, dass die EL das Tierwohl nicht beeinträchtigen. Bei vergleichender Betrachtung von kürzeren Intervallen der untersuchten Daten, nach unmittelbarer Umstellung der Haltungsbedingung, lassen sich unmittelbare Anpassungs- bzw. Adaptationsreaktionen der Tiere feststellen. Für das Tier gibt es mehrere Möglichkeiten sich an die vorherrschende Situation anzupassen, die unterschiedliche Folgen für die Fitness und das Wohlbefinden des Tieres haben (Broom, 1991). Bei einer erfolgreichen Anpassung an die vorherrschenden Bedingungen ist das Wohlbefinden nicht beeinträchtigt. Besonders wurden in diesem Zusammenhang die kardiologischen Daten betrachtet, da aufgrund der Langzeitmessung (24/7) keine vergleichbaren Angaben hierzu in der Literatur zu finden sind. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich das generelle experimentelle Design und die Auswertungsmethode als gut erwiesen haben und in zukünftigen Versuchen wieder auf dieselbe Weise angewendet werden können. Des Weiteren sollte in zukünftigen Untersuchungen bei der Versuchsgruppeneinteilung wesentlich die Milchleistung berücksichtigt werden, um zum einen Unterschiede zwischen den Gruppen zu vermeiden und zum anderen reagierte die höherleistende Gruppe tendenziell empfindlicher auf Veränderungen.

Literatur

- Arbeitsgruppe Rinderhaltung (Hrsg.) (2007): Tierschutzleitlinie für die Milchkuhhaltung. Hannover
- Büscher, W.; Müller, U.; Müller, P. und Stamer, E. (2010): Informationsmanagement in der Milchviehhaltung – am Beispiel der Milchviehherde „Frankenforst“ der Universität Bonn. 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 27.09.-01.10.2010, Leipzig, S. 179-183
- Broom, D.M. (1991): Animal welfare: concepts and measurement. J Anim Sci 69, 4167-4175
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Hrsg.) (2010): Milchviehhaltung. Erfolgsfaktoren für Spitzenbetriebe. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Engelhardt, W.V.; Breves, G.; Aurich, C. (Hrsg.) (2010): Physiologie der Haustiere. 3. Aufl., Enke, Stuttgart
- Haidn, B. und Leicher, C. (2015): Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls im Milchviehstall. In: Wendl, G. (Hrsg.): Milchviehhaltung – nachhaltig und zukunftsorientiert. Schriftenreihe, LfL, Freising-Weihenstephan, S. 15-40
- Jungbluth, T.; Büscher, W.; Krause, M. (Hrsg.) (2005): Technik Tierhaltung. 1. Aufl., Ulmer, Stuttgart
- Kovacs, L.; Jurkovich, V.; Bakony, M.; Szenci, O.; Poti, P.; Tozser, J. (2014): Welfare implication of measuring heart rate and heart rate variability in dairy cattle: literature review and conclusions for future research. Animal 8, pp. 316-330
- Von Borell, E.H. (2002): Haltungsansprüche von Rindern und Pferden. Archiv Tierzucht 45, S. 80-94

Development of a speed sensitive rotor for a forage wagon

Entwicklung eines drehzahlempfindlichen Schneidrotors für einen Ladewagen

MEHMET EVRENOSOGLU¹, HAMDI BILGEN²

¹ Hisarlar Machinery, Hisarlar Agricultural R & D Center, Hisar mah., 1042 sok. No:1 Tepebaşı, Eskişehir, Turkey; mehmetevrenosoglu@hisarlar.com.tr

² Ege University, Agricultural Faculty, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, 35100, Bornova, İzmir, Turkey

Summary

The new generation of forage wagons is widely used all around the world. The wagons now have a high speed rotor which has precise cutting features for silage fermentation process. Therefore forage wagons are more productive as they do not require a self-propelled harvester. Also their transport floor improves the homogenous distribution on the silo surface and enables better silage compaction levels.

In the study a forage wagon with 16 m³ was mechanically designed and constructed with ISOBUS features between the wagon and the tractor. The silage wagon's ISOBUS system was programmed with an algorithm (ISO-XML database control system) that detects in-field speed from the tractor and automatically adjusts the speed of the wagon rotor on the pick-up unit. The chopped material theoretical length of cut (TLC) decreased from 55 mm to 35 mm (average 12 %; non-automated to automated) in all field speeds (5, 7, 9 km h⁻¹). The sensitive of the system to speed changing was precise.

Zusammenfassung

Die neue Generation Ladewagen werden weltweit eingesetzt. Die Wagen bestehen nun aus einem Hochgeschwindigkeit-Schneidrotor, der präzise Schneideigenschaften für die Gärung aufweist. Deshalb sind die Ladewagen produktiver, da sie keine selbstangetriebenen Erntemaschinen benötigen. Auch ihr Kratzboden verbessert die homogene Verteilung auf der Silooberfläche und ermöglicht eine bessere Verdichtungsstufe im Silo. In der Studie wurde ein Futterwagen mit 16 m³ mechanisch entworfen und mit ISO-Bus-Funktionen zwischen dem Wagen und dem Traktor gebaut. Das ISO-Bus-System des Ladewagens wurde mit einem Algorithmus (ISO-XML Datenbank-Steuerungssystem) programmiert, das die Feldgeschwindigkeit vom Traktor erfasst und automatisch die Geschwindigkeit des Schneidrotors an der Pick-up-Einheit anpasst. Die theoretische Schnittlänge des gehäckselte Materials (TLC) sank von 55 mm auf 35 mm (durchschnittlich 12 %, nicht automatisiert auf automatisiert) in allen Feldgeschwindigkeiten (5, 7, 9 km h⁻¹). Die Empfindlichkeit des Systems auf Geschwindigkeitswechsel war präzise.

1 Introduction

Precision agriculture (PA) is a new management strategy for the electronic settlement of Agriculture. PA has led to the intensification of research of the sensors and communication network providing precise controlling in crop farming and livestock mechanization. However the hardware in recent years, incompatibility between the software and the data format have become a major problem. These issues are standardized in accordance with ISO 11783 and ISOBUS (International Standardization Organization Binary Unit System) has begun to overcome amongst the other systems (Hall, 2010).

The importance of electronic and information technologies in agricultural mechanization were realised late. In 1991 a sub-committee named SC19 under supervision of ISO TC 23 board members was formed and started to study the operational requirements on the agriculture machines working in the field. This committee held a working group, which easily adapted electronic applications into mounting equipment. This working group consisted of research and development personal from many countries (Denmark, Germany, France, England, Holland, Canada and USA). After they put on systems it required a universal standard in order to solve problems of different manufacturers and implements. This universal standard required a network infrastructure so that it can communicate between many instruments with different brands being able to set-up agricultural machinery automation systems. The first version of such standard begun in 2001. In order to insert a device into a tractor, it requires an installation that can orient commands between the equipment and tractor cab. Once the equipment changes the whole commanding/monitoring infrastructure requires change too. Another issue was that every individual equipment requires a specific monitoring device, making it harder for the operator to use. In the modern ISOBUS system every equipment can be monitored with the same panel and does not require a transfer of the infrastructure between tractors. Every implementation that is stored in the ISOBUS library once plugged to the ISO-system is identified and necessary data flows from the network on the virtual terminal (VT). Professional users demand more brand independent systems every day (Barnett, 2014). Therefore, it is possible for systems to operate between same brand tractor same brand equipment, tractor owned different brand equipment, same or different brands tractor/equipment with common agricultural management system interface. It is also possible for such systems to detect malfunctions/errors in or out of field operations. This system also informs after sales and prevents late repairs and provides lower maintenance costs for customers. ISOBUS uses CANBUS infrastructure, but CANBUS baud rate is too high and data transfer rate is very long (up to 6500 m, ISOBUS is only 40 m). ISOBUS is concentrated on agricultural mechanization and many equipment are being standardized on this field. More brands and more devices also provide flexible solutions for farmers and other users (Robson et al., 2009).

2 Materials and methods

In the study a forage wagon with 16 m³ was mechanically designed (Fig. 1) and constructed (Fig. 2) with ISOBUS features between the wagon and the tractor. The silage wagon's ISOBUS system was programmed with an algorithm that detects in-field speed from the tractor and automatically adjusts the speed of the wagon rotor on the pick-up unit. The rotor has 750 min⁻¹ from tractor power take off (PTO).

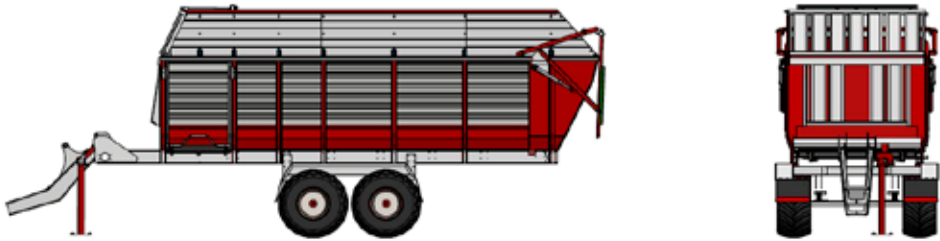


Fig. 1: Design of forage wagon

Abb. 1: Design des Futterwagens



Fig. 2: Forage wagon prototype

Abb. 2: Futterwagen-Prototyp

The ISOBUS components between tractor and wagon were installed (Fig. 3). After the installation ISO-XML database control system was controlled with an algorithm installed. This algorithm works as a variable rate technology (VRT). VRT detects the speed of the tractor with the information coming from tractor electronic control unit and controls the power take-off speed in order to have precise rotor speed on the material. The silage wagon rotor in non-automated trials could not chop precise due to the material passing through faster behind the knives and as a result of that theoretical length of cut increase.

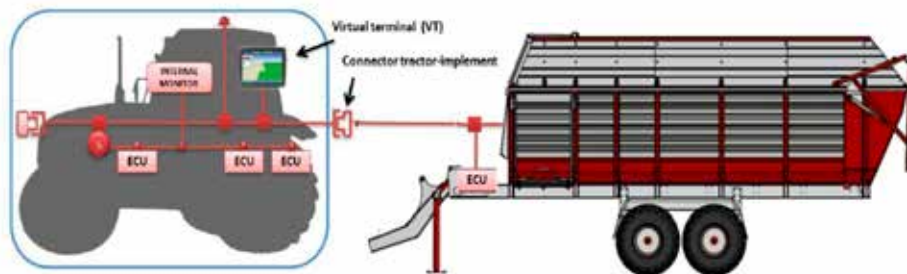


Fig. 3: Main components of ISOBUS system in tractor-machine combination

Abb. 3: Hauptkomponenten des ISOBUS-Systems in der Traktor-Maschinen-Kombination

The field tests were done in alfalfa field (11 ha) with 3 different in-field speeds and the sampled materials were then analyzed by the help of a 5-pan sieve screen separator (Fig. 4). The in-field speeds were (5, 7, 9 km h⁻¹) and PTO rotation was 750 min⁻¹. TLC was determined and compared with speeds without ISOBUS controlled and with ISOBUS controlled.



Fig. 4: Screen separator for forage (5 square type pan)

Abb. 4: Abscheider für Futter (5 quadratische Pfannen)

3 Results and discussion

After the evaluation of the samples, it was found out that the reaction of the rotor to the changing speeds were precise. The automated trials showed that the length of cut was concentrated in smaller sieve (sieve 4: 20-40 mm) rather than non-automated method concentrated on sieve 3 (Tab. 1).

Tab. 1: The samples particle distribution on the screen separator

Tab. 1: Proben der Partikelverteilung auf dem Separator

	Sieve No Speed (km h ⁻¹)	1 > 80 mm	2 60–80 mm	3 40–60 mm	4 20–40 mm	5 10–20 mm
Non-automated	5	4.4	11.8	59.8	47.7	24.2
	7	4.1	9.1	51.5	36.4	24.4
	9	2.2	4.6	45.0	34.4	22.9
Automated	5	-	5.7	49.2	53.4	27.3
	7	-	5.3	45.9	50.7	27.7
	9	-	5.2	34.8	44.2	27.7

4 Conclusion

The chopped material theoretical length of cut (TLC) decreased from 55 to 35 mm (average 12 %; non-automated to automated) in all field speeds (5, 7, 9 km h⁻¹).

This system also helps the operator to have more free drive as the driver does not need to adjust speed according to the yield of the grass. This also saves fuel as the level of speed is constant according to conventional operations. The fine tuned cutting is also known to improve fermentation processes and alter the feed metabolic energy. It will also become easier and with less energy requirements to compact fine cut material.

The study will continue with different forage materials and other possible variable rate technology applications will be investigated.

Literature

- Barnett, R. (2014): The Future farming: ISOBUS. Kverland Group Publishing, BV, Norway
- Hall, Z. (2010): Isobus – the CAN based network system for agriculture and forestry machines. Can, Newsletter-1
- Robson et al. (2009): ISO 11783 Standard: Procedures for serial Data Communication between Implement ECU with Task Controller. International Commission of Agricultural and Biological Engineers, Section V, p. 1–20, Argentina

Online-Erkennung von Ferkelerdrückung mit Vokalisationsanalyse und Kontextdaten

Online detection of piglet crushing using vocalisation analysis and context information

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

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

³ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie, Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Zusammenfassung

Ferkelerdrückung ist ein grundlegendes ökonomisches und ethisches Problem der Ferkelerzeugung. Das natürliche Verhalten der Sau wäre, eingeklemmte Ferkel durch einen Lagewechsel zu befreien. Dieses Verhalten wird jedoch nicht von allen Tieren gezeigt. Es durch aversive Stimulationen zu fördern, wäre ein alternativer Ansatz zur Verringerung der Ferkelsterblichkeit. Die vorliegende Studie untersucht die Eignung von Vokalisationsanalyse zur Identifikation von Erdrückungssituationen. Die Ergebnisse zeigen, dass solche Vokalisationsereignisse und sonstige stressbezogene Vokalisation in einem Verhältnis von 1 : 140 auftreten. Durch Verwendung von Kontextfiltern könnte die Spezifität der Erdrückungserkennung auf über 95 % gesteigert werden, bei einer Präzision von circa 30 % und einer Spezifität von etwa 70 %. Ein Verfahren zur aktiven Verhinderung von Ferkelerdrückung würde mit dieser Klassifikationsleistung im Mittel einen Fehlalarm pro Sau und Laktationsperiode generieren.

Summary

Fatal piglet crushing is a pervasive economic and animal welfare issue. The natural behaviour of the sow would be to free the trapped piglet by a posture change. Promoting this behaviour through aversive stimulations is an alternative approach to reduce piglet mortality. The present study investigates the analysis of piglet vocalisation for the identification of ongoing piglet trapping. The results show, that trapping related stress articulations and other stress related articulations occur in a ratio of 1:140. Context based event filters could increase the specificity to more than 95 %, while maintaining a precision of about 30 % and a sensitivity of about 70 %. With this performance, a system for active crushing prevention would generate on average one erroneous trapping detection per sow and lactation period.

1 Einleitung

Die Erdrückung von Ferkeln durch die Muttersau ist ein grundlegendes ökonomisches und ethisches Problem der Ferkelerzeugung (Weber et al., 2006). Eine gängige Gegenmaßnahme ist die Installation von Kastenständen in den Abferkelbuchten. Diese Lösung schränkt jedoch das Wohlbefinden der Sauen zugunsten ihrer Ferkel und des Halters ein (Broom et al., 1995). Natürlicherweise würde ein eingeklemmtes Ferkel von der Muttersau durch einen Lagewechsel befreit werden. Studien zeigen, dass rechtzeitige Lagewechsel trotz des großen Gewichtsunterschieds zwischen Sau und Ferkel das Ferkel retten können. Weary et al. (1996) beobachteten eine Überlebensrate von circa 95 % bei Ferkeln, die weniger als 60 s eingeklemmt waren. Lagewechsel werden bei domestizierten Sauen jedoch nicht von allen Tieren gezeigt (Hutson et al., 1991).

Die Beeinträchtigung durch den Kastenstand betrifft derzeit alle Sauen in entsprechenden Haltungssystemen, unabhängig davon, ob sie Ferkel erdrücken oder nicht. Lagewechsel als das natürliche Verhalten durch aversive Stimulationen zu fördern, kann eine Alternative dazu darstellen. In der Praxis ist erfahrenes Personal oft in der Lage, Rufe eingeklemmter Ferkel akustisch zu erkennen. Sauen, die selbst nicht auf die Rufe reagieren, werden dann durch aversive Stimulationen manuell zu einem Lagewechsel gebracht. Die permanente Ferkelwache führt zwar tatsächlich zu einer verringerten Ferkelsterblichkeit, der damit verbundene Aufwand ist jedoch hoch (Kirkden et al., 2013). Methoden des Precision Livestock Farmings (PLF) könnten helfen, diesen Aufwand zu verringern. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Teilaspekt der automatischen Erkennung eingeklemmter Ferkel in Echtzeit. Verschiedene aversive Stimulationen zur Induktion von Lagewechseln bei der Muttersau wurden bereits in früheren Studien untersucht (Hutson et al., 1993, Manteuffel et al., 2014). Dieser Beitrag ist die gekürzte Fassung von Manteuffel et al. (2017).

2 Methoden

2.1 Tiere und Haltungsbedingungen

Insgesamt wurde bei 20 Sauen (Edelschwein × Deutsche Landrasse) der Geburtsverlauf und das Verhalten von 271 Ferkeln bis zum 14. Lebenstag mit Audio- und Videoaufnahmen ausgewertet. Pro Durchgang wurden 4 Tiere in einem Versuchsabteil einer kommerziellen Zuchtanlage konventionell gehalten. Die Sauen waren einzeln in Kastenständen aufgestellt. Für die Ferkel wurden beheizte offene Ferkelnester und Wärmelampen bereitgestellt.

2.2 Audio- /Videoaufnahmen

Jede Bucht war mit einem Richtmikrofon (NTG-2, RØDE, Australia) ausgestattet, das auf die Buchtmitte ausgerichtet war. Die Audiodaten wurden mit Hilfe der Software STREMOD0 bzgl. Stressvokalisation klassifiziert (Schön et al., 2004). Bei Detektion von Stressvokalisation wurden 2 min vor und nach dem Ereignis automatisiert Videoaufnah-

men der Bucht erstellt, die das Verhalten der Sau und der Ferkel dokumentierten. Zeitpunkt und Dauer der Stressvokalisation wurden relativ zum Beginn des entsprechenden Videos in einer Datenbank protokolliert. Zudem wurden die Buchten von zentral über der Buchtmitte installierten Domkameras ohne Ton dauerhaft überwacht. Diese Kameras wurden eingesetzt, um Erdrückungen unabhängig zu bestätigen und um den Zeitpunkt des Geburtsbeginns mit der Geburt des ersten Ferkels genau bestimmen zu können. Die ereignisgesteuerte Videoaufzeichnung war am Tag der Geburt noch deaktiviert, da sie mit Bodenvibration als aversive Stimulation zur Verhinderung von Ferkelerdrückungen kombiniert war. Die Deaktivierung erfolgte mit Rücksicht auf den kommerziellen Zuchtbetrieb, da die Fehlerrate des Systems noch unbekannt war und eine durch häufige Lagewechsel verlängerte Geburt und verminderte Kolostrumaufnahme zu befürchten war.

Die Ursache der ereignisgesteuert aufgezeichneten 2.098 Ereignisse mit Stressvokalisation wurde durch manuelles Labeln nachträglich bestimmt. Dabei wurde die Nomenklatur aus Tabelle 1 verwendet.

Tab. 1: Nomenklatur zur Klassifikation der Ereignisvideos. Erdrückungsbezogene Ereignisse sind grau hinterlegt.

Tab. 1: Nomenclature used for classifying the event videos with crushing related events marked in grey

Ereignis	Definition
pen	Geräusche durch Interaktion mit Buchtelementen wie dem Kastenstand
p2p	Vokalisation bei sozialer Ferkelinteraktion
p2s	Vokalisation bei sozialer Interaktion zwischen Ferkel und Sau
feed	Geräusche der Flüssigfütterung
tread	Vokalisation eines Ferkels, das getreten wird
man.	Vokalisation von Ferkeln bei Behandlungen (z.B. Injektionen und Markierung)
neigh.	Geräusche aus Nachbarbuchten
pers.	Geräusche des Stallpersonals wie z.B. Unterhaltungen
sow	Vokalisation der Sau
nurse	Ferkelvokalisation beim Säugen
drink	Geräusche der Tränken und von fließendem Wasser
uncl.	Geräusche unklarer Herkunft
trap	Vokalisation eines eingeklemmten Ferkels
crush	Vokalisation eines Ferkels, das erdrückt wird (stirbt)

2.3 Kontextdaten

Die Körperhaltung der Sauen wurde mit Hilfe von Lichtschranken im Kopf-, Torso- und hinteren Bereich überwacht und in einer Datenbank protokolliert. Die Synchronisation der Videodaten und der Änderungen der Körperhaltung erfolgte mit dem network time protocol (NTP) über einen lokalen Server. Für die spätere Auswertung wurden alle Daten zudem mit dem Alter der Ferkel (Lebenstage) verknüpft. Als Referenz diente hierfür der für jede Sau individuell bestimmte Geburtsbeginn. Basierend auf den Kontextdaten wurden verschiedene Filter definiert, die von STREMOD0 erkannte Stressereignisse als Erdrückungsereignis ausschlossen, wenn vordefinierte Parameter bestimmte Schwellen-

werte überschritten. Die evaluierten Parameter waren „Dauer der Vokalisation ist größer als X Sekunden“ in Tabelle 2 kodiert als *dX* mit den Schwellenwerten (1,5 s/5 s/10 s), „Sau liegt“ kodiert als *liegt* mit dem Schwellenwert (ja), „Sau führte in den letzten X Sekunden Lageänderung aus“, kodiert als *mX* mit den Schwellenwerten (15 s/30 s) und „Ereignis erfolgte innerhalb der ersten drei Lebenstage“ kodiert als *3lt* mit dem Schwellenwert (ja).

2.4 Auswertung

Der Fokus der Auswertung lag in der Bestimmung der Verhältnisse zwischen realen Erdrückungssituationen und anderen Stressereignissen sowie des Effekts der Kontextfilter auf die Klassifikationsleistung. Die absolute Klassifikationsleistung der Stresserkennung konnte aufgrund der methodischen Beschränkungen im Praxisbetrieb nicht präzise bestimmt werden. Um den Effekt der Kontextfilter auf die Erkennung erdrückungsbezogener Vokalisation (Tab. 1 – crush, trap) von neugeborenen Ferkeln zumindest abschätzen zu können, wurden Referenzdaten aus Vorversuchen mit ähnlicher Gesamt-tierzahl hinzugezogen (Tab. 2 – ref.). Letale Erdrückungssituationen wurden sowohl im Versuchsabteil als auch bei den Referenzdaten ausnahmslos erkannt. Es traten keine Erdrückungssituationen ohne Vokalisation des Ferkels auf.

Bestätigte Aufnahmen von eingeklemmten oder erdrückten Ferkeln zählten als richtig positive Klassifikation. Wurden diese Ereignisse von den Kontextfiltern ausgeschlossen, zählten sie als falsch negative Klassifikationen. Nicht als erdrückungsbezogen eingestufte Ereignisse, die von den Filtern nicht ausgeschlossen wurden, zählten als falsch positive Klassifikationen. Die Auswertung erfolgte mit R 3.0.2 (R Core Team, 2013).

3 Ergebnisse

Die Zahl der sonstigen Stressereignisse übertraf die angenommene Zahl von Erdrückungssituationen bei weitem (Tab. 2). Filterkombinationen aus Filtern für Ferkelalter und Bewegungskontext erreichten eine Präzision von circa 30 % bei Reduktion der Sensitivität auf 60–70 % (Tab. 2 – *liegt/m30/3lt*). Im Mittel entspricht diese Präzision einer irrtümlichen Erdrückungserkennung pro Laktationsperiode und Sau. Allerdings waren die Ereignisse unter den Sauen nicht gleich verteilt. Bei den tatsächlich betroffenen Sauen wäre es im Mittel zu 2 irrtümlichen Erdrückungserkennungen pro Laktation gekommen. Der Maximalwert lag für eine Sau bei 7 Fehlern. Dieser Wert könnte auf 4 Fehler reduziert werden, wenn das System während Behandlungen der Ferkel deaktiviert würde.

Tab. 2: Effekt von Kontextfiltern auf die Klassifikationsleistung der Erdrückungserkennung. Untersuchte Parameter sind Sau liegt (liegt), Ereignisse bis zum 3. Lebenstag (3lt), Ereignisse X Sekunden nach Lagewechsel (m30 / m15) und Ereignisse mit X Sekunden Vokalisationsdauer (d1,5 / d5 / d10).

Definition der Ereignisse siehe Tab. 1. Erdrückungsergebnisse sind grau hinterlegt (trap, crush, ref).

Tab. 2: Effect of context filters on the classification performance of the crushing detection. Evaluated parameters are sow lying (liegt), events until the 3rd day post natum (3lt), events less than X seconds after a posture change (m30 / m15) and events with vocalisation for lasting X seconds (d1,5 / d5 / d10). For event definitions see Tab. 1. Crushing events are marked in gray (trap, crush, ref.).

Ereignisse	ungefiltert	liegt	liegt/3lt	liegt/m30	liegt/m15	liegt / m30 / d1,5	liegt/ m30 / d5	liegt/ m30 / d10	liegt/ m30 / 3lt	liegt/ m15 / 3lt
pen	26	11	9	1	1	1			1	1
p2p	205	123	43	14	5	13	9	3	2	2
p2s	16	7	2							
feed	25	2								
tread	9	7	3							
man.	61	28	15	8	7	8	7	4	5	4
neigh.	521	416	105	19	9	17	11	5	6	5
pers.	4	3	1							
sow	7	7	3							
nurse	1.038	893	314	26	12	26	15	6	13	7
drink	2	2	1							
uncl.	179	125	38	7	6	4	3	2		
trap	4	3	2							
crush	1	1	1	1		1	1	1	1	
ref.	10	10	10	10	9	10	8	4	10	9
falsch	2.093	1.624	534	75	40	69	45	20	27	19
richtig	15	14	13	11	9	11	9	5	11	9
fal/sau	104	81	26,7	3,75	2,00	3,45	2,25	1,00	1,35	0,95
Präz.	0,7	0,9	2,4	12,8	18,4	13,8	16,7	20,0	28,9	32,1
Sens.	N/A	93,3	86,7	73,3	60,0	73,3	60,0	33,3	73,3	60,0
Spez.	N/A	22,4	74,5	96,4	98,1	96,7	97,9	99,0	98,7	99,1

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

In seiner derzeitigen Form ist STREMOD0 nicht geeignet, zwischen der Stressvokalisation eingeklemmter Ferkel und anderen Stressereignisse zu unterscheiden. Die Validität der erzielten Ergebnisse ist zudem eingeschränkt, da die Häufigkeit der Stressereignisse nicht mit einer unabhängigen 2. Methode validiert wurde und der Tag der Geburt nicht aufgezeichnet werden konnte. Ein System zur aktiven Verhinderung von Ferkelerdrückung würde im Mittel mit einer irrtümlich induzierten Lageänderung pro Laktation auskommen. Damit wäre eine schnelle Habituation an aversive Stimulationsmechanismen unwahrscheinlich. Der Lagesensor könnte dabei nicht nur die Körperhaltung der Sau, sondern auch den Geburtsbeginn und damit das Ferkelalter automatisch bestimmen

und die Erdrückungsverhinderung selbsttätig aktivieren (Manteuffel et al., 2015). Mit diesem Ansatz ließe sich die dauerhafte Beeinträchtigung des Wohlbefindens von Muttersauen durch eine kurzzeitige Beeinträchtigung für die Sauen, die tatsächlich Ferkel gefährden, ersetzen.

Literatur

- Broom, D.M., Mendl, M.T., Zanella, A.J. (1995): A comparison of the welfare of sows in different housing conditions. *Animal science*, 61 (02), 369-385
- Hutson, G.D., Wilkinson, J.L., Luxford, B.G. (1991): The response of lactating sows to tactile, visual and auditory stimuli associated with a model piglet. *Applied Animal Behaviour Science*, 32 (2), 129-137
- Hutson, G.D., Dickenson, L.G., Wilkinson, J.L., Luxford, B.G. (1993): The response of sows to novel visual, olfactory, auditory and tactile stimuli. *Applied Animal Behaviour Science*, 35 (3), 255-266
- Kirkden, R. D., Broom, D. M., Andersen, I. L. (2013): Invited review: piglet mortality: management solutions. *Journal of Animal Science*, 91 (7), 3361-3389
- Manteuffel, C., Tuchscherer, A., Schmidt, M., Hoffmann, G., Schön, P.C. (2014): Using air-blow and floor vibration to trigger posture changes in gestating and lactating sows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 104, 105-110
- Manteuffel, C., Hartung, E., Schmidt, M., Hoffmann, G., Schön, P.C. (2015): Towards qualitative and quantitative prediction and detection of parturition onset in sows using light barriers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116, 201-210
- Manteuffel, C., Hartung, E., Schmidt, M., Hoffmann, G., Schön, P.C. (2017): Online detection and localisation of piglet crushing using vocalisation analysis and context data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 135, 108-114
- R Core Team. (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org/>
- Schön, P.C., Puppe, B., Manteuffel, G. (2004): Automated recording of stress vocalisations as a tool to document impaired welfare in pigs. *Animal Welfare*, 13 (2), 105-110
- Weary, D.M., Pajor, E.A., Fraser, D., Honkanen, A.M. (1996): Sow body movements that crush piglets: a comparison between two types of farrowing accommodation. *Applied Animal Behaviour Science*, 49 (2), 149-158
- Weber, R., Keil, N. M., Fehr, M., Horat, R. (2006). Ferkelverluste in Abferkelbuchten: ein Vergleich zwischen Abferkelbuchten mit und ohne Kastenstand. *FAT-Berichte 656*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik Tänikon

Danksagung

Die Autoren danken den beteiligten Organisationen und ihren Mitarbeitern. Die Studie erfolgte aus Mitteln des BMEL aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Echtzeit-Lokalisierungssystem zur Auswertung von Kontaktstrukturen in der Gruppenhaltung tragender Sauen

Evaluation of contact structures in group-housed pregnant sows with a real-time location system

MAIKE K. WILL^{1,2}, KATHRIN BÜTTNER¹, TOBIAS KAUFHOLZ^{2,3},
CHRISTINE MÜLLER-GRAF², THOMAS SELHORST², JOACHIM KRIETER¹

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

² Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), 10589 Berlin

³ Institut für Theoretische Biologie, Humboldt-Universität zu Berlin, 10115 Berlin

Zusammenfassung

Mit Hilfe eines Echtzeit-Lokalisierungssystems wurden Positionsdaten von ca. 200 Sauen im Wartestall erfasst. Durch eine geeignete Filterung wurde das Rauschen in den Daten entfernt und somit die Daten für die weitere Verarbeitung aufbereitet. Anschließend wurden Verhaltensmuster und Kontaktnetzwerke erstellt und ausgewertet.

Im Tagesverlauf hatten alle Sauen miteinander Kontakt, wobei sich die Intensität zwischen den Einzeltieren stark unterschied. Auch wiesen 45 % der neu integrierten Tiere eine höhere Kontaktintensität auf, da sich diese Sauen vermutlich erst in die Hierarchie einfinden mussten. Abschließend gibt es Hinweise auf eine Gruppenbildung, wobei einzelne Tiere zwischen diesen Gruppen stehen und diese verbinden.

Summary

Position data of approx. 200 sows were captured in a gestation stall with the help of a real-time location system. Data were filtered to eliminate noise. Then, behavioral patterns and contact networks were constructed and evaluated.

During the day, all sows had contact to each other. But the contact intensity between individual animals varied widely. Additionally, 45 % of newly integrated animals showed increased contact intensity because these sows had to find their place in the social hierarchy. Finally, there is some evidence that sows form groups with single animals connecting these groups.

1 Einleitung

Echtzeit-Lokalisierungssysteme gewinnen zunehmend an Bedeutung für die Landwirtschaft und Forschung. Mit Hilfe dieser Systeme kann die Position für eine große Anzahl an Tieren gleichzeitig bestimmt und automatisiert erfasst werden. Hier unterliegen herkömmliche Methoden wie die Videoanalyse, da eine kontinuierliche Auswertung sehr zeitaufwändig und teuer ist. Zurzeit werden verschiedene Echtzeit-Lokalisierungssysteme für die landwirtschaftliche Nutzung angeboten. Allerdings bietet nur der Hersteller Smartbow® die Sendeeinheit als Ohrmarke an. In der Praxis haben sich bei Schweinen Ohrmarken bewährt, da sonstige Gegenstände von den Tieren ausnahmslos manipuliert und somit zerstört werden. Um Bewegungsprofile und Kontakte zwischen den Sauen in der Gruppenhaltung zu erstellen, müssen die Daten entsprechend aufbereitet werden, um eine verlässliche Datengrundlage zu schaffen.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Genauigkeit eines Echtzeit-Lokalisierungssystems zu analysieren. Auf Grundlage dieser aufbereiteten Daten und mit Hilfe der Netzwerkanalyse werden die Kontaktstrukturen zwischen gruppengehaltenen Sauen untersucht. Durch die gewonnenen Ergebnisse lassen sich dann ethologischen und epidemiologischen Fragestellungen beantworten.

2 Material und Methoden

2.1 Echtzeit-Lokalisierungssystem

Positionsdaten von ca. 200 Sauen wurden über drei Monate im Wartestall (Abb. 1) des Lehr- und Versuchszentrums Futterkamp erhoben (dynamische Großgruppenhaltung mit wöchentlicher Umstallung). Hierzu wurden die Sauen mit Ohrmarken des Lokalisierungssystems Smartbow® gekennzeichnet. Die Ohrmarken senden ihre Position sekundlich (1 Hz) an zwölf Empfänger im Stall.

2.2 Datenaufbereitung

Aufgrund der Stalleinrichtung (Stahl, Wasser) kam es zu Datenverlusten und stark gestreuten („verrauschten“) Positionsdaten. Datenverluste wurden ersetzt, indem die Differenz der letzten und aktuellen Position durch die Anzahl der fehlenden Positionen geteilt wurde. Das Rauschen wurde mit der anschließenden Haar-Wavelet-Filterung (Bergh et al., 2007) reduziert. Vorangegangene Tests ergaben, dass eine gemittelte Filtereinstellung für alle Ohrmarken verwendet werden kann, da sich die individuellen und die gemittelten Filtereinstellungen über alle Ohrmarken nicht signifikant voneinander unterscheiden (t-Test). Weiterhin wurden die Parameter DRMS (Distance root mean squared), Precision und Offset jeweils vor und nach der Filterung berechnet, um die Auswirkungen der Filterung zu evaluieren. DRMS gibt dabei an, wie stark die erhobenen Daten von der Originalposition abweichen. Precision ist ein Maß, wie stark die erhobe-

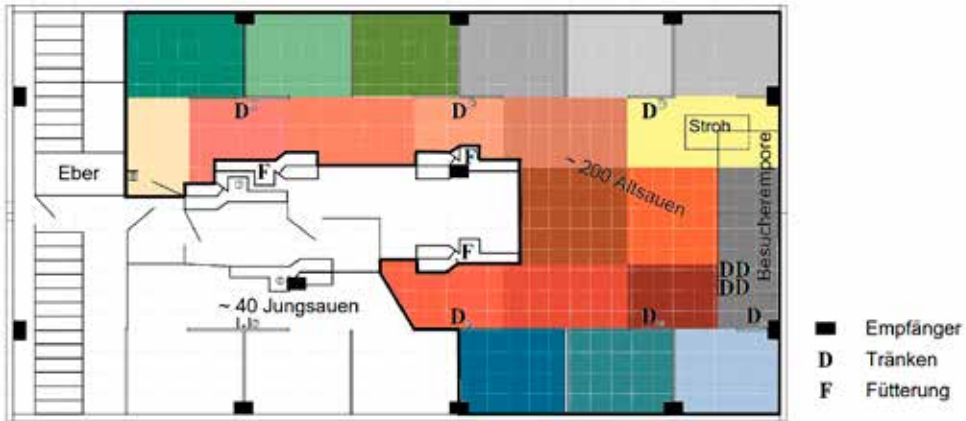


Abb. 1: Stallplan des Wartestalls in Futterkamp; Farben kennzeichnen Aufenthaltsorte für Verhaltensmuster (© Will)

Fig. 1: Floor map of the gestation unit in Futterkamp; colors code the location areas for behavioral patterns (© Will)

nen Daten um ihren Mittelwert streuen und der Offset gibt an, wie stark der Mittelwert der erhobenen Daten von der Originalposition abweicht.

2.3 Kontaktstrukturen

Aus den gefilterten Positionsdaten wurden Verhaltensmuster der Schweine über 24 h und vier Tage gebildet. An Tag 1 wurden 13 Sauen aus dem Deckzentrum in den Wartestall integriert, so dass 200 Tiere in der betrachteten Woche ausgewertet werden konnten.

Anschließend wurden Netzwerke bestehend aus Knoten (Sauen) und Kanten (Kontakte) erstellt. Mit Hilfe der Netzwerke konnten die Kontaktstrukturen zwischen den Sauen dargestellt werden. Mittels Zentralitätsparametern (Newman, 2010) wurden die existierenden Kontakte (ungewichtet) und deren Häufigkeit (gewichtet) ausgewertet. Der Degree einer Sau gibt an, zu wie vielen anderen Sauen ein Kontakt (Kante) besteht. Die Intensität eines Kontaktes wird über die Kantenstärke in gewichteten Netzwerken angegeben (Abb. 2). Im ungewichteten Netzwerk (Abb. 2 links) hat der schwarze Knoten Kontakt zu vier weiteren Knoten (Degree: 4). Im gewichteten Netzwerk wurde die Dauer der Kontakte in Sekunden als Kantenstärke angegeben (Abb. 2 rechts). Hier hatte der schwarze Knoten ebenfalls mit vier weiteren Knoten Kontakt. Zusätzlich kam es zu einer erhöhten Kontaktintensität (Kantengewicht: 5) mit den beiden linken Knoten, so dass sich ein gewichteter Degree von 12 ergibt, was einer Gesamtdauer von 12 s entspricht. Die Betweenness gibt an, wie oft eine Sau als Verbindungsglied zwischen den anderen Tieren fungiert. In den Beispiel-Netzwerken der Abbildung 2 weist der schwarze Knoten eine Betweenness von 1 auf, da er zentral zwischen den anderen Knoten liegt.

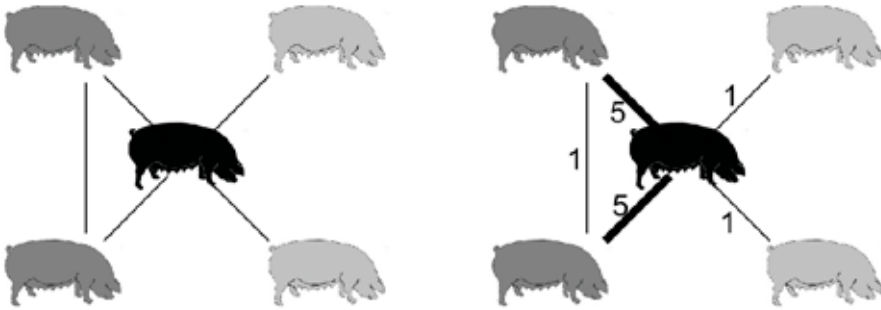


Abb. 2: Ungewichtetes (links) und gewichtetes (rechts) Beispielnetzwerk (© Will)
 Fig. 2: Unweighted (left) and weighted (right) exemplary network (© Will)

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Datenaufbereitung

Da fehlende Werte nachträglich in den Datensatz eingefügt wurden, können besonders längere Verluste zu Verzerrungen der Positionsdaten führen. Bei den auftretenden Datenverlusten handelte es sich vorwiegend um Verluste von unter 10 s. Längere Verluste traten nur selten (max. 10 % aller Verluste) auf. Für die Filterung war es wichtig, die Signallänge aller Sauen durch Einfügen fehlender Positionsdaten anzugleichen.

Nach der Wavelet-Filterung verbesserte sich die Genauigkeit im Mittel von 2,7 m auf 2,0 m. Dabei lagen 35 % der betrachteten Positionen unter 2 m. Laut Oberschätzl et al. (2015) reicht diese Genauigkeit für eine Zuordnung zu bestimmten Stallbereichen aus.

3.2 Kontaktstrukturen

In Abbildung 3 sind exemplarisch für drei Sauen die Verhaltensmuster um den Einstallungszeitpunkt (Tag 1) dargestellt, die Aufschluss über Liegezeiten und Aufenthaltsbereiche der Tiere geben. Einige Sauen (z.B. Sau 3251 und 3274) liegen bevorzugt in einer Liegebucht, während andere Sauen (z.B. Sau 3269) viel umher laufen bzw. im Laufgang liegen. Auch McCort und Graves (1982) sowie Turner et al. (2003) zeigten, dass Schweine präferierte Liegebereiche haben. Zudem haben besonders ranghöhere Schweine Zugang zu solchen bevorzugten Bereichen (McCort und Graves, 1982).

In der betrachteten Woche waren 200 Sauen im Wartestall eingestallt. Im Laufe der Woche fielen vereinzelt Ohrmarken aus, so dass am Ende der Woche noch 188 Tiere geortet wurden. Innerhalb eines Tages hatten alle 200 Sauen miteinander Kontakt. Im Durchschnitt befanden sich zwei Sauen im selben Aufenthaltsbereich für 55 min mit einem Maximum von ca. 2 Stunden. Einzelne Kontakte zwischen zwei Sauen hingegen hatten eine Länge von ca. 10 Stunden. Die Rangkorrelation nach Spearman zwischen dem ungewichteten und dem gewichteten Degree war während der ersten vier Tage nach

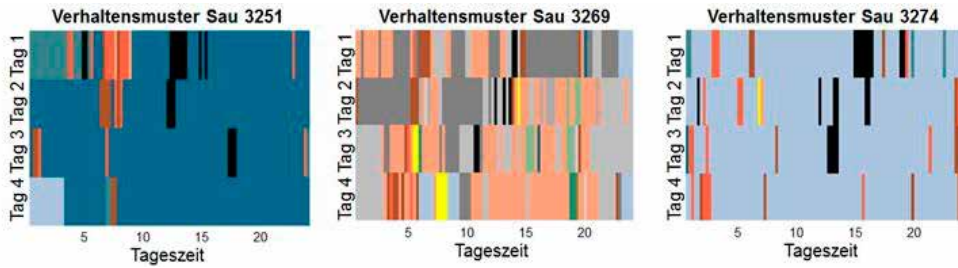


Abb. 3: Verhaltensmuster von drei Sauen über 24 Stunden an vier aufeinanderfolgenden Tagen; Farben codieren den Aufenthaltsort lt. Abb. 1 (© Will)

Fig. 3: Behavioral patterns of three sows for 24 hours on four consecutive days; colors code the location area according to Fig. 1 (© Will)

dem Zusammenstellen sehr gering (0,13–0,18, $p \leq 0,05$). Dies lässt den Rückschluss zu, dass die Sauen nur zu wenigen anderen Sauen einen sehr intensiven Kontakt pflegten. Weiterhin zeigte sich, dass 45 % der neu integrierten Sauen einen hohen gewichteten Degree aufwiesen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die neu eingestellten Tiere erst einen Platz in der bestehenden Hierarchie finden müssen. Nach drei Tagen nahm dieser Effekt ab. Laut Krauss und Hoy (2011) waren besonders neu eingegliederte Schweine in agonistische Interaktionen verwickelt, wie es sich auch in den vorgestellten Daten widerspiegelt. Nach McCort und Graves (1982) sind die Aggressionen zwei Tage nach dem Umstellen am höchsten. Danach zeigten die Schweine verstärkt Drohgebärden. Die geringe Spearman Rangkorrelation während der ersten Tage steigt ab dem fünften Tag auf 0,3–0,43 ($p \leq 0,05$) an. Dies unterstützt die Aussage, dass die agonistischen Interaktionen zwischen den Sauen nach wenigen Tagen abnehmen.

Weniger als 10 Sauen wiesen zudem eine hohe gewichtete Betweenness (0,7–0,98) auf, was darauf schließen lässt, dass diese Sauen verschiedene Gruppen innerhalb des Stalls miteinander verbinden. Diese Sauen hatten jedoch keinen hohen gewichteten Degree, weshalb gruppengehaltene Sauen scheinbar Cluster bilden. Zudem war der Median und das Maximum der Betweenness ($4,39 \times 10^{-6}$) und der gewichteten Betweenness (0,98) am Tag der Einstallung hoch und fiel dann langsam ab auf $1,38 \times 10^{-6}$ (Betweenness) bzw. 0,77 (gewichtete Betweenness). Dies deutet auf eine stärkere Gruppenbildung direkt nach dem Einstellen hin. Dieser Effekt nimmt ab Mitte der Woche ab, was sich auch schon an dem Degree und der Rangkorrelation nach Spearman zeigte.

4 Fazit

Das verwendete Lokalisierungssystem bestimmt zuverlässig die Positionen von Sauen in der Gruppenhaltung. Eine Wavelet-Filterung ist allerdings nötig, um die Genauigkeit der Positionsdaten zu verbessern. Diese Daten können schließlich genutzt werden, um individuelle Bewegungsprofile und Kontaktnetzwerke zu erstellen. Die Ergebnisse der Netzwerkanalyse ergab nur eine geringe Varianz. Gründe hierfür kann eine zu grob gewählte Stallrasterung oder Zeiteinteilung sein. Eine Verfeinerung dieser Einstellungen kann somit zu aussagekräftigeren Ergebnissen führen und sollte dementsprechend in Betracht gezogen werden. Zusätzlich muss bedacht werden, dass hier nur die Ergebnisse einer Woche dargestellt sind. Ob sich dieses Verhalten auch in den Folgewochen erkennen lässt, muss noch geklärt werden. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Netzwerkanalyse neue Einblicke in die Kontaktstruktur von gruppengehaltenen Sauen bietet und hilft, das Verhalten oder eine mögliche Krankheitsausbreitung zu untersuchen.

Literatur

- Bergh, J.; Ekstedt, F.; Lindberg, M. (2007): Wavelets mit Anwendungen in Signal- und Bildverarbeitung. Springer, Heidelberg/Berlin
- Krauss, V.; Hoy, S. (2011): Dry sows in dynamic groups: An investigation of social behaviour when introducing new sows. *Applied Animal Behaviour Science* 130, pp. 20-27
- McCort, W. D.; Graves, H. B. (1982): Social dominance relationships and spacing behavior of swine. *Behavioural Processes* 7, pp. 169-178
- Newman, M. E. J. (2010): *Networks: An introduction*. Oxford University Press Inc., New York
- Oberschätzl, R.; Haidn, B.; Peis, R.; Kulpi, F.; Völkl, C. (2015): Validation of automated processed position data for assessing dairy cow behaviour. *Landtechnik* 70(1), pp. 3-8
- Turner, S. P.; Horgan, G. W.; Edwards, S. A. (2003): Assessment of sub-grouping behavior in pigs housed at different group sizes. *Applied Animal Behaviour Science* 83, pp. 291-302

Danksagung

Als Teilprojekt des Forschungsverbunds MedVet-Staph wird diese Arbeit durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Erfassung von Aktivitäts- und Verhaltensmustern von Mastschweinen anhand eines UHF-RFID Systems

Recording of behavior and activity patterns of growing-finishing pigs based on a UHF-RFID system

ANITA KAPUN, FELIX ADRION, MONIKA TOMALLA, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; anita.kapun@uni-hohenheim.de

Zusammenfassung

Systeme zur automatischen Aktivitäts- und Verhaltensfassung können den Landwirt bei der gesundheitlichen Überwachung seiner Tiere unterstützen. Aufgrund der hohen Variabilität im Tierverhalten und unterschiedlicher Einflussfaktoren ist die Entwicklung solcher Systeme allerdings immer eine große Herausforderung. Im vorliegenden Versuch wurden das Fress-, Trink- und Spielverhalten von 100 Mastschweinen über die Dauer eines Mastdurchgangs mithilfe eines UHF-RFID-Systems erfasst und mit Daten der gesundheitlichen Kontrolle verglichen. Die Ergebnisse zeigen neben einer hohen Inter- und Intra-Tier-Variabilität der verhaltensbezogenen Daten, dass grundsätzlich ein hohes Potenzial besteht, den Gesundheitszustand der Tiere über aufgezeichnete Veränderungen im täglichen Verhalten zu kontrollieren. So zeigten lahme Schweine im Vergleich zu gesunden Tieren beispielsweise eine verminderte Laufaktivität, die über die Berechnung von sogenannten virtuellen Wegstrecken anhand der UHF-RFID-Daten abgebildet werden konnte.

Summary

Systems for automatic recording of activity and behavior provide support to the farmers in monitoring the health status of their animals. However, the development of such systems is a great challenge due to a high variability in the behavior of animals and different possible influencing factors. In this study, the feeding, drinking and playing behavior of 100 growing-finishing pigs was recorded for the duration of a fattening period and compared to data of health control. The results show that, apart from a high inter- and intra-animal-variability of the behavior data, there is a high potential for controlling the health status of animals over recorded deviations in daily behavior. For instance, lame pigs show a reduced walking activity compared to healthy animals, which can be obtained by calculating so-called virtual distances on the basis of the UHF-RFID data.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Überwachung des Gesundheitszustandes einzelner Tiere wird aufgrund der wachsenden Bestandsgrößen zu einer zunehmenden Herausforderung für den Landwirt. Daher ist eine unterstützende Technologie zur automatischen Gesundheits- und Aktivitätserfassung der Tiere von großem Interesse. Mithilfe von Radiofrequenz-Identifikationssystemen (RFID) ist es möglich, die Besuche von beispielsweise Mastschweinen an relevanten Funktionselementen im Stall, sogenannten Hotspots, zu erfassen (Adrion et al., 2015; Maselyne et al., 2014, 2016). Durch den Einsatz von UHF (Ultrahochfrequenz) ist eine Simultanerfassung mehrerer Transponder sowie eine relativ hohe Lesereichweite möglich, sodass eine Vereinzelung der Tiere an den Hotspots, die bei anderen Systemen häufig nötig ist, entfällt (Adrion et al., 2015; Barge et al., 2013). Aus der Betrachtung der Besuchsdauern und -häufigkeiten an einem bestimmten Hotspot kann das Verhalten der Schweine weitestgehend abgeleitet werden. So wird ein Schwein, das zu einer bestimmten Tageszeit eine relevante Zeit lang am Trog erkannt wurde, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch gefressen haben. Die Analyse des Verhaltens kann Rückschlüsse auf die Gesundheit eines Tieres ermöglichen (Matthews et al., 2016; Weary et al., 2009).

Ziel dieser Arbeit war es, Verhaltens- und Aktivitätsmuster von Mastschweinen mithilfe eines UHF-RFID-Systems und der Besuchsergebnisse an verschiedenen Hotspots im Stall zu analysieren. In Zusammenhang mit Gesundheitsdaten und Schlachtbefunden sollten mögliche Modellierungsansätze zur Früherkennung von Krankheiten gefunden werden.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Versuche wurden auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim mit insgesamt 100 Mastschweinen in zwei Abteilen in vier baugleichen Buchten mit einer Größe von je 25,7 m² durchgeführt. Die Buchten waren mit einer Sensor-Kurztrog-Flüssigfütterung ausgestattet, wobei die erste Mahlzeit am Tag um 6 Uhr morgens ausdosiert wurde. Jedes Mastschwein wurde mit einer elektronischen UHF-RFID-Ohrmarke versehen, die in einem vorangegangenen Projekt entwickelt wurde (Hammer et al., 2016). Jede Bucht wurde am Trog, den drei Tränken und dem Beschäftigungsgerät („Porky Play“) mit UHF-RFID-Antennen ausgestattet, sodass die Aufenthaltsdauern von allen Schweinen an diesen Hotspots rund um die Uhr erfasst werden konnten. An den Trögen wurde über die gesamte Länge jeweils eine Kabelantenne mit einer aktiven Länge von 2 m innerhalb eines PVC-Rohres verbaut (Locfield®, Cavea Identification GmbH). Auch die Tränken wurden mit jeweils einer senkrecht angebauten Kabelantenne in einem PVC-Rohr ausgestattet (Locfield® 0,35 m aktive Länge, Cavea Identification GmbH). Oberhalb des Beschäftigungsgeräts wurde eine MidRange-Antenne angebracht (MIRA-100, Kathrein Sachsen GmbH). Nach einer Validierungsphase von 10 Tagen, die dazu diente, die optimalen Antennenleistungen zur korrekten Erfassung der Schweine zu ermitteln, belief sich die Beobachtungsdauer auf 12 Wochen bis zum

Ausstallen der Mastschweine. In dieser Zeit wurden mithilfe einer Monitoring-Software (Phenobyte GmbH) die RFID-Ereignisse aller Schweine an allen Hotspots aufgezeichnet. Zweimal wöchentlich wurden gesundheitliche Merkmale der Schweine bonitiert: Laufverhalten, Verletzungen und Verschmutzungen des Integuments, Schwanzverletzungen, Durchfall, Husten und Niesen. Alle vier Wochen wurde außerdem das Körpergewicht der einzelnen Tiere ermittelt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Für jedes Schwein wurde die tägliche Aufenthaltsdauer an den Hotspots berechnet. Dafür dienten nur die Zeitpunkte, in denen tatsächlich Lesungen registriert wurden. Das heißt, für diese Auswertung wurden keine Ereignisse zusammengefasst, auch wenn sie nur wenige Sekunden auseinanderlagen. Für den Trog lag die durchschnittliche Besuchsdauer über alle Tiere und Versuchstage bei 23,3 min ($\pm 14,6$ min), für die Tränken bei 2,9 min ($\pm 3,4$ min) und für das Beschäftigungsgerät bei 14,5 min ($\pm 15,6$ min). In Tabelle 1 sind die durchschnittlichen Aufenthaltsdauern für die Versuchstage (über alle Schweine) und für die Tiere (über alle Versuchstage) aufgelistet. Die Mittelwerte sind den durchschnittlichen Besuchsdauern über alle Tage und Tiere sehr ähnlich. Bei Betrachtung der Maxima und Minima wird allerdings deutlich, wie hoch die Variabilität zwischen den verschiedenen Tagen und zwischen den einzelnen Tieren ist. Die so berechneten Dauern sollten mithilfe von „Besuchs-Kriterien“ zu Ereignissen zusammengefasst werden, um die tatsächlichen Aufenthaltsdauern der Schweine an den jeweiligen Hotspots besser abbilden zu können (Maselyne et al., 2016).

Tab. 1: Tägliche durchschnittliche Aufenthaltsdauern am Trog, den Tränken und am Beschäftigungsgerät (Porky Play) – Mittelwert, Minimum und Maximum über alle Schweine je Versuchstag und je Schwein über alle Versuchstage

Tab. 1: Daily mean values of duration at the trough, the drinkers and the playing device (Porky Play) with the average, minimum and maximum value of all pigs per day and per pig over all days

		Trog		Tränken		Porky Play	
		Dauer mm : ss	Tag oder Schwein	Dauer mm : ss	Tag oder Schwein	Dauer mm : ss	Tag oder Schwein
Pro Versuchstag (über alle Schweine)	Mittelwert	24:34	–	02:38	–	16:40	–
	Minimum	17:21	8. Sept.	00:35	24. Nov.	08:03	13. Sept.
	Maximum	39:44	22. Nov.	06:44	13. Sept.	54:03	1. Dez.
Pro Schwein (über alle Versuchstage)	Mittelwert	22:58	–	02:57	–	14:15	–
	Minimum	07:44	Tier 22	00:45	Tier 42	02:08	Tier 20
	Maximum	64:12	Tier 94	09:46	Tier 86	37:12	Tier 54

Die Ergebnisse der Gesundheitsbonituren, die zweimal wöchentlich stattfanden, zeigen bis auf wenige Ausnahmen kaum Beeinträchtigungen in Form von Husten, Durchfall oder größeren Verletzungen an Schwanz oder des Integuments.

Am meisten traten im Versuchszeitraum Lahmheiten auf. Diese wurden mithilfe eines Locomotion Scores (LS) in vier Stufen von 0 bis 3 unterteilt, wobei bei Stufe 0 keine Lahmheiten festzustellen sind, bei Stufe 3 starke Lahmheiten mit Widerwillen gegen Laufen und Belastung auftreten (ZINPRO Feet First®). Im Versuchszeitraum wurde bei 74 von 100 Tieren mindestens einmal ein Locomotion Score von 1 festgestellt, bei 39 Tieren mindestens einmal ein LS von 2 und bei zehn von diesen Tieren sogar mindestens fünf Mal ein LS von 2 oder höher. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei 26 von 100 Tieren über die gesamte Versuchsdauer keine sichtbaren Lahmheiten auftraten. Diese 26 nicht lahmen Tiere sollen daher als Referenz dienen, mögliche Modellierungsansätze für die automatische Erkennung von Lahmheiten anhand der Daten der zehn stark lahmen Tiere zu finden.

Ein möglicher Ansatz Lahmheiten mittels eines UHF-RFID-Systems zu detektieren, ist die Ermittlung von „virtuellen Wegstrecken“. Diese werden über die Besuchsreihenfolge der verschiedenen Hotspots und deren mittlerer Entfernung zueinander berechnet. Wird ein Tier also zunächst am Trog und anschließend am Porky Play registriert, wird die Strecke zwischen den beiden Hotspots zur täglichen virtuellen Wegstrecke angerechnet. Diese virtuellen Wegstrecken zeigen zwar aufgrund von Ungenauigkeiten und größeren Stallflächen ohne RFID-Antenne nie die wirklich zurückgelegte Strecke, haben aber großes Potenzial als Maß für die generelle Aktivität eines Tieres (Junge, 2015). Die Durchschnittswerte für die Wegstrecken der nicht lahmen Tiere über alle Versuchstage lagen bei 104–286 m. Die für die 10 stark lahmen Tiere lagen auch innerhalb dieses Bereiches, nämlich bei 115–239 m. Wenn man jedoch die Durchschnittswerte aller nicht lahmen bzw. stark lahmen Tiere je Tag betrachtet (Abb. 1), ist ein deutlicher Unterschied zwischen dem Verlauf der Kurve für die nicht lahmen Tiere (grün) und dem der Kurve für die stark lahmen Tiere (rot) zu erkennen.

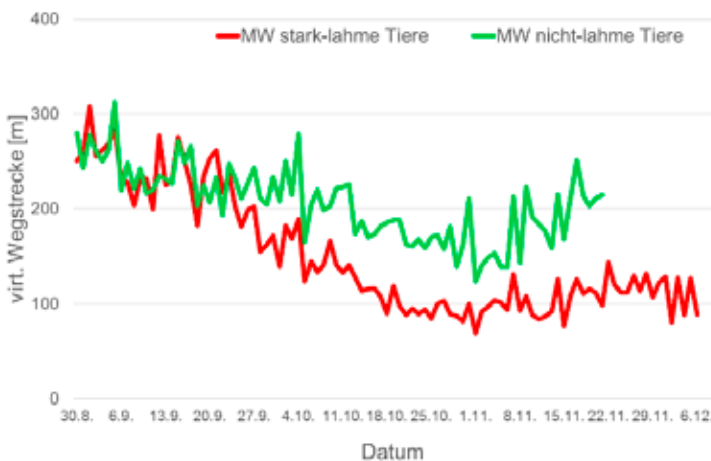


Abb. 1: Tagesmittelwerte der virtuellen Wegstrecken für die nicht lahmen Tiere (grün) und für die stark lahmen Tiere (rot)

Fig. 1: Daily mean values of virtual distances for animals without any signs of lameness (green) and for highly lame animals (red)

Die nicht lahmen Tiere liefen im Durchschnitt weitere Strecken am Tag, waren also aktiver als die stark lahmen Tiere. Zu erkennen ist auch, dass die beiden Datenkurven zu Beginn des Versuchs sehr ähnlich verliefen und sich erst ab dem zweiten Mastdrittel aufzuteilen scheinen. Die ersten anhaltenden Lahmheiten der stark lahmen Tiere traten Anfang Oktober auf. Dies könnte darauf hindeuten, dass sich das Verhalten der Tiere in Bezug auf die Aktivität schon vor sichtbaren Anzeichen für Lahmheit geändert hat.

Ein weiterer denkbarer Ansatz, kranke oder lahme Tiere frühzeitig zu erkennen, ist eine Betrachtung der Gruppenstrukturen, insbesondere der Rangfolge innerhalb der Gruppe. Anhand des Zeitpunktes des ersten Besuchs eines Tieres am Trog nach der ersten Fütterungszeit lässt sich eine Reihenfolge ermitteln. Eine Lesung am Trog wurde erst als „Trogbesuch“ gewertet, wenn die nächsten Lesungen nach maximal 30 Sekunden auftraten und die Gesamtbesuchsdauer dann mindestens eine Minute betrug. Betrachtet man diesen ersten Trogbesuch eines Tieres im Verlauf der Zeit, können eventuelle Veränderungen auf eine gesundheitliche Beeinträchtigung der Tiere schließen. Ein Beispiel hierfür ist das Tier 20 aus diesem Versuch. In Abbildung 2 ist für jeden Versuchstag die Zeit des ersten Trogbesuches nach 6 Uhr abgebildet sowie die Lahmheitsbonituren in diesem Zeitraum.

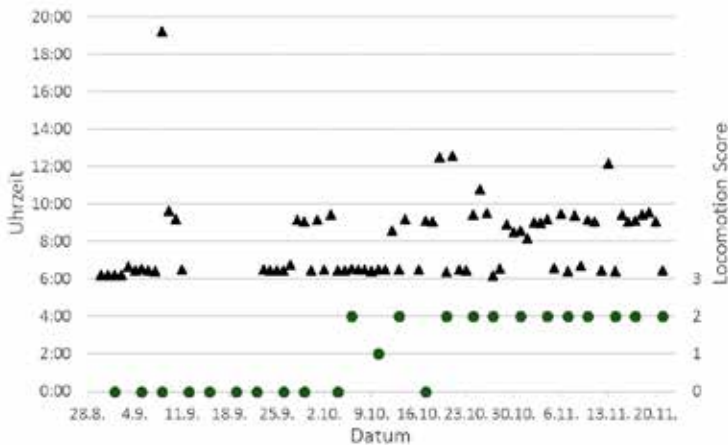


Abb. 2: Erster Trogbesuch pro Tag (schwarze Dreiecke, 11.–22.9. aufgrund technischer Fehler keine Lesungen) und Lahmheitsbonitur (Locomotion Score, grüne Punkte) von Schwein 20

Fig. 2: First visit at the trough (black triangles, 11.–22.9. no readings due to technical errors) and lameness grading (Locomotion Score, green dots) of pig 20

Die Zeit des ersten Trogbesuchs scheint bei diesem Tier sehr häufig zwischen 6:00 Uhr und 6:30 Uhr zu liegen. Die Tage ab dem 28. September, an denen das Tier erst später zum Fressen kam, weisen möglicherweise einen Zusammenhang mit der ungefähr im selben Zeitraum ab dem 6. Oktober auftretenden Lahmheit auf. Auffallend sind auch die drei aufeinanderfolgenden Tage vom 8. bis zum 10. September, an denen der erste Trogbesuch des Tieres erst nach 9 Uhr beziehungsweise sogar erst nach 19 Uhr stattfand.

Dies könnte auf eine gesundheitliche Beeinträchtigung des Tieres hindeuten, die allerdings bei der Bonitur nicht zu erkennen war.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass eine Erfassung des Verhaltens und der Aktivität von Mastschweinen mithilfe eines UHF-RFID-Systems bis zu einem gewissen Grad möglich ist. Die Auswertungen weisen zudem auf ein hohes Potenzial hin, den Gesundheitszustand von Mastschweinen beziehungsweise eventuelle Beeinträchtigungen automatisch erkennen zu können. Für eine statistisch relevante Aussage und Bestätigung dieser Hypothesen ist die Datengrundlage allerdings noch nicht ausreichend. In weiteren Mastdurchgängen sollen daher mehr Daten gesammelt und in umfangreichen Analysen ausgewertet werden.

Literatur

- Adrion, F.; Hammer, N.; Eckert, F.; Götz, S.; Gallmann, E. (2015): Adjustment of a UHF-RFID system for hotspot monitoring of fattening pigs. In: Precision Livestock Farming '15. Papers presented at the 7th European Conference on Precision Livestock Farming. Guarino, M., and Berckmans, D., Milan, Italy, pp. 573-582
- Barge, P.; Gay, P.; Merlino, V.; Tortia, C. (2013): Radio frequency identification technologies for livestock management and meat supply chain traceability. *Canadian Journal of Animal Science* 93 (1), pp. 23-33
- Hammer, N.; Adrion, F.; Staiger, M.; Holland, E.; Gallmann, E.; Jungbluth, T. (2016): Comparison of different ultra-high-frequency transponder ear tags for simultaneous detection of cattle and pigs. *Livestock Science* 187, pp. 125-137
- Junge, M. (2015): Verhaltens- und Gesundheitsmonitoring für die Gruppenhaltung tragender Sauen. Dissertation, Universität Hohenheim
- Maselyne, J.; Saeys, W.; De Ketelaere, B.; Mertens, K.; Vangeyte, J.; Hessel, E.F.; Millet, S.; Van Nuffel, A. (2014): Validation of a High Frequency Radio Frequency Identification (HF RFID) system for registering feeding patterns of growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 102, pp. 10-18
- Maselyne, J.; Adriaens, I.; Huybrechts, T.; De Ketelaere, B.; Millet, S.; Vangeyte, J.; Van Nuffel, A.; Saeys, W. (2016): Measuring the drinking behaviour of individual pigs housed in group using radio frequency identification (RFID). *Animal* 10 (9), pp. 1557-1566
- Matthews, S.G.; Miller, A.L.; Clapp, J.; Plötz, T.; Kyriazakis, I. (2016): Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. *The Veterinary Journal* 217, pp. 43-51
- Weary, D.M.; Huzzey, J.M.; von Keyserlingk, M.A.G. (2009): Board-invited review: Using behavior to predict and identify ill health in animals. *Journal of animal science* 87 (2), pp. 770-777

Tierortung mit dem neuen Low-Power-Funkstandard LoRa

Animal tracking using the new Low-Power Radio Standard LoRa

DANIEL FRÜH¹, CHRISTINA UMSTÄTTER²

¹ ZHAW, Zentrum für Signalverarbeitung und Nachrichtentechnik, 8401 Winterthur, Schweiz;
daniel.frueh@zhaw.ch

² Agroscope, Wettbewerbsfähigkeit und Systembewertung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Zusammenfassung

In extensiven und abgelegenen Gebieten kann es schwierig und arbeitsintensiv sein, Nutztiere aufzufinden, um ihren Gesundheitszustand und ihr Wohlbefinden zu überprüfen. Deshalb wurde in dieser Studie eine neue kostengünstige Funktechnologie, „LoRa“ (Long Range; Chirp Spread Spectrum Modulationstechnik der Semtech Corporation), mit minimalem Energiebedarf und großer Reichweite getestet. Zehn GPS-Halsbänder mit integrierten LoRa-Sendern wurden erstellt und an 8 Schafen, einem Herdenschutzhund und einem Esel getestet. Die Tiere lebten auf einer Alp und trugen die Halsbänder einen Monat lang. Alle 30 Minuten wurde die Position der Tiere übermittelt. Über den Webserver konnten die Tiere in Echtzeit überwacht werden.

Die Pilotstudie hat gezeigt, dass die neue Funktechnologie auch in topografisch schwierigem Umfeld gut funktioniert und 90 % der Positionsdaten übertragen wurden. Die Empfangsempfindlichkeit liegt bei mindestens -144 dBm.

Summary

In remote and mountainous areas it can be difficult and labour intensive to find livestock in order to check health and welfare. Therefore, we were testing a new low cost radio technology “LoRa” (Long Range; Chirp Spread Spectrum modulation technology from Semtech Corporation) with minimal energy requirements and long range in a pilot study. Ten GPS collars with integrated LoRa radio technology were built and tested on 8 sheep, one herd protection dog and one donkey. The animals were kept in the Alps and wore collars over a one 1-month period. Every 30 min. a position was logged. Via a web server it was possible to monitor the animals in real-time.

The pilot study could demonstrate that the new radio technology was able to operate in a difficult topographic environment and transmit successfully 90 % of the positioning data. A reception sensitivity above -144 dBm was needed to receive the signals.

1 Einleitung

In extensiven und abgelegenen Gebieten kann es schwierig und arbeitsintensiv sein, Schaf- und Rinderherden zu finden und zu überwachen. Auch wilde Raubtiere, wie der Wolf oder freilaufende Hunde, können eine wesentliche Gefahr für die Tiere und damit auch für den Lebensunterhalt der Landwirte darstellen. Moderne Technologien können die Landwirte unterstützen, die Tiere zu lokalisieren und zu überwachen, um Arbeitskosten zu senken und den Tierschutz zu gewährleisten. Eine Hauptbeschränkung ist jedoch der Energiebedarf und die Kosten dieser Systeme. Deshalb wurde in einer Pilotstudie eine neue kostengünstige Funktechnologie, LoRa (Long Range der Firma Semtech), mit minimalem Energiebedarf und großer Reichweite getestet. Im Gegensatz zum Mobilfunknetz lässt sich auf diese Weise eine Datenübertragung mit geringen Kosten und niedrigem Stromverbrauch realisieren. Ziel der Pilotstudie war es, die Qualität und Zuverlässigkeit der Datenübertragung im Berggebiet zu analysieren.

2 Material und Methode

Zehn Halsbänder wurden in einem ersten Test an 8 Schafen, einem Esel und einem Herdenschutzhund auf einer Alp in der Nähe von Andermatt (Schweiz) im gebirgigen Hochtal «Unteralp» getestet (Abb. 1a + b). Der Pilottest dauerte vom 9.9.2016 bis zum Alpbzug am 6.10.2016. Als Standort für die Empfangsstation wurde eine Hütte gewählt (Vermigelhütte), da dort eine Stromversorgung vorhanden war. Die Elektronik, hauptsächlich bestehend aus GPS-Empfänger und neuem Funksender, wurde dazu in ein Halsband integriert.

Für unsere Studie wurde alle 30 min die Position des Tieres über LoRa gesendet und mit einer eigenen Basisstation empfangen. Die Empfangsstation bestand aus LoRa- und GPS-Empfänger sowie GSM-Modem zur Übermittlung der Positionsdaten über das Internet zum Webserver. Mit den eingehenden Koordinaten konnten die Tiere live ver-



Abb. 1a + b: GPS-Halsbänder mit integriertem, neuem Funksender (© Früh)

Fig. 1a + b: GPS collars with integrated new radio transmitter (© Früh)

folgt werden. Über einen Webserver erfolgte die kontinuierliche Datenspeicherung und Visualisierung der Positionsinformation. Neben der Position wurde auf dem Webserver (Abb. 2) auch der Empfangspegel der jeweiligen Funkmeldung und die Qualität des GPS-Empfangs beim Tier mitgeschrieben. Zusätzlich zur Ortung der Tiere wurde vorgängig eine Ausbreitungssimulation unter Einbezug der Topografie durchgeführt. Für den Feldtest stand ein Linkbudget von 144 dB zur Verfügung.

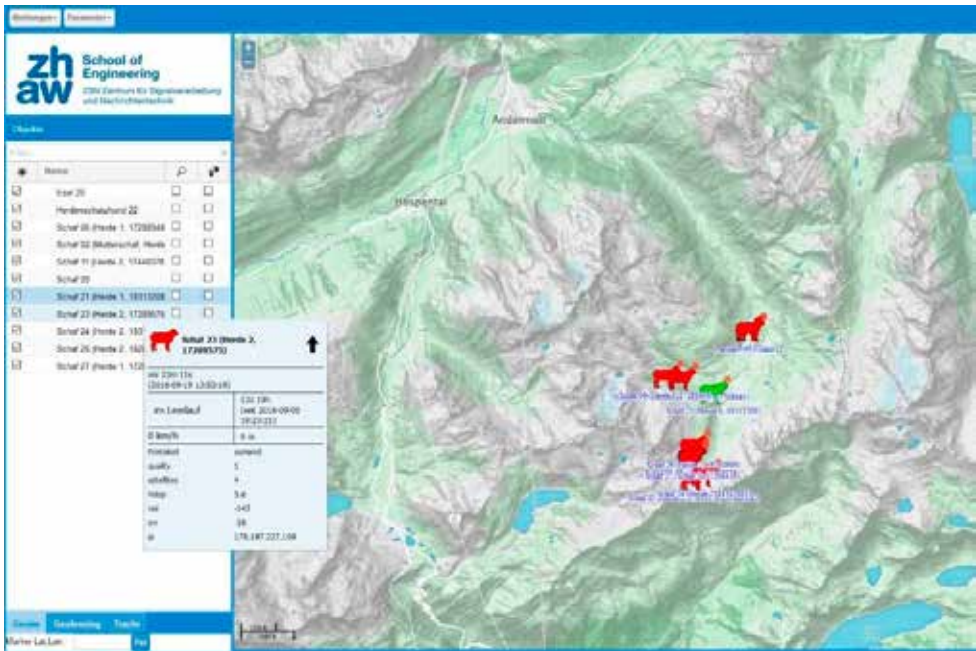


Abb. 2: Webinterface mit topografischer Karte zur Darstellung der Position (© Fröh)

Fig. 2: Web interface including a topographic map to show the locations (© Fröh)

3 Ergebnisse

Die Ausbreitungssimulation mit 169 MHz ist in Abbildung 3 dargestellt. Es zeigte sich, dass die Frequenz von 169 MHz in gebirgigem Umfeld durch die Beugungseffekte der zweiten möglichen LoRa-Frequenz bei 868 MHz deutlich überlegen ist (Abb. 4). Die Abbildungen zeigen farblich codiert die zu erwartenden Empfangspegel am jeweiligen Sendestandort. Funktechnisch ist der Standort der Basisstation im Talkessel nicht ganz optimal. Von einem höheren Standort wäre eine noch bessere Ausleuchtung des Tales möglich. Der Standort wurde gewählt, weil dort eine Hütte mit Stromversorgung vorhanden ist. Rot zeigt den besten Empfangspegel (bei der Hütte), gelb und grün noch gut ausreichende Empfangspegel, hellblau knappe und violett ungenügende Empfangspegel. Mit einem Spreading-Faktor von 12 und einer Bandbreite von 20,8 kHz verfügte das

System über eine Empfangsempfindlichkeit von -144 dBm, d. h. Signale darüber konnte noch empfangen werden, unter -144 dBm nicht mehr. Gesendet wurde mit 0 dBm effektive Strahlungsleistung (ERP).

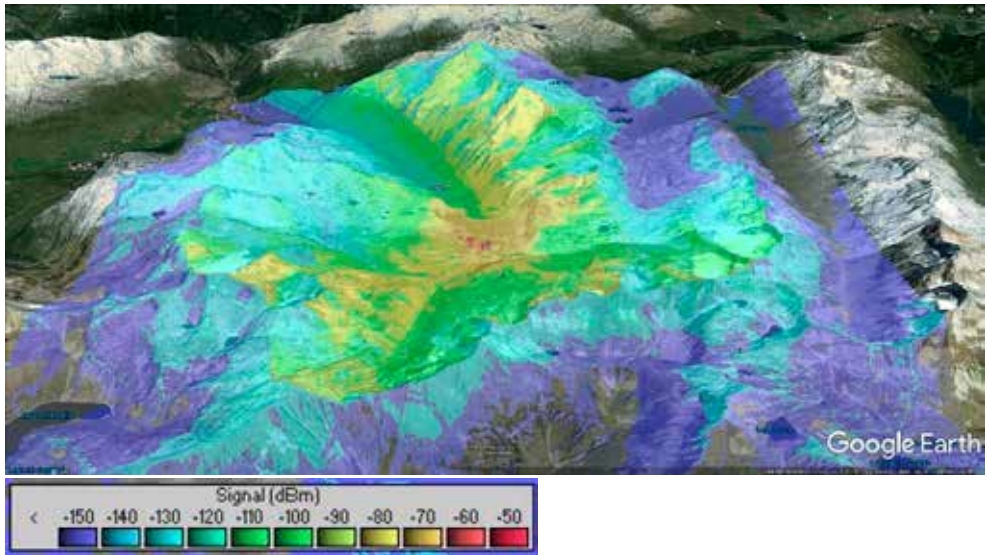


Abb. 3: Erwartete Empfangspegel bei 169 MHz (© Früh)

Fig. 3: Expected reception level at 169 MHz (© Früh)

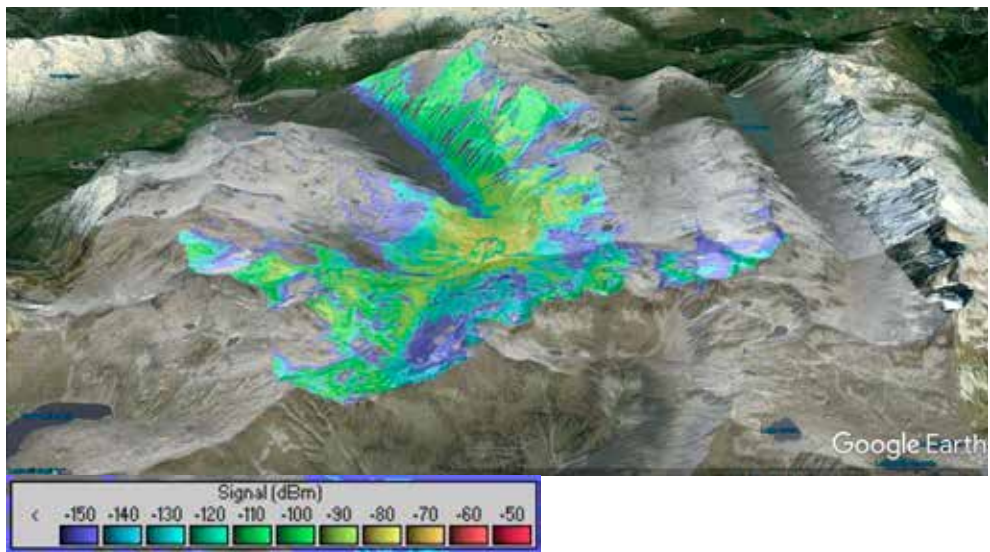


Abb. 4: Erwartete Empfangspegel bei 868 MHz (© Früh)

Fig. 4: Expected reception level at 868 MHz (© Früh)

Abbildung 5 zeigt exemplarisch den Positionsverlauf eines Schafes über den gesamten Zeitraum, projiziert auf die Simulationsdaten zum Empfang. Insgesamt wurden ca. 90 % der Positionsmeldungen erfolgreich übermittelt. Das Linkbudget von 144 dB und die Frequenz von 169 MHz erlaubte auch in topografisch sehr schwierigem Umfeld eine gute Abdeckung. Die Pegel der übermittelten Positionsmeldungen stimmten sehr gut mit der erwarteten Funkabdeckung überein.

Als Batterie wurde ein LiPo-Akku mit einer Kapazität von 1.200 mAh verwendet. Dieser reichte problemlos aus, um den Zeitraum von 27 Tagen zu überbrücken. Es ist zu erwarten, dass mit Optimierung des GPS-Empfängers und mit zwei AA-Alkali-Batterien eine Lebensdauer von 5–6 Monaten erreicht werden kann.

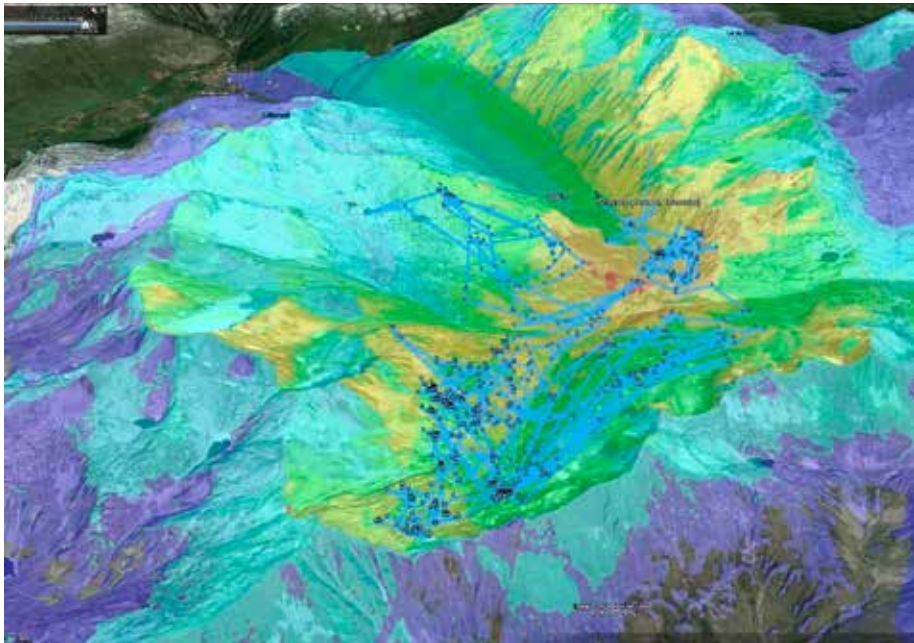


Abb. 5: Positionen eines Schafes aufgenommen über den Zeitraum von einem Monat (© Früh)

Fig. 5: Positions of a sheep tracked over a period of one month (© Früh)

4 Diskussion

Erste Ergebnisse haben gezeigt, dass die Datenübertragung im Berggebiet erfolgreich durchgeführt werden kann. Gerade in der Landwirtschaft eröffnen sich mit dieser Lösung der Datenübertragung neue Anwendungen, die bisher aufgrund der Kosten, der Lebensdauer der Batterien und deren Gewicht nicht möglich waren. Abgesehen von der Lokalisierung von Tieren besteht aber auch die Möglichkeit, diese kostengünstige und energieeffiziente Datenübertragung künftig für andere Sensoren einzusetzen. So

ließe sich zum Beispiel mit Vegetations- oder Umweltsensoren sowie virtuellen Zäunen (Anderson, 2007) ein aktives Weidemanagement betreiben. Die Integration von Aktivitätssensoren, um ungewöhnliches Verhalten der Tiere zu detektieren, ist ebenfalls eine Möglichkeit die Herdenüberwachung zu unterstützen (Umstätter et al., 2008). Die Verhaltensänderungen können für die Früherkennung von Erkrankungen, die Brunsterkennung oder einer Beurteilung des Wohlbefindens herangezogen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Herdenbesitzer zu alarmieren, falls beispielsweise der Angriff eines Wolfes oder freilaufenden Hundes stattfindet. Weiterhin ist es möglich, den Arbeitszeitbedarf sowohl für die Tierbetreuung als auch für die Betriebsführung zu reduzieren.

Im Sinne des Farming 4.0 könnten mit LoRa in Zukunft neben der Tierortung auch Maschinen, wie z.B. der Fütterungsroboter oder Melkroboter, verbunden werden, damit die Versorgung der Tiere selbst bei Weidegang optimiert werden kann.

5 Schlussfolgerungen

Mit dem Pilottest konnte gezeigt werden, dass sich die neue Funktechnologie LoRa auch in topografisch schwierigem Umfeld gut eignet, um Tiere kostengünstig und über einen längeren Zeitraum live zu überwachen. Neben der Position ist die Übermittlung von weiteren Daten denkbar.

Literatur

- Anderson, D.M. (2007): Virtual fencing - past, present and future. *The Rangeland Journal* 29, pp. 65–78
- Umstätter, C.; Waterhouse, A.; Holland, J.P. (2008): An automated sensor-based method of simple behavioural classification of sheep in extensive systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 64, pp. 19–26

Danksagung

Die Autoren danken der Firma TECSAG Innovation AG für die finanzielle Unterstützung der Pilotstudie.

Einsatz von GPS- und Beschleunigungssensordaten zum Verhaltensmonitoring bei Rindern auf der Weide

Using GPS and accelerometer data to monitor behaviour of cattle on pasture

JAN MAXA, STEFAN THURNER, MIRIAM KÄSS, GEORG WENDL

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

Zusammenfassung

Globale Navigationssysteme wie GPS werden bereits seit mehreren Jahren zur Ortung von Wild- und domestizierten Tieren eingesetzt. Eine Kombination von GPS-Positionsdaten mit Daten aus anderen Sensoren, wie einem Beschleunigungssensor, ermöglicht ein Monitoring des Verhaltens der Tiere auf Weideflächen und öffnet damit ein großes Potenzial zur Optimierung des Tier- und Weidemanagements. Ziel dieser Studie war daher, das Verhalten von Rindern auf der Weide anhand von GPS- und Beschleunigungssensordaten zu analysieren und anschließend Klassifizierungsalgorithmen zur Erkennung spezieller Verhaltensmerkmale zu entwickeln. Der entwickelte Klassifizierungsalgorithmus führte zu einer mittleren bis sehr hohen Sensitivität und Spezifität für die wichtigsten Verhaltensmerkmale: Grasens, Wiederkauens und Liegens. Durch eine Sensorfusion kann das Monitoring der Tiere auf der Weide weiterhin optimiert werden.

Summary

Since several years, Global Navigation Satellite Systems, such as GPS, have been used to track wildlife and domesticated animals. A combination of GPS with other sensors like an accelerometer enables to monitor behaviour of animals on the pasture and opens a great potential to optimize animal and pasture management. Therefore, the aim of this study was to analyze behaviour of grazing cattle based on GPS and accelerometer data. Furthermore, classification algorithms for detection of the specific cattle behaviours were developed. These algorithms resulted in moderate to very high sensitivity and specificity for the most important behaviour regarding the animal and pasture management: grazing, ruminating and lying. Such behaviour monitoring of grazing animals can be further optimized through sensor fusion.

1 Einleitung und Zielsetzung

Tierortung wird bereits seit mehreren Jahrzehnten mit verschiedenen Techniken praktiziert. Nachteile bei der Nutzung dieser Systeme waren bisher der hohe Stromverbrauch und die relativ hohen Kosten für die Technik, wodurch deren Einsatz vor allem auf die Forschung, meist mit Wildtieren, beschränkt war. Seit der Möglichkeit der Nutzung des Globalen Navigationssystems GPS für zivile Zwecke wurde weltweit verstärkt an Ortungssystemen für verschiedene Tierarten gearbeitet. In den letzten Jahren ergaben sich Kostenreduktionen bei der GPS-Technologie durch deren weite Verbreitung und auch neue Entwicklungen im Bereich der Stromspeichertechnologie, wodurch es vermehrt zur Anwendung auch bei domestizierten Tieren, wie z. B. Rindern (Thurner et al. 2011; Maxa et al. 2015), kam. Diesbezüglich wurde am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zusammen mit der Industrie ein Prototyp eines GPS-GSM-Ortungssystems für Rinder auf Almen und weitläufigen Weideflächen entwickelt und erfolgreich getestet. Ein großes Potenzial zur Optimierung des Tier- und Weidemanagements liegt in der Kombination von GPS-Positionsdaten mit Daten von anderen Sensoren, wie z. B. einem Beschleunigungssensor. Mithilfe dieser Daten kann ferner ein Monitoring des Verhaltens der Tiere auf weitläufigen Weideflächen ermöglicht werden.

Die dem Beitrag zugrundeliegende Studie hat zum Ziel, das Verhalten von Rindern auf der Weide anhand von GPS- und Beschleunigungssensordaten zu analysieren und anschließend eine Entwicklung von Klassifizierungsalgorithmen zur Erkennung spezieller Verhaltensmerkmale durchzuführen.

2 Material und Methoden

Für die Analyse des spezifischen Tierverhaltens mittels GPS- und Beschleunigungssensordaten wurden sechs ausgewählte Färsen einer Herde der Rassen Limousine und Fleckvieh mit Prototypen des Ortungssystems der Firma Blaupunkt Telematics ausgestattet (Abb. 1). Gleichzeitig wurden mittels Direktbeobachtungen (continuous-sampling) über vier Tage und bis zu 8 Stunden pro Tag die Verhaltensmerkmale „Gehen“, „Grasen“, „Wiederkauen“, „Stehen“, „Liegen“, „Trinken“ und „Sozialverhalten“ erfasst. Die Ortungssysteme zeichneten GPS-Positionen mit 1 Hz und Beschleunigungsdaten von drei Achsen mit 3 Hz auf.

Zur Datenanalyse wurde aus den im Rahmen der Untersuchung gesammelten GPS-Positionen die Geschwindigkeit (m/s) der Tiere berechnet. Anschließend wurden Informationen zur Geschwindigkeit und zu den Beschleunigungsdaten mit Direktbeobachtungsdaten in Intervallen von 10 s zusammengefasst und für jedes Intervall von allen Daten jeweils der Mittelwert mit Standardabweichung berechnet. Die weiterhin beschriebenen Auswertungen wurden ausschließlich für die wichtigsten Verhaltensmerkmale in Bezug auf das Tier- und Weidemanagement, nämlich Grasen, Wiederkauen und Liegen, durchgeführt.



Abb. 1: GPS-GSM-Ortungssystem der Firma Blaupunkt Telematics eingesetzt zur Analyse des Tierverhaltens (© Maxa/LfL)

Fig. 1: GPS-GSM tracking system of the company Blaupunkt Telematics used for animal behaviour analysis (© Maxa/LfL)

Zur Identifikation von Unterschieden zwischen verschiedenen Verhaltensmerkmalen wurden Regressionsmodelle mit gemischten Effekten verwendet. Schließlich wurden Histogramme erstellt und Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen (WDF) an diese angepasst. Die Grenzwerte zur Unterscheidung der Verhaltensmerkmale der Tiere anhand der GPS- und Beschleunigungsdaten wurden abschließend über die Schnittpunkte der WDF berechnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Anhand der Regressionsanalysen wurden signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den drei Verhaltensmerkmalen Grasen, Wiederkauen und Liegen nur bei der Standardabweichung der Daten der X-Achse der Beschleunigungsdaten festgestellt. Der Durchschnitt der Werte der X-Achse war am höchsten für das Verhaltensmerkmal Grasen ($\bar{x} = 9,79$), dann folgte Wiederkauen ($\bar{x} = 8,73$) und schließlich Liegen ($\bar{x} = 7,93$). Diese Mittelwerte entsprechen den Halsbewegungen des Tieres und spiegeln die dementsprechende Aktivität wieder. Für die Y- und Z-Achse der Beschleunigungsdaten wurden signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) bei der Standardabweichung nur zwischen den Verhaltensmerkmalen Grasen – Liegen und Wiederkauen – Liegen festgestellt. Daher wurden diese beiden Achsen nicht weiterverwendet.

Weiterhin konnten anhand der GPS-Positionsdaten (Standardabweichung der Daten der berechneten Geschwindigkeit aus zwei aufeinanderfolgenden GPS-Positionen) die Verhaltensmerkmale Grasen und Liegen voneinander unterschieden werden. In Abbildung 2 ist am Beispiel eines Bewegungsmusters einer Färsen die Zuordnung der beobachteten Verhaltensmerkmale zu den jeweiligen GPS-Positionen dargestellt.



Abb. 2: Bewegungsprofil eines Tieres innerhalb von zwei Stunden, dargestellt anhand von GPS-Positionsdaten kombiniert mit Verhaltensmerkmalen (© Maxa/LfL)

Fig. 2: Movement profile of one animal within two hours based on GPS data combined with behaviour patterns (© Maxa/LfL)

Basierend auf den Ergebnissen der Regressionsanalysen wurden für die weitere Berechnung der Grenzwerte zwischen den Verhaltensmerkmalen die Werte der X-Achse des Beschleunigungssensors verwendet. Diese Werte resultierten in drei Datensätzen, jeder mit unterschiedlichem Aktivitätsmodus des Halses der Tiere (Abb. 3A).

Die niedrigste Aktivität entspricht dem Verhaltensmerkmal Liegen, die mittlere Aktivität dem Verhaltensmerkmal Wiederkauen und die höchste Aktivität dem Verhaltensmerkmal Grasen. Die beiden erstgenannten Verhaltensmerkmale zeigten Überlappungsbereiche bezüglich des Aktivitätsniveaus. Obwohl aus den GPS-Positionen und

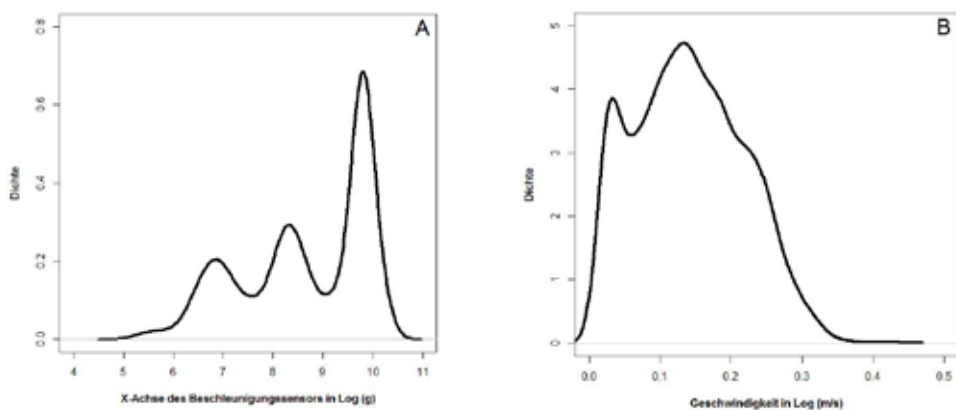


Abb. 3: Dichtefunktion der X-Achse der Beschleunigungsdaten in g (A) und der Geschwindigkeit in m/s (B) (© Maxa/LfL)

Fig. 3: Density function of X-axis of accelerometer data in g (A) and speed in m/s (B) (© Maxa/LfL)

den daraus berechneten Geschwindigkeiten signifikante Unterschiede zwischen den Verhaltensmerkmalen Grasen und Liegen errechnet werden konnten, wurden aufgrund der breiten Überlappungsbereiche zwischen beiden Datensätzen die GPS-Positionen nicht weiter berücksichtigt (Abb. 3B). Bei der Berücksichtigung weiterer Verhaltensmerkmale mit höherer Fortbewegungsgeschwindigkeit der Tiere sollten die GPS-Daten zur Unterscheidung verschiedener Verhaltensmerkmale eingesetzt werden, wie z. B. die Studie von Spink et al. (2013) zeigte. Diese Verhaltensmerkmale waren jedoch in der vorliegenden Studie nur in sehr geringer Anzahl beobachtet worden und wurden deswegen nicht analysiert.

Der aus den Berechnungen resultierende Klassifizierungsalgorithmus wurde anhand logarithmierter Daten der X-Achse des Beschleunigungssensors, die vorher in 10-s-Intervallen zusammengefasst wurden, erstellt. Anhand von zwei Schnittpunkten der an die Histogramme angepassten Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen konnten die Daten in drei Teile getrennt werden und so den Verhaltensmerkmalen Liegen, Wiederkauen und Grasen zugeordnet werden (Abb. 4).

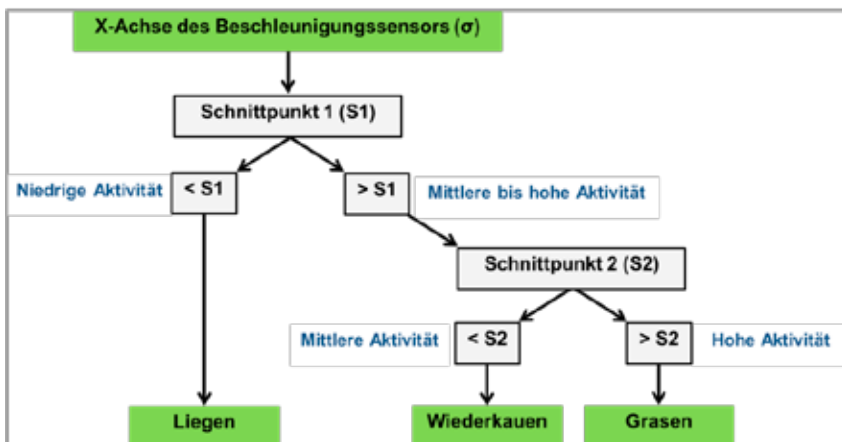


Abb. 4: Entscheidungsbaum des Klassifizierungsalgorithmus zur Erkennung des Verhaltens der Rinder (© Maxa/LfL)

Fig. 4: Decision tree of classification algorithm for recognition of cattle behaviour (© Maxa/LfL)

Für den erstellten Klassifizierungsalgorithmus konnte eine mittlere bis sehr hohe Sensitivität für die Verhaltensmerkmale (Grasen: 99,4 %, Wiederkauen: 71,3 % und Liegen: 55,5 %) verifiziert werden. Die Spezifität des Klassifizierungsalgorithmus war ebenfalls hoch bis sehr hoch (Grasen: 80,8 %, Wiederkauen: 83,6 % und Liegen: 98,2 %). Eine weitere Optimierung des Klassifizierungsalgorithmus ist über die weitere Berücksichtigung der Werte eines Magnetometers geplant. Die GPS-Positionsdaten werden aufgrund der hohen Ansprüche an die Batterielaufzeit und dem geringen Nutzen für die Verhaltensmerkmalenerfassung künftig nur in geringerer Datendichte und ausschließlich für die Ortung der Tiere verwendet werden.

4 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass man anhand von Beschleunigungsdaten die entscheidenden Verhaltensmerkmale von Rindern für die Optimierung der Weidewirtschaft und das Monitoring der Tiergesundheit voneinander unterscheiden kann. Die Nutzung von weiteren Sensoren (Magnetometer) kann die Genauigkeit des Klassifizierungsalgorithmus möglicherweise erhöhen. Für den praktischen und dauerhaften Einsatz dieser Technologien im Weidebetrieb bestehen jedoch hohe Ansprüche an die Batterielaufzeit, die Datenübertragung und auch das Datenmanagement. Dies erfordert weitere Entwicklungen und Anpassungen der Ortungstechnologie zur Implementation in der Weidewirtschaft.

Literatur

- Maxa, J.; Thurner, S.; Wendl, G. (2015): Evaluation of different global navigation satellite tracking systems and analyses of movement patterns of cattle on alpine pastures. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, Special issue 2015, 18th World Congress of CIGR, pp. 326-335
- Spink, A.; Cresswell, B.; Kölzsch, A.; van Langevelde, F.; Neeffjes, M.; Noldus, N.P.J.; van Oeveren, H.; Prins, H.; van der Wal, T.; de Weerd, N.; Frederik de Boer, W. (2013): Animal behavior analysis with GPS and 3D accelerometers. *European Conference on Precision Livestock Farming 2013*, Leuven, Belgium, pp. 229-239
- Thurner, S.; Neumaier, G.; Noack, P.O.; Wendl, G. (2011): Reduction of labour input by a GPS-based livestock tracking system on alpine farms with young cattle. *XXXIV CIOSTA & CIGR V Conference in Vienna, Austria*, pp. 139-142

Förderung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ: 2813IP013).

Automatisch erfasste Leistungs- und Verhaltensparameter als Risikofaktoren in einem Vorhersagemodell für Lahmheit bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh

Automatically recorded performance and behavior data as risk factors in a lameness prediction model for simmental cattle

KATHARINA SCHINDHELM¹, BERNHARD HAIDN¹, MARLENE TREMBLAY², DÖRTE DÖPFER²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, 85586 Grub; Katharina.Schindhelm@lfl.bayern.de

² Food Animal Production Medicine Section, School of Veterinary Medicine UW-Madison, Wisconsin, USA

Zusammenfassung

Im Projekt wurde untersucht, ob automatisch erfasste Aktivitäts- und Leistungsdaten mittels spezieller Datenanalyse dazu genutzt werden können, Lahmheiten bei Milchkühen automatisch zu erkennen. In einer Herde von 65 Fleckviehkühen in einem Offenlaufstall wurden von März 2014 bis März 2015 kontinuierlich über automatische Sensoren tierindividuelle Leistungs- und Verhaltensparameter erhoben und die Klauengesundheit aller Tiere dokumentiert. Im Anschluss an die Datenerhebung wurden Risikofaktoren identifiziert und mittels einer regularisierten Regressionsanalyse (Elastic Net) in ein Vorhersagemodell integriert. Das Vorhersagemodell erreichte eine Sensitivität von 0,95 (95 %-Konfidenzintervall (KI): 0,92–0,97) und eine Spezifität von 0,83 (95 %-KI: 0,79–0,86) bei Anwendung auf den Kalibrierungsdatensatz und eine Sensitivität von 1,00 (95 %-KI: 0,19–1,00) und Spezifität von 0,80 (95 %-KI: 0,71–0,87) bei Anwendung auf den Validierungsdatensatz.

Summary

The aim of the project was to determine if the analysis of automatically recorded performance and activity data could be used for automatic lameness detection in dairy cows. Individual performance and behavior parameters were measured with automatic sensors and lameness of all animals was documented in a herd of 65 Simmental cattle housed in a free stall barn from March 2014 to March 2015. After data collection risk factors were identified and fitted into a prediction model based on a regularized regression (Elastic Net). The prediction model applied to the calibration data achieved a sensitivity of 0.95 (95 %-confidence interval (CI): 0.92–0.97) and a specificity of 0.83 (95 %-CI: 0.79–0.86) and the same model applied to the validation data resulted in a sensitivity of 1.00 (95 %-CI: 0.19–1.00) and a specificity of 0.80 (95 %-CI: 0.71–0.87).

1 Einleitung

Lahmheit stellt ein großes Problem in der modernen Milchviehhaltung dar. Nicht nur die Leistung der Tiere wird negativ beeinflusst, vor allem beeinträchtigt Lahmheit auch das Wohlbefinden der Tiere maßgeblich. Laut LKV Bayern (2015) waren 2014 Klauenerkrankungen die dritthäufigste Ursache für Schlachtungen. Whay et al. (2002) fanden heraus, dass Landwirte die Lahmheitsprävalenz in der eigenen Herde im Durchschnitt um den Faktor vier unterschätzen. Je früher eine Klauenerkrankung jedoch erkannt wird, desto geringer sind die negativen Auswirkungen auf das Tier und die Dauer des Heilungsprozesses (Laven et al., 2008). Die zunehmende Automatisierung in modernen Milchviehställen kann zwar zu einem geringeren Betreuer-Tier-Verhältnis führen und so teilweise zu noch geringerer Beobachtungsdichte, sie kann jedoch mit Hilfe automatisch erfasster Daten, wie Milchleistung sowie Kennzahlen zum Aktivitäts-, Liege- (Firk et al., 2002) und sogar Futteraufnahmeverhalten (Borchers, 2015), auch Chancen einer besseren Tierüberwachung bieten. In der vorliegenden Studie wurden automatisch erfasste Leistungs- und Verhaltensdaten auf Zusammenhänge mit dem Auftreten von Lahmheit untersucht und relevante Parameter in ein Vorhersagemodell integriert.

2 Tiere, Material und Methoden

In einem Offenlaufstall mit 65 melkenden Fleckviehkühen wurden von März 2014 bis März 2015 über verschiedene Sensoren automatisch Leistungs- und Verhaltensdaten der Tiere kontinuierlich erfasst. Über einen Melkroboter mit integrierter Tierwaage wurden Parameter zum Melken und das Tiergewicht gemessen, Pedometer – an einem Fuß der Tiere befestigt – registrierten Aktivität und Liegeverhalten. Die Futteraufnahmemenge sowie Dauer und Häufigkeit der Anwesenheit am Trog (Trogbesuch) konnten durch automatische Wiegetröge erfasst werden. Alle erhobenen Parameter wurden zu Tageswerten addiert oder gemittelt und mit Daten aus der Managementsoftware wie Laktationsnummer und -status zusammengeführt. So entstand für jedes Tier pro Tag ein Tagesdatensatz, der durch ein wöchentliches Locomotionscoring, modifiziert nach Sprecher et al. (1997) (1 = gesund, 2 = gerade Rückenlinie im Stand, gekrümmte Rückenlinie im Gehen, 3 = gekrümmte Rückenlinie im Stand und im Gehen, 4 = Schrittverkürzung oder Entlastung auf einer oder mehreren Gliedmaßen, 5 = komplette Entlastung einer oder mehrerer Gliedmaßen), ergänzt wurde, um Aussagen über den Lahmheitsstatus machen zu können.

2.1 Statistische Analysen

Alle statistischen Berechnungen wurden mit R durchgeführt (R. Core Team, 2015). Alle Parameter wurden am Mittelwert in eine niedrige und eine höhere Kategorie geteilt. In Kreuztabellen mit dem Ergebnis „lahm“ oder „nicht lahm“ wurde so für jeden Parameter die sogenannte „odd's ratio“ (OR) berechnet, um signifikante Risikofaktoren zu definieren. Ein Tier mit einem Locomotionscore über 3 war definiert als „lahm“, darunter

als „nicht lahm“. Um mögliche Interaktionen zwischen den Parametern feststellen zu können, wurden auch hierfür Kreuztabellen angewendet. Parameter mit statistisch signifikantem Zusammenhang direkt mit dem Lahmheitsstatus oder von den Parametern untereinander (Interaktionsgrößen) wurden dann im Vorhersagemodell verwendet.

Die Daten wurden vor der Modellberechnung in 90 % Kalibrierungs- und 10 % Validierungsdaten geteilt, um die Modellgüte im Anschluss an die Modellformulierung validieren zu können. Auf den Kalibrierungsdatensatz wurde aufgrund des unausgewogenen positiv(„lahm“)-negativ(„nicht lahm“)-Verhältnisses mit wenigen positiven Tieren die gemischte Up- und Down-Sampling-Methode SMOTE (Chawla et al., 2002) angewendet, um ein Verhältnis von 1:1 bei gleicher Anzahl Fälle n zu erreichen. Zur Modellentwicklung wurde aufgrund der hohen Anzahl an statistisch signifikanten Parametern in Bezug auf den Lahmheitsstatus die regularisierte Regressionsanalyse Elastic Net (Zou and Hastie, 2005) zur Auswahl der relevanten Variablen angewandt. Elastic Net erlaubt die Analyse von Daten bei hoher Kollinearität, die in den vorliegenden Daten festzustellen war. Das finale Modell wurde dann auf den Validierungsdatensatz angewendet und eine ROC(Receiver Operating Characteristics)-Kurven-Analyse der Ergebnisse lieferte diagnostische Parameter über die Modellgüte wie Sensitivität und Spezifität.

3 Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 1.613 Locomotionscores von 89 Kühen erfasst. Entsprechend der vorher beschriebenen Definition ergaben sich 45 lahme-Kuh-Tage, also die Datensätze der Kühe, die an diesem Tag einen Locomotionscore über drei aufwiesen, und 1.568 nicht-lahme-Kuh-Tage.

3.1 Risikofaktoren für Lahmheit

Der Großteil der 27 untersuchten Parameter hatte einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem Lahmheitsstatus. Nur die Leistungsparameter Milchleistung, Tiergewicht, Dauer eines Trogbesuchs, allgemeine Aktivität (Tag-Nacht-Verhältnis (T/N)), die Uhrzeit des ersten Trogbesuchs, Tage in Milch und externe Faktoren wie Jahreszeit und Fütterungsunterschiede (höhere oder niedrigere Energiekonzentration) zeigten keine Assoziation zur Bestimmung von „lahm“ oder „nicht lahm“.

Kühe mit längeren Zwischenmelkzeiten hatten eine 3,5-mal größere Chance lahm zu sein als jene mit kürzeren Zwischenmelkzeiten. Alle Futteraufnahmeverhaltensparameter, bis auf die Dauer eines Trogbesuchs, wiesen einen statistisch signifikanten Zusammenhang zum Lahmheitsstatus auf. Lahme Tiere fraßen mit kürzerer Dauer, schneller und mit einer geringeren Anzahl an Mahlzeiten und Trogbesuchen. Auch die Menge an aufgenommenem Futter pro Mahlzeit und Trogbesuch war bei lahmen Tieren signifikant höher und damit ein Hinweis auf den Lahmheitsstatus. Je weniger Zeit sich eine Kuh nachts im Vergleich zu tagsüber am Trog aufhielt, desto höher war die Wahrscheinlichkeit für eine Lahmheit. Die Liegedauer konnte ebenfalls Hinweise auf den Lahmheitsstatus liefern: Je mehr Zeit und in weniger und längeren Liegeereignissen

eine Kuh lag, desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass sie lahm war. Auch hier war das Tag-Nacht-Verhältnis von Bedeutung: Bei lahmen Tieren war es statistisch signifikant größer, also mehr Liegezeit, die auch am Tag stattfand, als bei nicht lahmen Tieren. Die allgemeine Aktivität zeigte nur tendenzielle Assoziation mit dem Lahmheitsstatus und wurde deshalb nicht als relevanter Faktor gewertet.

3.2 Vorhersagemodell

Die unter 3.1 ermittelten, für ein Vorhersagemodell relevanten Parameter wurden als Variablen in das Vorhersagemodell integriert, nachdem bei Parameterpaaren korrelierend mit Pearson's Korrelationskoeffizient $> 0,7$ der weniger signifikante ausgeschlossen wurde. Aufgrund von Plausibilitätsprüfung und der p-Werte $< 0,05$ der „odd's ratio“ (OR) zwischen den Parametern wurden die Interaktionsgrößen ebenfalls hinzugefügt, sodass nach Berücksichtigung der Marginalitätsregel folgende Parameter in der Modellentwicklung verwendet wurden (Interaktionsgrößen sind kursiv gedruckt): Milchmenge, Futteraufnahme, Futteraufnahmedauer, Futteraufnahmedauer (T/N), Anzahl der Mahlzeiten, Mahlzeitdauer, Futteraufnahme pro Mahlzeit, Liegedauer, Liegedauer (T/N), Anzahl der Liegeereignisse (T/N), Liegeereignisdauer, Anzahl der Beobachtungen, Laktationsstatus, Jahreszeit, Fütterung, Laktationsnummer, *Milchmenge * Futteraufnahme*, *Mahlzeitdauer * Fütterung*, *Futteraufnahmedauer (T/N) * Anzahl der Beobachtungen*, *Liegedauer (T/N) * Anzahl der Beobachtungen*, *Milchmenge * Futteraufnahmedauer*, *Milchmenge * Liegedauer*, *Futteraufnahme * Futteraufnahme pro Mahlzeit*. Die Anwendung des Elastic Net führte zu keiner weiteren Variableneliminierung (Abb. 1) und der durchschnittliche absolute Fehler des Modells war bei der Verringerung der Anzahl der im Modell verbleibenden Variablen auf 12, also der Hälfte der ursprünglich im Modell enthaltenen, doppelt so groß (ca. 0,8) als wenn alle Variablen im Modell verblieben (ca. 0,4). Das weist darauf hin, dass es starke Beeinflussung unter den Variablen gibt. Diese enthaltene, demnach wichtige Information geht deshalb bei Elimination einzelner Variablen verloren und verringert die Modellgüte erheblich. Die Parameter mit den höchsten Koeffizientenwerten im Modell waren *Milchmenge * Futteraufnahme*, *Milchmenge * Liegedauer* und Futteraufnahmedauer (T/N) gefolgt von *Milchmenge * Liegedauer* und *Futteraufnahme * Futteraufnahme pro Mahlzeit*. Die übrigen Parameter hatten sehr kleine Koeffizientenwerte (Abb. 2). Die Tatsache, dass Leistungsparameter wie Milchmenge oder Futteraufnahme in der univariaten Analyse über die OR keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Lahmheitsstatus aufwiesen, im Zusammenhang mit weiteren Variablen im Elastic-Net-Modell jedoch die höchsten Koeffizientenwerte besaßen, unterstützt die Vermutung einer hohen Kollinearität und damit Abhängigkeit der Variablen untereinander. Dies ist eine Ursache für die Schwierigkeiten bei der Suche nach geeigneten Vorhersageparametern für Lahmheit bei Milchkühen: Es existiert kein Parameter, anhand dessen allein mit ausreichender Genauigkeit der Lahmheitsstatus bestimmt werden kann. Die Merkmale, die eine hohe Assoziation zur Eigenschaft „lahm“ oder „nicht lahm“ aufweisen, stehen immer noch in großer Beeinflussung anderer externer oder tierindividueller Faktoren und sollten deshalb im Zusammenhang mit diesen betrachtet werden.

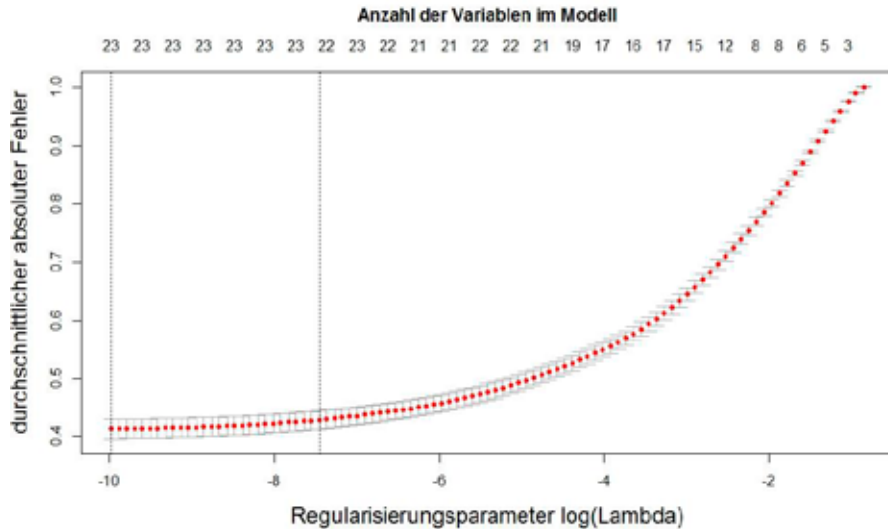


Abb. 1: Durchschnittlicher absoluter Fehler des Elastic-Net-Modells bei sinkender Anzahl an Variablen
 Fig. 1: Mean absolute error of the Elastic Net model with a decreasing number of variables



Abb. 2: Parameterkoeffizienten im Elastic-Net-Modell
 Fig. 2: Coefficients of the parameters in the Elastic Net model

Die ROC-Kurven-Analyse der Ergebnisse nach Anwendung des Modells auf die Kalibrierungsdaten resultierte in einer Sensitivität von 0,95 (95-%-KI: 0,92–0,97) und einer Spezifität von 0,83 (95-%-KI: 0,79–0,86). Die Anwendung des Modells auf den Validierungsdatensatz erzielte eine Sensitivität von 1,00 (95 %-KI: 0,19–1,00) bei einer Spezifität von 0,80 (95-%-KI: 0,71–0,87).

4 Schlussfolgerungen

Das errechnete Modell erreichte eine hohe Genauigkeit für die Bestimmung des Lahmheitsstatus von Milchkühen bei der Verwendung von automatisch gemessenen Futteraufnahme- und Liegeverhaltensdaten sowie Leistungsdaten wie Futteraufnahme und Milchmenge. Die Interferenz der Parameter untereinander muss jedoch noch genauer untersucht werden, um die Präzision der Vorhersagen weiter zu verbessern und damit Praxisrelevanz zu erreichen.

Literatur

- Borchers, M.R. (2015): An Evaluation of Precision Dairy Farming Technologies Monitoring Rumination, Feeding, and Lying Behaviors
- Chawla, N.V., Bowyer, K.W., Hall, L.O., Kegelmeyer, W.P. (2002): SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique. *J. Artif. Intell. Res.*, 321–357
- Firk, R., Stamer, E., Junge, W., Krieter, J. (2002): Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 75, 219–232. doi:10.1016/S0301-6226(01)00323-2
- LKV Bayern (2015): Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2014, Ergebnisse und Auswertungen. Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredlung in Bayern e.V.
- Laven, R.A., Lawrence, K.E., Weston, J.F., Dowson, K.R., Stafford, K.J. (2008): Assessment of the duration of the pain response associated with lameness in dairy cows, and the influence of treatment. *N. Z. Vet. J.* 56, 210–217
- R. Core Team (2015): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- 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, 1179–1187
- Whay, H.R., Main, D.C.J., Green L. E., Webster A. J. F. (2002): Farmer perception of lameness prevalence. *Proc. 12th Int. Symp. Lameness Rumin.*, 355–358
- Zou, H., Hastie, T. (2005): Regularization and variable selection via the elastic net. *J. R. Stat. Soc. Ser. B* 67, 301–320

Lauf- und Gangbildanalysen bei Milchkühen zur Erkennung von Lahmheiten

Running and gait analyzes in dairy cows for lameness detection

JOHANNA ZILLNER¹, NICOLE TÜCKING¹, SUSANNE PLATTES², WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, 53115 Bonn; johanna.zillner@uni-bonn.de

² Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät, CIDRE, Bonn

Zusammenfassung

Unerkannte und demnach nicht behandelte Klauen- und Gliedmaßenkrankungen sind schmerzhaft und beeinträchtigen die Gesundheit und damit auch das Wohlbefinden der Milchkühe. Um damit verbundene Leistungseinbußen und finanzielle Verluste so gering wie möglich zu halten und der fortschreitenden Technisierung gerecht zu werden, gilt es Lahmheiten frühestmöglich automatisiert zu detektieren. Ziel dieses Forschungsvorhabens war es deshalb zu prüfen, ob ein enger kausaler Zusammenhang zwischen der Laufgeschwindigkeit und dem Lahmheitsgrad besteht, sodass die Laufgeschwindigkeit als Merkmal in ein Prognosemodell integriert werden kann.

Ergebnisse zeigen, dass die Tiere die 8,40 m lange gerade Versuchsstrecke morgens im Durchschnitt innerhalb von 10,23 s und abends von 9,24 s zurücklegten. Korrelationen ergaben signifikante Zusammenhänge zwischen dem Grad des Locomotion Scores und der benötigten Laufzeit. Je höher der Grad der Lahmheit, desto langsamer legt das Tier die Strecke zurück. Es werden jedoch weiterführende Untersuchungen über einen längeren Zeitraum benötigt, um einen tierindividuellen Datenpool zu generieren, auf dessen Grundlage tierspezifische Aussagen im Hinblick auf Lahmheits-(Früh-)Erkennung getroffen werden können.

Summary

Undetected and thus untreated claw disorders are painful and impair the health and thus the well-being of dairy cows. In order to keep associated economic and financial losses as low as possible and to satisfy advancing technical developments, lameness should be detected automatically as soon as possible. The goal of this study was to determine whether a close causal relationship exists between walking speed and lameness degree, so that walking speed can be integrated as a feature into a prediction model.

Results show that the animals covered the 8.40 m long straight test route in the morning on average within 10.23 s and in the evening of 9.24 s. Correlations revealed significant relations between the degree of locomotion score and the required run time. The higher the degree of lameness, the slower the animal covers the distance. However, further studies are required over a longer period of time to generate an animal individual data set, on the basis of which animal-specific statements with regard to early lameness detection can be made.

1 Einleitung

Durch eine zunehmende Technisierung im Herdenmanagement und Automatisierung von Arbeitsabläufen, bedingt durch die wachsenden Herdengrößen, sollte eine sensor-gestützte Lahmheitsdetektion gewährleistet werden (Neveux et al., 2006). Diese sollte laut Rajkondawar et al. (2002) zu einer möglichst frühzeitigen Erkennung und Behandlung von Lahmheiten und dadurch eine Kostenreduktion für die Milchviehbetrie-be ermöglichen (Bruijn et al., 2010). Zum anderen kommen sie dem Tierwohl zugute, indem erkrankte Kühe durch frühzeitige Detektion und Behandlung weniger Schmerzen und dadurch bedingte Bewegungseinschränkungen erleiden müssen (Scott 1989; Whay 2002; Flower et al. 2005; Bicalho et al. 2007a). Außerdem schreitet der Genesungsprozess bei Behandlung im frühen Stadium der Erkrankung deutlich rascher voran.

Tiere mit einer schmerzhaften Gliedmaßen-erkrankung verändern laut Scott (1989) ihre Gangart, da sie, um Schmerzen zu vermeiden, eine Schonhaltung einnehmen. Zu den Abweichungen vom normalen Gang zählen eine langsamere Laufgeschwindigkeit (Flower et al. 2005; Chapinal et al. 2010; Maertens et al. 2011) mit kürzeren Schritten (Flower et al. 2005), unregelmäßiger Schrittfolge, gekrümmtem Rücken und gesenktem Kopf (Maertens et al. 2011). Durch diese Merkmalskombinationen (Muster) lassen sich lahme Kühe identifizieren und gezielt auf Klauenerkrankungen an den geschonten Gliedmaßen untersuchen.

Ziel dieser Studie war es daher, die Zeit, die eine Kuh für die Bewältigung einer definierten Wegstrecke benötigt, als primären Indikator für die Klauengesundheit zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Versuchstiere

Der zweiwöchige Versuch wurde im Sommer 2016 auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn durchgeführt. Es standen 60 Milchkühe der Rasse Holstein Friesian mit einer Nutzungsdauer von $\bar{\varnothing}$ 2,4 Laktationen und einer Milchleistung von $\bar{\varnothing}$ 10.353 kg/Tier/Jahr zur Verfügung. Die Fütterung (Totale Mischration (TMR) ad libitum über fest installierte Wiegetröge (RIC Management, Hokofarm Group, Marknesse, Niederlande)) und Melkung (separates Melkhaus, Doppel-4er Tandem-Melkstand) erfolgen zweimal täglich. Für die Durchführung des Versuches wurde der Rücktrieb vom Melkhaus mithilfe einer Kette so begrenzt, dass die Tiere über einen geraden 8,40 m langen, planbefestigten Streckenabschnitt in den Laufstall zurückgelangten. Die Kette ermöglichte eine ungehinderte Sicht auf das Gangbild des einzelnen Tieres sowohl zur Bestimmung des Locomotion Scores als auch für die Zeitmessungen. Die für die Zeitmessung benötigten Markierungen stellten rotweiß gefärbte Stangen dar, die jeweils an Anfang und Ende der zurückzulegenden Strecke positioniert waren. Diese wurden bereits eine Woche vor der eigentlichen Messung installiert, um die Herde an die optischen Veränderungen zu gewöhnen.

Locomotion Scoring (LMS)

Der LMS nach Sprecher et al. (1997) wurde von insgesamt 53 Tieren an den Versuchstagen 0, 7 und 14 erhoben. Um den Einfluss eines vollen Euters auf das Gangbild eines Tieres auszuschließen, erfolgte die Bestimmung nach dem morgendlichen Melkvorgang. Tiere mit einem $LMS \leq 2$ wurden als nicht lahm, Tiere mit einem $LMS \geq 3$ wurden als lahm eingestuft (= Lahmheitsereignis).

Zeitmessung

Ausgehend vom gleichen Motivationshintergrund der Tiere, zügig in den Stall zurückzugelangen, um mit der Futter- und Wasseraufnahme zu beginnen bzw. sich in einer sauberen Liegebox niederzulegen, wurde die Zeitmessung an den Tagen 0, 7 sowie 14 mit einer handelsüblichen Stoppuhr (Junior Stoppuhr, Kasper & Richter GmbH, Uttenreuth) nach dem Melkvorgang durchgeführt. Die Zeitmessung startete sobald das Tier mit dem Flotzmaul die vorher festgelegte Markierung überschritt und endete sobald das Tier wiederum mit dem Flotzmaul die zweite Markierung erreicht hatte. Stehenbleibende Tiere wurden ggf. durch Ansprache oder Händeklatschen einer vertrauten Tierpflegerin zum Weitergehen motiviert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Der Locomotion Score (LMS) wurde von insgesamt 53 Tieren an den Versuchstagen 0, 7 und 14 erhoben. In Tabelle 1 ist die Anzahl der Tiere in der jeweiligen LMS-Klasse, der dazugehörige Mittelwert und die Lahmheitsprävalenz für jeden Versuchstag aufgeführt.

Tab. 1: Verteilung des LMS

Tab. 1: Distribution of LMS

Versuchstag	Locomotion Score (n = 53 Tiere)					Mittelwert LMS in der Herde	Lahmheitsprävalenz
	1	2	3	4	5		
0	21	19	7	6	0	1,96	25 %
7	16	16	12	9	0	2,26	40 %
14	17	11	10	14	1	2,45	47 %

Während des Versuchszeitraumes zeigten 8 Tiere eine Verbesserung des Gangbildes, 24 Tiere verschlechterten sich. Bei 21 Tieren stagnierte der LMS. Für weitere Auswertungen wurde eine Einteilung der Tiere in „lahm“ ($LMS \leq 2$) und „nicht lahm“ ($LMS \geq 3$) vorgenommen. Zeigten am ersten Versuchstag 13 Tiere eine Lahmheit, so stieg die Anzahl an den beiden weiteren Versuchstagen auf 21 und 25 lahme Tiere. Von insgesamt 53 Tieren wiesen 9 Tiere an einem Versuchstag ein Lahmheitsereignis (LE) auf, 7 Tiere zeigten ein LE an zwei Versuchstagen und 12 Tiere waren über den gesamten Versuchszeitraum lahm.

Die Tiere legten die Strecke von 8,40 m im Mittel in $9,71 \pm 1,07$ zurück. Geht man von einer durchschnittlichen Laufzeit auf Spalten- bzw. Betonboden von 0,97 m/s aus (Telezhenko und Bergsten 2005), so müsste eine Kuh die Versuchsstrecke innerhalb von 8,15 s zurücklegen. Im vorliegenden Versuch hingegen benötigen die Tiere für die Bewältigung der Strecke im Mittel morgens 10,23 s und abends 9,24 s. Dies kann vor allem darin begründet sein, dass die Tiere in der Studie über einen planbefestigten Betonboden schritten, der laut Flower et al. (2005) ausschlaggebend für eine allgemein langsamere Ganggeschwindigkeit ist.

Durch den signifikanten Unterschied ($p < 0,000$) der Laufzeit morgens im Vergleich zur Laufzeit abends (Abb. 1) sollte entweder die morgendliche oder die abendliche Laufzeit für eine Lahmheitsdetektion herangezogen werden.

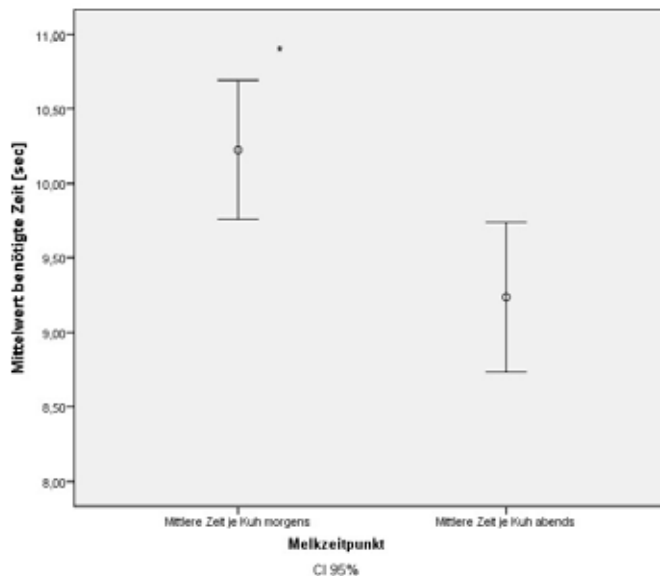


Abb. 1: Vergleich Laufzeit morgens mit Laufzeit abends, * Signifikanz $p < 0,05$

Fig. 1: Comparison of time required for passing the test route after morning and evening milking, * significance $p < 0.05$

Aufgrund der vorliegenden Datenlage wurden alle weiteren Auswertungen getrennt nach Laufzeit morgens und Laufzeit abends betrachtet. An allen Versuchstagen korrelierte sowohl die morgendlich gemessene als auch die abendlich gemessene Laufzeit signifikant mit dem LMS. Lahme Tiere bewältigten die Strecke morgens in $11,10 \pm 1,71$ s und abends in $9,96 \pm 2,08$ s. Im Gegensatz dazu legten nicht lahme Tiere den Weg sowohl morgens als auch abends signifikant schneller in $9,25 \pm 1,00$ s und $8,42 \pm 1,00$ s zurück. Betrachtete man in der Gruppe der lahmen Tiere die Anzahl der Lahmheitsereignisse ($LMS \geq 3$), so steigt die benötigte Zeit mit der Anzahl der Lahmheitsereignisse an (Tab. 2).

Tab. 2: Durchschnittliche Zeiten morgens und abends in Abhängigkeit von der Anzahl der LE
 Tab. 2: Average required time in the morning and in the evening depending on the number of lameness events

[sec]	Anzahl der LE							
	M ^a	SD ^b	M	SD	M	SD	M	SD
Mittlere Zeit morgens	9,25*	1,00	10,72*	1,97	10,39*	0,89	11,79*	1,73
Mittlere Zeit abends	8,42*	1,00	9,93*	2,93	9,36*	1,46	10,34*	1,66

* Signifikanz $p < 0,05$, ^a: Mittelwert, ^b: Standardabweichung

Begründet ist die langsamere Laufgeschwindigkeit lahmer Tiere vor allem durch die Einnahme von Schonhaltungen, um Belastungen der schmerzhaften Gliedmaßen zu vermeiden (Flower et al., 2005; Chapinal et al., 2010; Maertens et al., 2011). Je stärker ein Tier lahmt, umso langsamer bewegt es sich, da der normale Bewegungsablauf gestört ist (Scott, 1989).

Zusätzlich zum LMS wurde auch die Laktationsnummer in der Auswertung berücksichtigt, da diese sowohl mit der Laufzeit morgens ($r = 0,526$) als auch abends ($r = 0,0419$) signifikant korrelierte. Von 53 Versuchstieren befanden sich 22 Tiere in der ersten Laktation, 11 Tiere standen in der zweiten Laktation und 20 Tiere in der dritten oder höheren. Mit steigender Laktationsnummer (ausgenommen Laktationsnummer 2), stieg auch die benötigte Laufzeit signifikant ($p < 0,000$ morgens und $p < 0,004$ abends) an (Abb. 2). Dies kann darin begründet liegen, dass Kühe, die sich in der dritten oder höheren Laktation befinden, in der Regel ein höheres Körpergewicht, ein größeres Euter und mehr Gliedmaßenprobleme aufweisen, was mit einer langsameren Laufgeschwindigkeit einhergeht.

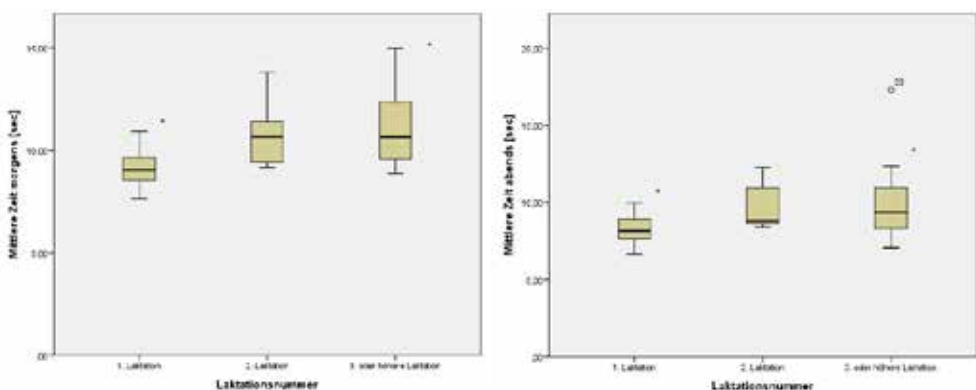


Abb. 2: Mittlere Zeit morgens und abends in Abhängigkeit der Laktationsnummer

Fig. 2: Average required time in the morning and the evening depending on the number of lactation,

* significance $p < 0.05$

4 Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Laufgeschwindigkeit als möglicher Indikator zur Früherkennung von Lahmheit bei Milchkühen genutzt werden kann, um als Merkmal in ein Prognosemodell integriert zu werden. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Ermittlung der Lahmheitsursache nicht durchgeführt. In Folgestudien könnte diese Diagnostik allerdings Aufschluss über die Lahmheitsentstehung geben und zusätzlich dabei helfen, Lösungsansätze für den Betrieb zu entwickeln, um Lahmheiten möglichst frühzeitig detektieren zu können und Prophylaxemaßnahmen vorzunehmen.

Literatur

- Bicalho R. C., Cheong S. H., Cramer G., Guard C. L. (2007a): Association Between a Visual and an Automated Locomotion Score in Lactating Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 90: 3294–3300
- Bruijnjs M. R. N., Hogeveen H., Stassen E. N. (2010): Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *Journal of Dairy Science* 93: 2419–2432
- Chapinal N., DE Passillé A. M., Rushen J., Wagner S. (2010): Automated methods for detecting lameness and measuring analgesia in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93: 2007–2013
- Flower F. C., Sanderson D. J., Weary D. M. (2005): Hoof Pathologies Influence Kinematic Measures of Dairy Cow Gait. *Journal of Dairy Science* 88: 3166–3173
- Maertens W., Vangeyte J., Baert J., Jantuan A., Mertens K. C., De Campeneere S., Pluk A., Opsomer G., Van Weyenberg S., Van Nuffel A. (2011): Development of a real time cow gait tracking and analysing tool to assess lameness using a pressure sensitive walkway: The GAITWISE system. *Biosystems Engineering* 110: 29–39
- Neveux S., Weary D. M., Rushen J., Von Keyserlingk M. A. G., & De Passillé A. M. (2006): Hoof Discomfort Changes How Dairy Cattle Distribute Their Body Weight. *Journal of Dairy Science* 89: 2503–2509
- Rajkondawar P. G., Tasch U., Lefcourt A. M., Erez B., Dyer R. M., Varner M. A. (2002): A System for Identifying Lameness in Dairy Cattle. *Applied Engineering in Agriculture* 18 (1): 87–96
- Scott G. B. (1989): Changes in limb loading with lameness for a number of Friesian cattle. *British Veterinary Journal* 145 (1): 28–38
- 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: 1179–1187
- Telezhenko Y., Bergsten C. (2005): Influence of floor type on locomotion of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 93: 183–197
- Whay H. (2002): Locomotion scoring and lameness detection in dairy cattle. *In Practice* 24: 444–449

Bestimmung grundlegender Kenngrößen zur Weiterentwicklung eines Steuerungsmoduls zur autonomen Führung eines Entmistungs-, Liegeboxenreinigungs- und Einstreugerätes

Determination of basic parameters for the further development of a control unit of the autonomous guidance of manure removal-, cubicle cleaning- and bedding machine

CAROLIN HOHMANN¹, CHRISTINA STRAUSS², BERNHARD HAIDN¹, HEINZ BERNHARDT³

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

² Dornhausen 8, 91608 Geslau; christina-strauss@gmx.de

³ Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

Zusammenfassung

Automatisierung nimmt in der Landwirtschaft einen immer größeren Stellenwert ein. Vor allem im Bereich der Liegeboxenpflege fehlt es noch an Automatisierungslösungen, um die körperliche und zeitlich bindende Arbeit des Landwirts zu verringern. Aus diesem Grund soll im Rahmen eines Verbundforschungsprojektes ein Spaltenroboter weiterentwickelt werden, der zusätzlich Hochboxen reinigen und einstreuen kann. Zehn Betriebe in Bayern wurden hinsichtlich der Durchführung der Liegeboxenpflege analysiert. Der Versuchsträger wurde an einem Prüfstand auf Reinigungserfolg, Einstreumenge und Einstreuweite untersucht. Die Tests ergaben, dass bei niedriger Fahrgeschwindigkeit die Besendrehzahl für die Reinigung erhöht werden muss und umgekehrt. Bei der getesteten Einstreutechnik brachten Kalk und Strohmehl als Einstreumaterial zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich einer gleichmäßigen Verteilung.

Summary

Mechanization and automation are getting more and more important in agriculture. The lack of automation solutions especially regarding the cleaning and bedding of cow cubicles, could be an opportunity to reduce the physical and temporary tied up work of the farmer. For that reason, a scraper robot should be further developed for cubicle cleaning and bedding within the framework of a joint research project. Ten dairy farms in Bavaria were examined for this purpose. Cleaning and bedding of cubicles were recorded. Cleaning success, amount and throw distance of the robot for bedding material were examined at a test stand. The tests indicated that using a low driving speed requires a high rotational speed of the brush or vice versa. For the used bedding technique, straw dust and lime are suitable as bedding material.

1 Einleitung

Während in den letzten Jahren die Kuhzahlen annähernd gleich geblieben sind, nahm die Anzahl der Milchviehhalter ab. Dadurch werden die Durchschnittsbestände immer größer und die Anforderungen bezüglich der Arbeitsorganisation steigen an (Haidn und Mačuhová, 2009). Wachsende Betriebsgrößen setzen eine gesteigerte Arbeitsproduktivität voraus. Damit die Arbeitsbelastung nicht größer wird, gewinnt die Automatisierung, neben der bereits vorhandenen Mechanisierung, von verschiedenen Arbeitsabläufen an Bedeutung. Nachdem aktuell nur teure stationäre Automatisierungslösungen für die Liegeboxenpflege am Markt verfügbar sind, sollen zukünftig auch flexible, mobile Varianten für Pflegemaßnahmen angeboten werden können (Harms und Wendl, 2009). Der Arbeitszeitaufwand für die tägliche Liegeboxenpflege hängt von der Herdengröße ab. Bei steigender Kuhanzahl sinkt der Arbeitszeitbedarf für die Boxenpflege. Damit liegen die Werte zwischen 1,07 und 1,49 AKh pro Kuh und Jahr (Mačuhová et al., 2013). Ein Teil dieser Arbeitszeiten könnte durch die Automatisierung der Liegeboxenpflege eingespart werden. Zur automatischen Spaltenreinigung bieten verschiedene Hersteller bereits Spaltenroboter an. Für eine automatisierte Liegeboxenpflege, die Reinigen und Einstreuen vereint, fehlt derzeit allerdings noch eine geeignete Technik. Im Rahmen eines Verbundforschungsprojektes der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), der Firma Prinzing GmbH sowie dem Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der TU Braunschweig soll daher für die automatische Liegeboxenpflege ein Spaltenroboter um ein Reinigungs- und Einstreumodul erweitert werden. Neben der Koordination des Projektes ist die LfL für den Test des Gerätes unter Praxisbedingungen zuständig. Dieses Deutsche Innovationspartnerschaft-Projekt wird durch die landwirtschaftliche Rentenbank gefördert.

2 Material und Methoden

Zur Bestimmung der Anforderungen an das zu entwickelnde Gerät wurde zunächst eine Erfassung grundlegender Kenngrößen der Verschmutzung sowie der Einstreumenge und -weite bei 80 Hochboxen auf insgesamt zehn Praxisbetrieben in Bayern durchgeführt. Zusätzlich wurden folgende Liegeboxenmaße bestimmt:

- Liegeboxenbreite
- Liegelänge
- Liegeboxenlänge
- Höhe der Boxenstufe
- Abstand der Boxenstufenkante zu dem ersten Bodenhindernis in der Box (horizontal)
- Abstand vom Boxenboden (Gummimatte) zur Unterkante des Boxenbügels bei weitester Verschmutzung (vertikal)



Abb. 1: Prüfstand (links) und Versuchsträger (rechts) © Hohmann

Fig. 1: Test stand (left) and experimental vehicle (right) © Hohmann

Im nächsten Schritt wurde in einem Versuchsstall der LfL in Grub ein Prüfstand mit fünf Liegeboxen und Gummimatten aufgebaut. An diesem Prüfstand erfolgten die Reinigungs- und Einstreuversuche mit dem Versuchsträger (1,40 m x 2,50 m, Abb.1). Ein ausfahrbarer, rotierender Rundbesen bildete dabei das Reinigungsmodul. Das Einstreumodul bestand aus einem Einstreubehälter und einem Förderband. Nachstehende Parameter wurden für die Reinigung getestet:

- Anpressdruck des Besens (Pa): 175 und 626
- Besendrehzahl (U/min): 20, 50 und 80
- Vorfahrtsgeschwindigkeit des Versuchsträgers (m/min): 6, 12 und 15

Aufgrund der drei Parameter ergaben sich 18 zu testende Varianten. Jede Gummimatte wurde für jede Versuchsfahrt an einer vorher definierten Stelle mit Kot verschmutzt. Um für jede Einstellung die gleichen Ausgangsbedingungen am Prüfstand zu gewährleisten, wurden die Gummimatten nach jeder Versuchsfahrt mit Wasser abgespritzt und komplett gereinigt (Feuchtfahrten). 6 von 18 Einstellungen wurden zusätzlich als erstes an jedem Versuchstag auf den trockenen Gummimatten getestet (Trockenfahrten). Diese sechs Einstellungen der Trockenfahrten beinhalteten folgende Parameter:

- Anpressdruck des Besens (Pa): 626
- Besendrehzahl (U/min): 50 und 80
- Vorfahrtsgeschwindigkeit des Versuchsträgers (m/min): 6, 12 und 15

Nachdem der Versuchsträger die mit Kot verschmutzten Hochboxen gereinigt hatte, fand eine Bewertung des Reinigungsergebnisses mithilfe eines Rasters (5 x 6 Kästchen je 0,25 m Kantenlänge) statt. Für jedes Kästchen wurde der relative Anteil an verbleibender Verschmutzung bonitiert.

Für das Einstreuen wurden im Hinblick auf Einstreuweite und -menge folgende Parameter untersucht:

- Einstreumaterial: Kalk, Strohmehl und Biogasgärsubstrat
- Auswurfwinkel: 0° und 15°
- Vorfahrtsgeschwindigkeit des Versuchsträgers (m/min): 6, 12 und 15

Die Kombination dieser Parameter ergab ebenso 18 Einstellungen. Nach jedem Einstreuvorgang wurden die Einstreuweite sowie die Einstreumenge ermittelt. Für letzteres wurde die Hochbox (1,25 m x 1,83 m) auf 16 Felder aufgeteilt und für jedes Feld die Menge an Einstreu gewogen.

3 Ergebnisse

Reinigung: Auf den Praxisbetrieben lag bei 70 % der bonitierten Hochboxen eine weiteste Verschmutzung von 70 cm vor. Ein Besendurchmesser von 80 cm könnte aufgrund der erhobenen Daten theoretisch sogar 95 % der verschmutzten Boxenfläche komplett reinigen. Die Liegeboxenmaße der untersuchten Betriebe sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Tab. 1: Liegeboxenmaße der Betriebe (Hohmann 2016)

Tab. 1: Cubicle dimensions of the dairy farms (Hohmann 2016)

Anzahl Liegeboxen	Wandständig n = 45		Gegenständig n = 35	
	Mittelwert	Spannweite	Mittelwert	Spannweite
Liegeboxenbreite (m)	1,21	1,14–1,28	1,22	1,16–1,28
Liegelänge (m)	1,80	1,73–1,87	1,75	1,68–1,85
Liegeboxenlänge (m)	2,48	1,90–2,86	2,26	2,08–2,53
Boxenstufe (m)	0,21	0,18–0,25	0,21	0,16–0,25
Länge von Boxenkante bis zum ersten Bodenhindernis (m)	1,10	1,06–1,13	1,33	1,15–1,68
Höhe von Matte zum Bügel bei weitester Verschmutzung (m)	0,89	0,79–1,05	0,89	0,83–0,94

Im Prüfstand gab es hinsichtlich des Reinigungsergebnisses bei den Trockenfahrten keinen signifikanten Unterschied der Einstellungen. Alle Kästchen zeigten nach der Reinigung entweder keine Verschmutzung mehr auf oder es ergab sich eine Bonitierung von unter 5 %. Bei den Feuchtfahrten erzielten zwei Einstellungen die besten Reinigungsergebnisse. Einerseits war dies die Einstellung mit einem Anpressdruck von 626 Pa, einer Besendrehzahl von 80 U/min und einer Fahrgeschwindigkeit von 6 m/min, andererseits die Einstellung mit einer Drehzahl von 50 U/min und einer Geschwindigkeit von 12 m/min bei einem gleichbleibenden Druck von 626 Pa.

Einstreuen: In Tabelle 2 sind die durchschnittliche Einstreumenge und -weite der verwendeten Einstreumaterialien über alle 80 Hochboxen der zehn Praxisbetriebe aufgeführt.

Tab. 2: Errechnete Einstreumengen und -weiten auf den Praxisbetrieben (Hohmann 2016)

Tab. 2: Calculated amount of litter and width at the dairy farms (Hohmann 2016)

Einstreumaterial	Anzahl Boxen	Einstreumenge $\pm$ SD [g]	Einstreuweite mit 80 % der Einstreumenge [m]
Kalk	40	49,7 $\pm$ 23,1	0,61
Strohhäcksel	12	301,9 $\pm$ 125,4	1,47
Strohmehl	12	284,0 $\pm$ 57,6	1,36
Gärsubstrat-Kalkgemisch	10	1.423,9 $\pm$ 419,4	1,40
Separiertes Gärsubstrat	6	186,6 $\pm$ 43,2	0,46

Die Zielwerte für die Einstreuweite und -menge im Prüfstand lagen bei 0,70 m und 100-150 g. Während Biogasgärsubstrat mit $0,56 \pm 0,06$ m keine zufriedenstellende Einstreuweite erreichte, konnte mit der verwendeten Technik bei Kalk eine Weite von $1,05 \pm 0,14$ m und bei Strohmehl eine Weite von $0,72 \pm 0,06$ m nachgewiesen werden. Hinsichtlich des Auswurfwinkels zeigte Biogasgärsubstrat bei 0° eine höhere Einstreuweite. Bei Kalk konnte mit einem Winkel von 15° eine höhere Einstreuweite erzielt werden. Die zwei Auswurfwinkel bei Strohmehl zeigten keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Einstreuweite. Um eine angemessene Einstreumenge zu erzielen, lag die optimale Fahrgeschwindigkeit für Biogasgärsubstrat bei 6 m/min (159 ± 62 g) und für Kalk bei 15 m/min (165 ± 62 g). Für Strohmehl müsste eine Geschwindigkeit zwischen 6 m/min (235 ± 13 g) und 12 m/min (99 ± 7 g) angestrebt werden.

4 Schlussfolgerungen

Die Grundlagenermittlung diente zur Weiterentwicklung des Versuchsträgers. Die Größe des Reinigungsbesens ist ausreichend, um eine zufriedenstellende Reinigung zu erreichen, sollte jedoch noch auf 80 cm Durchmesser erhöht werden, sofern die Konstruktion dies zulässt. Der höhere Druck von 626 Pa reinigte zwar besser, beanspruchte aber zugleich auch die Gummimatten stärker und erfordert einen höheren Energieaufwand. Deshalb sind hierfür weitere Tests mit niedrigeren Drücken sinnvoll. Biogasgärsubstrat wird aufgrund der zu geringen Einstreuweite nicht weiter in Betracht gezogen. Die zukünftigen Konstruktionen für das Einstreumodul richten sich demnach auf den Einsatz von Kalk und Strohmehl aus. Die Schnecke im Einstreubehälter war für Kalk nicht geeignet, da eine zu große Menge an Kalk auf das Förderband gelangte und dies nur durch eine hohe Fahrgeschwindigkeit des Versuchsträgers kompensiert werden konnte. Daher sollte nach einer anderen Fördertechnik für dieses Problem gesucht werden.

Literatur

- Haidn, B.; Mačuhová, J. (2009): Arbeitsorganisation in bayerischen Milchviehbetrieben – Analyse und Entwicklungen, In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern. LfL Schriftenreihe Nr. 14, S. 37-53, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_37541.pdf, Zugriff am 27.02.2017
- Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhaltung – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen, In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern. LfL Schriftenreihe Nr. 14, S. 15-35, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_37541.pdf, Zugriff am 27.02.2017
- Mačuhová, J.; Mangold, C.; Haidn, B. (2013): Arbeitszeitanalyse ausgewählter Verfahren zum Einstreuen und Entmisten in der Milchviehhaltung. In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. KTBL, Tagung Vechta, 24.-26.9., S. 379-380

Bedeutung des Futternachschiebens anstelle einer automatischen Futtervorlage für das Futteraufnahme- und Ruheverhalten von Milchkühen in einem AMS-Betrieb

Importance of feed pushing instead of automatic feed delivery for feeding and lying behaviour of dairy cows in an AMS-farm

ROSEMARIE OBERSCHÄTZL-KOPP¹, BERNHARD HAIDN², RUDOLF PEIS², KLAUS REITER², HEINZ BERNHARDT³

¹ Lely Deutschland GmbH, Industriestraße 8-10, 89367 Waldstetten; ROberschaetzl@lely.com

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürnwächter-Platz 2, 85586 Poing

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85431 Freising

Zusammenfassung

Bis auf wenige Praxiserfahrungen liegen bisher kaum belastbare Aussagen zu den Einstellungen der Fütterungsfrequenzen und dem Nachschiebemanagement bei automatischen Fütterungssystemen (AFS) in der Milchviehhaltung vor. Ziel der Erhebungen war es deshalb, die Effekte einer 7-maligen Futtervorlagefrequenz mit einer 4-maligen Fütterungshäufigkeit eines AFS ergänzt durch drei Nachschiebevorgänge auf das Futteraufnahme- und Ruheverhalten von Milchkühen zu analysieren.

Die frische Futtervorlage stellte im Vergleich zum Futternachschieben einen größeren Anreiz für die Tiere dar, vom Liegebereich an den Fressplatz zu kommen. Die Frequenz von vier Fütterungen je Tag und 3-maligem Futternachschieben im Vergleich zu sieben Fütterungen führte jedoch zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Fressplatzbesuche und einer längeren Aufenthaltsdauer der Kühe sowie weniger, aber dafür längeren Aufenthaltsperioden im Liegebereich ($2,01 \pm 0,66$ h vs. $1,58 \pm 0,80$ h).

Summary

Despite some practical experiences there are little reliable results regarding settings of feeding frequencies and management of feed pushing when using an automatic feeding system (AFS) in dairy farming. Therefore, the aim of the study was to analyze the effects of a feeding frequency of seven times a day with a moderate number of four feedings by an AFS combined with three feed pushing events on the feeding and lying behaviour of dairy cows.

Delivery of fresh feed was a greater stimulus for the animals to leave the lying area and visit the feed bunk. Just four feeding times per day combined with three feed pushing times in comparison to seven feed deliveries resulted in a more even spreading of animals' feed bunk visits and a longer duration of stay in this area as well in less but longer periods of stay in the lying area (2.01 ± 0.66 h vs. 1.58 ± 0.80 h).

1 Einleitung und Zielstellung

Automatische Fütterungssysteme (AFS) ermöglichen ohne einen zeitlichen Mehraufwand die Vorlage von mehrmals täglich dem Bedarf verschiedener Leistungsgruppen entsprechenden frisch gemischten Rationen bei Rindern. In der Praxis werden die laktierenden Kühe üblicherweise sechs- bis achtmal pro Tag mit einem AFS gefüttert. Die Vorlage einer frisch gemischten Futterration wird als einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf das Futteraufnahmeverhalten von Milchkühen in Laufstallhaltung erachtet (DeVries and von Keyserlingk, 2005; Melin et al., 2005). Auch das Futternachschieben kann Milchkühe zum Fressen animieren (DeVries and von Keyserlingk, 2009). Bis auf wenige Praxiserfahrungen liegen jedoch bisher noch keine belastbaren Aussagen zu den Einstellungen der Fütterungsfrequenzen, dem Futternachschiebemanagement bzw. der Kombination aus beiden beim Einsatz eines AFS vor.

Ziel der Erhebungen war es deshalb, die Effekte einer hohen Futtervorlagefrequenz von sieben Fütterungen pro Tag mit einer gemäßigten Vorlagehäufigkeit von vier Fütterungen eines AFS ergänzt durch drei Nachschiebevorgänge auf das Futteraufnahme- und Ruheverhalten von Milchkühen in einem AMS-Betrieb zu analysieren.

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen wurden auf einem Praxisbetrieb im Winter 2014/15 sowie im Sommer 2015 durchgeführt. Etwa 78 laktierende Kühe der Rasse Fleckvieh (Anzahl Laktationen: $3,3 \pm 1,75$; Milchleistung $22,0 \pm 4,7$ kg pro Tag) in Laufstallhaltung wurden mit einem automatischen Melksystem (AMS; DeLaval VMS, DeLaval International AB, Tumba, Schweden) bei selektiv gelenktem Kuhverkehr gemolken und mit einem teilautomatischen Fütterungssystem (DeLaval Optimat Master, DeLaval International AB, Tumba, Schweden) gefüttert. Unter Praxisbedingungen wurde die AMS-Herde siebenmal pro Tag mit einer jeweils frisch gemischten Ration versorgt. Der Untersuchungszeitraum beinhaltete je Jahreszeit zwei Versuchsphasen mit jeweils täglich sieben (F7) bzw. mit vier Fütterungen und drei Nachschiebevorgängen (F4+N3). Den Tieren wurde in jeder Versuchsphase die gleiche Futtermenge im Trog von etwa 44 kg Frischmasse pro Tag vorgelegt.

Die Datenerfassung erfolgte über fünf bzw. sechs Tage je Versuchsphase. Auf das tierindividuelle Futteraufnahme- und Liegeverhalten wurde mit Hilfe der Ergebnisse eines Positionierungssystems (Real Time Location System Ubisense Series 7000, Ubisense GmbH, Düsseldorf, Deutschland) geschlossen. Die Rohdaten (x- und y-Koordinaten) wurden in eine PostgreSQL-Datenbank zur weiteren Verarbeitung importiert. Zunächst wurde der Stallgrundriss im Vektorformat erstellt und Bereiche (z.B. Fressplätze, Liegeboxen) für eine strukturierte Datenverarbeitung definiert. Die Positionsdaten wurden mit Hilfe eines programmierten Algorithmus aufbereitet. Der Aufenthalt eines Tieres am

Fressplatz wurde als solcher gewertet, wenn die Kuh mit ihrem Kopf im Fressgitter war und somit die Positionierung am Futtertisch bzw. am Fressplatz erfolgte. Somit wurde die Anzahl, Dauer und Tagesverteilung der Fressplatzaufenthalte ermittelt. Basierend auf den tierindividuellen Positionsdaten wurden Mahlzeitenkriterien berechnet, um die Fressplatzbesuche in Mahlzeiten gliedern zu können (Yeates et al., 2001). Dafür wurde die bei Oberschätzl-Kopp et al. (2016) beschriebene Methode herangezogen.

Zum Liegebereich zählten alle Liegeboxen. Sobald die Positionsdaten einer Kuh mindestens 2 min einer Liegeboxe zugeordnet werden konnten, wurde angenommen, dass sie sich im Liegebereich aufhielt. Um jene einzelnen tierindividuellen Liegebereichsaufenthalte in Aufenthaltsperioden im Liegebereich einteilen zu können, wurde ähnlich der Vorgehensweise zur Berechnung der Mahlzeitenkriterien eine Häufigkeitsverteilung der Intervalllängen zwischen den Liegebereichsaufenthalten erstellt. Daraus hervorgehend wurde ein sogenanntes „Liegekriterium“ von 18 min als das lokale Minimum der Häufigkeitsverteilung ermittelt. Dieses Kriterium wurde über alle Tiere und Versuchsphasen ermittelt.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der open source Software „R“. Die Mittelwertsvergleiche wurden je nach Datenverteilungstyp mittels Wilcoxon-Test für Paardifferenzen bzw. T-Test für verbundene Stichproben errechnet. Mit Hilfe der GLM-Prozedur wurden die Effekte von tierindividuellen sowie versuchsbezogenen Faktoren in einem allgemeinen linearen Modell ermittelt (Hedderich und Sachs, 2012). Hierfür wurden lediglich die Daten jener Kühe berücksichtigt, welche in beiden Versuchsphasen im Winter ($n = 60$) und im Sommer ($n = 63$) in der Herde waren. Für die Analyse der Unterschiede der Phasen zwischen den Jahreszeiten wurden nur jene Kühe gewählt, die im Winter und Sommer in der Herde waren ($n = 30$). Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ (signifikant) und $p < 0,01$ (hoch signifikant) festgelegt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Vorlage frischer Futterrationen führte in beiden Versuchsphasen im Winter und Sommer zu einem Anstieg des Anteils der Tiere am Fressplatz (DeVries and von Keyserlingk, 2005), wobei sich dort während des Lichttages im Vergleich zu den Nachtstunden mehr Tiere aufhielten (Abb. 1). Daraus lässt sich ein circadianer Rhythmus des Aufenthalts der Tiere am Fressplatz ableiten. Die häufigere Futtervorlage (F7) bewirkte, dass jeweils anschließend gleichzeitig mehr Tiere, aber von signifikant kürzerer Dauer, den Fressplatz aufsuchten. Futternachschieben war für die Kühe wesentlich unattraktiver als die Futtervorlage. So hielten sich in den ersten 60 min nach dem Futternachschieben mit im Mittel 20 % signifikant weniger Tiere am Fressplatz auf als in den ersten 60 min nach einer Futtervorlage. Doch wurde im Tagesverlauf im Durchschnitt ein höherer Anteil der Herde am Fressplatz beobachtet, wenn viermal täglich gefüttert wurde.

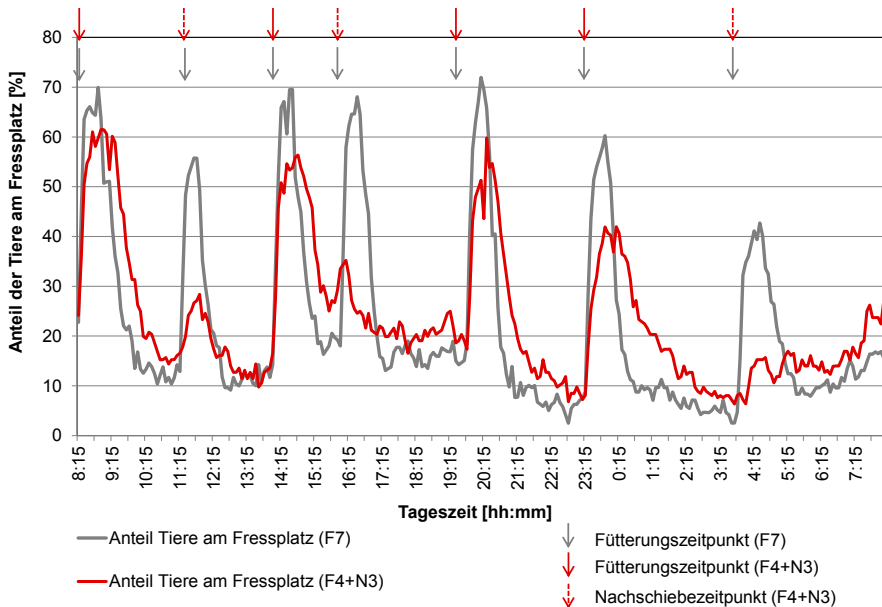


Abb. 1: Relativer Anteil der Tiere am Fressplatz im Tagesverlauf während der Versuchsphasen F7 und F4 + N3 (Sommer 2015) unter Angabe der Fütterungs- und Nachschiebezeitpunkte (n = 78 Kühe, n = 3 d je Phase)

Fig. 1: Proportion of animals at the feed bunk over a 24 h period during treatment period F7 and F4 + N3 (summer 2015) showing feeding and feed pushing times (n = 78 cows, n = 3 d per treatment period)

Die Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz war während der Versuchsphase F4 + N3 im Sommer mit $5,69 \pm 1,61$ h im Vergleich zu Versuchsphase F7 ($4,92 \pm 1,38$ h) hoch signifikant länger (Tab. 1). Auch die tägliche Mahlzeitendauer wurde beim Ersetzen der Fütterungen durch das Futternachschieben während der Sommerversuche um 17 min signifikant erhöht. Vor allem junge Kühe in der 1. Laktation zeigten im Sommer eine längere Aufenthaltsdauer am Fressplatz während der Phase F4 + N3 (Sommer F4 + N3: $6,41 \pm 1,40$ h je Kuh und Tag; Sommer F7: $5,92 \pm 1,18$ h je Kuh und Tag). Dies wurde auch bei der gesamten täglichen Mahlzeitendauer beobachtet. Außerdem deutet die längere mittlere Dauer der Mahlzeiten der jungen und somit vermutlich rangniederen Kühe auf eine geringere Störung ihres Futteraufnahmeverhaltens hin, wenn viermal täglich eine größere Menge an Futter vorgelegt wurde. Auch während der Winterversuche wurde dieser Effekt auf die Mahlzeiten der Kühe beobachtet.

Die häufigere Fütterung bewirkte nicht nur, dass die Kühe öfter zum Fressplatz kamen, sondern auch, dass die Aufenthaltsperioden im Liegebereich häufiger unterbrochen wurden. So wurde der gesamte tägliche Aufenthalt im Liegebereich während Versuchsphase F4 + F3 im Sommer in weniger, aber dafür ausgedehntere Aufenthaltsperioden ($2,01 \pm 0,66$ h vs. $1,58 \pm 0,80$ h) unterteilt.

Tab. 1: Parameter des tierindividuellen Futteraufnahme und Liegeverhaltens der Kühe während der Versuchsphasen F7 und F4+N3 im Winter und Sommer (n = 3 d je Phase)
 Tab 1: Parameters of animal individual feeding and lying behaviour of dairy cows in treatment periods F7 and F4+N3 in winter and summer time (n = 3 d per treatment period)

Jahreszeit Versuchsphase	Einheit	Winter		Sommer	
		F7	F4 + N3	F7	F4 + N3
Futteraufnahmeverhalten					
Aufenthaltsdauer am Fressplatz je Kuh und Tag	h	5,51 ± 1,35 ^{ae}	5,43 ± 1,31 ^{bg}	4,92 ± 1,38 ^{cf}	5,69 ± 1,61 ^{dg}
Anzahl Aufenthalte am Fressplatz je Kuh und Tag	n	26,5 ± 6,05 ^{ae}	28,0 ± 6,00 ^{bg}	26,0 ± 8,04 ^{ce}	29,0 ± 6,26 ^{cg}
Mittlere Dauer eines Fressplatzaufenthalts	h	0,22 ± 0,08 ^{ae}	0,20 ± 0,07 ^{bg}	0,19 ± 0,08 ^{cf}	0,21 ± 0,08 ^{dg}
Mahlzeitendauer je Kuh und Tag	h	6,33 ± 1,69 ^{ae}	6,51 ± 1,75 ^{bg}	6,11 ± 1,68 ^{ce}	6,40 ± 1,93 ^{cg}
Anzahl Mahlzeiten je Kuh und Tag	n	7,72 ± 2,66 ^{ae}	6,70 ± 2,35 ^{bg}	6,85 ± 1,88 ^{cf}	6,86 ± 2,15 ^{cg}
Mittlere Dauer einer Mahlzeit	h	0,92 ± 0,44 ^{ae}	1,21 ± 1,38 ^{bg}	1,00 ± 0,52 ^{ce}	1,01 ± 0,43 ^{cg}
Mahlzeitenkriterium je Kuh	min	27,86 ± 26,68 ^{ae}	36,44 ± 32,90 ^{bg}	39,74 ± 23,07 ^{cf}	22,72 ± 11,81 ^{dh}
Liegeverhalten					
Dauer Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag	h	15,10 ± 2,17 ^{ae}	14,97 ± 2,08 ^{ag}	15,09 ± 2,24 ^{ce}	15,25 ± 2,15 ^{ch}
Anzahl Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag	n	8,42 ± 1,90 ^{ae}	8,32 ± 2,66 ^{ag}	9,29 ± 3,40 ^{ce}	8,14 ± 2,02 ^{dg}
Mittlere Dauer einer Aufenthaltsperiode im Liegebereich je Kuh	h	1,89 ± 0,56 ^{ae}	1,55 ± 0,80 ^{bg}	1,58 ± 0,80 ^{cf}	2,01 ± 0,66 ^{dh}

Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen: a, b) im Winter; c, d) im Sommer; e, f) F7; g, h) F4+N3

4 Schlussfolgerungen

In den vorliegenden Untersuchungen wurde festgestellt, dass die frische Futtervorlage im Vergleich zum Futternachschieben einen größeren Anreiz für die Tiere darstellt, den Liegebereich zu verlassen und den Fressplatz aufzusuchen. Die gemäßigte Fütterungsfrequenz des AFS von vier Fütterungen je Tag und eine dabei jeweils größere vorgelegte Futtermenge mit dreimal Futternachschieben im Vergleich zu sieben Fütterungen führte jedoch zu einer gleichmäßigeren Verteilung der Fressplatzbesuche und einer dort längeren Aufenthaltsdauer der Kühe im Sommer. Außerdem wurde deutlich, dass durch die permanente Verfügbarkeit von Futter im Trog und eine gemäßigte Fütterungsfrequenz

die Tiere weniger, aber dafür längere Aufenthaltsperioden im Liegebereich zeigten. Vor allem rangniedere Kühe dürften dadurch Vorteile haben, da sie ihre Verhaltensweisen, wie insbesondere das Liegen und die Futteraufnahme gleichmäßiger im Tagesverlauf und unter weniger Auseinandersetzungen ausführen können. Dies trifft vor allem zu, wenn die Umgebungsbedingungen, wie z.B. hohe Temperaturen zu allgemeinen Stresssituationen bei den Tieren führen.

Literatur

- DeVries, T. and von Keyserlingk, M. (2005): Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88, pp. 625-631
- DeVries, T. and von Keyserlingk, M. (2009): Understanding feeding behavior to maximize the potential of dairy rations. *Mid-South Ruminant Nutrition Conference*, Arlington, Texas, pp. 23-30
- Hedderich, J.; Sachs, L. (2012): *Angewandte Statistik – Methodensammlung mit R*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, S. 479 ff.
- Melin, M.; Svennersten-Sjaunja, K.; Wiktorsson, H. (2005): Feeding Patterns and Performance of Cows in Controlled Cow Traffic in Automatic Milking Systems. *Journal of Dairy Science* 88, pp. 3913-3922
- Oberschätzl-Kopp, R.; Haidn, B.; Peis, R.; Reiter, K.; Bernhardt, H. (2016): Effects of an automatic feeding system with dynamic feed delivery times on the behaviour of dairy cows. *CIGR-AgEng conference*, 26th-29th June 2016, Aarhus, Denmark
- Yeates, M. P.; Tolkamp, B. J.; Allcroft, D. J.; Kyriaziakis, I. (2001): The use of Mixed Distribution Models to Determine Bout Criteria for Analysis of Animal Behavior. *Journal of theoretical Biology* 213, 3, pp. 413-425

Untersuchungen zum Einsatz von Sensoren zur Beurteilung der Pansengesundheit von Milchkühen

Studies on the use of sensors classifying rumen health

ELISABETH GERSTER¹, MARINA KLINGENSTEIN², SZILARD MOZES³, THOMAS JILG¹,
PETER THEOBALD³, MARKUS RODEHUTSCORD²

¹ Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf; elisabeth.gerster@lazbw.bwl.de

² Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim, Emil-Wolff-Straße 10, 70599 Stuttgart

³ Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen

Zusammenfassung

Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Vormagensensoren (smaXtec) und Nasenbandsensoren (RumiWatch) bei der Erkennung und Vorbeugung einer eingeschränkten Pansengesundheit bei Milchkühen wurden untersucht.

Während paralleler Messung des pH-Werts im Vormagensystem wurde bei 63 % der geprüften Sensorpaare eine Differenz $\leq 0,2$ pH-Einheiten erfasst. Die Korrelation der pH-Änderungen der parallel messenden Sensoren war hoch.

Die geprüften Nasenbandsensoren konnten die Wiederkäudauer gut erfassen. Durch eine Anpassung der durch den Sensor gemessenen Fressdauer mittels Regressionsgleichungen scheint eine Verbesserung der Messgenauigkeit möglich.

Durch Verknüpfung der Informationen beider Sensoren konnte der erwartete Zusammenhang zwischen Wiederkäudauer bzw. Fressdauer und pH-Änderung bestätigt werden.

Summary

The limits and possibilities of the application of rumen (smaXtec) and noseband pressure (RumiWatch) sensors to detect and prevent rumen health disorders of dairy cows were examined.

During parallel measurement of rumen pH, 63 % of the tested pairs of sensors showed pH differences ≤ 0.2 . The correlation between pH changes of the sensors measuring in parallel was high.

The quality of the recording of rumination duration by the tested noseband pressure sensors was reasonable. It seems possible to improve the precision of the recorded feed intake periods by means of regression equations.

As expected, the linking of the information of both sensor systems showed a correlation between rumination/feed intake duration and pH changes.

1 Einleitung

Die subklinische Pansenazidose (SARA) der Milchkuh wird definiert als Unterschreitung eines kritischen pH-Werts (5,6–5,8) im Pansen über längere Zeit (Zebeli und Metzler-Zebeli 2012). Als tierbezogene Indikatoren zur Beurteilung eines Strukturmangels nennen Steingäß und Zebeli (2008) Kau- und Wiederkäuparameter, den Milchfettgehalt und den pH-Wert im Pansen. Sensoren ermöglichen mittlerweile die kontinuierliche und nicht invasive Erfassung dieser Parameter.

2 Material und Methoden

Am LAZBW Aulendorf wurden im Rahmen des Projektes optiKuh Vormagensensoren (smaXtec animal care sales GmbH, Graz) und Nasenbandsensoren (RumiWatch, Itin & Hoch, Liestal) auf ihre Messgenauigkeit hin überprüft. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 (Signifikanzniveau $p = 0,05$). Regressionen bzw. Varianzanalysen erfolgten mittels Prozedur MIXED für wiederholte Messungen. Es wurden außerdem Pearson-Korrelationskoeffizienten berechnet.

2.1 Vormagensensoren

Die Überprüfung der Messgenauigkeit des Sensors (Bolos) innerhalb der Periode garantierter Messgenauigkeit (50 Tage, $\text{pH} \pm 0,20$) wurde in zwei aufeinanderfolgenden Phasen durchgeführt: Einsatz in vitro, dann in vivo.

In vitro wurde bei 51 der 56 eingesetzten Sensoren eine parallele Messung von Temperatur und pH-Wert der Pufferlösung ($\text{pH} = 6,0$) durch ein pH-Meter (PCE-228) im Umfang von 3 bis 9 Tagen realisiert (Messintervall pH-Meter 20 min, Sensor 10 min). pH und Temperatur im gleichen 10-min-Intervall wurden verknüpft, sodass alle 20 min ein Messpaar vorlag. Alle Messungen im Zeitraum 2 bis 218 h nach Einlegen des Sensors wurden in die Auswertung einbezogen. Für jeden Sensor wurden mittlere pH- und Temperaturwerte sowohl für die einzelnen Tage (24-h-Intervalle) als auch für die gesamte In-vitro-Phase berechnet.

Für die abhängigen Variablen – mittlere Temperatur und mittlerer pH-Wert – wurde eine Varianzanalyse sowohl für die gesamte In-vitro-Phase als auch für die einzelnen Tage durchgeführt (fixer Effekt: Messmethode mit 2 Stufen; zufälliger Effekt: Sensor mit 50 Stufen). Ein Sensor wurde als Ausreißer identifiziert und blieb deshalb unberücksichtigt.

Am Tag der Eingabe des Bolus 2 verblieben 2 bis 5 Tage bis zum Ablauf der garantierten Messgenauigkeit von Bolus 1, an denen Bolus 1 und Bolus 2 parallel aufzeichneten. Nach diesem Schema wurde die Messgenauigkeit an 27 Milchkühen der Rasse Fleckvieh am LAZBW Aulendorf in vivo untersucht. Die Verknüpfung der Messwerte erfolgte analog zur In-vitro-Phase. In der In-vivo-Phase lagen Messpaare für pH und Temperatur von Bolus 1 und 2 alle 10 min vor. Die 10-min-Intervalle wurden zu stündlichen Mit-

telwerten zusammengefasst. Zusätzlich wurde die Änderung des mittleren stündlichen pH-Werts berechnet.

Um die Genauigkeit der absoluten Messwerte beurteilen zu können, wurden für jeden Sensor ein mittlerer pH- und Temperatur-Wert für die gesamte In-vivo-Phase berechnet. Für den Vergleich der Änderung des pH-Werts von Bolus 1 und Bolus 2 wurden Korrelationskoeffizienten berechnet. Zusätzlich wurde eine Regression für die Änderung des pH-Werts von Bolus 1 (abhängige Variable) und Bolus 2 (unabhängige Variable) berechnet. Es folgte der Vergleich hierarchisch geschachtelter Modelle (F-Test und Berechnung der Differenz des multiplen Bestimmtheitsmaßes).

2.2 Nasenbandsensoren

Neunzehn Milchkühe wurde in bis zu acht Messphasen (Dauer 3 bis 7 Tage) ein Nasenbandsensor (Halfter) angelegt. Für die vorliegende Ausarbeitung wurden die ausgegebenen Dauern für Fressen, Wiederkäuen und andere Aktivitäten genutzt.

Die Fütterung der Versuchstiere erfolgte an Fresswiegetrögen (Trog) der Fa. INSENTEC. Die dort gemessene Besuchsdauer diente der Überprüfung der von den Nasenbandsensoren ermittelten Fressdauern. Eine neunte Messphase, in der vier Milchkühe in Summe 340 min direkt beobachtet wurden, zielte zusätzlich auf die Überprüfung der Wiederkäudauer ab. Bei vier Tieren wurde innerhalb der In-vivo-Phase eine parallele Datenerfassung durch Vormagen- und Nasenbandsensor verwirklicht (Dauer pro Tier 25–98 h).

Die Rohdaten in allen neun Messphasen (kompletter Datensatz) wurden mit dem Converter (ConvAlt, 0.7.3.2) in 60-min-Intervalle aufbereitet. Die Direktbeobachtungsphase wurde außerdem in 10-min-Intervalle aufbereitet. Zusätzlich wurden die Daten aus vier Versuchszeiträumen (reduzierter Datensatz, 18 Kühe) vom Hersteller mit einer neueren Version (0.7.3.29) analog verarbeitet. Die neuere Converter-Version (ConvNeu) gibt abhängig von der Kopfhaltung zwei Fressdauern aus (1 und 2).

Für die Direktbeobachtungsphase wurden Regressionen für die beobachteten Dauern (abhängige Variable) für Wiederkäuen, Fressen, andere Aktivitäten und den von ConvAlt/ConvNeu/Trog (unabhängige Variable) ermittelten Dauern berechnet. Es folgte der Vergleich hierarchisch geschachtelter Modelle. Die 60min-Intervalle des reduzierten Datensatzes wurden für den Vergleich der drei Messmethoden (ConvAlt/ConvNeu/Trog) zu Tagesdaten aufsummiert. Die erfassten Dauern für Fressen/Wiederkäuen/andere Aktivitäten wurden mittels Varianzanalyse verglichen (fixe Effekte: Messmethode mit 3 Stufen, Messphase mit 4 Stufen; zufällige Effekte: Kuh mit 18 Stufen, Messtag mit 19 Stufen). Die 60-min-Intervalle des reduzierten Datensatzes wurden genutzt, um Regressionen für die am Trog erfassten Fressdauern (abhängige Variable) und den durch ConvAlt bzw. ConvNeu erfassten Fressdauern (unabhängige Variable) zu berechnen. Es folgte der Vergleich hierarchisch geschachtelter Modelle (zufällige Effekte: Messphase mit 4 Stufen, Kuh mit 18 Stufen). Für die Phase mit paralleler Datenaufzeichnung durch Vormagen-/Nasenbandsensor und Trog wurden Korrelationskoeffizienten zwischen den je in 60-min-Intervalle vorliegenden Variablen pH-Änderung und Wiederkäudauer bzw. Fressdauer berechnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Vormagensensoren

In-vitro-Phase

Über die gesamte In-vitro-Phase ermittelten die Vormagensensoren einen um 0,17 signifikant geringeren pH-Wert der Pufferlösung als das pH-Meter. Der signifikante Unterschied im pH-Wert zwischen den Messmethoden bestätigte sich an allen einzelnen Tagen. Der Unterschied im pH-Wert zwischen den Messmethoden vergrößerte sich mit fortschreitender Einlegedauer (Tag 1: -0,15, Tag 9: -0,19). Einzelne Vormagensensoren wiesen allerdings abweichend von der beschriebenen mittleren negativen Drift eine individuelle Dynamik auf. Die erfassten Temperaturen unterschieden sich beim Vergleich der Messmethoden weder über die gesamte In-vitro-Phase noch an einzelnen Tagen.

In-vivo-Phase

Der im Vormagensystem von den Sensoren gemessene mittlere pH-Wert der Boli 1, gemittelt über alle Tiere hinweg, betrug 6,30 bei einer Standardabweichung ($\pm s$) von 0,19. Die Boli 2 maßen pH 6,18 $\pm$ 0,15. Die absolute pH-Differenz zwischen den Sensorpaaren betrug 0,19 $\pm$ 0,14. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Anteil der Sensorpaaren in 6 Messfehlerklassen. Die garantierte Messgenauigkeit toleriert absolute pH-Differenzen von bis 0,4 Einheiten, was 89 % der Sensorpaare erreichten. Die Diagnose von SARA, wie in der Einleitung definiert, ist bei der realisierten Messgenauigkeit nicht möglich. Die gemittelten Temperaturen unterschieden sich nicht zwischen Bolus 1 (38,87 $\pm$ 0,12 °C) und Bolus 2 (38,88 $\pm$ 0,12 °C).

Tab. 1: Klassifizierung des Messfehlers der Sensorpaare

Tab. 1: Classification of measurement errors of sensor couples

Klasse: Abstand pH	Anzahl Paare	% der Paare
0,0 $\leq$ Abstand $\leq$ 0,1	10	37
0,1 < Abstand $\leq$ 0,2	7	26
0,2 < Abstand $\leq$ 0,3	5	19
0,3 < Abstand $\leq$ 0,4	2	7
0,4 < Abstand $\leq$ 0,5	1	4
0,5 < Abstand $\leq$ 0,6	2	7

Nach Berechnung der Korrelationskoeffizienten (r) für die pH-Änderung zwischen Bolus 1 und Bolus 2 wurden zwei Sensorpaare als Ausreißer identifiziert ($r < 0,5$) und für nachfolgende Auswertung ausgeschlossen. Über die 25 Sensorpaare hinweg betrug $r = 0,85$ ($p < 0,001$). Die Spanne reichte von $r = 0,67$ bis $r = 0,96$. Durch das Aufnehmen der unabhängigen Variablen (pH-Änderung Bolus 2) konnten 72 % der Fehlervarianz der abhängigen Variablen (pH-Änderung Bolus 1) erklärt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass im Gegensatz zum absoluten pH-Wert die Änderung des pH-Werts mit ausreichender Genauigkeit erfasst wurde.

3.2 Nasenbandsensoren

Dauer der Aktivitäten bei unterschiedlichen Messmethoden

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der ermittelten täglichen Dauern für Wiederkäuen, Fressen und andere Aktivitäten, untergliedert nach Messmethode, zusammengestellt.

ConvAlt überschätzte die Fressdauer im Vergleich zu den Ergebnissen am Trog signifikant um 214 min/Tag. ConvNeu wies bei Betrachtung der Fressdauer 2 die geringste Differenz zum Trog auf (73 min/Tag), dennoch war die Überschätzung signifikant. Die erfassten Dauern für Wiederkäuen und andere Aktivitäten von ConvAlt und ConvNeu unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

Tab. 2: Ergebnis: Vergleich der Tagessummen in Minuten (LS-Means)

Tab. 2: Comparison of the results of the daily sums in minutes (LS-Means)

Aktivitäten		ConvNeu [min]	Aktivitäten	Trog [min]	ConvAlt [min]
Wiederkäuen		535 ^a	Wiederkäuen	-	531 ^a
Fressen	1	113 ^c	Fressen	250 ^a	464 ^b
	2	321 ^c	Fressen	247 ^a	461 ^b
	Summe 1 + 2	431 ^b	Fressen	249 ^a	464 ^b
Andere Aktivitäten		446 ^a	Andere Aktivitäten	-	414 ^a

Signifikante Unterschiede: unterschiedliche Hochbuchstaben in einer Zeile

Direktbeobachtungsphase

Mit ConvAlt konnte 80 % der Fehlervarianz der beobachteten Wiederkäudauern erklärt werden, mit ConvNeu 75 %. Die Erfassung der Besuchsdauer am Trog erklärte 97 % der Fehlervarianz der beobachteten Fressdauer, wie in Tabelle 3 gelistet, gefolgt von der Fressdauer 1 gemessen durch ConvNeu, die 79 % erklärte.

Tab. 3: Ergebnis: Vergleich der hierarchisch geschachtelter Modelle

Tab. 3: Comparison of the results of hierarchic interleaved models

Aktivitäten Direktbeobachtung		Trog	ConvAlt	ConvNeu
		Differenz Bestimmtheitsmaß [%]		
Wiederkäudauer		-	80	75
Fressdauer	1			79
	2	97	58	26
	Summe 1 + 2			57
Dauer andere Aktivitäten		-	31	25

Regressionsgleichung zur Schätzung der Fressdauer

Die Anpassung einer quadratischen Funktion der Summe aus Fressdauer 1 und 2, ermittelt durch ConvNeu (unabhängige Variable) zur Schätzung der tatsächlichen Fressdauer, gemessen am Trog (abhängige Variable) konnte die Fehlervarianz am deutlichsten reduzieren (-84 %).

Auffällig war die große Streuung der Fressdauer ermittelt durch ConvNeu/ConvAlt, wenn gilt: Fressdauer Trog = 0 min. Folglich war eine nachträgliche Anpassung der aufgezeichneten Fressdauer zur Verbesserung der Messgenauigkeit mit Einschränkungen möglich.

3.3 Kombinationsmessung Vormagen-/Nasenbandsensoren

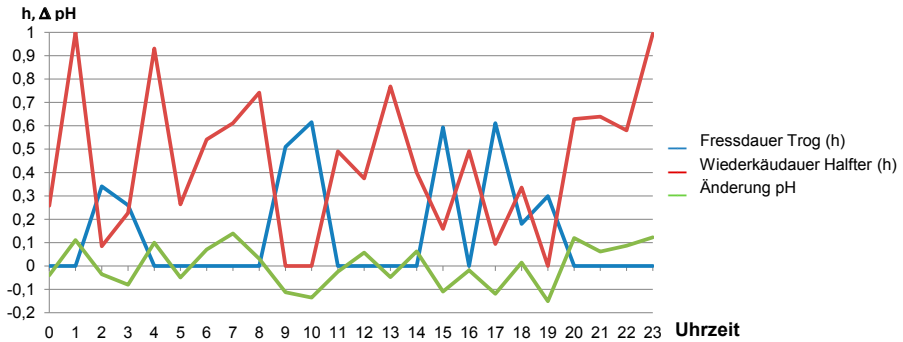


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Fressen, Wiederkäuen und pH-Änderung

Fig. 1: Relation between eating, ruminating and pH-change

In Abbildung 1 ist exemplarisch für eine Kuh ein Tagesverlauf der Verhaltensweisen Fressen und Wiederkäuen dargestellt sowie die dabei erfasste Änderung des pH-Werts. Wiederkäuperioden gehen mit positiven, Fressperioden mit negativen pH-Änderungen einher.

Der Korrelationskoeffizient zwischen pH-Änderung und Wiederkäudauer betrug über die 4 Tiere $r = 0,51$ ($p < 0,001$) und zwischen pH-Änderung und Fressdauer $r = -0,56$ ($p < 0,001$). In weiteren Untersuchungen erscheint es ratsam, in diese Betrachtung zusätzlich die Zusammensetzung der verfütterten Ration einzubeziehen.

Literatur

- Steingäß, H.; Zebeli, Q. (2008): Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung. Hrsg. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, pp. 19–25
- Zebeli, Q.; Metzler-Zebeli, B.U. (2012): Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. *Research in Veterinary Science*, 93, pp. 1099–1108

Förderung

optiKuh wird aus Mitteln des BMEL aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert. Projektträger ist die BLE im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Entwicklung eines intelligenten Weidemanagementsystems mit moderner Informations- und Kommunikationstechnologie

Development of an intelligent pasture management system with modern Information and Communication Technology (ICT)

BENJAMIN SEIFERTH, STEFAN THURNER, ANJA GAIN, ZOLTAN GOBOR

Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT), Vöttingerstr. 36, 85354 Freising; Stefan.Thurner@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Angesichts der wachsenden Weltbevölkerung wird ein Anstieg des Verzehrs von Fleisch- und Milchprodukten erwartet. Die Zahl der Rinder ist in der Vergangenheit weltweit gestiegen und wird in den nächsten Jahrzehnten weiter zunehmen. Demgegenüber ist die verfügbare Fläche an Dauergrünland gleichgeblieben. Weideland wird folglich immer wertvoller. Moderne Technik kann die Effektivität dieser Futterquelle für Rinder in einer nachhaltigen Art und Weise erhöhen. Dieser Beitrag zeigt Ergebnisse des Forschungsprojekts „i-LEED¹“, in dessen Rahmen Möglichkeiten mithilfe neuer Technologien für eine moderne Weidewirtschaft entwickelt wurden. Dazu gehören die Erfassung von Daten über die Futterquantität und -qualität auf Weideflächen und die Automatisierung von Weidepflegemaßnahmen. Ein 2D-Laserscanner, sowie ein NIR-Sensor und eine GPS gesteuerte Plattform als Weideroboter kamen zum Einsatz.

Summary

An increase in the consumption of meat and dairy products due to the growing world population is expected. The number of cattle has risen and will continue to rise over the next decades. In contrast the available grassland area has stagnated. The resources of pasture land will become more and more valuable. Robots can help to increase the effectiveness of this fodder resource for cattle in a sustainable and resource-friendly manner. This paper presents results of the research project “i-LEED¹”, in which opportunities for modern pasture farming by modern technologies have been developed. The detection of data about fodder quantity and quality of the forage on pasture areas and the automation of pasture maintenance operations have been in the focus. A 2D laser scanner, as well as a NIR sensor and a GPS guided platform as pasture robot have been used.

1 Der Stellenwert und das Potenzial von Weideflächen als Futterquelle

In den letzten Jahrzehnten hat sich die pro Tier verfügbare Fläche erheblich reduziert (FAO 2012, 2015). Dauergrünland bzw. Weideflächen werden immer wertvoller. Fütterungsmethoden reichen von der Stallhaltung bis hin zu verschiedenen Formen von Weidesystemen. In Deutschland wandten 2010 nur 44 % der Tierhaltungsbetriebe Weidefütterung an (Statistisches Bundesamt 2011). Laut Mannetje (2000) ist die Weidehaltung die natürlichste Art der Nahrungsaufnahme von Wiederkäuern. Die Effektivität von Weideland als Futterquelle kann durch regelmäßige Weidepflegemaßnahmen und ein optimales Weidemanagement erhöht werden. Quantitäts- und Qualitätsverluste des Weidefutters sind oft die Folge einer unzureichenden Weidepflege und eines schlechten Weidemanagements. Zur Weidepflege gehören das Nachmähen von Weideresten sowie das Nachsäen von Trittschäden und zum Weidemanagement eine genaue Datenerfassung bezüglich des Aufwuchses und des Weiderests. Vor diesem Hintergrund wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) das Forschungsprojekt „i-LEED¹“ mit vier internationalen Partnern aus Industrie und Forschung initiiert, um die Weidefütterung mithilfe moderner Technik zu optimieren.

2 Optimierung des Weidemanagements durch moderne Technik

In der Innenwirtschaft auf Tierhaltungsbetrieben gehört Automatisierung mit Blick auf kommerziell erhältliche Melkroboter oder Spaltenroboter schon oft zum Stand der Technik (Harms und Wendl 2009). Für die Außenwirtschaft gibt es von den großen Herstellern auf dem Markt noch keine vollautomatischen Maschinen. Der Trend ist im Moment noch die Entwicklung von noch stärkeren, schnelleren und größeren Maschinen (Herlitzius et al. 2013). Demgegenüber sehen Wissenschaftler kleine intelligente Maschinen (Schwarm) als zukunftsweisend für die Landtechnik an (Herlitzius et al. 2015, Blackmore et al. 2005). Dieses Konzept könnte auch in der Weidewirtschaft zum Tragen kommen. Im Moment werden zum Beispiel Weidepflegemaßnahmen meist nur einmal im Jahr mit hoher Flächenleistung großflächig ausgeführt oder es wird darauf ganz verzichtet. Die Idee von „Precision Farming“ ist es, die richtigen Maßnahmen am richtigen Platz zur richtigen Zeit auszuführen (Blackmore et al. 2005). Das Nachmähen von Weideresten und das Nachsäen von Trittschäden nach der Beweidung sind normalerweise nicht für die gesamte Fläche notwendig. Selektive Weidepflegemaßnahmen sind völlig ausreichend und sogar ressourcenschonender. Auch die genaue Datenerfassung zum Aufwuchs und Weiderest beschränkt sich im Moment auf das Augenmaß des Landwirts. Dabei bietet moderne Technik neue Möglichkeiten, Informationen über die Biomasse zu erfassen, welche den Landwirt bei Entscheidungen bzgl. einer Ergänzungsfütterung oder über den Zeitpunkt der Rotation unterstützen können.

2.1 2D-Laserscanner

Im Projekt „i-LEED¹“ wird mittels eines 2D-Laserscanners die Grashöhe gemessen, welche mit der Frischmasse korreliert, und dementsprechend die Frischmasse bestimmt. Der Scanner ist so an einem Fahrzeug montiert, dass die Scanebene nahezu senkrecht zum Boden steht. Um den Zusammenhang zwischen der gemessenen Grashöhe und der Frischmasse herzustellen, wurde eine Reihe von Messungen mittels eines Messwagens durchgeführt. Dieser eigens konstruierte Messwagen fuhr dabei auf einer Art Schienen über die Messfläche von 1 m², die abgescannt wurde. Nach dem Abernten des Grases wurde die Frischmasse bestimmt. Neben der Bestimmung der Frischmasse auf Kuhweiden werden die Daten des 2D-Laserscanners auch genutzt, um Stellen mit nötigen Weidepflegemaßnahmen zu lokalisieren, um damit eine automatische, selektive Weidepflege zu ermöglichen. Weiterhin geben moderne Laserscanner neben dem Distanzwert zusätzlich einen weiteren Wert aus, welcher die detektierte Energie des reflektierten Laserstrahls abhängig von der Oberflächeneigenschaft des Zielobjekts charakterisiert. Mithilfe dieses Werts können Trittschäden auf Weideflächen lokalisiert werden.

2.2 NIR-Sensor

Zur Ermittlung der Grasqualität kommt ein Nahinfrarot(NIR)-Sensor mit zwei Wolfram-Lichtquellen (Wellenlängenbereich 950 bis 1650 nm) zum Einsatz. Der Sensor ist an einem Blech mit Fenster befestigt, welches durch den Bestand gestreift wird (Abb. 1). Das Gras gleitet dabei am verschleißfesten Saphirglas des Sensors entlang. Die aufgenommenen Spektren geben mit einer entsprechenden Kalibration Aufschluss über die Grasqualität: im Einzelnen über den Trockenmasse-, Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt. Der Sensor selbst wiegt nur 60 g und ist mit einer Abmessung von ca. 45 mal 45 mm faustgroß. Er ist mit keinerlei beweglichen Bauteilen ausgestattet, somit unempfindlich gegenüber Erschütterungen und gut für den Außeneinsatz geeignet. Die Lichtintensität ist laut dem Hersteller JDSU bei einem Abstand zum Probenmaterial von 3 mm maximal. Bei diesen Scans werden die besten Signal-Rausch-Verhältnisse bei gleichzeitig der geringsten Integrationszeit erreicht.

2.3 Weideroboter

Als Plattform für den Prototyp des Weideroboters (Abb. 2) dient eine kommerziell erhältliche funkferngesteuerte Mähmaschine, die mit entsprechender Hardware zur automatisierten Maschine aufgerüstet wurde. Die vorhandene Funkfernsteuerung wurde durch eine embedded Hardware ersetzt, sodass die Maschine über das existierende Steuerungsprotokoll (CANopen), eine frei programmierbare Software, gesteuert werden konnte. Die Fahrzeugnavigation basierte auf einem GPS-RTK-System und vordefinierten Pfaden. Zum Nachmähen von Weideresten ist die Maschine mit einem Schlegelmulcher (Arbeitsbreite 1,3 m) im Zwischenachsanbau ausgestattet. Zusätzlich wurde, basierend auf dem am ILT entwickelten Parzellendüngesteuerer (Fröhlich et al. 2007), eine Sämaschine zum Nachsäen von Trittschäden für die automatische Weidepflege konstruiert und am Heck des Roboters angebaut. Die Säwelle mit 15 Säeinheiten wird dabei elektrisch mittels eines Schrittmotors angetrieben. Der Laserscanner ist an der Fahrzeugfront installiert.

Sobald eine Stelle mit Weideresten erkannt wird, wird der Mulcher angesteuert und aktiviert. Bei detektierten Trittschäden wird dementsprechend die Sämaschine angesteuert und aktiviert. Die Aussaatmenge in kg pro Fläche kann eingestellt werden.



Abb. 1: NIR-Sensor
Fig. 1: NIR sensor



Abb. 2: Prototyp des Weideroboters
Fig. 2: Prototype of the pasture robot

3 Ergebnisse von Feldversuchen

Die Ergebnisse der Kalibration zur Frischmasseermittlung mittels Laserscanner gemessener Grashöhen ergaben Bestimmtheitsmaße von bis zu $R^2 = 0,8$. Der Pflanzenbestandstyp der jeweiligen Weidefläche hat dabei einen großen Einfluss. Messungen mit dem NIR-Sensor haben gezeigt, dass die Voraussetzung für eine gute Validierung neben aussagekräftigen Referenzwerten robuste Modelle sind. Es wurde festgestellt, dass heterogene Bestände durch lokale Modelle besser erklärt werden können. Der TS-Gehalt konnte, insbesondere dank der ausgeprägten Wasserbande, mit guten Modellen erklärt werden. Erste Ansätze, mit dem vorliegenden Sensor den Gehalt an Stickstoff zu bestimmen, führten bisher nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen. Bei weiteren Feldversuchen mit dem Roboter wurde die Lokalisierung von Weideresten und Trittschäden getestet und bewertet. Bei der Untersuchung stellte sich heraus, dass Weidereste mithilfe von Laserdaten detektiert werden können, jedoch hängt die Fehlerrate der Detektion von der Einstellung der Software ab. Aufgrund von Bodenunebenheiten besteht ein Konflikt in der Optimierung. Entweder werden alle Weidereste erkannt, jedoch auch Bodenwellen als Weidereste identifiziert, oder es werden keine Bodenwellen missinterpretiert, aber Weidereste mit geringen Grashöhen ebenso nicht identifiziert. Hinsichtlich der Detektion von Trittschäden mithilfe der ausgegebenen „Energiewerte“ des Laserscanners wurden sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt (Abb. 3). Beim Abscannen von Weideflächen konnten von Tieren getretene Pfade sowie Flächen ohne Grasnarbe und sonstige Trittschäden erfolgreich detektiert werden. Dieselverbrauchsmessungen der Maschine ergaben, dass durch selektives Mulchen im Vergleich zu großflächigem Mulchen bis zu 10 % Kraftstoff eingespart werden können. Mit einem optimierten Motormanagement kann dieses Kraftstoffeinsparpotential sogar noch weiter gesteigert werden.

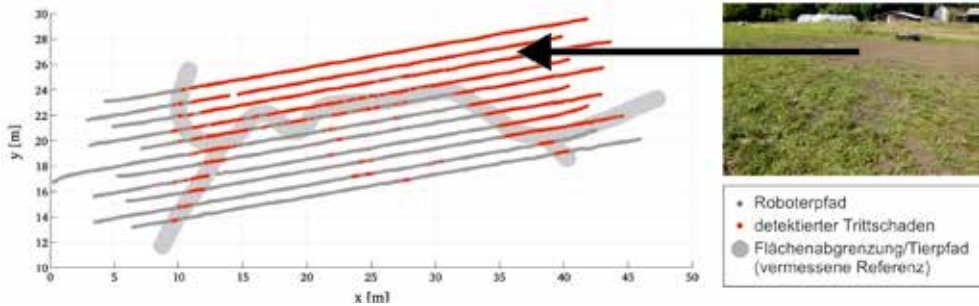


Abb. 3: Untersuchungsergebnis zur Detektion von Trittschäden auf der Kuhweide
 Fig. 3: Test results showing the detection of damages caused by footsteps on pasture

4 Fazit und Ausblick

Die Forschungsarbeiten, die im Projekt „i-LEED¹“ an der LfL durchgeführt wurden, zeigen, wie die Weidewirtschaft mithilfe moderner Technik in Zukunft optimiert werden kann. Sensoren, wie der 2D-Laserscanner oder der NIR-Sensor, sowie entsprechende Hard- und Software ermöglichen es, Informationen über den Zustand der Weide, über die verfügbare Biomasse auf der Weide, über die Qualität der Biomasse und über die gefressenen Futtermengen zu erfassen. Diese Informationen können den Landwirt bei anstehenden Entscheidungen über z. B. eine notwendige Futterergänzung, den Zeitpunkt des Tierumtriebs auf eine neue Weidefläche oder die Weideerneuerung unterstützen. Außerdem ermöglichen diese Daten eine Automatisierung von Arbeiten auf den Weideflächen im Sinne der „Landwirtschaft 4.0“. Es wurde ein Prototyp eines Weidepflegeroboters entwickelt, der das Nachmähen von Weideresten und das Nachsäen von Trittschäden automatisch mithilfe eines GPS-Lenksystems selektiv ausführt. Wie im Stall könnte die Automatisierung somit auch auf der Weide technisch umgesetzt werden. Die Ergebnisse legen einen Grundstein für die moderne Weidewirtschaft, die aus Sicht der Arbeitswirtschaft somit eine gute Alternative zur Stallhaltung werden kann und von Seiten des Tierwohls als auch beim Verbraucher positiv gesehen wird.

Literatur

- Blackmore, S.; Stout, B.; Wang, M.; Runov, B. (2005): Robotic agriculture – the future of agricultural mechanization? In: Fifth European Conference on Precision Agriculture (Stafford J. V.), Wageningen Academic Publishers, Netherlands, 621–628
- FAO (2012): Food and Agriculture Organization, Alexandratos, N.; Bruinsma. World agriculture towards 2030/2050 – the 2012 revision. ESA Working Paper No. 12–03. Rome, FAO
- FAO (2015): Food and Agriculture Organization. FAOSTAT, <http://faostat3.fao.org>, (30. August 2016)
- Fröhlich, G.; Bröker, K.; Link, H.; Rödel, G.; Wendling, F.; Wendl, G. (2007): Precision Experiments on Computer-controlled Fertilizer – Distribution on Experimental Plots. Landtechnik – Agricultural Engineering, 62(3), 150–151
- Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhaltung – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen. Landtechnisch-bauliche Jahrestagung, 2009, LfL Schriftenreihe Nr. 14. Freising-Weihenstephan, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
- Herlitzius, T.; Grosa, A.; Krzywinski, K. (2013): Concept Study of a Modular and Scalable Self-Propelled Implement System. Tagung Landtechnik 2013, VDI-Bericht 2193, Düsseldorf, VDI Verlag
- Herlitzius, T.; Krzywinski, K.; Ruckelshausen, A.; Weidig, K. (2015): Mobile Cyber Physical System concept for controlled agricultural environments. Tagung Landtechnik AgEng 2015, VDI-Bericht 2251, Düsseldorf, VDI Verlag
- Mannetje, L. (2000): The importance of grazing in temperate grasslands. Occasional Symposium No. 34. Reading, British Grassland Society
- Statistisches Bundesamt (2011): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Wirtschaftsdünger, Stallhaltung, Weidehaltung – Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturserhebung 2010. Fachserie 3, Heft 6, Wiesbaden

¹ Forschungsprojekt i-LEED „Fortschrittliche Weidefütterung durch innovatives Weidemanagement“: Dieses Projekt wurde im Rahmen des zweiten ICT-AGRI ERA-NET und von folgenden Institutionen finanziert: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (Förderkennzeichen 2812ERA058 und 2812ERA059), Französische Bundesforschungsagentur (ANR) (Förderkennzeichen 12-ICTA-0002-01 und 12-ICTA-0002-02), Wissenschaftliches und Technologisches Forschungszentrum der Türkei (TUBITAK) (Förderkennzeichen 112 O 464); Internet: <http://www.i-leed.eu>

agriProKnow – Prozessbezogenes Informationsmanagement in Precision Dairy Farming*

*agriProKnow – process-oriented information management in precision dairy farming**

MARTIN WISCHENBART¹, DANA TOMIC², MICHAEL IWERSEN³, MICHAEL SCHREFL⁴, VALENTIN STURM⁵

¹ Josephinum Research, Wieselburg, Österreich; martin.wischenbart@josephinum.at

² Smartbow GmbH, Wien, Österreich

³ Vetmeduni Vienna, Klinik für Wiederkäuer, Abteilung Bestandsbetreuung, Wien, Österreich

⁴ JKU Linz, Institut für Wirtschaftsinformatik – Data & Knowledge Engineering, Linz, Österreich

⁵ JKU Linz, Institut für Stochastik, Linz, Österreich

Zusammenfassung

Trotz des vermehrten Einsatzes von Präzisionstechnik in der Milchwirtschaft bestehen nach wie vor verschiedene Herausforderungen bei der Integration und Analyse der damit erfassten Daten, um für LandwirtInnen und weitere Stakeholder einen operativen Nutzen zu generieren. Um diesbezüglich Abhilfe zu schaffen, wird im Projekt agriProKnow eine Decision-Support-Plattform entwickelt, in der die Daten verschiedener Quellen aus vielen Betrieben gesammelt, integriert und ausgewertet werden können. Hierbei wird die Zielsetzung verfolgt, neues Prozesswissen und Empfehlungen mittels einer Kombination von Data-Mining und semantischer Data-Warehouse-gestützter Analyse in strukturierter Art und Weise zu generieren. Diese Publikation gibt einen Überblick über Entwicklungen und Ergebnisse nach Ende des ersten Projektjahres.

Summary

Despite the increasing use of precision dairy farming technologies, various challenges remain, concerning the integration and analysis of recorded data to create operational benefits for farmers and other stakeholders. To alleviate these problems, the project agriProKnow aims to develop a decision support platform, which allows the collection, integration and analysis of data from distinct sources on different farms. It aims to create new process knowledge and recommendations by exploiting a combination of data mining and semantic data warehouse analysis in a structured manner. This publication gives an overview of current developments and results after the first year of the project.

* This work has been funded by the Austrian Research Promotion Agency (FFG) under grant 848610.

1 Einleitung und Motivation

Moderne Milchwirtschaft zeichnet sich durch den Einsatz von Präzisionstechnik wie Roboter-, Sensor- und Tracking-Systemen aus, die eine stetig komplexer werdende Produktionsumgebung bilden. Im Vordergrund des Technikeinsatzes stehen dabei die Gesundheitsüberwachung der Tiere, Qualitätssicherung von Produkten sowie die Ressourceneffizienz, z.B. in Bezug auf die Fütterung und die Reduktion von Umweltauswirkungen. Obwohl diese neuen Technologien viele Daten erfassen können, bleibt deren Potenzial für Überwachung, Ableitung logischer Schlussfolgerungen und einer darauf basierenden Automatisierung noch weitgehend ungenutzt. Um neue Ansätze zur Prozesssteuerung realisieren zu können, die als Grundlage neuer Farm- und Herdenmanagement-Dienstleistungen genutzt werden können, sind verschiedene Probleme und Herausforderungen zu bewältigen:

- I. Der innerbetriebliche und maschinelle Datenaustausch ist noch nicht vollständig gelöst. Die damit verbundene mangelnde Interoperabilität sowie fehlende Schnittstellen erschweren den Zugriff auf Daten zahlreicher Geräte.
- II. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass der gegenseitige Einfluss vieler Faktoren (Gesundheits-, Umweltfaktoren usw.) in der Milchproduktion noch nicht vollständig untersucht wurde. Dazu braucht es neue integrierte Sensordaten von vielen strukturell unterschiedlichen Betrieben.
- III. Die überbetriebliche Integration, Analyse und Verwertung der Daten ist wesentlich für deren Nutzung. Dabei bedarf es einer Lösung für Zugriffskontrolle, Sicherheit und Interoperabilität zwischen verschiedenen Datenquellen bzw. Stakeholdern (u. a. LandwirtInnen, VeterinärmedizinerInnen, BeraterInnen und ForscherInnen).

Im aktuellen industriellen und wissenschaftlichen Kooperationsprojekt agriProKnow soll durch die Entwicklung und Erprobung einer Methodik zur Generierung und Nutzung von neuem Prozesswissen in Precision Dairy Farming diesen zuvor genannten Problemen entgegengewirkt werden.

2 Vorgehensweise und Architektur

Datenbeschaffung, statistische, stochastische und semantische Datenanalyse bilden den Kern der Methodik im Projekt. Zur Realisierung werden unter anderem eingesetzt: Informationsmanagement-Methoden für große Datenmengen, Data-Mining-Algorithmen, semantische Modellierung und Data-Warehouse-Technologie, regel-basiertes Reasoning, semantische Web-Services und Ontologie-basiertes Schnittstellendesign.

Die praktische Umsetzung und Evaluierung der Studienergebnisse erfolgen unter Einbeziehung von Studienbetrieben und veterinärmedizinischer Beurteilung von Tieren. Als exemplarische Anwendung dient die Ketose bei Milchkühen. Ziel ist es, diese oftmals subklinisch (d.h. äußerlich nicht sichtbar) auftretende Stoffwechselerkrankung durch neue Erkenntnisse und Algorithmen frühzeitiger diagnostizieren zu können sowie Risikofaktoren zu identifizieren, die zur Einleitung von Gegenmaßnahmen genutzt werden können. Abbildung 1 zeigt die Architektur der implementierten Plattform.

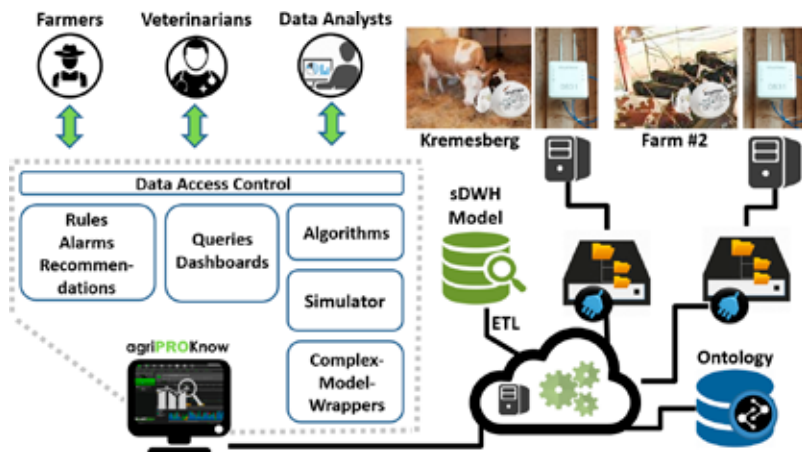


Abb. 1: agriProKnow-Plattform-Architektur im Überblick (© Smartbow GmbH)

Fig. 1: agriProKnow platform architecture overview (© Smartbow GmbH)

3 Versuchsbetriebe und Datenerfassung

Als Versuchsbetriebe dienen das „Lehr- und Forschungsgut Kremesberg“ der veterinärmedizinischen Universität Wien (ca. 80 Kühe) und ein kommerzieller Betrieb in der Slowakei (ca. 2.500 Kühe). Auf beiden Betrieben wurden die vorhandene Technik und Daten analysiert und zusätzliche Systeme zur Datenerfassung installiert. Neben Melktechnik, Fütterungssystemen, Smartbow-Herdenmanagement-System und Klimadaten-Logger als Daten-Lieferanten wurde jeweils ein lokaler Farm-Computer für die Sammlung der betrieblichen Daten eingerichtet. Sogenannte Plug-Ins übernehmen dabei jeweils die Erfassung der Daten von einzelnen Quellen bzw. Systemen.

Darüber hinaus werden in den Versuchsbetrieben regelmäßig und systematisch verschiedene Tiergesundheitsparameter direkt am Tier erhoben. Hierzu zählen unter anderem die Erhebung von Daten zum Energiestoffwechsel, insbesondere die Konzentration von β -Hydroxybutyrat (BHB) und von freien Fettsäuren (NEFA) im Blut, die speziell im Hinblick auf Erkennung der bovinen Ketose relevant sind. Weitere erfasste Parameter sind Rektaltemperatur, Pansenfüllung und -aktivität, Kotkonsistenz, Futteraufnahme sowie Wiederkauaktivität. Zu ausgewählten Zeitpunkten erfolgte darüber hinaus die Beurteilung der Körperkondition mittels Rückenfettdickenmessung und mittels Body-Condition-Scoring (BCS).

Neben der Sammlung dieser manuell und automatisch erfassten lokalen betrieblichen Daten am zuvor genannten Farm-Computer werden dort auch Plug-Ins für Abfragen von externen Quellen ausgeführt, wie etwa von Zucht- und Kontrollverbänden oder Behörden. Voraussetzung dafür ist, dass diese entsprechende Daten bzw. Services anbieten. Es können also über Plug-Ins verschiedenste lokale wie externe Datenquellen angebunden werden. Die Plug-Ins wiederum liefern die Daten an den Farm-Computer über sogenannte semantische Web-Services mit klar definierten Schnittstellen und können somit auch ohne speziellen Kenntnissen der Architektur implementiert werden.

Ähnlich wie in der DKE-Data-Hub-Initiative (<http://www.dke-data.com/>) können Hersteller und App-Entwickler selbst den Datenaustausch in standardisierten Formaten umsetzen und Plug-Ins selbst entwickeln, wie im Falle des agriProKnow-Plug-Ins für Datenextraktion aus dem Wasserbauer-Transponderfütterungssystem.

Die lokalen Komponenten auf dem Farm-Computer und ein zugehöriger Back-End-Server in der Cloud bilden schließlich die Plattform zur Interpretation und Transformation der Daten in RDF (einem standardisierten Format für semantische Beschreibungen).

4 Ontologie und Datenmodell

Zur Annotation der betrieblichen Daten wurde das für die verschiedenen Stakeholder zentrale Prozesswissen in Form von Erweiterungen der bereits existierenden Ontologie aus dem Projekt agriOpenLink (Tomic et al., 2015) formalisiert.

Die semantische Beschreibung von Begriffen und Maßzahlen erleichtert deren automatisierte Verarbeitung und ermöglicht ihre Verwendung zur Erklärung von vordefinierten Abfragen oder durch fortgeschrittene EndbenutzerInnen auch beim Befüllen von vordefinierten Abfragemustern und bei der Spezifikation von Analyse- und Steuerungsregeln. Im Hinblick auf Interoperabilität und Erleichterung der Datenintegration wurden die Definitionen zusätzlich mit Querverweisen auf etablierte Vokabulare und Ontologien versehen (z.B. ISOagriNET, ADIS/ADED) und mit Referenzen auf Fachliteratur ergänzt.

Auf Basis dieser Definitionen wurden in der Folge wiederwendbare „Prädikate“ spezifiziert, um Begriffsverwendung durch EndbenutzerInnen weiter zu vereinfachen (z.B. Verwendung von „erhöhte Zellzahl“ anstatt „somatic_cell_count > 200.000“ in einer Datenbankabfrage). Weiter können unter Verwendung von einfachen mathematischen und statistischen Operatoren „abgeleitete Maßzahlen“ definiert werden, um diese direkt in der Datenbank zu berechnen und in Abfragen zu verwenden (z.B. „kg Kraftfutteraufnahme pro kg Milch“ je Tier/Gruppe/Betrieb).

Die Ontologie wird in einem semantischen Repository basierend auf der OWLIM-Technologie auf dem Back-End-Server verwaltet. Die zuvor gesammelten und nach RDF transformierten Daten werden von dort weiter über eine REST-Schnittstelle an das semantische Data-Warehouse (sDWH) geschickt, gemäß einer eigens definierten Datenladesicht des ETL-Prozesses (Extract, Transform, Load).

5 Semantisches Data-Warehouse und Schnittstellen

Die Umsetzung des umfangreichen und erweiterbaren multidimensionalen Datenmodells im sDWH erfolgt mittels Relationen im Sternschema. Dabei wird zwischen der bereits genannten Ladesicht und einer Analysesicht unterschieden. Die Ladesicht entspricht einem Datenmodell in Anlehnung an die Daten aus den Quellsystemen (z.B. eigene Tabellen für Milchmengen- und -inhaltsstoffmessungen von Melkstand und Kontrollverband). Die Analysesicht kombiniert separate Tabellen der Ladesicht in zusammengesetzten Tabellen, um die Handhabung bei der Datenanalyse zu erleichtern (z.B. Zusammenfassung aller Milchparameter in einer Tabelle). Folglich ist für die Vergleichbarkeit

der Daten bei der Analyse eine Kenntlichmachung von Herkunft (Provenance) und Alter der Daten wichtig. Darüber hinaus müssen fehlende Werte im Datenbestand (Nullwerte) soweit möglich vermieden werden. Daher werden in der Analysesicht fehlende Werte mittels zeitlicher Fortschreibung ergänzt, um eine Vergleichbarkeit über die Zeit zu erreichen. Wird beispielsweise die BHB-Konzentration am Tag N nicht ermittelt, so wird der Wert vom Tag N-1 übernommen und die Fortschreibungsdauer (das Alter des Messwertes) vermerkt. Dabei gibt es je nach Messwert eine unterschiedliche Maximaldauer für die Fortschreibung.

Im sDWH werden OLAP-/Daten-Würfel zur bewusst redundanten Daten-Speicherung für eine einfachere interaktive Datenanalyse verwendet. Für vergleichende Abfragen werden Vergleichsgruppen mittels Prädikaten festgelegt sowie Vergleichskennzahlen über die Analysesicht oder aus den abgeleiteten Maßzahlen ausgewählt. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten: vordefinierte fixe Abfragen, Filterung bzw. Anpassung von Filterkriterien mittels definierter Begriffe und Änderung von Werten, Hinzufügen und Ändern von ganzen Abfrage-Bestandteilen oder die flexible Formulierung von kompletten Abfragen mittels verschiedener Query-Patterns. Mit steigender Flexibilität steigen dabei allerdings die Komplexität und damit auch die Anforderungen an die BenutzerInnen. Erste Schnittstellen für Ausführung von Abfragen durch EndbenutzerInnen sind derzeit in Arbeit. Eine umfassende Beschreibung zum Design des sDWH wurde auch in Form einer Masterarbeit (Schausberger, 2016) veröffentlicht.

Abfrageergebnisse werden im QB/QB4OLAP-Format (zwei RDF-Vokabulare zur Beschreibung von OLAP-/Daten-Würfeln) serialisiert bzw. zurückgegeben. Erste Prototypen zur Visualisierung für EndbenutzerInnen über ein web-basiertes Dashboard befinden sich ebenfalls in Entwicklung. So könnte etwa eine Gegenüberstellung von maximalen BHB-Messwerten und täglicher Milchleistung wie in Abbildung 2 dargestellt werden (auf Basis von Versuchsdaten; erstellt mit Software „Microsoft Power BI“).

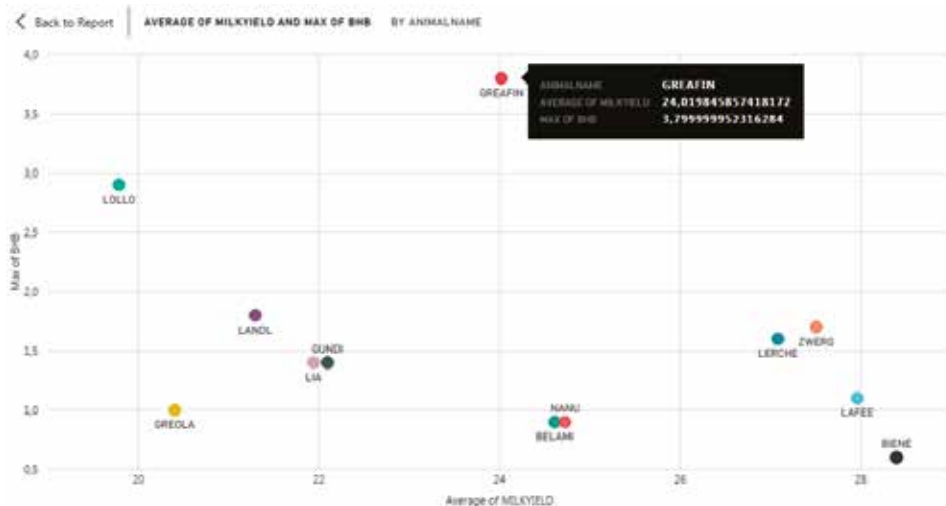


Abb. 2: Visualisierung von Milchleistung und BHB-Werten (bis 21. Laktationstag)

Fig. 2: Visualization of milk yield and BHB measurements (first 21 days of lactation)

Die Anforderungen für die im Projekt entwickelten Schnittstellen und Analysesichten wurden auch im Rahmen von Workshops mit verschiedenen EndbenutzerInnen-Gruppen diskutiert. Diesbezüglich wurde auch ein Konzept für rollen-basierte Datenzugriffskontrolle und Identity-Management entwickelt, basierend auf dem OpenStack-Identity-Service Keystone und OAuth 2.0. Dieses ermöglicht flexible Sicherung und Sharing von Daten aus den Betrieben, sodass BeraterInnen oder VeterinärmedizinerInnen direkt durch LandwirtInnen der Zugriff gewährt werden kann.

6 Analysen und Wissensgenerierung

Neben den Abfrage-basierten Schnittstellen für EndbenutzerInnen wird über Analyse- und Steuerungsregeln sowie über regelbasierte Schlussfolgerungen auch die Bereitstellung von Management-Empfehlungen ermöglicht. Auf diese Weise können BetriebsleiterInnen über relevante bzw. kritische Zustände informiert bzw. eine (automatisierte) Steuerung von Geräten umgesetzt werden.

Hinsichtlich statistischer und stochastischer Methoden zur Wissensgenerierung lag der Fokus im ersten Projektjahr auf der Findung verschiedener Verfahren, um, basierend auf den Daten der Versuchsbetriebe, Zustände und Verhaltensmuster von Tieren zu klassifizieren. Ein weiterer Schwerpunkt bestand in der Simulation von Daten, etwa im Fall von unvollständigen Daten oder für Prognosen von zukünftigen Entwicklungen. Einige darauf aufbauende Algorithmen wurden implementiert, etwa zur Charakterisierung und Klassifizierung ein- und mehrdimensionaler Signale (z.B. Bewegungsdaten), und auf ihre Güte überprüft.

7 Fazit und Ausblick

Im ersten Jahr des Forschungsprojektes agriProKnow wurde ein erster Prototyp für ein verbessertes Informationsmanagement in Precision Dairy Farming implementiert. Als Grundlage zur Wissensgenerierung wurde unter Verwendung von offenen Schnittstellen und Ontologien eine Plattform zur überbetrieblichen Datenintegration von verschiedenen ausgestatteten Milchviehbetrieben in einem semantischen Data-Warehouse entwickelt. Mittlerweile wurden Daten zu rund 600 Kühen von unterschiedlichen Datenquellen und Betrieben gesammelt. Verschiedene Konzepte und Algorithmen für Benutzerschnittstellen, Datenanalyse und Wissensgenerierung wurden erarbeitet und sollen im folgenden Jahr verfeinert werden, um für die verschiedenen Stakeholder, allen voran die LandwirtInnen, einen operativen Nutzen zu generieren.

Literatur

- Schausberger, S. (2016): The Semantic Data Warehouse of the AgriProKnow Project: A First Prototype. Master Thesis, Johannes Kepler University Linz
- Tomic, D.; Drenjanac, D.; Wöber, W.; Hörmann, S.; Auer, W. (2015): Enabling Semantic Web for Precision Agriculture: a Showcase of the Project agriOpenLink. SEMANTICS (Posters & Demos), CEUR Workshop Proceedings, Vol. 1481, 26–29

Evaluation of the MooMonitor+ as a measurement technology of cow grazing behaviour on pasture-based systems

Evaluierung des MooMonitor+ als Messinstrument des Fressverhaltens bei Kühen in der Weidehaltung

JESSICA WERNER^{1,2}, LORENZO LESO¹, CHRISTINA UMSTÄTTER³, MATTHIAS SCHICK^{2,4}, BERNADETTE O'BRIEN¹

¹ Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Moorepark, Fermoy, Co. Cork, Ireland; jessica.werner@teagasc.ie

² University of Hohenheim, Institute for Agricultural Engineering, 70599 Stuttgart, Germany

³ Agroscope, Institute for Sustainability Sciences, 8356 Ettenhausen, Switzerland

⁴ Strickhof, 8315 Lindau, Switzerland

Summary

The continuous measurement of feeding behaviour is an important indicator of dairy cow health and of feed availability for cows. As farm and herd sizes increase, the farmer may not be able to closely monitor all cows on a continuous basis. Therefore, the use of reliable sensor technology may be a valuable approach to measure cow feeding behaviour and therefore support stockmen. In this study, the MooMonitor+ system was evaluated against visual observation. The feeding behaviour of twelve cows was monitored by observers following a 1-min scan-sampling protocol. Those values were compared against 15-min summaries of the MooMonitor+. Overall, there was a high correlation detected with r_s -values of 0.90 and $r_s = 0.93$ for grazing and rumination, respectively. In conclusion, the results showed that the MooMonitor+ represents a very accurate technique in detecting cow feeding behaviour in a grass-based milk production system.

Zusammenfassung

Die kontinuierliche Aufzeichnung des Fressverhaltens bei Milchkühen ist ein wichtiger Indikator für die Gesundheit der Kühe sowie zur Überwachung der Futterverfügbarkeit. Durch stetige Betriebs- und Herdenvergrößerung ist es dem Betriebsleiter oft nicht möglich, jedes Tier intensiv zu beobachten. Automatische Systeme könnten deshalb die Beobachtung des Fressverhaltens der Kühe unterstützen. In dieser Studie wurde deshalb der MooMonitor+ mit visueller Beobachtung verglichen. Die 1-min Scan-sampling-Methode wurde von den Beobachtern bei zwölf Kühen angewandt. Die erfassten Werte des Fressverhaltens wurden mit 15-min-Zusammenfassungen des MooMonitor+ verglichen. Eine sehr hohe Korrelation von $r_s = 0,90$ beim Fressen und $r_s = 0,93$ beim Wiederkauen wurde festgestellt. Zusammenfassend wird deutlich, dass der MooMonitor+ ein sehr akkurates Messinstrument in der Erfassung von Fressverhalten bei Kühen in der Weidehaltung darstellt.

1 Introduction

Animal behavioural parameters can represent reliable indicators of animal health and welfare within dairy farming systems (Bareille et al. 2003). Behavioural parameters such as feeding behaviour can also be used to optimise grazing management decisions with a focus on increasing grass utilization, animal intake and reducing grass residuals. To achieve optimum grazing efficiency and profitability, it is important to accurately measure, manage and allocate the feed available to cows. As farm size and animal numbers on individual farms increase, so also does the requirement by farmers for assistance in monitoring animals for optimal herd management. However, due to generally reduced labour availability and the challenges of cost, availability and skill level of hired labour, the application of easy-to-use sensor technologies for animal monitoring may be considered as a valuable approach to optimize herd management as well as individual cow management. The MooMonitor+ sensor (Dairymaster, Tralee, Ireland) is a collar device with an integrated accelerometer that measures feeding behaviour and activity (Fig. 1). It was first developed as an aid for heat detection, and has now been further developed to monitor feeding behaviour on pasture-based systems. Thus, the objective of this study was to validate this automated monitoring sensor against human visual observation as a reference method to evaluate its ability for monitoring feeding behaviour of grazing dairy cows.



Fig. 1: MooMonitor+ collar on a cow (© Dairymaster, Tralee, Co. Kerry, Ireland)

Abb. 1: Halsband mit MooMonitor+ an einer Kuh (© Dairymaster, Tralee, Co. Kerry, Irland)

2 Material and Methods

A group of 12 spring-calving dairy cows in a pasture-based system was used. This group was evenly balanced in terms of breed, with six Jersey crossbred (JEX) and six Holstein-Friesian (HF) cows. Average cow Body Condition Score (BCS) was 2.8 ± 0.2 and average bodyweight was 477 ± 65 kg over the experimental period. Average milk yield over the same period was 22.5 ± 4.5 kg/cow/day and all cows followed a similar milking schedule. These cows were on a grass only diet. MooMonitor+ collars were placed on the cows during the experimental period. The sensor on the collar measured the duration of grazing or rumination behaviours over each 15-min period. In total 504 15-min periods were measured. Additionally, two visual observers monitored the same 12 cows over the same time-frame. Behavioural data were categorized into grazing and rumination. Grazing was defined as when a cow's muzzle was located near or above the grass and made a biting motion to ingest grass, or a cow's head position was up at normal level with the mouth making a chewing motion. Alternatively, rumination was defined as regurgitation, chewing, salivation and swallowing of ingested grass (Bikker et al. 2014). Each observer conducted 1-min scan sampling of 3 cows simultaneously over 2-hour periods. The visual observations of grazing time and rumination time were totalled for each 15-min period. For statistical analysis, Spearman's rank correlation coefficient (r_s) and Concordance Correlation Coefficient (CCC) were calculated using the statistical software package R version 3.3.1 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Graphical analysis was based on Bland-Altman-Plots conducted with an electronic spreadsheet application (Microsoft Excel Version 2010 Microsoft Corporation, Redmond, USA).

3 Results

The agreement of the automatically recorded data by the MooMonitor+ collar with the visually captured data was very high. The recording of grazing time both visually and with the automated sensor was measured as the duration of time grazing over a period of 15 min. Both, the observers and the automated sensor recorded a median of 12 min for grazing per 15 min recording period. However, grazing time was slightly overestimated by the automated measurement compared to the visual observation. This mean difference of 0.27 min grazing per 15-min period may be observed in Figure 2a (solid line). However, the correlations between the paired measurements are very high with $r_s = 0.90$ and CCC = 0.95. The limits of agreement account for 95 % of all differences between the automated measurement and visually observed data. These limits of agreement ranged between -3.76 and 4.31 min of grazing time per 15-min observation period (Figure 2a; dashed lines). The agreement between visually and automatically recorded data was higher for rumination time than grazing time. The mean difference between the visual observation and the automated system was 0.10 min per 15 min period (Figure 2b; solid line). There was also a very high correlation detected between both measurements with an r_s -value of 0.93 and CCC-value of 0.95.

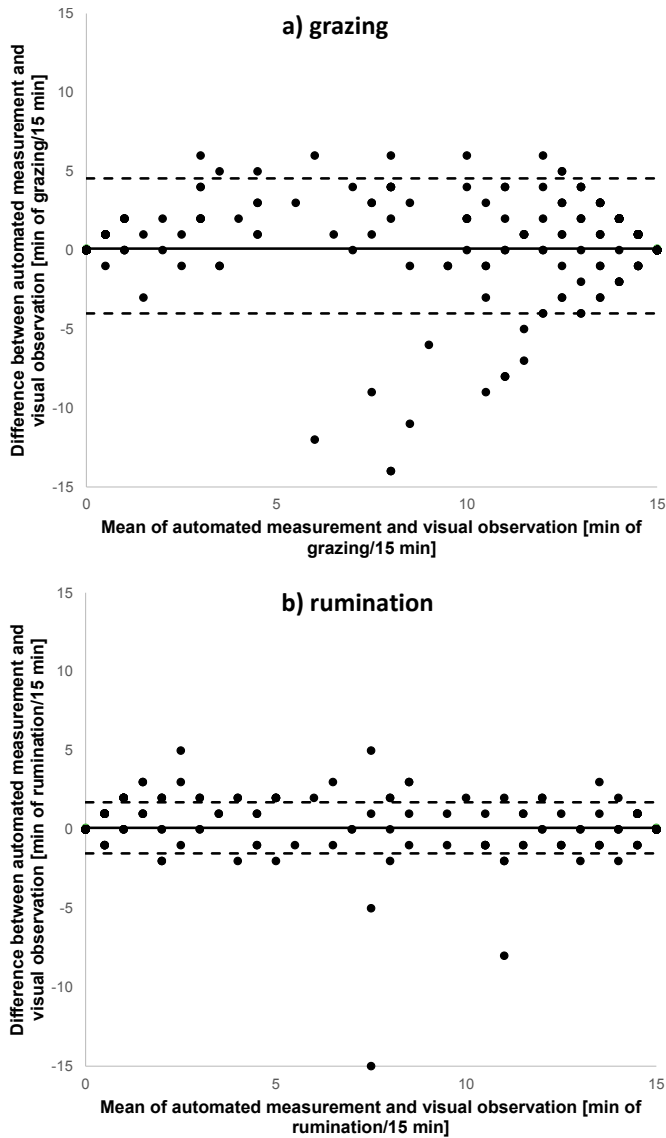


Fig. 2: Agreement of MooMonitor+ collar measurements and visual observations of cow feeding behaviour in 15-min periods, displayed in Bland-Altman-plots for a) grazing and b) rumination behaviour (Solid line indicates the mean difference; dashed lines indicate upper and lower 95 % limits of agreement)

Abb. 2: Übereinstimmung der Messungen des MooMonitor+ Halsbandes und der visuellen Beobachtungen innerhalb der 15-min-Perioden, dargestellt in einem Bland-Altman-Plot für a) Grasen und b) Wiederkauen (Die durchgezogene Linie kennzeichnet die mittlere Differenz; gestrichelte Linien kennzeichnen die obere und untere 95%ige Grenze der Übereinstimmung)

4 Discussion

The comparison between visual observations and automated measurements of grazing time showed a very high correlation. The r_s -value of 0.90 and CCC = 0.95 demonstrated a higher correlation than observed by Borchers et al. (2016). In that study, an $r = 0.88$ and CCC = 0.82 was established for the CowManager “SensOor” system (Agis, Harmelen, Netherlands) and $r = 0.93$ and CCC = 0.79 for the “Track A Cow” system (ENGIS, Rosh Pina, Israel). Additionally, the measurement of rumination time by the MooMonitor+ was very highly correlated with visual observation, with an r_s -value of 0.93 and CCC-value of 0.95. Those values are comparable with the Hi-Tag rumination monitoring system (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel), which was validated against visual observation in the study of Schirmann et al. (2009) showing an r -value of 0.93. Overall, these results indicate that the MooMonitor+ sensor is appropriate technology to record feeding on a continuous basis. This sensor technology has good potential for application on commercial dairy farms.

5 Conclusion

Overall the results indicated that the MooMonitor+ collar was able to detect feeding behaviour accurately in a pasture-based environment. Therefore, it is feasible to monitor dairy cows with an easy-to-use sensor over a 24 h period.

Monitoring of cows' feeding behaviour on pasture can offer a great benefit, in that it can promote more correct allocation of grass resulting in more efficient and profitable milk production.

In addition, the collar device could be combined with other automated facilities on the farm, such as drafting gates or automatic animal identification applications. Such data, recorded over long time periods are very valuable in the early detection of potential feeding problems, which could be linked to emerging diseases or management problems.

References

- Bareille, N.; Beaudeau, F.; Billon, S.; Robert, A.; Faverdin, P. (2003): Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science* 83 (1), pp. 53-62
- Bikker, J.P.; Van Laar, H.; Rump, P.; Doorenbos, J.; Van Meurs, K.; Griffioen, G.M.; Dijkstra, J. (2014): Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *Journal of Dairy Science* 97, pp. 2974-2979
- Borchers, M.; Chang, Y.; Tsai, I.; Wadsworth, B.; Bewley, J. (2016): A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science* 99, pp. 7458-7466
- Schirmann, K.; Von Keyserlingk, M.A.; Weary, D.M.; Veira, D.M.; Heuwieser, W. (2009): Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, pp. 6052-6055

Vergleich von LF- und UHF-RFID bei der Erkennung von Mastschweinen an einem Beschäftigungsgerät

Comparison of LF- and UHF-RFID for detection of growing-finishing pigs at a playing device

FELIX ADRIAN, ANITA KAPUN, FLORIAN ECKERT, EVA GALLMANN,
THOMAS JUNGBLUTH

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

Zusammenfassung

Bisher wurde noch kein direkter Vergleich von Niedrigfrequenz(LF)- und Ultrahochfrequenz(UHF)-RFID bei der Erfassung des Besuchsverhaltens von Schweinen an Orten ihrer Haltungsumwelt durchgeführt. In diesem Beitrag wird daher ein Vergleich dieser Technologien hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Erfassung sowie der Fähigkeit zur Simultanerfassung von Tieren bei der Überwachung eines Beschäftigungsgerätes für Mastschweine dargestellt. Die im Versuch aufgezeichneten Daten beider RFID-Systeme wurden zu Besuchereignissen aggregiert und mit Referenzdaten aus Videoaufzeichnungen verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine zuverlässigere Erfassung der Tiere mit dem LF-RFID-System möglich war und sogar zwei Tiere simultan erfasst werden konnten. Allerdings lag bei beiden Systemen ein hoher Anteil an falsch positiven Lesungen vor. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass je nach Art und Größe des zu überwachenden Ortes eine andere RFID-Technologie vorteilhaft sein kann, eine exakte Anpassung des Lesebereiches aber in jedem Fall entscheidend ist.

Summary

A direct comparison of low-frequency (LF) and ultra-high frequency RFID (UHF) for the monitoring of the visiting behavior of pigs at locations in their environment has not been conducted yet. Thus, in this contribution a comparison of these technologies with regard to reliability, precision and the ability for simultaneous detection of animals is conducted for monitoring of a playing device for fattening pigs. The RFID data recorded in the experiment were aggregated to visiting events and compared with reference data from video surveillance. The results show that a more reliable monitoring of the animals was possible with the LF-RFID system and that even two animals could be detected simultaneously. However, the share of false positive readings was high with both systems. The results underline that, depending on kind and size of the location monitored, a different RFID technology can be advantageous, but the precise adjustment of the reading area is decisive in any case.

1 Einleitung und Zielsetzung

Daten zum Beschäftigungsverhalten von Schweinen könnten eine mögliche Grundlage für die Krankheitsfrüherkennung und die Optimierung des Haltungsmanagements sein (Weary et al., 2009). Eine automatische Erfassung der Nutzung von verschiedenen Orten in der Haltungsumwelt und damit auch des Beschäftigungsangebotes von Tieren ist mit Radiofrequenz-Identifikationssystemen (RFID) möglich (Maselyne et al., 2016). Allerdings muss bei gleichzeitigem Besuch dieser Orte durch mehrere Tiere die Simultanerfassung der Transponder sichergestellt sein. Niedrigfrequenzsysteme (LF-RFID, 134,2 kHz) sind im Normalfall nur zur Erfassung von Einzeltieren einsetzbar, während Ultrahochfrequenzsysteme (UHF-RFID, 868 MHz) eine hohe Anzahl an Transpondern gleichzeitig erkennen können (Finkenzeller, 2012). Einzeln wurden beide Technologien bereits zur Aufzeichnung des Besuchsverhaltens von Mastschweinen genutzt (Brown-Brandl et al., 2013; Kapun et al., 2016). In diesem Versuch wurden beide RFID-Systeme hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Erfassung sowie der Fähigkeit zur Simultanerfassung von Transponderohrmarken miteinander verglichen.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist deshalb ein Vergleich und die Bewertung dieser beiden Systeme zur Erkennung von Mastschweinen an einem Beschäftigungsgerät, das von bis zu vier Tieren gleichzeitig genutzt werden kann.

2 Tiere, Material und Methoden

Der Versuch wurde über 12 Tage (05.02. bis 16.02.2015) in einer konventionellen Bucht für 25 Mastschweine durchgeführt. Die Bucht (3,30 x 7,80 m, 1/3 Vollspalten, 2/3 schlitzreduzierte Spalten) war mit einer Sensor-Kurztrog-Flüssigfütterung ausgestattet. Acht Fokustiere mit je ca. 100 kg Lebendgewicht wurden mit eigens im Forschungsprojekt entwickelten UHF-Transponderohrmarken im rechten Ohr (Caisley International GmbH, Bocholt) sowie handelsüblichen HDX LF-Transponderohrmarken (Typ HP, Allflex Europe SA, Vitré, Frankreich) im linken Ohr gekennzeichnet. Die UHF-Ohrmarken waren aufgrund von produktionstechnischen Restriktionen als Rinderohrmarken (80 x 57 mm) ausgeführt, die LF-Ohrmarken waren Knopf-Ohrmarken. Auch alle übrigen Tiere aus der Bucht waren mit LF-Ohrmarken ausgestattet. Diese Daten wurden jedoch nicht berücksichtigt. Die UHF-Ohrmarke eines Tieres funktionierte nicht zuverlässig, weshalb dieses Tier aus den Auswertungen ausgeschlossen wurde. An einem Beschäftigungsgerät mit Strohraufe und beweglichem Holzbalken (Stubbe, 2000; "Porky Play", Zimmermann Stalltechnik GmbH, Oberessendorf) wurden eine LF-RFID-Antenne (Sonderanfertigung APA204, 41 x 21 cm, Agrident GmbH, Barsinghausen) seitlich und eine UHF-RFID-Antenne (MIRA-100-circular-ETSI, Kathrein RFID, Stephanskirchen) oberhalb angebracht (Abb. 1). Die LF-Antenne war mit einem Lesegerät mit Multiplexer (ASR550, Agrident GmbH, Barsinghausen) verbunden, die UHF-Antenne mit einem im Projekt entwickelten UHF-Lesegerät mit Multiplexer (deister electronic GmbH und Agrident GmbH, Barsinghausen). Die für die Anwendung am besten geeignete Sendeleistung

der UHF-Antenne wurde im Versuch ermittelt (23,4 dBm) und war an den in diesem Beitrag dargestellten zwei Versuchstagen eingestellt. Die nominelle Sendeleistung der LF-Antenne war nicht veränderbar und lag bei ca. 43 dB μ A/m @ 10 m. Das LF-RFID-System arbeitete nach ISO Standard 11784 und 11785, das UHF-System folgte den Spezifikationen der EPC Class 1, Generation 2 nach ISO 18000-6C. Mit beiden Systemen waren 1 bis 2 Lesungen je Transponder und Sekunde möglich.

Das Beschäftigungsgerät hatte die Maße 60 x 50 x 100 cm (L x B x H). Zielbereich für die Erfassung der Tiere war ein Halbkreis mit einem Radius von 45 cm um den Mittelpunkt der UHF-Antenne, die mittig über der Trogschale angebracht war. Dieser Bereich schloss ein Stück Spaltenboden vor und seitlich des Gerätes ein, da die Tiere hier sehr oft in verschüttetem Stroh wühlten. Ein Tier wurde als „im Bereich“ definiert, wenn sich sein Kopf bis zu einer Linie hinter den Ohren komplett im Zielbereich befand. Für diesen Beitrag wurden zwei Versuchstage (09.02. und 11.02.2015) ausgewertet. An jedem Versuchstag wurden die RFID-Lesegeräte und eine Videokamera (LogiLink® WC0016, 2direct GmbH, Schalksmühle) zur Aufzeichnung der Referenzdaten von 11 bis 22 Uhr eingeschaltet. Die RFID-Daten wurden mit einer Versuchssoftware (Phenobyte GmbH & Co. KG, Ludwigsburg) aufgezeichnet und in einer MySQL-Datenbank gespeichert.



Abb. 1: UHF-Antenne (grün) und LF-Antenne (blau) am Beschäftigungsgerät „Porky Play“ (© Eckert)
 Fig. 1: UHF antenna (green) and LF-antenna (blue) at the playing device „Porky Play“ (© Eckert)

Die Aufenthaltsereignisse der Fokustiere wurden aus den Videodaten mithilfe der Software Interact 9 (Mangold International GmbH, Arnstorf) bestimmt. Aus den einzelnen Lesungen der Transponder wurden durch Anwendung eines maximalen Intervalls zwischen zwei Lesungen (Bout-Kriterium) Besuchereignisse generiert. Das Bout-Kriterium wurde nach der Methode von Brown-Brandl und Eigenberg (2015) bestimmt und wurde auf 50 s (LF) bzw. 60 s (UHF) festgelegt. Zusätzlich wurde zur Löschung einzelner Lesungen, die kein Besuchereignis darstellten, die minimale Dauer eines RFID-Ereignisses auf 1 s gesetzt. Sensitivität, Spezifität, Präzision und Genauigkeit der RFID-Systeme wurden auf sekundlicher Basis durch einen Abgleich der Videodaten mit den RFID-Daten in Anlehnung an die üblichen Definitionen berechnet (siehe auch Maselyne et al., 2016). Zusätzlich wurden mit der Software Origin Pro 2016G (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA) lineare Regressionen zwischen der Anzahl an RFID-Lesungen der Einzeltiere und der Dauer der Videoereignisse der Einzeltiere an beiden Versuchstagen erstellt und auf Signifikanz ($p < 0,05$) getestet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel beider Versuchstage konnte bei Betrachtung aller Besuchereignisse der sieben Fokustiere eine Sensitivität von 83,4 % für das LF-System und 61,9 % für das UHF-System bei ansonsten ähnlichen Werten für Spezifität, Genauigkeit und Präzision ermittelt werden (Tab. 1). Auch das Bestimmtheitsmaß (R^2) der linearen Regressionen zwischen der Anzahl an RFID-Erkennungen der Einzeltiere und der Dauer der Videoereignisse war mit 0,84 für das LF-System deutlich höher als für das UHF-System mit 0,61. Die grafische Darstellung der Ergebnisse spiegelt diese Zahlen wider (Abb. 2). Eine bessere Übereinstimmung der LF-RFID-Ereignisse mit den Videoereignissen ist erkennbar, allerdings fällt bei beiden Systemen auf, dass die RFID-Ereignisse häufig über die Videoereignisse hinausgingen. Gleichzeitig traten vor allem beim UHF-System auch größere Leselücken auf.

Tab. 1: Mittlere Sensitivität, Spezifität, Genauigkeit und Präzision (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung) der RFID-Besuchereignisse aller Fokustiere mit beiden Systemen (min. Dauer 1 s, Bout-Kriterium 50 s (LF), 60 s (UHF)) an beiden Versuchstagen auf sekundlicher Basis

Tab. 1: Average sensitivity, specificity, precision and accuracy (mean $\pm$ standard deviation) of the RFID visiting events of all focal animals with both systems (min. duration 1 s, bout criterion 50 s (LF), 60 s (UHF)) on both test days calculated on the basis of seconds

RFID-System	Sensitivität %	Spezifität %	Genauigkeit %	Präzision %
UHF	61,9 $\pm$ 19,0	99,2 $\pm$ 0,5	65,3 $\pm$ 19,1	98,0 $\pm$ 1,6
LF	83,4 $\pm$ 14,6	98,4 $\pm$ 0,9	57,0 $\pm$ 17,7	98,1 $\pm$ 1,1

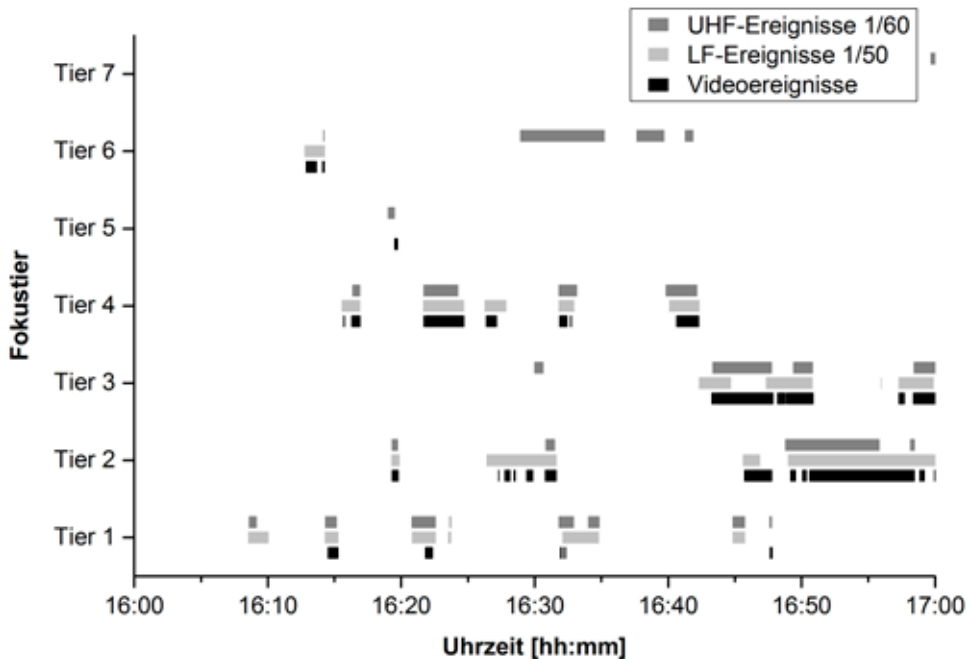


Abb. 2: Einstündiger Ausschnitt (09.02.2016) der Videoereignisse und RFID-Ereignisse der Fokustiere mit beiden Systemen (min. Dauer 1 s, Bout-Kriterium 50 s (LF), 60 s (UHF))

Fig. 2: One-hour excerpt (09.02.2015) of the video events and RFID events of the focal animals with both systems (min. duration 1 s, bout criterion 50 s (LF), 60 s (UHF))

Die Ergebnisse zeigen, dass mit dem LF-System eine zuverlässigere Erfassung der Tiere als mit dem UHF-System möglich war, allerdings mit einer ähnlich geringen Genauigkeit wie beim UHF-System, also einem hohen Anteil an falsch positiven Lesungen. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse nicht alleinig mit der verwendeten Technologie, sondern auch mit der Genauigkeit der Anpassung des Erfassungsbereiches an den Zielbereich und der verwendeten Hardware zusammenhängen. So wurden in weiteren Versuchen an einem Breifutterautomaten und einem frei hängenden Spielzeug für Mastschweine deutlich bessere Ergebnisse mit einem optimierten UHF-System erzielt (Kapun et al., 2016).

Es konnte festgestellt werden, dass das LF-System entgegen den Erwartungen die Transponder auch dann zuverlässig erfasste, wenn zwei Tiere gleichzeitig im Lesebereich waren (Abb. 2). Trotz unvermeidbarer Signalkollisionen der Transponder konnten folglich beide jeweils so häufig erfasst werden, dass gleichzeitige RFID-Ereignisse gebildet werden konnten. Das bedeutet, dass mit LF-RFID nicht nur ausschließlich Einzeltier-erfassungen realisiert werden können.

Des Weiteren verdeutlichen Leselücken des UHF-Systems bei einer gleichzeitig hohen Anzahl an falsch positiven Lesungen die Empfindlichkeit von UHF-Transpondermarken gegenüber dem Einfluss von Ohrgewebe, das sowohl einen stärkenden als auch einen schwächenden Effekt haben kann (Adrion et al., 2015).

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Versuchsergebnisse verdeutlichen, dass die Überwachung des Besuchsverhaltens von Schweinen an Orten ihrer Haltungsumwelt mit RFID-Systemen unabhängig vom genutzten Frequenzbereich eine exakte Einstellung des Lesebereiches erfordert. Mit LF-RFID scheint die simultane Erfassung einer geringen Zahl an Transpondern möglich, jedoch könnte UHF-RFID bei größeren Überwachungsbereichen Vorteile bieten.

Literatur

- Adrion, F.; Hammer, N.; Loeb, P.; Gallmann, E. (2015): Messung des Einflusses von Schweineohren und Gewebeimitaten auf Erkennungsfeld und Signalstärke von UHF-RFID Ohrmarken. In: 12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2015 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. 8.-10. September, Freising; Hg. KTBL, Darmstadt, S. 98-103
- Brown-Brandl, T.M.; Eigenberg, R.A. (2015): Determination of minimum meal interval and analysis of feeding behavior in shaded and open-lot feedlot heifers. *Transactions of the ASABE* 58 (6), S. 1833-1839, <http://dx.doi.org/10.13031/trans.58.10968>
- Brown-Brandl, T.M.; Rohrer, G.A.; Eigenberg, R.A. (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, S. 246-252, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2013.06.002>
- Finkenzeller, K. (2012): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. München, Carl Hanser Verlag, 6. Aufl.
- Kapun, A.; Adrion, F.; Schmid, L.A.; Staiger, M.; Holland, E.M.; Gallmann, E.; Jungbluth, T. (2016): Test of a UHF-RFID system for health monitoring of finishing pigs. In: International Conference on Agricultural Engineering, CIGR-AgEng 2016, 26.-29. Juni, Aarhus, Denmark
- Maselyne, J.; Saeys, W.; Briene, P.; Mertens, K.; Vangeyte, J.; De Ketelaere, B.; Hessel, E.F.; Sonck, B.; van Nuffel, A. (2016): Methods to construct feeding visits from RFID registrations of growing-finishing pigs at the feed trough. *Computers and Electronics in Agriculture* 128, S. 9-19, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2016.08.010>
- Stubbe, A. (2000): Entwicklung und Beurteilung einer Beschäftigungstechnik für Mast-schweine in intensiven Haltungssystemen. Dissertation, Universität Hohenheim
- Weary, D.M.; Huzzey, J.M.; von Keyserlingk, M.A.G. (2009): Board-invited review: Using behavior to predict and identify ill health in animals. *Journal of Animal Science* 87 (2), S. 770-777, <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-1297>

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.

Untersuchungen zur automatischen Brunsterkennung bei Jungsauen

Investigations on automatic detection of heat in gilts

STEFFEN HOY¹, JAN HARTH², WILFRIED BREDE³, BIRGIT HINRICHS⁴, CARMEN WEIRICH¹

¹ Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Universität Gießen, Leihgesterner Weg 52, 35392 Gießen; Steffen.Hoy@agrar.uni-giessen.de

² Harth GbR – Landwirtschaft, Grubenstraße 1, 66909 Steinbach am Glan

³ STA Alsfeld, An der Hessenhalle 1, 36304 Alsfeld

⁴ Big Dutchman Pig International GmbH, Auf der Lage 2, 49377 Vechta

Zusammenfassung

Bei 311 Jungsauen (JS), die in einem Betrieb an einer elektronischen Abrufstation gefüttert wurden, wurde die Brunst automatisch durch einen Brunstdetektor und/oder visuell durch den Betriebsleiter bestimmt. Bei der automatischen Detektion musste eine bestimmte Mindestanzahl an Besuchen und/oder eine Mindestaufenthaltsdauer der (brünstigen) JS am „Guckloch“ mit Antenne zu einer Eberbucht erreicht werden, um das betreffende Tier als brünstig einzustufen. Die Sensitivität der Methode betrug 35,6 % und die Spezifität 93,2 %. An Tagen mit Brunst betrug im Mittel die Anzahl der Besuche am Brunstdetektor 11,3 bis 11,9 und die gesamte Aufenthaltsdauer etwa 1.000 Sekunden pro Tier und Tag. Das mittlere Alter bei Brunsterkennung lag zwischen 201,1 und 206,9 Lebenstagen. Die Abferkelrate war bei den wahrscheinlich nicht geschlechtsreifen Jungsauen mit 89,7 % niedriger als bei den geschlechtsreifen Tieren (94 %, $p > 0,05$).

Summary

Estrus was automatically detected by a heat detector and/or visually by the herd manager in 311 gilts fed in one farm at an electronic feeding station. In the case of automatic detection, a certain minimum number of visits and/or a minimum duration of stay of the (estrous) gilts at the “peephole” with antenna to a boar pen had to be achieved in order to classify the animal as estrous. Sensitivity of method was 35.6 % and specificity 93.2 %. The mean number of visits at heat detector on day of estrus was 11.3 to 11.9 and the total duration of stay around 1,000 seconds per day and gilt. The mean age at heat detection was between 201.1 and 206.9 days. In tendency, the farrowing rate of the probably immature gilts (89.7 %) was lower than in mature pen-mates (94 %, $p > 0.05$).

1 Einleitung

Das Alter bei Eintritt der Geschlechtsreife ist starken Schwankungen unterworfen und kann zwischen ca. 170 und über 240 Lebenstagen (LT) liegen (Kim et al. 2005, Van Wettere et al. 2006, Wähner 2006, Hoy et al. 2010). Der Aufwand zur Feststellung der Pubertätsbrunst ist hoch und erfordert die tägliche Kontrolle mit einem sexuell aktiven Eber. Das erklärt, warum in der Praxis keine genauen Informationen darüber vorliegen, wie viele Jungsauen der Herde tatsächlich geschlechtsreif sind. Bei der Zuchtnutzung (mit ca. 250 bis 260 Tagen) sollten die Jungsauen aber möglichst bereits zwei Zyklen durchlaufen haben, da Jungsauen mit Belegung im zweiten oder dritten Zyklus eine höhere Wurfgröße (bis 0,8 Ferkel mehr je Wurf) erzielen. Vor diesem Hintergrund entstand die Frage, ob die Brunst bei Jungsauen automatisch festzustellen ist, um diese Angaben beim Fortpflanzungsmanagement zu berücksichtigen.

2 Material, Methoden und Datenerfassung

Die Untersuchungen fanden in einem Ferkelerzeugerbetrieb mit eigener Remontierung statt. Die Jungsauen (Hypor-Linie D) werden im Betrieb mit etwa 180 Lebenstagen auf Eigenleistung geprüft und danach in Gruppen zu 35 bis 40 Tieren an einer Abrufstation aufgestellt. Mit einem Alter von etwa 235 Lebenstagen beginnt die Brunstsynchronisation mit Hilfe eines Altrenogest-Präparates. Von den Jungsauen wurden das Alter bei Brunstmeldung (s.u.), das Alter bei erster Belegung (EBA) und Abferkelung (EFA) sowie die Wurfgröße im ersten Wurf (gesamt und lebend geborene Ferkel) aus dem Sauenplaner des Betriebes erfasst. Aus den Daten konnten die Abferkelrate und der Ferkelindex für Gruppen von Jungsauen berechnet werden. Die Voraussetzungen für die automatische Brunstkontrolle sind zum einen die Ohrmarke mit Transponder, die alle Jungsauen erhalten, um sie an der elektronischen Abrufstation zu erkennen. Zum anderen befindet sich neben der Gruppenbucht für die Jungsauen eine Eberbucht mit „Guckloch“, an dem die Jungsauen erkannt werden, wenn sie sich dort aufhalten. Der Brunstdetektor stellt somit eine Antenne am „Guckloch“ und eine spezielle Software dar. Die Aufenthaltsdauer pro Besuch beim Eber muss eine bestimmte, einstellbare Zeitdauer überschreiten, dann wird die Jungsau als (wahrscheinlich) brünstig erkannt. Steigen die Anzahl der Besuche und/oder die Gesamtbesuchsdauer pro Tag über festgelegte Grenzwerte (zum Zeitpunkt der Untersuchungen: > 5 Besuche und/oder > 600 sec/Tag), erfolgt die Meldung über das Programm, dass das betreffende Tier (wahrscheinlich) brünstig ist.

An jedem (Werk-)Tag wurden vom Institut aus mittels TeamViewer® die Brunstmeldungen auf dem Computer des Betriebes kontrolliert und die vom System automatisch erkannten Jungsauen aufgelistet. Danach erfolgte die Information des Betriebsleiters über die von der Software detektierten Tiere. Der Betriebsleiter führte daraufhin täglich die Kontrolle der auffälligen Jungsauen durch. Unabhängig davon erfolgte zweimal pro Tag die Brunstkontrolle durch den Betriebsleiter und die Information bei positivem Befund an das Institut. Somit konnten wechselseitig die vom Rauschedetektor und/oder

vom Betriebsleiter als brünstig erkannten Jungsauen miteinander bezüglich der Übereinstimmung der Befunde verglichen werden. Es wurden vier Kategorien an Jungsauen gebildet:

- weder Brunsterkennung durch Rauschedetektor noch durch Betriebsleiter,
- Brunsterkennung ausschließlich durch Betriebsleiter,
- Brunsterkennung ausschließlich durch Rauschedetektor,
- Brunstfeststellung sowohl durch Betriebsleiter als auch durch Rauschedetektor.

Auf der Basis der beschriebenen Befunderhebung konnten die Sensitivität und die Spezifität des Verfahrens der automatischen Brunsterkennung berechnet werden. Die statistische Bearbeitung erfolgte mit der univariaten Varianzanalyse mit paarweisem Mittelwertvergleich (Vergleich der geschlechtsreifen und wahrscheinlich nicht geschlechtsreifen Jungsauen bezüglich der Leistungsparameter) und Häufigkeitsvergleichen (Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest in Kontingenztafeln) mit dem Statistikprogramm SPSS 23.

3 Ergebnisse

Von insgesamt 311 Jungsauen lag der Befund (als brünstig erkannt oder nicht erkannt) sowohl durch die Brunsterkennung des Verfahrens (Rauschedetektor) als auch durch den Betriebsleiter vor. Bei den weder vom Betriebsleiter noch vom System als brünstig erkannten Jungsauen wurde der Tag mit der höchsten Zahl an Besuchen bzw. mit der längsten Besuchsdauer erfasst und mit dem Befund „nicht brünstig“ versehen. Demzufolge gab es auch einen Wert für Jungsauen, die (wahrscheinlich) tatsächlich nicht brünstig waren. Insgesamt 53 Jungsauen (= 35,6 %) wurden richtig als brünstig erkannt (= Sensitivität). Die nicht brünstigen Jungsauen (n = 151) wurden in 93,2 % aller Fälle in diese Kategorie (Spezifität) eingestuft (Tab. 1). Damit ist festzustellen, dass bei weitem nicht alle brünstigen Jungsauen tatsächlich durch das System erkannt werden konnten.

Tab. 1: Sensitivität und Spezifität für die Methode der automatischen Brunsterkennung (Prozentsätze in Klammern)

Tab. 1: Sensitivity and specificity concerning the method of automatic heat detection (percentages in brackets)

p < 0,01	Sau nicht brünstig (Betriebsleiter)	Sau brünstig (Betriebsleiter)	Summe
Sau nicht brünstig erkannt (Rauschedetektor)	151 (93,2 %)	96	247
Sau brünstig erkannt (Rauschedetektor)	11	53 (35,6 %)	64
Summe	162	149	311

An Tagen mit Brunstfeststellung über den Detektor bzw. Detektor plus Betriebsleiter war die Zahl der Besuche mit 11,3 bzw. 11,9 etwa 3- bis 10-mal so hoch wie an Tagen bzw. bei Jungsauen ohne Brunsterkennung (Tab. 2). Auch war die Dauer des Aufenthaltes am Detektor an diesen Tagen 5- bis 12-mal so lang. An Tagen mit Brunstdetektion betrug die Aufenthaltsdauer 997 bzw. 1.004 Sekunden – ohne Unterschied zwischen der Detektion ausschließlich durch die automatische Erkennung oder durch Betriebsleiter und Brunstdetektor. Dabei ist zu beachten, dass das Prinzip des Rauschedetektors gerade darin besteht, gehäufte und längere Aufenthalte automatisch zu erkennen.

Tab. 2: Anzahl und Dauer der Besuche am Rauschedetektor (je Tag) in Zuordnung zur Brunstfeststellung (Unterschiede in Anzahl und Dauer signifikant)

Tab. 2: Number and duration of visits at estrus detector (per day) in relationship to heat detection (differences in number and duration $p < 0.05$)

Brunstfeststellung	Anzahl Jungsauen	Anzahl/Tag $\bar{x} \pm s$	Dauer/Tag (sec) $\bar{x} \pm s$
Keine Feststellung	151	$3,35 \pm 2,3$	192 ± 147
Betriebsleiter	96	$1,18 \pm 2,2$	78 ± 157
Rauschedetektor	11	$11,27 \pm 5,7$	997 ± 554
Betriebsleiter und Rauschedetektor	53	$11,87 \pm 6,9$	1.004 ± 496

Unabhängig von der Methode der Brunstfeststellung (automatisch durch den Brunstdetektor, visuell durch den Betriebsleiter oder durch beide) hatten die Jungsauen etwa das gleiche Alter bei der Brunst. Zum Zeitpunkt der nachgewiesenen Brunst betrug das Alter bei den Sauen der drei Kategorien zwischen 201,1 und 206,9 Tage (Abb. 1).

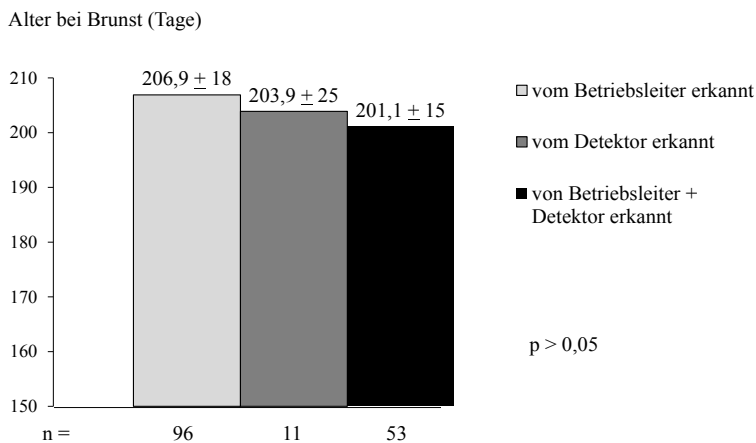


Abb. 1: Alter der Tiere bei der (ersten) Brunst in Zuordnung zur Brunstfeststellung (Mittelwerte + Standardabweichungen)

Fig. 1: Age of gilts at (first) estrus in relationship to heat detection (means + standard deviations)

Für die weitere Auswertung wurden die Jungsauen, die durch Betriebsleiter, Rauschedetektor oder beide als brünstig erkannt worden waren, in der Kategorie „geschlechtsreif“ zusammengefasst. Demzufolge wurden alle anderen Jungsauen als „nicht geschlechtsreif“ eingestuft. Bei Erstbesamungs- und Erstferkelalter gab es keine Unterschiede zwischen geschlechtsreifen und nicht geschlechtsreifen Tieren (257,8 bzw. 257,6; 371,3 bzw. 370,9 Tage).

Von 126 bzw. 134 Jungsauen lagen die Daten zur Abferkelrate und bei 113 bzw. 126 Tieren die Angaben zur Wurfgröße gesamt und lebend geborener Ferkel vor. Alle Unterschiede zwischen geschlechtsreifen und wahrscheinlich nicht geschlechtsreifen Tieren waren nicht statistisch zu sichern. Die Abferkelrate war bei den offensichtlich nicht geschlechtsreifen Jungsauen (bei Beginn der Brunstsynchronisation – BS) mit 89,7 % niedriger als bei den geschlechtsreif synchronisierten Vergleichstieren (94 %, $p > 0,05$). Tendenziell erzielten geschlechtsreif zur BS aufgestallte Jungsauen eine um 0,2 gesamt und 0,3 lebend geborene Ferkel höhere Wurfgröße (Tab. 3).

Tab. 3: Leistungsdaten bei geschlechtsreifen und wahrscheinlich nicht geschlechtsreifen Jungsauen zu Beginn der Brunstsynchronisation

Tab. 3: Performance of mature and obviously immature gilts at the beginning of estrus synchronization

Parameter	Anzahl JS geschlechtsreif/ nicht geschlechtsreif	Mittelwert geschlechtsreif	Mittelwert nicht geschlechtsreif
Erstbesamungsalter (d)	134/126	257,8	257,6
Erstferkelalter (d)	126/113	371,3	370,9
Wurfgröße gesamt geb. Ferkel	126/113	14,1	13,9
Wurfgröße lebend geb. Ferkel	126/113	13,2	12,9

Aus der Abferkelrate und der Wurfgröße konnte der Ferkelindex berechnet werden:

- nicht geschlechtsreife Tiere: $89,7 \% \times 12,9 = 1.157$ lebend geborene Ferkel je 100 besamte Sauen,
- geschlechtsreife Tiere: $94,0 \% \times 13,2 = 1.241$ lebend geborene Ferkel je 100 besamte Sauen.

Die geschlechtsreifen Jungsauen schafften demnach 84 lebend geborene Ferkel je 100 besamte Sauen mehr als die nicht geschlechtsreifen Stallgefährtninnen.

4 Schlussfolgerungen

Die automatische Brunsterkennung ist ein innovatives Verfahren, um einen Überblick über den Pubertätsstatus der Jungsauenherde des jeweiligen Betriebes zu erhalten. Die Erkennungsrate, die momentan bei etwa 35 % liegt, ist verbesserungswürdig. Verbesserungsmöglichkeiten bei der Sensitivität sehen wir durch den Eberwechsel. Es konnte nämlich empirisch festgestellt werden, dass nach dem Austausch eines Ebers Zahl und Dauer der Besuche am Rauschedetektor deutlich zugenommen hatten. Der Eber sollte demzufolge sexuell aktiv mit guter Stimulationswirkung sein. Alte Eber bei Jungsauen einzusetzen, ist demgegenüber eher kontraproduktiv.

Die Methode der automatischen Brunstdetektion setzt mit elektronischen Ohrmarken versehene Jungsauen voraus, die üblicherweise in großen Gruppen an einer elektronischen Abrufstation gefüttert werden. Gegenwärtig existiert kein Verfahren, um auch in Kleingruppen gehaltene Jungsauen auf den Brunsteintritt hin automatisch zu überwachen. Voraussetzung dafür ist eine Eberbucht neben oder zwischen den Jungsauenbuchten in Verbindung mit einem Guckloch und Antenne, um Besuche der (brünstigen) Jungsauen beim Eber zu registrieren. Wenngleich die Trefferquote (Anteil als brünstig erkannte Jungsauen) nicht sehr hoch ist, kann doch in Verbindung mit einer visuell-manuellen Duldungskontrolle eine Einschätzung zum Eintritt der Geschlechtsreife und zum Pubertätsstatus in der betreffenden Herde gegeben werden.

Literatur

- Hoy, St.; Wähner, M.; Kleine Klausing, H.; Petzold, M.; Hellwig, E.-G. (2010): Handbuch Jungsauen. 1. Aufl., Agrar- und Veterinärakademie
- Kim, J.S.; Jin, D.I.; Lee, J.H.; Son, D.S.; Yi, Y.J.; Park, C.S. (2005): Effects of teat number on litter size in gilts. *Anim. Reprod. Sci.* 90 (1-2), 111–116
- Van Wettere, W.H.E.J.; Revell, D.K.; Mitchell, M.; Hughes, P.E. (2006): Increasing the age of gilts at first boar contact improves the timing and synchrony of the pubertal response but does not affect potential litter size. *Anim. Reprod. Sci.* 95 (1-2), 97–106
- Wähner, M. (2006): Fortpflanzung und Biotechnik. In: Brade, W.; Flachowsky, G. (Hrsg.): Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung. Empfehlungen für die Praxis. Sonderheft 296, *Landbauforschung Völkenrode*, 65–93

Impacts of genetic line, gender and season on feeding behavior of grow-finish swine

Einfluss von Genetik, Geschlecht und Jahreszeit auf das Fressverhalten von Mastschweinen

AMANDA J. CROSS¹, TAMI M. BROWN-BRANDL², GARY A. ROHRER²

¹ South Dakota State University, Department of Animal Science, Brookings, South Dakota, USA 57007

² USDA-ARS U.S. Meat Animal Research Center, Clay Center, NE USA 68818;
Tami.BrownBrandl@ARS.USDA.GOV

Summary

Feeding behavior contains important information that can enable producers to better manage livestock. A study was conducted to quantify these impacts. Data were collected on barrows and gilts ($n = 931$) from three different genetic lines (Landrace x Yorkshire mater line with three different sire breeds Landrace, Yorkshire and Duroc) over 4 grow-out periods (2 summer and 2 winter). Pigs were placed randomly in one of six pens in grow-finish barn. Individual animal feeding behavior was recorded with a radio-frequency identification system (RFID). Season, sire line, pen and sex all significantly impacted time spent eating. Pigs spent significantly ($P < 0.01$) less time at the feeder during the winter compared to summer. Landrace sired pigs spent significantly less time at the feeder than either Duroc or Yorkshire sired pigs. These results demonstrate the need to evaluate feeder space allowances for different breeds.

Zusammenfassung

Das Fressverhalten liefert wichtige Informationen, die den Produzenten eine Verbesserung des Managements ihrer Tiere ermöglichen können. Es wurde eine Studie durchgeführt, um diese Einflüsse zu quantifizieren. Hierzu wurden Daten von Börgen und Sauen ($n = 931$) aus drei verschiedenen Zuchtlinien (Landrasse x Yorkshire als Mutterlinie mit drei verschiedenen Vaterlinien, Landrasse, Yorkshire und Duroc) über vier Mastdurchgänge (zwei im Sommer, zwei im Winter) erhoben. Die Schweine wurden randomisiert in einen Maststall mit sechs Buchten eingestallt. Das tierindividuelle Fressverhalten wurde mithilfe eines Radiofrequenz-Identifikationssystems (RFID) aufgezeichnet. Jahreszeit, Vaterlinie, Bucht und Geschlecht hatten einen signifikanten Einfluss auf die Fressdauer. Die Schweine verbrachten während des Winters signifikant ($P < 0,01$) weniger Zeit am Trog als im Sommer. Die Schweine der Zuchtlinie Landrasse verbrachten signifikant weniger Zeit am Trog als Schweine der Linien Duroc und Yorkshire. Diese Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit, den Bedarf an Fressplätzen bei unterschiedlichen Zuchtlinien zu evaluieren.

1 Introduction

Several factors influence feeding behavior in grow-finish pigs including age, sex, breed, feeder type, and season (Brown-Brandl et al., 2013; Hyun and Ellis, 2002; Nienaber und Hahn, 2000; Fuller et al., 1995). The majority of feeding behavior studies have been conducted using feed intake information measured from systems that only allow one pig to eat at a time. However, this is not a true representation of commercial grow-finish operations where pigs eat from group feeders. Feeding behavior contains information that can enable producers to better manage grow-finish pigs. Therefore, the objective of this study was to determine the effect of sex, sire breed, time of placement and season on the feeding behavior of grow-finish pigs in a commercial setting.

2 Materials and Methods

All measurements recorded were approved by the U.S. Meat Animal Research Center's Animal Care Guidelines and conformed to the Guide for Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching (FASS, 2010). Data were collected from 4 groups of grow-finish gilts and barrows between May 2014 and May 2016. All pigs were produced from a Landrace-Yorkshire composite sow using 3 different sire lines: Duroc, Landrace and Yorkshire. At eight weeks of age, pigs were placed in a grow-finish barn in groups of 234 equally distributed in six pens. Each pen had similar representation of breed type and sex. Pigs had access to sprinkle cooling and mixing fans, but the building was not equipped with evaporative cooling pads. Pigs were tagged with electronic identification tags upon entry. Feeder visit activity was monitored over the 4-month grow-out period.

An electronic feeding system was used to monitor feeder visit activity (Brown-Brandl and Eigenberg, 2011). Pens were fitted with feeders that had 5 feeder holes, which allowed more than one pig to eat at any given time. Each feeder was fitted with series of antennas for each feed slot ($n = 5$). The antennas were read with a single RFID reader and a series of multiplexers. The system was designed to capture data from each antenna every 20 seconds when electronic identification tags were present. Data were summarized by total time spent eating each day for each individual animal.

Data were separated into season (summer or winter). Feeder visit activity information collected from May to September was considered summer. Winter was considered feeder visit activity collected from October to April. Feeder visit activity was analyzed using a general linear model in R (R Core Team, 2013). Pen location within the building, sex, sire breed, and season, along with the interactions between sex, sire breed, and season were included as fixed effects. Days on feed was included as a covariate.

3 Results and Discussion

Nine hundred and thirty one pigs completed the grow-out phase. Of those pigs, 308 were Duroc sired, 312 were Landrace sired, 311 were Yorkshire sired, 459 were barrows and 472 were gilts. Average daily outside temperature in the summer season was 26.54 °C, with a range between 7.73 °C and 36.90 °C. During the winter season average daily outside temperature was 10.43 °C, with a range between -14.63 °C and 34.81 °C.

A significant ($P < 0.0001$) breed and season effect on feeder visit activity was observed. Duroc and Yorkshire sired pigs visited the feeder more often than Landrace sired pigs in both seasons (Tab. 1). In the winter season, pigs from all sire breeds visited the feeder more than during the summer. During both the summer and winter season, Yorkshire sired pigs visited the feeder more frequently than both Duroc and Landrace sired pigs. Landrace sired pigs had the lowest feeder visit activity of the three sire breeds, however, they had increased activity during the summer season compared to the winter season.

Tab. 1: Feeder visits in minutes for each sire breed by season

Tab. 1: *Trogbesuche in Minuten für jede Zuchtlinie unterteilt nach Jahreszeit*

Breed	Season	Feeder visits [min]
Duroc	Summer	57.15 ± 0.204
	Winter	52.13 ± 0.181
Landrace	Summer	44.11 ± 0.174
	Winter	41.10 ± 0.185
Yorkshire	Summer	58.97 ± 0.198
	Winter	57.50 ± 0.197

During the summer season, there was no difference between the Yorkshire and Duroc sired pig's feeder visit activity during the first half of the grow-finish phase (Fig. 1a). However, during the second half of the grow-finish phase Yorkshires sired pigs plateaued, while Duroc sired pigs decreased feeder visit activity. Landrace sired pigs, on average, increased feeder visit activity throughout the entire grow-finish phase. During the winter season, all three sire breeds followed a similar trend of increased feeder visit activity early during the grow-finish phase (Fig. 1b). However, the Duroc and Yorkshire sired pigs reach a peak in feeder visit activity earlier than the summer season followed by decreased activity. Unlike the Duroc and Yorkshire sired pigs, Landrace sired pigs continue to increase feeder visit activity throughout the entire grow-finish period, similar to the summer season.

In both summer and winter seasons, an increase in feeder visit activity was observed later in the grow-finish phase. Several studies have reported no change in time spent at the feeder, however rate of feed intake was increased as age increased (Labroue et al., 1994; Quiniou et al., 2000). In contrast, Brown-Brandl et al. (2013) reported time spent eating increased as age increased.

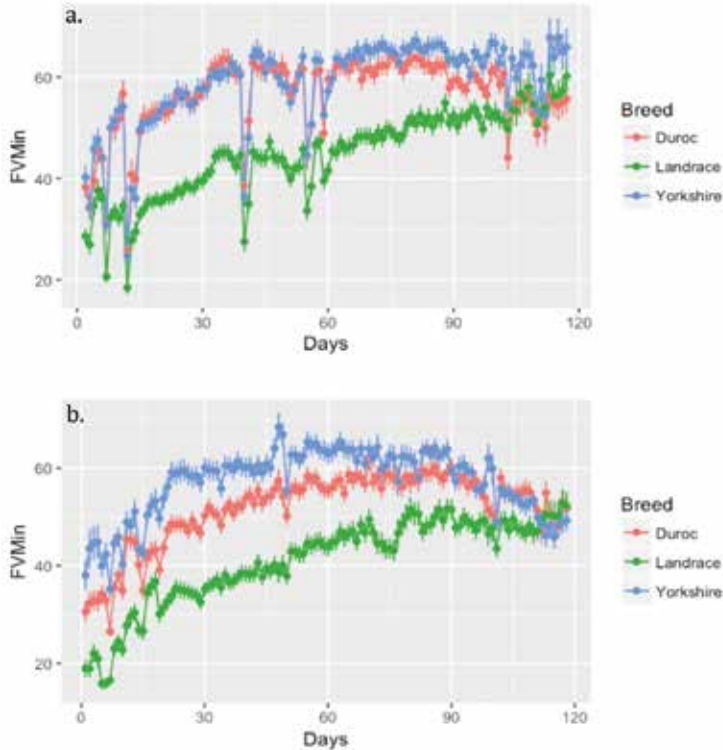


Fig. 1: Feeder visit activity based on days of placement in grow-finish barn for each sire breed during the summer (a) and winter (b) season

Abb. 1: Trogbesuchsaktivität in Abhängigkeit der Dauer des Aufenthaltes im Maststall für jede Zuchtlinie während der Sommer- (a) und Wintersaison (b)

A significant ($P < 0.0001$) sex and season effect was observed for feeder visit activity. Barrows had higher feeder visit activity than gilts during both the winter and summer seasons (summer: barrows 57.19 ± 0.178 – gilts 49.87 ± 0.145 ; winter: barrows 52.97 ± 0.163 – gilts 47.54 ± 0.154). This difference between gilts and barrows could be due to normal feeding behavior or feeder competition between gilts and barrows. Brown-Brandl et al. (2013) reported barrows spent more time at the feeder than gilts. However, Hyun and Ellis (1997) reported no difference in feeder time spent at the feeder between barrows and gilts. During the summer season gilts and barrows had increased feeder visit activity compared to the winter season.

During both summer and winter seasons, barrows and gilts follow similar feeding behavior (Fig. 2). In the summer season, barrows and gilts are very similar in feeder visit activity until around day 30, at which point the barrows increased feeder visit activity while gilts plateaued throughout the remainder of the grow-finish phase. During the winter season, barrows and gilts were similar in feeder visit activity until a later point (day 50) during the grow-finish phase. After day 50 in the grow-finish phase, barrows

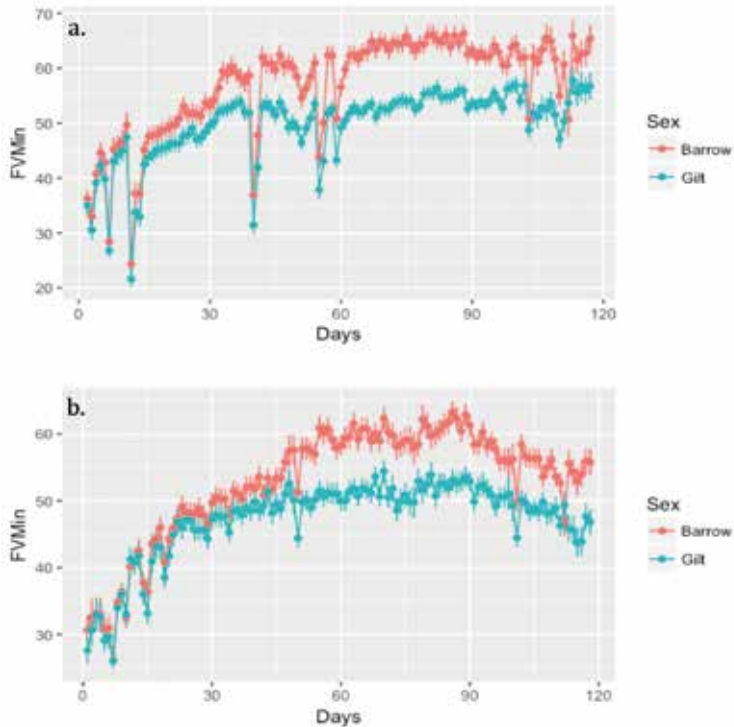


Fig. 2: Feeder visit activity based on days of placement in grow-finish barn for barrows and gilts during the summer (a) and winter (b) season

Abb. 2: Trogbesuchsaktivität in Abhängigkeit der Dauer des Aufenthaltes im Maststall für Börgen und Sauen während der Sommer- (a) und Wintersaison (b)

continue to increased feeder visit activity, while gilts plateaued. Unlike in the summer, feeder visit activity in both barrows and gilts slightly decreased toward the end of the grow-finish phase during the winter season.

Pen location within the building and pen location by season interaction significantly impact the feeding behavior of the pigs. Pigs that were located in the pens closest to the inlets were negatively impacted both during the summer and the winter.

4 Conclusion

Yorkshire and Duroc sired pigs had increased feeder visit activity throughout the grow-finish phase compared to that of Landrace sired pigs in both summer and winter seasons. During the summer, all sire breed pigs had increased feeder visit activity compared to the winter. Barrows and gilts had very similar feeding behavior in both summer and winter seasons, but barrows had increased feeder visit activity compared to that of gilts. Overall, there was a breed-season as well as a sex-season effect on feeder

visit activity. Producers can use this information to better manage grow-finish pigs in different seasons of production as well as pigs of different sire breeds and sexes.

References

- Brown-Brandl, T.M.; R.A. Eigenberg (2011): Development of a livestock feeding behavior monitoring system. *Trans ASABE* 54, pp. 1913-1920
- Brown-Brandl, T.M.; G.A. Rohrer; R.A. Eigenberg (2013): Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, pp. 246-252
- FASS (2010): Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching. Third edition Federation of Animal Science Societies, Champaign, IL
- Fuller, M.F.; Franklin, M.F.; McWilliam, R.; Pennie, K. (1995): The responses of growing pigs, of different sex and genotype, to dietary energy and protein. *Anim. Sci.* 60, p. 291
- Hyun, Y.; Ellis, M. (2002): Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80, pp. 568-574
- Labroue, F., R. Guéblez; P. Sellier; M.C. Meunier-Slaün (1994): Feeding behavior of group-housed Large-White and Landrace pigs in French central test stations. *Livest. Prod. Sci.* 40, pp. 303-312
- Nienaber, J.A.; G.L. Hahn (2000): Feeding behavior and energetics of growing -finishing swine as influenced by environmental temperature. *American Society of Agricultural and Biological Engineering. Meeting Paper No. 87-4512*, St. Joseph, MI
- Quiniou N.; Dubois, S.; J. Noblet (2000): Voluntary feed intake and feeding behavior of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. *Livest. Prod. Sci.* 63, pp. 245-253
- R Core Team (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.R-project.org/>

Automatische Fütterung – Praxiserhebungen zu Wartungen und Reparaturen

Automatic Feeding – Practice surveys on maintenance and repairs

CLAUDIA LEICHER, ANNA STÜLPNER, BERNHARD HAIDN

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung; Rinderhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub; Claudia.Leicher@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Auf 28 bayerischen Praxisbetrieben, die ihre Rinder mit automatischen Fütterungssystemen (AFS) füttern, wurden anhand eines umfassenden Fragebogens Daten zu diversen Parametern (z.B. Situation vor Umstellung auf AFS, Zufriedenheit mit AFS, Arbeitszeitaufwand für Wartung und Reparatur) erhoben und ausgewertet. Um eine gute Vergleichbarkeit der gewählten Anlagen zu erhalten, wurden in der vorliegenden Studie nur die 21 Betriebe verglichen, die eine Automatisierung der Stufe zwei haben (Zwischenlagerung von Rationsbestandteilen in Vorratsbehältern oder in einem Bereich, aus dem sie automatisch entnommen werden können, und die vollständige Ration gemischt und verteilen werden kann).

Die Erfahrungen mit AFS sind sehr positiv und die Betriebsleiter möchten die Automatisierung nicht mehr missen. Wartungs- und Reparaturintensität wie auch die Kosten dafür schwankten stark und waren mehr von der Betriebsausrichtung und der Qualität des Managements als von den AFS auf den Betrieben abhängig.

Summary

At 28 Bavarian farms, which fed their cattle with automatic feeding systems (AFS), data on various parameters were collected and evaluated using a comprehensive questionnaire. To get a good comparison of selected AFS, only those 21 were included in the present study, which have a level two automation (interim storage of silages in feed bunkers or an area from which it can be removed automatically and the complete ration can be mixed and distributed).

The experiences with AFS are mostly positive and the farm managers do not want to miss the automation any more. Maintenance and repair intensity as well as the cost of maintenance and repair fluctuated widely and were rather dependent on the farms focusing and the quality of management on the farms than on the type of AFS.

1 Zielstellung

Nach einer eigenen aktuellen Umfrage bei Herstellern wird in Bayern mittlerweile auf knapp 150 rinderhaltenden Betrieben mit automatischen Fütterungssystemen gefüttert (Haidn und Leicher, 2017). Die Zahl der installierten AFS ist in den letzten 5 Jahren stark von 32 im Jahr 2011 auf 146 im Januar 2017 gestiegen. Es ist zu erwarten, dass dieser Trend auch in den nächsten Jahren anhalten wird. Da die Systeme von den meisten Herstellern erst in den letzten Jahren entwickelt bzw. weiterentwickelt wurden, stehen nur wenige aktuelle und belastbare Informationen über Reparaturanfälligkeit und Wartungsintervalle, wie auch zu den Kosten zur Verfügung.

Ziel der Studie war es deshalb, Kennzahlen zur Reparaturanfälligkeit und Wartungsintervallen, zum Arbeitszeitaufwand und den Kosten für Wartung und Reinigung sowie zu den Erfahrungen der Landwirte mit den AFS zu erheben.

2 Methode

Die Datenerfassung erfolgte bei Betriebsbesuchen mithilfe eines ausführlichen Fragebogens. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse repräsentieren ausschließlich Aussagen von Landwirten und sind somit vorerst nicht statistisch abgesichert.

Bisher liegen Ergebnisse von 28 Betrieben vor. Der Großteil der befragten Betriebe (21) füttert mit Automatisierungsstufe II (Zwischenlagerung von Rationsbestandteilen in Vorratsbehältern oder in einem Bereich, aus dem sie automatisch entnommen werden können, und die vollständige Ration gemischt und verteilen werden kann). Mit Automatisierungsstufe I (mehrmalige automatische Futtervorlage einer gemischten Ration) füttern sechs Betriebe und einer der besuchten Betriebe fütterte vollautomatisch entsprechend der Automatisierungsstufe III (automatische Entnahme der Rationsbestandteile). In den nachfolgenden Auswertungen sind nur die 21 Betriebe berücksichtigt, die über ein AFS der Stufe II verfügen.

Von den 21 ausgewerteten Betrieben sind 14 reine Milchviehbetriebe, 5 reine Bullenmastbetriebe und 2 Betriebe, die beide Betriebszweige haben. Der mittlere Tierbesatz auf den Milchviehbetrieben beträgt 85,5 Tiere und 210 auf den Bullenmastbetrieben. Als Grundlage für vorliegende Berechnungen auf GV-Basis wurde folgender Schlüssel verwendet: Kuh: 1,2 GV; Jungvieh: 0,5 GV; Bulle: 0,6 GV, Fresser: 0,4 GV. Zum Zeitpunkt der Auswertung (Anfang 2017) waren die AFS-Anlagen auf den ausgewählten Betrieben im Durchschnitt 4 Jahre in Betrieb. Die älteste Anlage war seit 2009 im Betrieb und die jüngste Anlage wurde im Herbst 2016 in Betrieb genommen.

3 Ergebnisse

Die Angaben der Landwirte auf den 21 Betrieben zu den von ihnen durchgeführten Reinigungsarbeiten zeigen, dass alle Betriebe regelmäßig den Futtertisch fegen und die Futterreste entfernen (Ø 5-mal/Woche; Tab. 1). Für diese Arbeit benötigen sie im Mittel 15 ± 12 APmin/GV und Jahr. Ebenso fegen alle Betriebe regelmäßig die Futterhalle und entfernen dort die Futterreste (Ø 3-mal/Woche). Dafür wurden im Mittel 12 ± 9 APmin/GV und Jahr angegeben. Für alle Reinigungsarbeiten, die am Futtertisch, in der Futterhalle oder an anderen Anlagenbestandteilen durchgeführt werden, benötigten die Betriebe im Mittel 34 ± 20 APmin/GV und Jahr. Zur Auswahl stehende Reinigungsarbeiten waren:

1. Futtertisch fegen / Reste entfernen
2. Grundreinigung / Waschen des Futtertisch
3. Futterhalle fegen / Reste entfernen
4. Grundreinigung / Waschen der Futterhalle
5. Reste entfernen aus Vorratsbehälter für Silagen / Nassfuttermittel
6. Grundreinigung / Waschen der Vorratsbehälter für Silagen / Nassfuttermittel
7. Reste entfernen aus Vorratsbehälter für Trockenfuttermittel
8. Grundreinigung / Waschen der Vorratsbehälter für Trockenfuttermittel
9. Reste entfernen aus dem (Misch- und) Verteilwagen / dem stationären Mischer
10. Grundreinigung / Waschen des (Misch- und) Verteilwagen / stationären Mischer

In Tabelle 1 wurden nur die Zeiten für Arbeit 1 und 3 dargestellt, da diese Arbeiten von ausnahmslos allen befragten Betrieben durchgeführt wurden. Die anderen Arbeiten mussten nicht von allen Betrieben durchgeführt werden oder die Anlagen waren zu jung, als dass eine komplette Grundreinigung schon regelmäßig durchgeführt werden musste.

Tab. 1: Reinigungsarbeiten auf dem Futtertisch und in der Futterhalle (© Stülpner)

Tab. 1: Times for cleaning of feeding table and feeding hall (© Stülpner)

	GV ¹⁾	Futtertisch fegen/ Reste entfernen		Futterhalle fegen/ Reste entfernen		Reinigungsarbeit gesamt	
		Häufigkeit Ø / Woche	Dauer min/GV/Jahr	Häufigkeit Ø / Woche	Dauer min/GV/Jahr	h/Jahr	min/GV/Jahr
x ₋	157	5	15	4	12	76	34
s	66	3	12	3	9	40	20
Min	79	1	2	0	2	29	5
Max	322	7	51	7	39	179	78

¹⁾ Kuh = 1,2 GV; JV = 0,5 GV; Bulle = 0,6 GV; Fresser = 0,4 GV.

Bei der Auswertung der Wartungs- und Reparaturkosten (Tab. 2) zeigte sich, dass große Unterschiede zwischen den Angaben der 21 Betriebe auftraten. So schwankten die Werte zwischen 0,27 % und 3,57 % des Investitionsbedarfs. Im Mittel betrugen sie $1,25 \pm 0,83$ % des Investitionsbedarfs. Bei einer Unterteilung in verschiedene Altersstufen der Anlagen zeigte sich, dass in den ersten beiden Betriebsjahren kaum Reparaturkosten anfallen und somit der durchschnittliche jährliche Anteil für Wartung und Reparatur lediglich bei 0,64 % des Investitionsbedarfs lag. Im dritten und vierten Jahr stieg er an und betrug jährlich 1,80 %, bei den 5-jährigen und älteren Anlagen fiel der Anteil wieder deutlich ab.

Als Grund für diese geringen Werte kann ergänzend erwähnt werden, dass in den ersten Jahren häufig Reparaturen, insbesondere die notwendigen Ersatzteile als Garantiesache oder auf Kulanz, den Landwirten nicht berechnet wurden. Weiterhin sind Angaben zu Ausgaben für Material lückenhaft vorhanden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Werte generell etwas höher liegen. Kleine Positionen wie Schmiermittel tauchten in keinen Kalkulationen auf.

Tab. 2: Wartungs- und Reparaturkosten von AFS in Abhängigkeit ihres Alters nach Einbau (© Stülpner)
 Tab. 2: Costs for maintenance and reparation for AFS depending on their time on the farms (© Stülpner)

Alter der Anlage	Anzahl	Ø GV	Ø Investitionsbedarf Technik	Ø Kosten / Jahr Ersatzteile	Ø Gesamtkosten / Jahr (Material und Lohn)	Anteil Wartungs- und Reparaturkosten/Jahr am Investitionsbedarf
Jahre			€	€	€	%
1-2	6	163	192.949	495	1.233	0,64
3-4	4	116	122.144	1.369	2.195	1,80
5-6	7	164	139.938	819	1.288	0,92
7	4	189	137.668	925	1.409	1,02

Die Angaben zur Häufigkeit von Störungen der Anlagen ohne selbstverschuldete Störungen waren sehr uneinheitlich. So gaben sieben Landwirte an, dass bei ihnen mindestens einmal wöchentlich eine Störung auftrat. Weitere vier Landwirte sagten, dass es bei ihnen ein- oder mehrmals pro Monat zu einer Störung kam. Weitere sechs Landwirte sprachen von einer oder mehreren Störungen pro Jahr. Die restlichen fünf Betriebsleiter gaben eine sehr gute Zuverlässigkeit ihres Geräts an. Auf diesen Betrieben kam es seltener als einmal pro Jahr zu einer Störung der Anlage (Abb. 1).

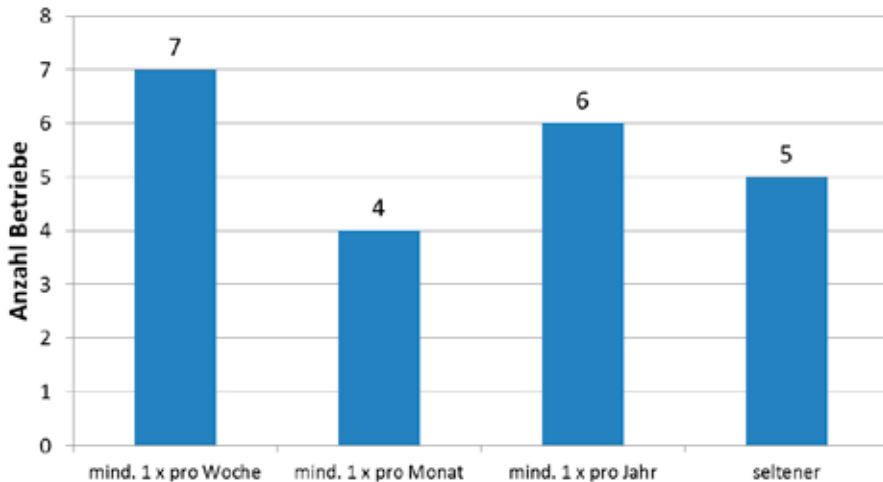


Abb. 1: Häufigkeit von Störungen in den AFS-Betrieben (© Stülpner)

Fig. 1: Amount of disturbance in farms with AFS (© Stülpner)

Als häufigste Störungen wurden angegeben:

1. Futterreste in der Öffnung verhindern das Schließen der Austragsklappe
2. Schneidwerk im Vorratsbehälter, Grassilage oder Stroh verklemmt
3. Erkennungsfehler bei der Gruppeneinteilung

4 Schlussfolgerungen

Die Aussagen der besuchten Landwirte der in den bisher durchgeführten 28 Umfragen zeigen eine sehr große Zufriedenheit mit ihrem AFS.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse werden für genauere Schlussfolgerungen um weitere Betriebe ergänzt und statistisch genauer analysiert werden. Ferner werden die Aussagen der Landwirte im Fortgang des Projekts mit Herstellerangaben überprüft.

Literatur

Haidn, B.; Leicher, C. (2017): LfL-Information. Automatische Grundfuttermischung für Rinder. März 2017, Grub

Validierung der kontaktlosen Körpertemperaturmessung an Rinderaugen

Validation of the non-contact body temperature measurement on bovine eyes

BERNADETTE FRANZISKA EVESLAGE-RÜTER, GESCHE CLAUSSEN, ENGEL F. HESSEL

Georg-August-Universität Göttingen, Departement für Nutztierwissenschaften, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen; earkena@gwdg.de

Zusammenfassung

In der modernen Tierhaltung ist die Automatisierung und Precision Livestock Farming zunehmend ein wichtiges Thema. Auch in der Gesundheitsüberwachung, welche essenziell für das Gelingen einer erfolgreichen Kälberaufzucht ist, wird zunehmend über Automatisierungsmöglichkeiten nachgedacht. Daher wurde im vorliegenden Versuch an 109 Kälbern in 545 Messungen auf einem Kälbermastbetrieb die Eignung eines innovativen Messgeräts zur kontaktlosen Körpertemperaturerfassung untersucht. Die Ergebnisse wurden mit der Rektaltemperatur verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass das untersuchte System „Thermofocus Animal®“ (Tecnimed Company, Italy) durchschnittlich geringere Werte hervorbrachte als die Rektalmessung. Die Differenz konnte mit $-1,18 (\pm 0,82) ^\circ\text{C}$ angegeben werden, was beim Einsatz in der Praxis bedeuten würde, dass die IR-Messung Abweichungen von der Normaltemperatur beim Rind erst verzögert erkennen würde. Daher kann der Schluss gezogen werden, dass das untersuchte System noch nicht praxistauglich ist und weitere Forschung und Entwicklung nötig sind.

Summary

In modern livestock housing there is a trend towards automation by means of innovative technology. Among others welfare monitoring in cattle is in focus of interest. Especially continuous monitoring of the body temperature can provide valuable information on animal welfare. Therefore, the aim of the study was to examine if a contactless infrared system for body temperature measurement is particular suitable for its use in cattle.

By means of Thermofocus Animal® (Tecnimed Company, Italy) the body temperature has been measured in the eye of cattle. 545 measurements were performed in 109 calves. The difference towards the rectal temperature could be expressed as $-1.18 (\pm 0.82) ^\circ\text{C}$, which in practice would mean that the IR measurement would detect deviations from the normal temperature in the case of cattle only with a delay. Therefore, the system is not practical yet and further research and development are necessary.

1 Einleitung

Die erfolgreiche Kälberaufzucht legt den Grundstein für die nachfolgende Generation an Milchkühen. Das Kalb von heute ist die Kuh von morgen. Hohe Kälberverluste lassen jedoch darauf schließen, dass in der Kälbergesundheit das Potenzial noch nicht voll ausgeschöpft sein kann (Brändle, 2006). Daher sollte die Gesundheit der Kälber und Rinder vermehrt in den Fokus gerückt werden, denn gerade in den ersten Lebenswochen ist das Immunsystem der Kälber noch lückenhaft und die Tiere sind anfällig für Durchfall- und Atemwegserkrankungen. Um Kälber- und Rinderverluste sowie Tierarztkosten zu senken, ist es wichtig, Krankheiten so früh wie möglich zu erkennen (Rademacher, 2011). In den letzten Jahren ist der Trend in der Nutztierhaltung immer mehr zur Automatisierung übergegangen und der Begriff „Precision Livestock Farming“ (PLF) zunehmend ins Gespräch gerückt. Daher wird über Methoden nachgedacht, wie beispielsweise die Körpertemperaturmessung in Zukunft automatisiert am Kälber-Tränkeautomaten durchgeführt werden könnte.

Ziel der vorliegenden Studie war es daher, ein innovatives Verfahren (Thermofocus Animal®) zur kontaktlosen Körpertemperaturmessung am Rinderauge auf dessen Eignung zu überprüfen. Zur Auswertung wurde die Rektaltemperatur als Referenzwert verwendet.

2 Tiere, Material und Methoden

Der Versuch wurde auf einem Kälbermastbetrieb im Rahmen einer tierärztlichen Maßnahme durchgeführt. Die Kälber wurden im Alter von 14 Tagen von verschiedenen Betrieben innerhalb Deutschlands zugekauft und bis zum gesetzlich festgelegten Höchstalter von 8 Wochen (TierSchNutzV, 2006) in Einzelhaltung auf Bongossi-Spaltenboden aufgestellt. Insgesamt standen für diese Untersuchung 109 Kälber im Alter von 29,51 ($\pm$ 5,82) Tagen zur Verfügung. Die Kälber wurden zur Rosé-Fleisch-Produktion gehalten und per manueller Eimer- und Trogtränke mit Milchaustauscher (MAT) und speziellem Mast-Kälbermüsl gefüttert.

Zur Ermittlung der Körpertemperatur wurden die Kälber von einer Person zum Fressgitter geführt und dort manuell fixiert. Diese Person konnte dann die Rektaltemperatur mittels eines Veterinärthermometers messen. Eine zweite Person erfasste die Augentemperatur mit dem Infrarotthermometer „Thermofocus Animal®“ der italienischen Firma Tecnimed. Je nach Temperament des Versuchstieres war die Fixierung alleine oder mithilfe einer weiteren Person möglich. Das Gerät wurde für die Messung in die Hand genommen und zum Auge des Rindes geführt. Bei Druck der Messtaste auf dem Gerät waren zwei Lichthalbkreise sichtbar, die sich durch Annähern ans Auge im Abstand von ca. 3 cm schlossen (Abb. 1). Nach Loslassen der Messtaste musste das Thermofocus Animal® noch etwa eine Sekunde ruhig gehalten werden, um die Messung abzuschließen. Die gemessene Körpertemperatur konnte anschließend auf dem Display am Gerät abge-



Abb. 1: Kontaktlose Körpertemperaturmessung am Rinderauge mit dem Thermofocus Animal®

Fig. 1: Non-contact body temperature measurement on the bovine eye with the Thermofocus Animal®

lesen werden. Anschließend wurde die Messung auf gleiche Weise viermal wiederholt, sodass 5 Messwiederholungen pro Tier zustande kamen.

Insgesamt konnten auf dem Kälbermastbetrieb 545 IR-Temperaturmessungen am Auge erhoben und mit SAS ausgewertet werden. Hierbei wurde die Präzision der Messungen mit dem Thermofocus Animal® sowie deren Genauigkeit bezogen auf die Rektalmessungen als Goldstandard untersucht. Für die Präzision, als Maß für die Übereinstimmung zwischen unabhängigen Messergebnissen unter festen Bedingungen, wurde die Standardabweichung der 5 Messwiederholungen der IR-Temperatur am Auge herangezogen. Die Genauigkeit ist das relative Maß der Abweichung zwischen Einzelmesswert der IR-Temperatur am Auge und Rektaltemperatur. Des Weiteren wurde mit Hilfe der linearen Regression der Zusammenhang zwischen Rektaltemperatur und IR-Temperatur am Auge berechnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel beträgt die rektal gemessene Körpertemperatur der Kälber $38,43 (\pm 0,48) ^\circ\text{C}$ und die mittlere Infrarottemperatur am Auge $37,25 (\pm 0,63) ^\circ\text{C}$. Somit liegt die mittlere IR-Temperatur am Auge um $1,18 ^\circ\text{C}$ unterhalb der Rektaltemperatur. Die Messwerte des Thermofocus Animal® streuen mit einem Variationskoeffizienten (CV) von 1,7 % deutlich stärker als die Messwerte (CV = 1,14 %) der rektalen Temperaturmessung (Abb. 2).

Auf Basis der 5 Messwiederholungen der IR-Temperatur am Auge wurde die Präzision berechnet. Im Mittel beträgt diese $0,35 (\pm 0,17) ^\circ\text{C}$. In Abbildung 3 ist die Verteilung der Präzision von allen 109 Kälbern dargestellt. Bei 50 % der Kälber liegt diese über $0,33 ^\circ\text{C}$, bei zwei Tieren sogar über $0,80 ^\circ\text{C}$.

In dieser Studie könnte es aufgrund von Fehlern bei Durchführung der kontaktlosen Temperaturmessung zu einer Abnahme der Präzision gekommen sein. Zum einen könnte die messende Person selbst Fehler bei den Messungen verursacht haben, hier könnte beispielsweise der Abstand bei der Messung am Auge angeführt werden. Auch könnten Bewegungen der Tiere sich in Messwertabweichungen widerspiegeln. Für eine

möglichst frühzeitige Erkennung von erhöhten Körpertemperaturen bei Kälbern scheint eine Präzision von im Mittel 0,33 °C nicht ausreichend zu sein. Kälber weisen eine normale Körpertemperatur von 38,5–39,5 °C auf (Stöber, 1990). Jegliche Erhöhung, auch schon um 0,1 °C, kann auf eine fiebrige Erkrankung, wie beispielsweise Rinderrippe, hindeuten. Daher ist eine Früherkennung sehr wichtig, damit erkrankte Tiere effektiv behandelt werden können und andere Kälber in der Gruppe nicht auch noch erkranken (Müller, 2012).

Neben der Präzision, die die Streuung innerhalb der 5 Messwiederholung angibt, ist auch die Genauigkeit der Messung von großer Bedeutung (Abb. 3). Im Mittel beträgt die Genauigkeit 3,35 % (1,24 °C), der Variationskoeffizient liegt bei 57,18 %. Bei eini-

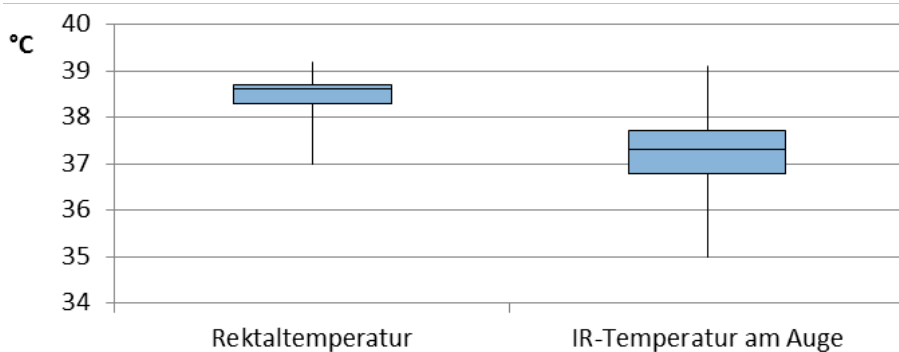


Abb. 2: Boxplots der Rektaltemperatur ($n = 109$) sowie der IR-Temperatur am Auge der Messungen ($n = 545$)

Fig. 2: Boxplots of rectal temperature ($n = 109$) as well as of IR eye temperature ($n = 545$)

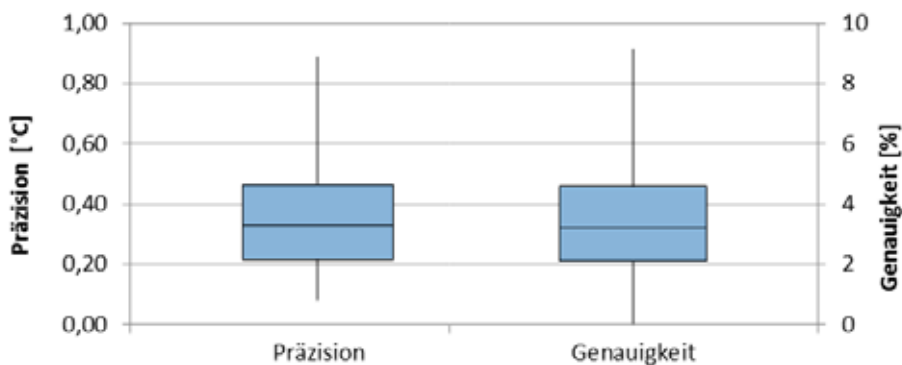


Abb. 3: Verteilung der Präzision bei 5 Messwiederholungen der IR-Temperatur am Auge ($n = 109$) und der Genauigkeit einzelner Messungen ($n = 545$)

Fig. 3: Distribution of the precision of 5 repetitions of IR eye temperature ($n = 109$) as well as the accuracy of single measurements ($n = 545$)

gen Messungen stimmen IR-Temperaturen und Rektaltemperatur überein, maximale Abweichungen zwischen IR-Temperaturen und Rektaltemperatur liegen jedoch bei 9,1 % (3,2 °C). Hinsichtlich der Genauigkeit wird diese vom Hersteller Tecnimed mit 0,2 °C angegeben.

Der Zusammenhang zwischen Rektaltemperatur und IR-Temperatur am Auge, der mit Hilfe einer linearen Regression dargestellt wird, ist mit $R^2 = 0,003$ eigentlich nicht vorhanden (Abb. 4). Dies bedeutet, dass mit Hilfe der IR-Temperatur am Auge keine Vorhersage über die tatsächliche Körpertemperatur getroffen werden kann. Es bleibt zu untersuchen, ob das Auge überhaupt eine geeignete Stelle zur Erfassung der Körpertemperatur ist. In Studien von Stewart et al. (2005 und 2008) sowie Soroko et al. (2016) wurde die besondere Eignung eines Messpunktes im ventralen, nasalen Winkel des Auges auf den starken Blutfluss durch viele an der Oberfläche zusammentreffende Kapillaren zurückgeführt. In einer Studie von Johnson et al. (2011) konnte allerdings ermittelt werden, dass die IR-Messung am Auge alleine nicht zur Bestimmung der Körpertemperatur ausreichend ist. Abschließend konnte die Eignung der Augen zur kontaktlosen Körpertemperaturmessung also noch nicht geklärt werden. Des Weiteren sollten auch die Ursachen der mangelnden Präzision zwischen den Messwiederholungen geprüft werden.

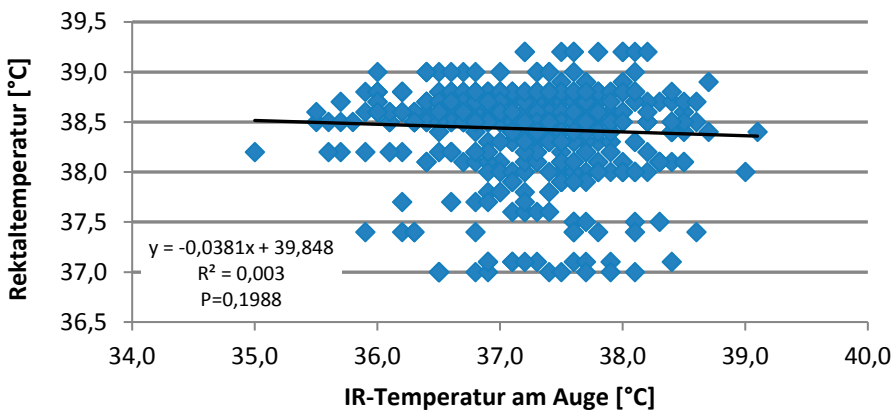


Abb. 4: Regression der IR-Temperatur am Auge auf die Rektaltemperatur (n = 545)

Fig. 4: Regression of IR eye temperature on rectal temperature (n = 545)

4 Schlussfolgerungen

Anhand der vorliegenden Ergebnisse lässt sich sagen, dass die untersuchte Methode zur kontaktlosen Körpertemperaturmessung noch keine befriedigenden Ergebnisse hervorbringt. Aufgrund der mangelnden Präzision und Genauigkeit ist die Spezifität und Sensitivität als gering einzustufen. Beim Gesundheitsmonitoring mit dem Thermofocus Animal® ist davon auszugehen, dass ein großer Anteil erkrankter Tiere nicht erkannt

bzw. gesunde Tiere als krank eingestuft werden würden. Weitere Forschung und Verbesserung der Genauigkeit sind nötig, damit das Gerät praxistauglich werden kann.

Literatur

- Brändle, S. (2006): Hohe Kälberverluste – ein Stück verschenkte Zukunft. Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf
- Johnson, S.R.; Rao, S.; Hussey, S.B.; Morley, P.S. und Traub-Dargatz, J.L. (2011): Thermographic Eye Temperature as an Index to Body Temperature in Ponies. *Journal of Equine Veterinary Science* 31, S. 63–66, doi:10.1016/J.jevs.2010.12.004
- Müller, K. (2012): Leitfaden zum Atemwegweiser für Kälber und Rinder – die enzootische Bronchopneumonie. Klinik für Klautiere in Berlin in Zusammenarbeit mit Intervet Deutschland GmbH, einem Unternehmen der MSD Tiergesundheit, http://www.msd-tiergesundheit.de/binaries/MSD_Leitfaden_Atemwegserkrankungen_A5-finale_Freigabe_tcm82-191196.pdf
- Rademacher, G. (2011): Kälberkrankheiten – Ursachen und Früherkennung, Neue Wege für Vorbeugung und Behandlung. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag, 4. Auflage, S. 9–32
- Soroko, M.; Howell, K.; Zwyrzykowska, A.; Dudek, K.; Zielińska, P. und Kupczyński, R. (2016): Maximum Eye Temperature in the Assessment of Training in Racehorses: Correlations with Salivary Cortisol Concentration, Rectal Temperature and Heart Rate. *Journal of Equine Veterinary Science* 45, S. 39–45, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2016.06.005>
- Stewart, M.; Webster, J.R.; Schaefer, A.L.; Cook, N.J. und Scott, S.L. (2005): Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare* 14, S. 319–325
- Stewart, M.; Stafford, K.J.; Dowling, S.K.; Schaefer, A.L. und Webster, J.R. (2008): Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology and Behavior* 93, S. 789–797
- Stöber, M. (1990): Kennzeichen, Anamnese, Grundregeln, Allgemeine Untersuchung. In: Rosenberger, G. (1990): Die klinische Untersuchung des Rindes. Berlin und Hamburg, Verlag Paul Parey, 3. Auflage, S. 131–135
- TierSchNutzTV (2006): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, § 8 Besondere Anforderungen an das Halten von Kälbern im Alter von über zwei bis zu acht Wochen in Ställen. <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG000201377>

Entwicklung einer App (Application software) für die betriebliche Eigenkontrolle unter besonderer Berücksichtigung von Tierwohlkriterien in der Ferkelaufzucht

Development of an App (Application software) for the self-monitoring with special consideration of animal welfare criteria in piglet rearing

MARTIN ZIRON, JULIA FIENE

Fachhochschule Südwestfalen, Standort Soest, Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachgebiet Tierproduktion, Lübecker Ring 2, 59494 Soest; Ziron.Martin@FH-SWF.de

Zusammenfassung

Die betriebliche Eigenkontrolle und Dokumentation ist seit 2014 für Nutztierhalter verpflichtend vorgeschrieben. Um eine für den Landwirt praktikable und zeitgemäße Form der Erfassung der Tierwohlindikatoren in der Ferkelaufzucht zu ermöglichen, wurde an der FH SWF Soest auf Grundlage der KTBL-Schrift 507 (2015) eine App (Application software) hierzu entwickelt, die außerdem die Forderung nach einer standardisierten, wiederholbaren, objektiven und tierbezogenen Methode erfüllt.

Summary

Self-monitoring and documentation in animal husbandry is required in Germany since 2014. To assist the farmer in a practicable and modern form the University of Applied Science in Soest (FH SWF Soest) developed an App (Application software) in accordance with the requirements of standardization, reproducibility, objectivity and animal relationship.

1 Einleitung

Auf Grund einer geänderten Wahrnehmung der Nutztiere wird die heutige Nutztierhaltung von der Gesellschaft immer kritischer gesehen. Auf diese Entwicklung hat der Gesetzgeber reagiert und die betriebliche Eigenkontrolle mittels tierbezogener Merkmale (Indikatoren) seit 2014 für alle Nutztierhalter verpflichtend vorgegeben (TierSchG § 11 Abs. 8). Dadurch wird die Eigenverantwortung des Tierhalters zur Gewährleistung des Tierschutzes nach dem Tierschutzgesetz in den Vordergrund gerückt.

Durch die betriebliche Eigenkontrolle sollen Landwirte hinsichtlich des Tierschutzes für Schwachstellen in ihrem Betrieb sensibilisiert und Betriebsblindheit minimiert werden.

Um diese Eigenkontrolle effektiv und mit sofortiger Rückmeldung gekoppelt zu gestalten, wurde an der FH Soest eine App für die Ferkelaufzucht entwickelt, die den Landwirten die geforderte Dokumentation der einzelnen Indikatoren in Form einer zeitgemäßen Managementhilfe bietet. Die Auswahl der Indikatoren erfolgte auf Grundlage der KTBL-Schrift 507 (2015).

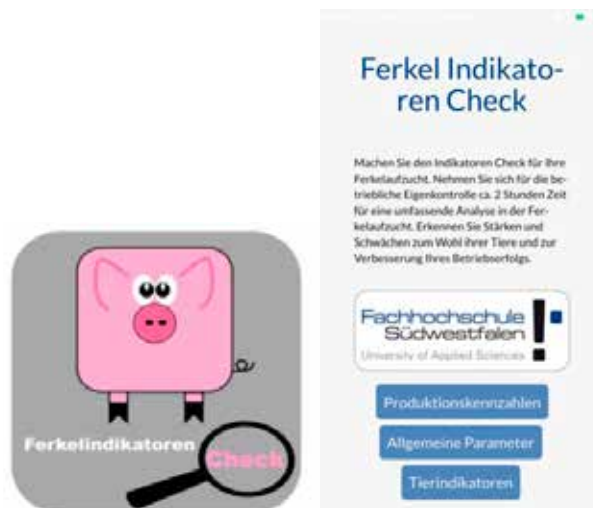


Abb. 1: Icon und Startmenü der App

Fig. 1: Icon and start menu

2 Entwicklung des Tools zur betrieblichen Eigenkontrolle

Die für die Ferkelaufzucht relevanten Indikatoren wurden zunächst nach Erhebungsmöglichkeit in Stall oder Büro sortiert.

Aus den Betriebsdaten (z. B. Mastplan, Jahresauswertung oder bestehenden Datenbanken, wie HIT) können folgende Parameter entnommen werden:

- Tierverluste (%)
- Tägl. Zunahmen (g)
- Futterverwertung (kg Futter/kg Zuwachs)
- Therapiehäufigkeit bzw. Therapieindex (%)

Im Stall direkt müssen folgende Indikatoren erfasst werden:

- Kümmerer, Schwanzlänge, Kotverschmutzung, Ektoparasitenbefall, Haut-, Schwanz- und Ohrverletzungen, Lahmheit und Wasserversorgung
- Auffälligkeiten (beispielsweise Krankheitsanzeichen)
- Allgemeiner Eindruck
- Tier- und stallspezifische Parameter (z. B. Anzeichen für Hitzestress, Stalltemperatur, Nettobuchtenfläche etc.)

Aus den o. g. Parametern wurde zunächst ein Tool in Papierform entwickelt, das anschließend in eine Excel Datei übertragen wurde.

Prüfung des Tools

Die zunächst erstellten Erfassungsbögen wurden in sechs ausgewählten Betrieben (NRW) einem Praxistest unterzogen.

Hierbei wurden verschiedene Szenarien wiederholt erprobt: angeleiteter Umgang des Betriebsleiters mit den Erfassungsbögen, Erfassung ohne vorherige Einführung, aber unter Beobachtung, sowie die Erfassung durch Betriebsmitarbeiter.

Bei der Erfassung im Stall war der Tierhalter mit einer Kopfkamera (GoPro) ausgestattet und der gesamte Stallrundgang wurde aufgezeichnet. Dies sollte den Zweck erfüllen, den Stallrundgang aus der Perspektive des Landwirts zu dokumentieren und einzelne Schwachstellen der Erfassungsbögen sowie mögliche Probleme bei der Erfassung aufzudecken. Zusätzlich konnten anhand der Aufzeichnungen die einzelnen Betriebe miteinander verglichen und so festgestellt werden, ob die Bögen universal einsetzbar sind. Im Anschluss wurden die Videos gemeinsam betrachtet und die Erfassungsbögen anhand der Anmerkungen und Hinweise der teilnehmenden Landwirte modifiziert und optimiert. Zum leichteren Umgang mit den Fragebögen wurden Ausführungshinweise für die selbstständige Anwendung ergänzt.

Zunächst wurde mit Papierfragebögen gearbeitet, diese dann anschließend in eine native App übertragen. Die App gibt bei der Parametereingabe eine sofortige Rückmeldung ob des Handlungsbedarfs in Form von farbigen Symbolen, so dass der Landwirt direkte Rückschlüsse auf sein Haltungssystem ziehen kann.



Abb. 2: Schematische Darstellung des Tools für die betriebliche Eigenkontrolle in der Ferkelaufzucht (nach KTBL 2016, verändert)

Fig. 2: Schematic diagram of the self-monitoring tool for piglet rearing

Nach Beendigung der Eingabe erhält der Tierhalter eine PDF mit den Ergebnissen zur Archivierung für die vorgeschriebene halbjährliche Dokumentation. Diese kann er ebenfalls bei Verbesserungsbedarf als Arbeitsgrundlage mit dem Berater oder Tierarzt nutzen.

3 Fazit

Die Praxistests haben gezeigt, dass nach vorheriger Beschäftigung mit den Hinweisen eine eigenständige Bonitur durch die Landwirte erfolgreich durchgeführt werden konnte.

Es zeigte sich, dass der Zeitaufwand pro Indikator von Bucht zu Bucht immer geringer (ca. 4 min/Bucht) wurde und sich somit bereits nach kurzer Zeit eine Routine einstellte. Die halbjährlich angesetzte betriebliche Eigenkontrolle benötigt nach Erfahrungen aus den Testdurchläufen ca. zwei Stunden. Mit der webbasierten App kann die zur Erfassung benötigte Zeit noch weiter verringert werden.

Für die statistische Belegbarkeit der Eigenkontrolle müssen insgesamt 150 Tiere pro Gruppe je Boniturtermin gemäß den entsprechenden Indikatoren erfasst werden.

Nicht zuletzt ist durch die Einbeziehung von erfahrenen Landwirten im Rahmen des Projektes ein Tool entstanden, das eine standardisierte, wiederholbare, objektive und tierbezogene Bewertung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen ermöglicht, gleichzeitig dabei aber in der Praxis einfach umzusetzen ist.

Literatur

- KTBL (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein. KTBL Sonderveröffentlichung, Darmstadt
- KTBL (2015): Vorschläge für die betriebliche Eigenkontrolle. KTBL, Darmstadt, Schrift 507
- TierSchG (2006): Tierschutzgesetz. In der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), zuletzt geändert 18. Juli 2016 (BGBl. I S. 1666), <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>, Zugriff am 03.03.2017

Untersuchung zur Auswahl von Kriterien für eine App-basierte tägliche Tierkontrolle als Controllinginstrument in der Mastschweinehaltung unter Praxisbedingungen

Investigation concerning the selection and use of criteria for an app-based daily animal control as a controlling instrument for fattening pigs under practical conditions

NELE BIELFELDT¹, SONJA DONICHT², URBAN HELLMUTH¹

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

² Forschungs- und Entwicklungszentrum FH Kiel GmbH, Projektbüro „InnoBau“, Grüner Kamp 11, 24783 Osterröndfeld; sonja.donicht@fh-kiel.de

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung ist die Entwicklung eines Controllinginstruments für die praktische Anwendung in einem Schweinemaststall auf Basis einer Applikation-Software (App) zur Unterstützung der täglichen Tierkontrolle. Dabei wird eine Auswahl von Tiereschutzindikatoren (TierSchG § 11, 2016) täglich sowie wöchentlich am Tier und dessen Umgebung dokumentiert und anschließend ausgewertet.

Ergebnis: Trotz eines identischen Haltungsverfahrens erwiesen sich die Haltungsbedingungen von Mastschweinen als unterschiedlich. Es konnten vier tägliche sowie zwei wöchentliche Indikatoren ermittelt werden, deren Dokumentation und Evaluation aussagekräftig sind.

Summary

The aim of the study is the development of a controlling tool for practical application in a stable for fattening pigs, based on an application software (app) to support daily animal monitoring. A selection of animal protection indicators (TierSchG § 11, 2016) is documented daily and weekly at the animal and its surroundings and subsequently evaluated.

Result: Despite an identical livestock farming the conditions of keeping fattening pigs proved to be different. Four daily as well as two weekly indicators were determined, the documentation and evaluation of which are informative.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Anbetracht der gesetzlichen Gestaltung des § 11 TierSchG ist eine Dokumentation der betrieblichen Eigenkontrolle vorgegeben. Im Gesetzestext wird dabei weder eine Auswahl von Indikatoren noch ein Erhebungsintervall vorgeschrieben. Lediglich durch den Bezug zu § 2 TierSchG sind die Bedürfnisse von Pflege, Ernährung und schmerzfreie Bewegung sowie die verhaltensgerechte Unterbringung der Nutztiere bei der Kriterienauswahl zu berücksichtigen (TierSchG, 2016).

In bisherigen Versuchen und Untersuchungen wurde eine Dokumentation von Einzelindikatoren mit teils längeren Zwischenintervallen gewählt, um die Auswahl von Indikatoren zu begründen und Veränderungen am Tier sowie an dessen Umwelt zu erkennen. Bei einer abschließenden Auswertung anhand der ermittelten Schwächen sind Gegenmaßnahmen zu planen (Karpeles und Richter, 2015; Schrader et al., 2016).

In der Mastschweinehaltung gibt die aktuelle Diskussion zur Tiergerechtigkeit und der Tiergesundheit den Anlass, die Dokumentation auf den Praxisbetrieben zu intensivieren, um mit Hilfe eines Controllings schnell und gezielt auf mögliche Veränderungen zu reagieren und kontinuierlich die Produktion zu verbessern. Eine Dokumentation der täglichen Tierkontrolle bietet die Möglichkeit eine Vielzahl von Indikatoren zu erheben. Durch die tägliche Aufnahme kann schnell ein großer Datenpool entstehen, dessen Auswertung eine deutliche Aussage zu Abweichungen ermöglicht.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, geeignete Indikatoren für die Bewertung des Einzeltiers und einer Tiergruppe auszuwählen. Die Bewertung und Dokumentation muss täglich zu erfassen sein, um den praktischen Einsatz einer App-basierten täglichen Tierkontrolle zu realisieren. Zudem werden weitere Indikatoren, wie die wöchentliche Wiegung von festen Gruppen zum Abgleich der Gewichtsentwicklung und die tägliche Wasseraufnahme je Mastschwein, erfasst. In der anschließenden Auswertung soll zeitnah eine Veränderung betreffend Einzelindikatoren visualisiert werden. Durch einen zügigen Informationsrückfluss können Gegenmaßnahmen bei einer Veränderung eingeleitet werden. Ferner dient die Dokumentation während eines gesamten Mastdurchganges als Managementhilfe, die weiterführend als Controllinginstrument zu etablieren ist. So kann auch ein Informationsaustausch zwischen Landwirt und Tierarzt, Ferkelerzeuger und Futtermittelindustrie vereinfacht werden.

2 Tiere, Material und Methode

2.1 Tiere

Die Untersuchung zur Nutzung einer App-basierten täglichen Tierkontrolle von Mastschweinen wurde auf einem landwirtschaftlichen Betrieb mit 2.952 Mastplätzen durchgeführt. Es handelt sich um eine konventionelle Mastschweinehaltung in zwangsbelüfteten Ställen auf Vollspaltenböden. Die Mastschweine werden in zwei Ställen gehalten, die insgesamt 33 Abteile mit je acht Buchten umfassen. Je Bucht werden zehn bis zwölf Mastschweine gehalten. Die Fütterung erfolgt viermal täglich am Quertrog mit Flüssigfutter.

Während des morgendlichen Fütterungsintervalls erfolgte die dokumentierte tägliche Tierkontrolle. Alle Abteile verfügen über 1,5–3 % Fensterfläche auf Basis der Grundfläche.

2.2 Material und Methode

Für die Datenaufnahme wurde eine App speziell für den Untersuchungsbetrieb programmiert und auf einem handelsüblichen Tablet (7 Zoll) installiert. In der App wird für die Erhebung zwischen wöchentlich sowie täglich zu erfassenden Indikatoren unterschieden. Eine Bewertung von ausgewählten Indikatoren erfolgte von 1–3 (gut, mittel, schlecht / niedrig, mittel, hoch) sowie als Prozentangabe oder als Ja/Nein-Kriterium (J/N). Die Auswahl der Kriterien sowie deren Methodik zur einzelnen Bewertung orientieren sich an bisher etablierten Bewertungsverfahren. Um Unterschiede in der Bewertung der Indikatoren zwischen unterschiedlichen Personen zu vermeiden, wurde die Dokumentation aller Indikatoren von einer Person vorgenommen.

Die wöchentlichen Indikatoren beziehen sich auf betriebsindividuelle Technikkontrollen und umfassen sechs Kriterien (z.B. Fütterungstechnik, Alarmanlage, Notstromaggregat). Täglich wurden insgesamt 23 Indikatoren am Mastschwein oder dessen Umwelt bewertet und direkt in der App eingetragen. Es wird dabei zwischen abteil- und buchtenindividuellen Kriterien unterschieden. Je Abteil werden fünf Tierschutzindikatoren erhoben, wie bspw. Luftqualität, Fliegenvorkommen und Soll- und Ist-Temperatur. In jeder Bucht werden 18 Kriterien erhoben. Zu diesen gehören die Lichtstärke (1–3), Kotkonsistenz und Kotbereich (1–3), Sauberkeit (1–3), Liegeverhalten (1–3), Schäden am Integument (betriebsindividuelle Auswahl von Schäden), Futtermenge (%) sowie die Spaltenbodentemperatur (°C). Zur Messung der Spaltenbodentemperatur wurde ein Infrarotthermometer eingesetzt.

Zusätzlich zur Dokumentation der täglichen Tierkontrolle per App wurde in der Untersuchung auch die tägliche Wasseraufnahme der Untersuchungstiere erfasst. Zur Messung wurden in den Mastställen insgesamt fünf Wasseruhren verbaut. Durch die Ergänzung der aktuellen Tierzahl und des theoretischen Lebendgewichts wird eine Umrechnung in l/Tier und Tag möglich. Ferner findet eine Einzeltierwiegung von fünf festen Kontrollgruppen mit jeweils 20–24 Tieren statt. In Kombination mit den Daten zum Futterverbrauch ergeben sich für das Controlling die Kennzahlen Tagezunahmen, Futterverwertung sowie Gewichtsstreuung innerhalb des untersuchten Mastdurchgangs.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 20.8.2016 bis zum 28.10.2016. Insgesamt wurden 44 Tage mit der App-basierten täglichen Tierkontrolle dokumentiert sowie 52 Messungen des Wasserverbrauchs erhoben. In dem Zeitraum gab es durchschnittlich zehn Einzeltierwiegungen je Kontrollgruppe. Diese erstreckten sich von der ersten Einstallwoche bis zum Verkauf der Vorläufer. Alle Daten wurden zunächst in einer Datenbank gespeichert und zur weiteren Datenverarbeitung in Microsoft Excel 2010 sowie SQLite und SPSS zur fortführenden statistischen Auswertung übertragen.

3 Ergebnisse

Die Datenauswertung umfasste 9.752 Datensätze. Eine Auswahl der statistisch zu prüfenden Kriterien fand durch eine Varianzanalyse statt.

3.1 Täglich erhobene Indikatoren

Für eine Auswertung von möglichen unterschiedlichen Haltungsbedingungen der Mastschweine zwischen den baulich identischen Ställen, Abteilen und Buchten wurde jedes Abteil in drei Orte unterteilt. Es wurden die Buchten am Eingang des Abteils (Ort 1) in der Mitte (Ort 2) und am Fenster (Ort 3) zusammengefasst. Durch diese Unterteilung konnte mittels des Chi²-Test statistisch abgesichert werden, dass der Ort der Bucht innerhalb eines Abteils einen höchst signifikanten Einfluss auf die Indikatoren Kotkonsistenz, Kotbereich, Sauberkeit und Liegeverhalten hat. Weiterführend zeigt der Mann-Whitney-Test, dass ein hoch signifikanter Unterschied zwischen dem Ort 1 und Ort 3 innerhalb eines Abteils bezüglich der genannten Indikatoren vorliegt. Trotz identischer Bauweise und identischem Haltungsverfahren sind die Haltungsbedingungen innerhalb des Untersuchungsbetriebes nicht kongruent für die Mastschweine. Eine Begründung für diesen Missstand konnte im Zuge der Untersuchung nicht benannt werden.

Zur detaillierten Betrachtung wird in Abbildung 1 exemplarisch die Bewertung des Indikators „Kotkonsistenz“ anhand ausgewählter Abteile dargestellt. Die Anzahl aller Messungen ist gleich 100 %. Der Anteil der dokumentierten Daten jeder Abstufung (1–3) wird prozentual abgebildet. In der grafischen Aufarbeitung wird ersichtlich, dass sowohl Unterschiede zwischen Ställen bestehen als auch zwischen Abteilen des gleichen Stalls und innerhalb von Abteilen.

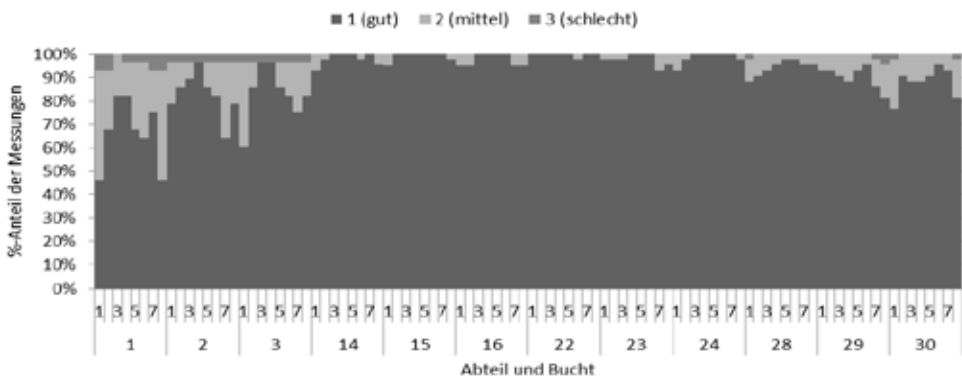


Abb. 1: Exemplarische Darstellung zur Bewertung des Indikators „Kotkonsistenz“ (1–3) während der Untersuchung

Fig. 1: Example of the evaluation for the indicator „feces consistence“ (1–3) during the examination

Abbildung 2 zeigt die aufgenommene Wassermenge von der Nutzung der Tränkebeißnippel jeder Bucht sowie des Flüssigfutters kumuliert und durch die tagesaktuelle Minimum- und Maximumtemperatur ergänzt. Deutlich ist eine schwankende Wasseraufnahme über den gesamten Mastverlauf erkennbar. Die Schwankungen der gesamt aufgenommenen Wassermenge je Tier und Tag ergeben sich aus der variierenden Wasseraufnahme durch den Tränkebeißnippel. So zeigte sich während der Untersuchung, dass an Tagen mit hohen Außentemperaturen und einer geringen Abkühlung in den Nachtstunden die Wasseraufnahme durch das Tränkesystem ansteigt. Ebenso sinkt die Wasseraufnahme durch den Tränkenippel, wenn es zu einer Abkühlung der Außentemperatur kommt. In der Endmastphase wird der primäre Wasserbezug durch die Flüssigfütterung abgedeckt, da der Trockenmassegehalt der Futtersuppe zum Mastende hin abgesenkt wird.

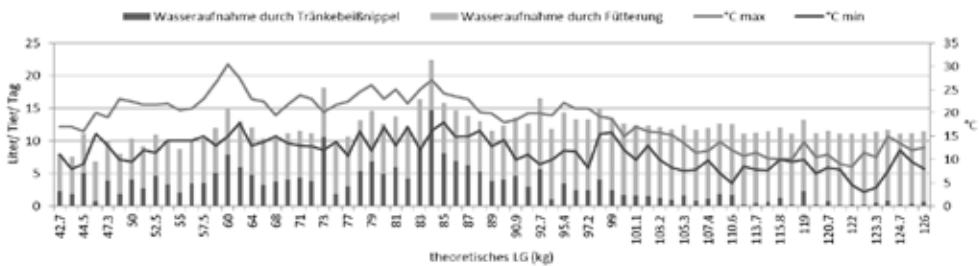


Abb. 2: Beispielhafte Darstellung zur Summierung der Wasseraufnahme durch Tränkebeißnippel und als Futterkomponente

Fig. 2: Exemplary illustration for the summation of the water intake by drinking bite nipples and as a feed component

3.2 Wöchentlich erhobene Indikatoren

Anhand der Wiegungen der Kontrollgruppen ließ sich im Zusammenhang mit den verbrauchten Futtermengen eine theoretische Tageszunahme sowie Futterverwertung des Mastdurchganges errechnen. Die ermittelten Daten entsprechen den Durchschnittswerten der Literatur und geben für den Untersuchungsbetrieb eine durchschnittliche Tageszunahme von 979 g/Tier/Tag an. Die Futterverwertung lag im Untersuchungszeitraum bei 1 : 2,7 kg.

Da die Darstellung dieser Daten wöchentlich erfolgte, konnte direkt ein Abgleich mit der voreingestellten Futterkurve der Flüssigfütterungsanlage erfolgen. Resultierend war zu erkennen, dass die theoretischen und ermittelten Tageszunahmen, insbesondere in der Vormastphase, nicht übereinstimmen. Das theoretische Leistungsniveau wurde während dieser Mastphase nicht erreicht. Hingegen zeigte sich in der Endmast, dass das Leistungsniveau der Mastschweine während der Untersuchung höher war, als es die theoretischen Werte aus der Futterkurve prognostizieren. Die Notwendigkeit zur Angleichung der Futterkurve wird durch die Datenauswertung deutlich und zeigt, dass die wöchentlichen Wiegungen ein empfehlenswertes Controllinginstrument sind.

4 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Untersuchung zeigte, welche Kriterien sich auf dem Praxisbetrieb zur Dokumentation der täglichen Tierkontrolle und insgesamt für das Controlling eignen: das Liegeverhalten, die Kotkonsistenz und der Kotbereich sowie die Sauberkeit der Mastschweine. Weiterhin hat die aufgenommene Wassermenge je Tier und Tag sowie die Gewichtsentwicklung während des Mastverlaufes eine hohe Aussagekraft zur Tiergerechtigkeit und Tiergesundheit. Eine Reduktion der Indikatoren ist notwendig, um die Praxistauglichkeit der App sicherzustellen. Während der Untersuchung wurde ein Zeitbedarf von ca. 4 s je Tier für die Dokumentation ermittelt. Die Zeit für die Datenauswertung sowie sonstige Routinearbeiten im Maststall wurden nicht berücksichtigt. Weiterführend ist für eine Aussagekraft aller Indikatoren ein großer Datenpool vonnöten, um Schwankungen korrekt interpretieren zu können und deren Abhängigkeit weiter zu ermitteln.

Die derzeitige App dient als Prototyp. Mit Hilfe dieser wird das tägliche Management von Landwirten unterstützt und dient dem Informationstransfer an Tierärzte, Ferkelerzeuger und Futtermittellieferanten. Durch die aktive und fortwährende Stärken-Schwächen-Analyse wird ein Prozess zur kontinuierlichen und individuellen Verbesserung in der Mastschweinehaltung ermöglicht.

Literatur

- Karpeles, M., Richter, T. (2015): Eigenkontrolle nach §11 (8) TierSchG. Leitfaden zur Verwendung von tierbezogenen Merkmalen (Tierschutzindikatoren) in der Schweinemast. https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/mlr/Forschungsberichte/TierSchG_2015/Leitfaden_Schweinemast.pdf, S. 3ff
- Schrader, L., Czycholl, I., Krieter, J., Leeb, C., Zapf, R., Ziron, M. (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, S. 7, 37-51
- TierSchG (2016): Tierschutzgesetz. Ausfertigungsdatum 24.7.1972, Stand 18.7.2016, <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tierschg/gesamt.pdf>, § 2, 11

Förderung

Die Untersuchung wurde durch die finanzielle Förderung der CLAAS-Stiftung ermöglicht.

Bewertung der Zitzenmorphologie durch hochauflösende Ultraschalltechnik: Etablierung neuer Messparameter zur Beurteilung des Melkprozesses

Evaluation of teat morphology by using high-resolution ultrasound: Establishing new measurement parameters to assess the milking process

LISETT MARTIN¹, CHRISTINE STÖCKER¹, WOLFGANG BÜSCHER², UTE MÜLLER¹

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

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

Zusammenfassung

Die Bedeutung des Strichkanals als Barriere gegen Mastitiserreger und der Einfluss des maschinellen Melkens auf diese körpereigene Abwehrinstanz ist in der Literatur hinreichend beschrieben. Ziel der vorliegenden Studie war es, durch Verwendung hochauflösender Ultraschalltechnik diese Auswirkungen auf die Zitzenmorphologie laktierender Milchkühe detailliert zu visualisieren und auszuwerten. In einem Vorversuch konnten sechs neue Messparameter etabliert werden. Diese wurden in einem anschließenden Hauptversuch bei der Vermessung von Ultraschallaufnahme zusätzlich zu den bereits in der Literatur verwendeten Messgrößen nach Neijenhuis et al. (2001) genutzt. Signifikante Unterschiede zeigten sich sowohl in den Messgrößen der Literatur als auch in den neu etablierten Parametern im Vergleich vor und nach dem Melken. Die neu etablierten Zitzenparameter können folglich als sinnvolles Werkzeug zur detaillierteren Auswertung bei Ultraschallaufnahmen mit hochauflösenden Sonden dienen und erlauben somit umfassende Rückschlüsse auf die Auswirkungen des Melkverfahrens und tiergesundheitsrelevante Zustände.

Summary

The importance of the teat canal as a barrier against pathogens and the influence of the milking process on this immune defense mechanism are adequately described in the literature. The aim of the present study was to visualize and evaluate these effects on the teat morphology by using high-resolution ultrasound. In a preliminary experiment, six new measuring parameters were established. In a subsequent main experiment, these parameters were used in addition to the measurement variables according to Neijenhuis et al. (2001). Comparing before and after milking, significant differences were detected both in the variables of the literature and in the newly established parameters. The newly established teat parameters can therefore serve as a useful tool for ultrasonic measurements with high-resolution probes and thus allow comprehensive conclusions to be drawn about the effects of the milking process and on animal health related conditions.

1 Einleitung

Die Aufrechterhaltung einer guten Eutergesundheit ist essentiell für das Wohlbefinden und die Produktionsleistung unserer Milchkühe. Als Eintrittspforte für Mastitiserreger in das Euter laktierender Tiere wird besonders dem Zitzenkanal eine große Bedeutung hinsichtlich der Abwehr von Pathogenen zu teil. Bestandteil der tiereigenen Abwehr sind hier sowohl physikalische und chemische wie auch immunologische Mechanismen (Krömker, 2014). Nach aktuellem Stand des Wissens kann die Effektivität dieser natürlichen Abwehrbarriere deutlich durch den Melkprozess beeinträchtigt werden (Reinemann et al., 2008). Zur Visualisierung dieser Auswirkungen des maschinellen Milchentzuges auf die Morphologie des Zitzengewebes kann das sonografische Bild darstellungsverfahren genutzt werden (Neijenhuis et al., 2001 und Fasulkov et al., 2014). So können unterschiedliche Melkverfahren hinsichtlich ihrer Konsequenzen für die Abwehrbarriere Zitzenkanal objektiv und nicht invasiv beurteilt werden. Die Verwendung von in der Literatur häufig genannten 7,5 MHz Sonden erlaubt die Auswertung folgender Messparameter: Zitzenkanallänge (cm), Zitzenwanddicke (der Sonde zugewandt in cm), Breite der Zitzenzisterne (cm), Breite des Zitzenendes (cm) sowie Breite der Zitze (cm). Zielsetzung der eigenen Studie ist es, mittels Verwendung einer höher auflösenden Sonde von bis zu 18 MHz neue Messparameter zur detaillierteren Auswertung der Ultraschallbilder zu etablieren und auf deren Basis die Auswirkungen des Melkprozesses auf die Zitzenmorphologie zu beurteilen.

2 Material und Methoden

Die Ultraschallmessungen wurden im Zeitraum von Mai 2016 bis Juni 2016 (Vorversuch) bzw. Juni 2016 bis Januar 2017 (Hauptversuch) auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn durchgeführt. Für den Versuch genutzt wurden Milchkühe der Rasse Holstein Friesian (Laktationsnummer 1 bis 8). Verwendet wurde das Ultraschallgerät MyLab TM Five Vet mit dem linearen Schallkopf LA435 VET 18 bis 6 MHz der Firma Esaote Biomedica Deutschland GmbH (Köln, Deutschland). Mittels Anwendung der etablierten Wasserbadmethode (nach Stocker et al. 1989) konnte bei den Versuchstieren an wiederholten Terminen die beiden vorderen Zitzen jeweils vor und nach dem Melken geschallt werden. Die Messungen vor dem Melken (VDM) wurden unmittelbar vor Ansetzen des Melkzeuges durchgeführt. Die Messungen nach dem Melken (NDM) begannen mindestens eine und maximal drei Minuten nach der automatischen Abnahme des Melkzeuges. Die Auswertung der Ultraschallbilder erfolgte anschließend mit der Software MyLab Desk (Esaote Biomedica GmbH) am Computer. Zur statistischen Analyse der erhobenen Daten wurde die Software IBM SPSS Statistics 24 (IBM Deutschland GmbH, Ehningen) genutzt. Im Rahmen eines Vorversuches wurde die Wiederholbarkeit der neu entwickelten Parameter zur Bewertung der Zitzenmorphologie an drei aufeinanderfolgenden Tagen an sieben Tieren jeweils zum Abendgemelk überprüft. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der Varianzanalyse, wobei sowohl der

Einfluss der Zeit als auch der Viertelseite, d.h. vorne links und vorne rechts, sowie ihre Wechselwirkungen mit der Varianzanalyse getestet wurden (unter Berücksichtigung der Varianzhomogenität mit Hilfe des Levene-Tests).

Für die Auswertung des anschließenden Hauptversuchs standen bisher Daten von insgesamt 27 Tieren zur Verfügung (weitere Messungen sind noch geplant). Die aus den Ultraschallbildern resultierenden Messgrößen wurden zum einen genutzt, um die Reproduzierbarkeit der in der Literatur genannten Messwerte zu überprüfen, zum anderen wurden die im Vorversuch etablierten Zitzenparameter erstmals angewandt, um die Auswirkungen des Melkprozesses auf die Zitzenmorphologie detaillierter zu beurteilen. Die Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Messwiederholungen des Einzeltieres erfolgte mit gemischten linearen Modellen, der Vergleich der Zitzenparameterdaten vor und nach dem Melken mittels T-Tests (unter Berücksichtigung der Varianzhomogenität). Die Überprüfung des Einflusses verschiedener Effekte wie Alter bzw. Laktations-Nr., durchschnittlicher und höchster Milchfluss etc. erfolgte mit Hilfe der mehrfaktoriellen Varianzanalyse (ebenfalls unter Berücksichtigung der Varianzhomogenität). Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Etablierung neuer Messparameter zur Bewertung der Zitzenmorphologie (Vorversuch)

Die Bildqualität der im Rahmen des Vorversuches erfolgten sonografischen Aufnahmen (Abb. 1) ermöglicht die Darlegung und unmittelbare Anwendung neuer Messparameter der Zitzenmorphologie (Tab. 1).



Abb. 1: Ultraschallaufnahmen mit 18 MHz-Sonde (links), Darstellung der neuen Messparameter (rechts)
 Fig. 1: Ultrasound views with 18 MHz-probe head (left), display of the new measuring parameter (right)

Tab. 1: Definition der neu etablierten Messparameter zur detaillierten Auswertung von Sonografieaufnahmen der Milchkuhitzte

Tab. 1: Definition of the new established measuring parameter for detailed analysis of sonographic views of the dairy cow teat

Parameter	Einheit	Kürzel	Beschreibung
Zitzenkanallänge bis Verbreiterung	cm	TCLw	Länge des Zitzenkanals bis zur ersten sichtbaren Verbreiterung
Wanddicke 2	cm	TWT2	Durchmesser der oberen Zitzenwand rechtwinklig zum Zitzenkanal, 1 cm proximal der Fürstenberg-Rosette
Zitzenkanaldurchmesser	cm	TCaW0,5	Durchmesser des Zitzenkanals, 0,5 cm distal der Fürstenberg-Rosette
Breite der Zitzenkanalöffnung	cm	TOr	Durchmesser der Zitzenkanalöffnung am distalen Ende des Zitzenkanals
Fläche des distalen Zitzenkanals	mm ²	ATCa	Fläche des distalen Zitzenkanals ab 0,5 cm distal der Fürstenberg-Rosette
Umfang des distalen Zitzenkanals	cm	TCC	Umfang der gemessenen Fläche, wird vom Messsystem automatisch ausgegeben

Der Vorversuch hat ergeben, dass sowohl die bekannten Zitzenbeurteilungsparameter als auch alle sechs neu entwickelten Messgrößen mit der hochauflösenden Sonde über die drei Messtermine wiederholbar waren (der Einfluss der Zeit war nicht signifikant). Auch die Position der Zitzen, ob zu- oder abgewandt zu der Melkergrube, hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse. Das bedeutet, dass bei wiederholten Messungen derselben Zitze die Position der Kuh im Melkstand nicht relevant ist.

3.2 Beurteilung der Auswirkungen des Melkprozesses auf die Zitzenmorphologie mittels Anwendung der neu etablierten Messparameter (Hauptversuch)

Bei den im Rahmen des Hauptversuches erhobenen Ultraschallbildern wurden sowohl die aus der Literatur bekannten (Neijenhuis et al. 2001) Zitzenkonditionsgrößen als auch die neu etablierten Parameter vermessen. Die Auswirkungen des Melkprozesses auf die Zitzenmorphologie zeigen sich in den bekannten Parametern vergleichbar mit der Literatur. Der Zitzenkanal (TCL/AC in cm) erfährt durch den maschinellen Milchentzug eine signifikante Verlängerung (VDM $1,05 \pm 0,28$, NDM $1,25 \pm 0,27$, $p = 0,00$; Neijenhuis et al. 2001: VDM 1,0, NDM 1,12). Die Breite der Zitze (TW in cm) verringert sich (TW VDM $2,76 \pm 0,36$, NDM $2,56 \pm 0,52$, $p = 0,00$; Paulrud et al. 2005: VDM 2,14, NDM 1,92) ebenso wie die Breite der Zitzenzisterne (TCW in cm) signifikant (TCW in cm VDM $1,41 \pm 0,49$, NDM $0,73 \pm 0,55$, $p = 0,00$; Neijenhuis et al. 2001: VDM 1,18, NDM 0,54). Im Gegensatz dazu zeigt sich die der Sonde zugewandte Zitzenwand (TWT1 in cm) nach dem Melken signifikant dicker als vor dem Melken (VDM $0,69 \pm 0,18$, NDM $0,90 \pm 0,30$, $p = 0,00$; Fasulkov et al. 2014: VDM $0,53 \pm 0,07$, NDM $0,73 \pm 0,08$). Die Breite des Zitzenendes (TEW in cm) erfährt durch den Melkprozess keine signifikante Veränderung (VDM $2,28 \pm 0,23$; NDM $2,27 \pm 0,41$, $p = 0,7$; vgl. Neijenhuis et al. 2001, VDM 2,12, NDM 2,17).

Die Auswirkungen des Melkprozesses auf die Morphologie der Milchkuhzitze konnten, bedingt durch die gute Bildqualität und die somit ermöglichte Anwendung der im Vorversuch neu etablierten Messparameter, umfangreicher beurteilt werden, als bisher in der Literatur beschrieben. Die durch den Milchentzug verursachten Veränderungen in den neu etablierten Messgrößen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Auswirkungen des Melkprozesses auf die neu etablierten Messparameter der Zitzenmorphologie (MW $\pm$ SD)

Tab. 2: Effects of milking on the new established measuring parameter of the teat morphology

Parameter	Einheit	Kürzel	VDM ¹⁾	NDM ²⁾	Sign.
Zitzenkanallänge bis Verbreiterung	cm	TCLw	0,627 $\pm$ 0,454	0,607 $\pm$ 0,493	0,80
Wanddicke 2	cm	TWT2	0,652 $\pm$ 0,146	0,883 $\pm$ 0,234	0,00
Zitzenkanaldurchmesser	cm	TCaW0,5	0,099 $\pm$ 0,031	0,119 $\pm$ 0,032	0,00
Breite der Zitzenkanalöffnung	cm	TOr	0,190 $\pm$ 0,060	0,234 $\pm$ 0,071	0,00
Fläche des distalen Zitzenkanals	mm ²	ATCa	6,82 $\pm$ 3,30	9,56 $\pm$ 3,196	0,00
Umfang des distalen Zitzenkanals	cm	TCC	1,57 $\pm$ 0,549	2,025 $\pm$ 0,539	0,00

¹⁾ VDM=Vor dem Melken; ²⁾ NDM = Nach dem Melken.

Die für die Verwendung von hochauflösenden 18-MHz-Sonden neu etablierten Messparameter machen deutlich, dass der Zitzenkanal durch den Melkprozess nicht nur verlängert wird, sondern auch dessen Durchmesser (0,5 cm distal der Fürstenberg-Rosette) und die Breite der Zitzenöffnung signifikant zunehmen. Entsprechend sind auch die Fläche und der Umfang des distalen Zitzenkanals (ATCa und TCC) nach dem Melken signifikant größer als vor dem Melken. Die Eintrittspforte für Mastitiserreger ist somit nach dem Melkvorgang deutlich weiter geöffnet und die körpereigene Abwehrbarriere Zitzenkanal in ihrer Funktion beeinträchtigt. Chrystal et al. (1999) beschreiben positive Korrelationen zwischen der Weite der Zitzenkanallumina und den somatischen Zellzahlen der Milch sowie der Anfälligkeit für Mastitiden. Der Möglichkeit zur detaillierten Vermessung des Zitzenkanaldurchmessers (TCaW0,5) wird somit eine große Bedeutung hinsichtlich der Anwendung als Bewertungstool für Eutergesundheitszustände und den Auswirkungen von verschiedenen Melkverfahren zuteil. Die der Ultraschallsonde abgewandte Wand der Zitze (TWT2) erfährt, ebenso wie in der Literatur bei der zugewandten Wand beschrieben, eine signifikante Verdickung. In dem Parameter Zitzenkanallänge bis zur ersten sichtbaren Verbreiterung (TCLw) zeigt sich keine signifikante Veränderung durch den Melkprozess. Erklärt werden kann dies durch die vom Positionswinkel der Sonde abhängige erreichte Querschnittsschicht.

Bisherige Auswertungen haben keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Ultraschallparametern (aus der Literatur bekannte und neu etablierte) und einzeltierspezifische Leistungs- und Gesundheitsdaten ergeben. Weitere Analysen stehen noch bevor.

4 Schlussfolgerung

Für zukünftige Ultraschalluntersuchungen mit hochauflösenden Sonden von 18 MHz können die neu etablierten Zitzenkonditionsparameter folglich als Ergänzung zu den bereits in der Literatur bekannten Messgrößen empfohlen werden. Durch die somit mögliche detailliertere Auswertung der Zitzenmorphologie ergeben sich Rückschlüsse auf eutergesundheitsrelevante Einflüsse verschiedener Melkverfahren. Das sonografische Bildgebungsverfahren kann demnach für Untersuchungen an der Milchviehzitze noch effektiver genutzt werden.

Literatur

- Chrystal, M.; Seykora, A.; Hansen, L. (1999): Heritabilities of teat end shape and teat diameter and their relationships with somatic cell score. *Journal of Dairy Science*, 82, 2017–2022
- Fasulkov, I.; Vasilev, N.; Karadaev, M.; Dineva, G. (2014): Vizualisation and measurement of teat structures in black-and-white cows through ultrasonography. *Macedonian Veterinary Review*, 37 (1), 89–93
- Krömker, V. (2014): Zur Bedeutung des Zitzenkanals in der Ätiologie und Prophylaxe der Mastitis beim Rind. Habilitationsschrift, Stiftung Tierärztliche Hochschule, Hannover
- Neijenhuis, F.; Klungel, G.H.; Hogeveen, H. (2001): Recovery of cow teats after Milking as Determined by Ultrasonographic Scanning. *Journal of Dairy Science*, 84, 2599–2606
- Paulrud, C.; Clausen, S.; Andersen, P.; Rasmussen, M. (2005): Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery. *Acta Veterinaria Scandinavica*, Vol. 46, 137–147
- Reinemann, D.; Bade, R.; Zucali, M.; Spanu, C.; Ruegg, P. (2008): Understandig the influence of machine milking on teat defense mechanisms. *IDF International Conference on Mastitis Control*, The Hague, NL
- Stocker, H.; Batting, U.; Duss, M.; Zahner, M.; Flückinger, M.; Eicher, R.; Rüschi, P. (1989): Die Abklärung von Zitzenstenosen beim Rind mittels Ultraschall. *Tierärztliche Praxis*, 17, 251–256

Entwicklung einer Labormethode zur Beurteilung der Zitzenreinigungsleistung von Automatischen Melksystemen

Development of a laboratory method for the evaluation of the teat cleaning efficiency of AMS

SUSANNE GÄCKLER¹, ASTRID KÜVER², MARTINA MÜLLER³, FELIX ADRION³,
EVA GALLMANN³, WOLFGANG BÜSCHER²

¹ DLG e.V., Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt;
s.gaeckler@dlg.org

² Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 9, 53115 Bonn

³ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Zusammenfassung

Als Ersatz für das rein visuelle Bewertungsverfahren der Reinigungsleistung von Euterreinigungseinrichtungen nach Anhang B der DIN ISO 20966 (2008) wurde eine standardisierte Labormethode unter Verwendung eines computergestützten bildgebenden Analyseverfahrens entwickelt.

Mit sterilisiertem nativem Rinderkot vollflächig verschmutzte Prüfzitzen wurden dazu vom AMS gereinigt und anschließend mit einem 3D-Scanner gescannt. Das entstehende Bild wurde als 2D-Bild gespeichert und mit Hilfe des Bildanalyseverfahrens hinsichtlich des Flächenanteils mit Restverschmutzung automatisiert ausgewertet.

Vergleichende Versuche an zwei Euterreinigungssystemen – Becher- und Bürstenreinigung – bestätigten die Eignung des Verfahrens und zeigten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Euterreinigungssystemen auf.

Die Praxisvalidierung erfolgte an denselben Euterreinigungssystemen durch rasterbasierte Auswertung von Zitzenbildern vor und nach Euterreinigung und bestätigte zumindest tendenziell die Laborergebnisse.

Summary

A standardized method for the evaluation of the teat cleaning efficiency of AMS udder cleaning units using a computer-based imaging analytical method has been developed.

Test teats completely contaminated with sterilized native cattle faeces are cleaned by the AMS and subsequently scanned by a 3D scanner. The resulting picture was stored as a 2D picture and analyzed by automatic image analysis regarding its area of residual contamination.

Comparative trials with two udder cleaning systems – brush and cup cleaning – confirmed the suitability of the method and showed significant differences between both udder cleaning systems. The practical validation has been performed on the same udder cleaning systems using grid-based visual image analysis of real teat pictures taken before and after the udder cleaning which tended to confirm the laboratory results.

1 Einführung

Für Automatische Melksysteme (AMS) gelten in Bezug auf die Melkhygiene einige Besonderheiten. Die Verordnung 853/2004 (EG) schreibt vor: „... insbesondere muss gewährleistet sein, dass die Zitzen, Euter und angrenzenden Körperteile vor Melkbeginn sauber sind“.

In AMS-Betrieben entfällt die visuelle Kontrolle der Eutersauberkeit unmittelbar vor dem Melken durch die im Melkstand arbeitende Person, technische Lösungen für eine verschmutzungsangepasste individuelle Euterreinigung an AMS fehlen aber bislang. Daher muss nach dem Maßnahmenkatalog des damaligen BMELV (2012) für Milcherzeugungsbetriebe mit automatischen Melkverfahren gemäß Anhang B der DIN ISO 20966 eine Beurteilung der Reinigungsleistung der Euterreinigungseinrichtungen vorgenommen werden. Das dort beschriebene Verfahren basiert auf visueller und demzufolge subjektiver Einschätzung (Knappstein et al., 2002) der beurteilenden Person im praktischen Betrieb und kategorisiert die Sauberkeit der Zitzen und angrenzenden Euterteile in vier Verschmutzungsstufen:

- 1: vollständig sauber (< 1 % der Zitzenoberfläche sichtbar kontaminiert)
- 2: leicht verschmutzt (1-10 % der Zitzenoberfläche sichtbar kontaminiert)
- 3: teilweise verschmutzt (11-25 % der Zitzenoberfläche sichtbar kontaminiert)
- 4: stark verschmutzt (> 25 % der Zitzenoberfläche sichtbar kontaminiert)

Die Schwächen dieses Verfahrens wurden bereits 2010 von Stoffers (2010) detailliert aufgezeigt. Insbesondere die Anzahl sauberer Zitzen vor dem Melken, die stark vom betriebsindividuellen Management abhängig sind, beeinflussen das Ergebnis erheblich und erschweren einen systematischen Vergleich. Weitere Verfahrensansätze, teilweise unter Zuhilfenahme moderner Analysemethoden wie Spektroskopie oder Bildanalyseverfahren, kamen zu teilweise kontroversen Ergebnissen bei der Bewertung der Reinigungsleistung der verschiedenen Euterreinigungssysteme.

2 Zielsetzung

Ziel war es entsprechend, eine objektive Labormethode zur Beurteilung der Reinigungsleistung von AMS-Euterreinigungseinrichtungen zu entwickeln, um die Effektivität verschiedener Reinigungssysteme standardisiert und reproduzierbar zu ermitteln. Die Methode sollte in der Lage sein, sowohl Restverschmutzungen nach der Euterreinigung zu quantifizieren als auch eine qualitative Aussage zur Reinigungswirkung zu ermöglichen.

Zur Überprüfung der Labor- und Praxisergebnisse sollte im zweiten Schritt eine einfache, objektive Methode zur Überprüfung der Reinigungsleistung im praktischen Betrieb entwickelt und an zwei gängigen Euterreinigungssystemen angewandt werden.

3 Material und Methoden

Um die verschiedenen Bereiche der Zitzen (Spitze, Schaft, Übergang zum Euterboden) getrennt betrachten und gleichzeitig unterschiedliche Versuchsbedingungen bei guter Reproduzierbarkeit der Ergebnisse realisieren zu können, fiel die grundsätzliche Entscheidung auf ein computergestütztes bildgebendes Analyseverfahren.

Die Reinigungsversuche sollten unabhängig von lebenden Tieren durchgeführt werden. Daher wurde ein künstliches Euter mit auswechselbaren Prüfpitzen aus haftungsfähigem Polyamid verwendet. Flexiblere Prüfpitzen-Materialien aus Gummi oder Silikon schieden nach Vorversuchen wegen der geringen Haftung der Prüfverschmutzungen an diesen Materialien aus.

Als geeignetste Prüfverschmutzung hatte sich in Vorversuchen sterilisierter nativer Rinderkot erwiesen, während die zunächst favorisierten Verschmutzungen auf Basis von DIN ISO/TS 15883-5 ebenfalls wegen schlechterer Haftungseigenschaften ausschieden. Um einen gewissen Standardisierungsgrad für die Versuche einhalten zu können, mussten verwendete Rinderkot-Chargen einen vergleichbaren Gehalt an Trockensubstanz aufweisen.

Für die Versuche wurden die Prüfpitzen in Anlehnung an Knappstein et al. (2004) vollflächig mit dem sterilisierten Rinderkot verschmutzt, jedoch ohne zusätzlichen Marker. Um verschiedene Schwierigkeitsgrade bei der Reinigung simulieren zu können, wurden zwei Varianten Zitzen – glatt und gerillt – verwendet, die jeweils einfach und doppelt verschmutzt wurden. Die Prüfpitzen wurden dann der automatischen Euterreinigung zweier Reinigungssysteme unterzogen (Abb. 1). Stellvertretend für die verschiedenen Prinzipien wurden ein Becher- und ein Bürstenreinigungssystem gewählt. Nach der Reinigung wurde die Mantelfläche der Prüfpitzen mit Hilfe eines für den Zitzenscan umgebauten 3D-Scanners gescannt und als 2D-Bild gespeichert. Zusätzlich wurde mit einer weiteren Webcam eine Fotografie der Zitzenspitze erstellt.

Die Auswertung der Bilder erfolgte mit dem Programm „Imaging Toolkit for Delphi Professional“ (Version 1.3.3, MCM Design, DK). Durch Einstellung der Werte für die



Abb. 1: Einfach verschmutzte glatte Prüfpitzen vor und nach der Reinigung (© Küver)

Fig. 1: Single contaminated smooth test teats before and after cleaning (© Küver)

Farbparameter Rot, Blau und Grün und die zugehörigen passenden Trennschärfen konnten verschmutzte Flächen von sauberen unterschieden und damit der Flächenanteil mit Restverschmutzung (Abb. 2 rechts, rot eingefärbt) berechnet werden.

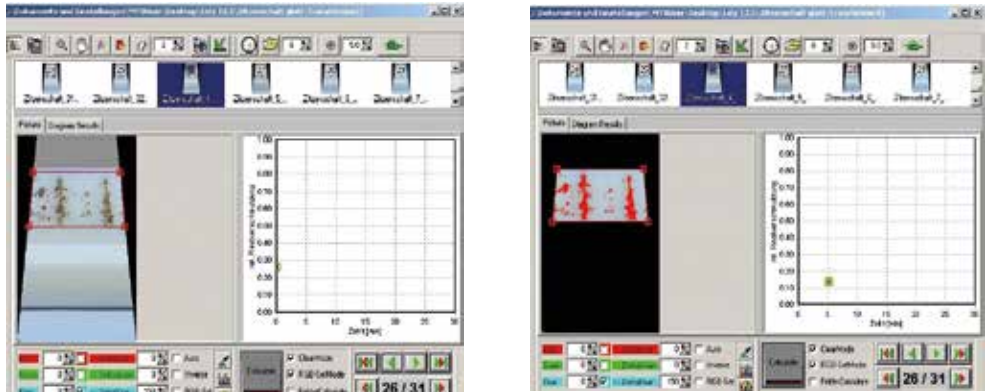


Abb. 2: Auswerteprogramm zur Bestimmung des Restverschmutzungsanteils (© Küver)

Fig. 2: Analyzing software to evaluate the area of residual contamination (© Küver)

Zur Überprüfung der Laborergebnisse wurden in zwei AMS-Versuchsbetrieben mit unterschiedlichen Reinigungssystemen die Zitzen von Kühen manuell mit sterilisiertem Rinderkot verschmutzt. Nach einer Wartezeit von wenigstens 6 Stunden wurden die Tiere zum Melken getrieben und die Zitzen vor und nach der Euterreinigung von zwei Seiten, versetzt um 180°, mit einer hochauflösenden Spiegelreflexkamera fotografiert. Vorversuche mit vier am AMS befestigten und simultan auslösbaren Webcams hatten keine Bilder in ausreichender Qualität geliefert, sodass der Versuchsaufbau entsprechend geändert werden musste.

Die 2D-Bilder wurden anschließend in Anlehnung an Mottram (1993) mit Hilfe eines Rasters aus Gitternetzlinien unter Nutzung des Programms Adobe Illustrator® (Version 20.0. Cc, Adobe Systems, USA) hinsichtlich des Verschmutzungsanteils vor und nach der Reinigung ausgewertet (Abb. 3).

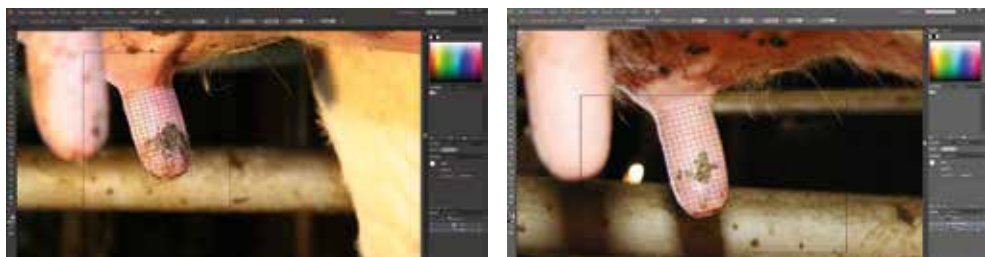


Abb. 3: Bildauswertung vor und nach der Reinigung mit Adobe Illustrator® (© Müller)

Fig. 3: Picture analysis before and after cleaning using Adobe Illustrator® (© Müller)

4 Ergebnisse

Im Hauptlaborversuch wurden insgesamt 96 Zitzen aus vier Prüfitzenengruppen nach dem Reinigen in zwei Euterreinigungssystemen – Bürsten- und Becherreinigung – gescannt und ausgewertet. Es zeigte sich, dass das Bildanalyseverfahren grundsätzlich dazu in der Lage ist, verschmutzte von sauberen Zitzenflächen zu unterscheiden und den Verschmutzungsanteil auch zu quantifizieren.

Es wurden signifikante Unterschiede in der Reinigungsleistung zwischen den zwei getesteten Euterreinigungssystemen ermittelt. Dabei wies die Bürstenreinigung über alle Prüfvarianten hinweg eine höhere Euterreinigungsleistung auf, in Abbildung 4 umgekehrt als Restverschmutzungsflächen dargestellt. In Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad der Prüfvarianten (glatt/gerillt, einfach/doppelt verschmutzt) blieb die Reinigungsleistung beim Bechersystem weitgehend konstant, die der Bürstenreinigung hingegen nahm mit steigendem Schwierigkeitsgrad signifikant ab. Die höheren Standardabweichungen bei der Becherreinigung verdeutlichen die Beobachtung, dass die einzelnen Prüfitzen unabhängig von ihrer Euterposition sehr uneinheitlich gereinigt wurden.

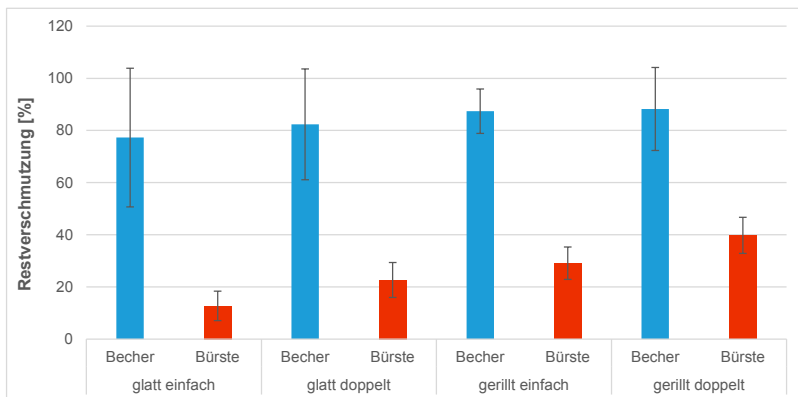


Abb. 4: Gegenüberstellung von Becher- und Bürstenreinigung, Restverschmutzungsflächen des Zitzen-schafts über die 4 Prüfvarianten ($n = 16$, $p < 0,01$; © Küver)

Fig. 4: Comparison of cup and brush cleaning, residual contamination areas of teat shaft over 4 test variants ($n = 16$, $p < 0.01$; © Küver)

Bei der Überprüfung der Ergebnisse in der Praxis durch Ausrasterung jeweils zweier um 180° versetzter Zitzenbilder konnten die Laborergebnisse aufgrund relativ geringer Wiederholungen und eines gewissen Selbstreinigungseffektes der manuell mit sterilisiertem Kot verschmutzten Zitzen in den Betrieben nur tendenziell bestätigt werden, dies allerdings für alle statistischen Auswertungsebenen (Bildeinzel-, Zitzenmittel- und Kuhmittelwerte, Abbildung 5 für Zitzenmittelwerte).

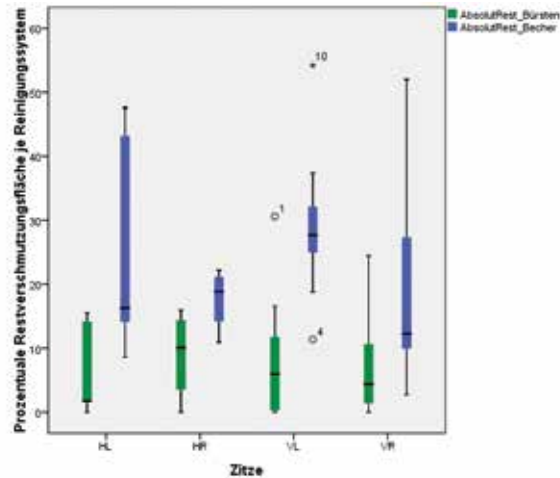


Abb. 5: Restverschmutzung der Kuhzitzen nach Bürsten- und Becherreinigung (© Müller)

Fig. 5: Residual contamination of cow teats after brush and cup cleaning (© Müller)

Literatur

- BMELV (2012): Bekanntmachung zur Durchführung von Artikel Abs. 1 in Verbindung mit Anhang III Abschnitt IX Kapitel I der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs hinsichtlich der Anwendung bestimmter Maßnahmen in Milcherzeugungsbetrieben mit automatischen Melkverfahren, vom 4. September 2012
- DIN ISO 20966 (2008): Automatische Melksysteme – Anforderungen und Prüfung. DIN ISO 2099:2008-04. Berlin, Beuth-Verlag
- Knapstein, K., Roth, N., Slaghuis, B.A., Ferwerde-van Zonneveld, R.T. (2002): Protocol for Evaluation of Teat Cleaning Systems. Bericht des EU-Forschungsvorhabens "Implication of the Introduction of automatic milking on dairy farms"
- Knapstein, K., Roth, N., Walte, H.-G., Reichmuth, J. (2004): Report on effectiveness of cleaning procedures applied in different automatic milking systems. Bericht des EU-Forschungsvorhabens "Implications of the Introduction of automatic milking on dairy farms", Deliverable 15
- Mottram, T. (1993): Inspecting Teat Cleanliness for Automatic Milking. In: Collins, E., Boon, C. (Hrsg.): Livestock Environment IV. Proceedings of the 4th International Symposium, University of Warwick, 6.-9. Juli 1993, Coventry, England, pp. 98-105
- Stoffers, A. (2010): Evaluierung und praktische Beurteilung des in der DIN ISO 20966 beschriebenen „Verfahrens zur Beurteilung der Zitzen- und Euterreinigung bei Automatischen Melksystemen“. Masterarbeit, Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. ABl. L 139, p. 55

Auswirkung von verschiedenen Durchflussleistungen der Vakuumpumpe auf das Vakuumverhalten in Melkanlagen

Effect of different vacuum pump capacities on vacuum behavior in milking systems

PASCAL SAVARY¹, MALTE GLOY², MATTHIAS SCHICK³, EVA GALLMANN²

¹ Agroscope, Forschungsgruppe Arbeit, Bau und Systembewertung, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz; pascal.savary@agroscope.admin.ch

² Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

³ Kompetenzzentrum für Bildung und Dienstleistungen in Land- und Ernährungswirtschaft, Strickhof, Eschikon 21, 8315 Lindau, Schweiz

Zusammenfassung

Der Transport höherer Luftmengen durch die Hauptluftleitung einer Melkanlage führt zu einer Erhöhung der Luftgeschwindigkeit und daher zu Turbulenzen. Letztere können, wenn sie in einem hohen Frequenzbereich liegen, Körperschall verursachen. Vibrationen von Luft- und Melkleitungen können sich daher negativ auf das Wohlbefinden von Mensch und Tier im Melkstand auswirken.

Ziel dieses Experiments war es, den Effekt von zwei Durchflussleistungen (DFL_{standard} und DFL_{hoch}) der Vakuumpumpe und drei Installationsformen des Regelventils auf die Vakuumstabilität in der Hauptluftleitung zu untersuchen.

Einzig in der Variante mit einem strömungstechnisch ungünstig montierten Regelventil führte der höhere Luftdurchfluss (DFL_{hoch}) der Vakuumpumpe zu Vakuumschwankungen mit einer größeren Bandbreite und in höheren Frequenzbereichen von mehr als 25 Hertz.

Summary

The transport of large quantities of air through the main air line of a milking machine leads to an increase in air speed, and thus to turbulences. The latter, if they lie in a high-frequency range, can cause structure-borne sound. This means that vibrations in air and milk lines can have a negative impact on the well-being of humans and animals in the milking parlour.

The aim of this experiment was to investigate the effect of two different vacuum-pump capacities (VPC_{standard} and VPC_{high}) and three different forms of installation of the vacuum regulator in the main air line.

Only in the variant with an aerodynamically unfavourably fitted vacuum regulator did the higher vacuum-pump capacity (VPC_{high}) lead to vacuum fluctuations in higher frequency ranges of more than 25 Hertz.

1 Einleitung

Die DIN ISO 5707 schreibt vor, dass Vakuumpumpen einen angemessenen Luftdurchfluss aufweisen müssen, um die Anforderungen an Melkung und Reinigung zu erfüllen. Die Norm legt deshalb einen minimalen Luftdurchfluss in der Melkanlage fest. Sie verlangt aber keinen maximal tolerierbaren Luftdurchfluss. Sie weist einzig darauf hin, dass der Innendurchmesser der Luftleitungen hinreichend groß sein muss, damit ein konstruktiv bedingter Vakuumabfall sich nicht negativ auf die Arbeitsweise der Melkanlage auswirken kann. Trotzdem führt der Transport höherer Luftmengen durch die Hauptluftleitung zu einer Erhöhung der Luftgeschwindigkeit und daher zu Turbulenzen. Letztere können, wenn sie in einem hohen Frequenzbereich liegen, Körperschall verursachen.

Gygax und Nosal (2006) stellten eine signifikante Abnahme der Zellzahl nach der Reduktion von Vibrationen am Melkstandgerüst fest. Kauke und Savary (2010) konnten experimentell keine Belastung der Kühe bei Vibrationen von $0,5 \text{ m/s}^2$ nachweisen. Die Kombination von künstlich durch Lautsprecher erzeugten Lärm (80 dB(A)) und Vibrationen ($0,5 \text{ m/s}^2$) führte zu einer, zwar biologisch nicht relevanten, aber signifikanten Erhöhung der Herzfrequenz.

Nosal et al. (2004) definierten installationstechnische Maßnahmen zur Reduktion von Lärm und Vibrationen. Unter anderem wurde das Regelventil ohne Querschnittsveränderungen strömungstechnisch optimiert montiert. Die maximale Bandbreite der Vakuumschwankungen in der Hauptluftleitung konnte dadurch von 3 kPa auf weniger als 0,5 kPa reduziert werden. Dies wirkte sich auch auf die Frequenz der Vakuumschwankungen aus. Schwingungen mit einer Amplitude von mehr als 0,02 kPa in einem Frequenzbereich über 25 Hertz waren nach dem Umbau der Melkanlagen nicht mehr vorhanden.

Blümel et al. (2014) prüften die Empfehlungen von Nosal et al. (2004) in einer experimentellen Melkanlage. Als Referenz galt eine Installation der Melkanlage nach den Mindestanforderungen von DIN ISO 5707. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten keinen signifikanten Effekt, weder auf die Bandbreite noch auf die Frequenz der Vakuumschwankungen. Wobei fest zu halten war, dass die Referenz bereits in einem optimalen Bereich bezüglich der Vakuumstabilität lag.

Es wurde daher angenommen, dass die Messwerte von Nosal et al. (2004), welche auf Praxisbetrieben erhoben wurden, im Wesentlichen auf die hohen Durchflussleistungen der Vakuumpumpen zurückzuführen waren. Melkmaschineninstallateure wählen, unter anderem um die Reinigungsqualität der Melkanlage zu gewährleisten, Vakuumpumpen mit einem deutlich höheren Luftdurchfluss als in den Normen empfohlen.

Ziel dieses Experiments war es nun, den Effekt von zwei Durchflussleistungen der Vakuumpumpe und drei Installationsformen des Regelventils auf die Vakuumstabilität in der Hauptluftleitung und im Milchabscheider zu untersuchen.

2 Material und Methode

Das Experiment fand in einem Melklabor der Agroscope, Schweiz, am Standort Tänikon statt. Die experimentelle Melkanlage entsprach einem Melkstand vom Typ Side-by-Side (DeLaval, Tumba, Schweden) mit 1 x 4 Melkeinheiten und einer tiefverlegten Melkleitung. Die Hauptluftleitung war aus PVC und hatte eine Gesamtlänge von 14 m und einen Innendurchmesser von 69 mm. Das Betriebsvakuum war auf 40 kPa eingestellt.

Verglichen wurde ein Luftdurchfluss von 1.000 l/min (DFL_{standard} , Referenz) mit einem Luftdurchfluss von 2.000 l/min (DFL_{hoch}). Beide Luftdurchflüsse sind jeweils mit drei Installationsvarianten (V_n) des Regelventils (RV) untersucht worden (Abb. 1):

- V1: RV strömungstechnisch optimiert montiert in der Nähe des Vakuumtanks
- V2: RV strömungstechnisch optimiert montiert in der Nähe des Milchabscheiders
- V3: RV strömungstechnisch ungünstig montiert in der Nähe des Milchabscheiders

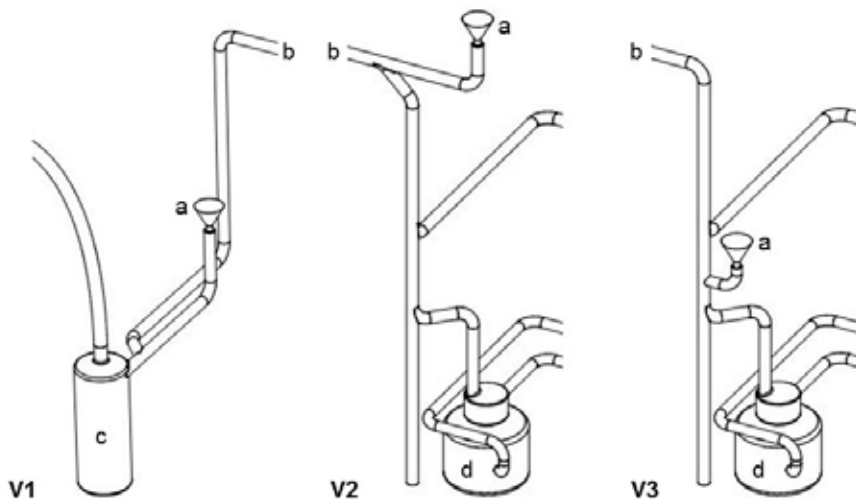


Abb. 1: Installationsvarianten des Regelventils (a) und seine Position auf die Hauptluftleitung (b); V1: in der Nähe des Vakuumtanks (c); V2 und V3: in der Nähe des Milchabscheiders (d) (© Gloy)

Fig. 1: Installation variants of the vacuum regulator (a) and his position in the main air line (b); V1: near the interceptor (c); V2 and V3: near the receiver (d) (© Gloy)

Eine strömungstechnisch optimierte Montage des Regelventils stellte einen Lufteinlass mit minimierten Reibungsverlusten dar. Dabei floss die atmosphärische Luft in V1 durch nur eine Richtungsänderung (Krümmer) direkt in den Vakuumtank und in V2 durch eine Beruhigungstrecke (gerade Luftleitung) nach einer Richtungsänderung (Abb. 1). Der Querschnitt des Verbindungsstücks zwischen Regelventil und Hauptluftleitung war bei beiden Installationsvarianten mit 69 mm gleich wie der Innendurchmesser der Hauptluftleitung. Die Luft in V3 gelangte hingegen erst nach zwei Richtungsänderungen

in die Hauptluftleitung (Abb. 1). Zudem war der Querschnitt des Verbindungstücks mit 50,8 mm kleiner als der Querschnitt von der Hauptluftleitung.

Die Erfassung des Vakuums erfolgte in der Hauptluftleitung in der Lufttrichtung abwärts 40 cm vor dem Vakuumtank und 40 cm nach dem Regelventil sowie im Milchabscheider. Für jede Kombination wurden fünf Pulszyklen jeweils mit einer Abtastrate von 2.500 Hertz gemessen. Pro Pulszyklus erfolgte die Berechnung der Differenz zwischen dem höchsten und dem tiefsten Vakuumwert (maximale Bandbreite). Zur Bewertung des Vakuumverhaltens wurde die durchschnittliche maximale Bandbreite aus den fünf Pulszyklen bestimmt. Die Frequenz und die Amplitude der Vakuumschwankungen sind anhand einer Fourier-Transformation grafisch dargestellt und bewertet worden.

3 Ergebnisse

Die DFL_{hoch} führte in der Nähe des Vakuumtanks bei allen Installationsvarianten zu einer höheren maximalen Bandbreite der Vakuumschwankungen (Tab. 1). Dieser Effekt konnte auch an der Messstelle nach dem Regelventil in V3 festgestellt werden. In V1 befand sich das Regelventil in der Nähe des Vakuumtanks, deshalb entsprach der Messpunkt „Vakuumtank“ dem Messpunkt „Regelventil“. Durch eine strömungstechnisch ungünstige Montage des Regelventils (V3) waren die Schwingungen sowohl in der Nähe des Vakuumtanks als auch in der Nähe des Regelventils mit 2.000 l/min deutlich stärker als mit 1.000 l/min Luftdurchfluss.

Das Vakuum im Milchabscheider schwankte in einer ähnlichen Bandbreite wie bei beiden Messpunkten der Hauptluftleitung. Das Vakuum war etwas stabiler mit DFL_{hoch} .

Tab. 1: Durchschnittliche maximale Bandbreite der Vakuumschwankung in Abhängigkeit von den Installationsvarianten des Regelventils, den Durchflussleistungen der Vakuumpumpe und den Messpunkten

Tab. 1: Mean of highest bandwidth on vacuum fluctuation in relation to the installation variants of the vacuum regulator, the vacuum pump capacity and the measuring points

Installations-varianten	Durchflussleistung l/min	Vakuumtank kPa	Messpunkte	
			Regelventil kPa	Milchabscheider kPa
V1	1.000	0,43	-	0,45
	2.000	0,50	-	0,40
V2	1.000	0,42	0,37	0,42
	2.000	0,46	0,37	0,40
V3	1.000	0,41	0,36	0,42
	2.000	0,67	0,50	0,40

Die Frequenz und die Amplitude der Vakuumschwankungen waren bei V1 und V2 durch DFL_{hoch} kaum beeinflusst. Hingegen zeigte die strömungstechnisch ungünstige Installation des Regelventils höhere Amplituden der Schwingungen in höheren Frequenzbereichen mit DFL_{hoch} (b) als mit $DFL_{standard}$ (a, Abb. 2).

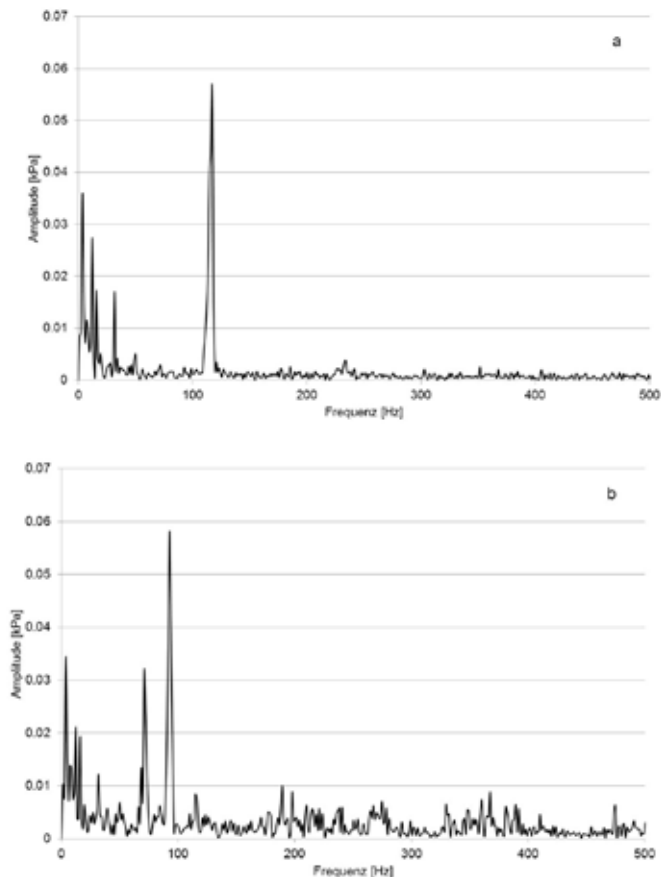


Abb. 2: Fourier-Transformation des Vakuums, gemessen in der Nähe des Regelventils mit zwei Luftdurchflüssen der Vakuumpumpe (a: 1.000 l/min; b: 2.000 l/min) und einem strömungstechnisch ungünstig montierten Regelventil (V3)

Fig. 2: Fourier transform for vacuum measured near the vacuum regulator at two vacuum pump capacities (a: 1.000 l/min; b: 2.000 l/min) and with a fluidically unfavourable installed vacuum regulator (V3)

4 Diskussion

Die Schwankungen des Vakuums in der Hauptluftleitung zeigten in allen Installationsvarianten sowohl mit DFL_{standard} als auch mit DFL_{hoch} allgemein kleine Bandbreiten. Diese entsprachen den Werten von Nosal et al. (2004), welche nach den Installationsoptimierungen der untersuchten Melkanlage in der Luftleitung gemessen wurden.

Die experimentelle Melkanlage wurde nach den empfohlenen Maßnahmen von Nosal et al. (2004) installiert. Dabei war die Hauptluftleitung mit einer Gesamtlänge von 14 m relativ kurz und wurde mit wenigen Krümmern und T-Stücken versehen. Zudem

war der Innendurchmesser der Hauptluftleitung mit 69 mm deutlich größer als der in DIN ISO 5707 empfohlene Mindest-Luftleitungsdurchmesser. Unter Berücksichtigung eines maximal tolerierbaren, konstruktionsbedingten Druckabfalls von 3 kPa zwischen der Vakuumpumpe und dem Milchabscheider hätte ein Durchmesser von 40 mm bzw. 53 mm für DFL_{standard} bzw. DFL_{hoch} gereicht. Deshalb entstanden durch das größere Volumen in der Luftleitung keine zu starken Turbulenzen.

In Bezug auf die Vakuumstabilität spielte die Lage des Regelventils auf der Hauptluftleitung unabhängig von der Durchflussleistung der Vakuumpumpe keine Rolle. Vorausgesetzt es ist strömungstechnisch optimal montiert.

Dies war in der Installationsvariante 3 nicht der Fall. Die zwei Richtungsänderungen sowie der reduzierte Querschnitt des Verbindungsstücks zwischen Regelventil und Hauptluftleitung verursachten mit DFL_{hoch} eine größere maximale Bandbreite. Das wiederum spiegelte sich in der Amplitude und Frequenz der Schwingungen wider. Dieses Ergebnis zeigte die Bedeutung der Montage des Regelventils für die Vakuumstabilität in den Luftleitungen. Wie oben erwähnt, waren die restlichen Bauteile der experimentellen Melkanlage strömungstechnisch bereits optimiert montiert worden. Es ist daher anzunehmen, dass in Melkanlagen mit einer längeren Hauptluftleitung und mehr Krümmern und T-Stücken, deutlich stärkere Schwingungen entstehen könnten. Folglich würden Lärm und Vibrationen im Melkstand zunehmen.

Blümel et al. (2014) zeigten, dass der Milchabscheider als Behälter die Vakuumschwankungen dämpft und somit eine kleinere Bandbreite aufweist als in der Luftleitung. Dies war in diesem Experiment nicht der Fall. Besonders hervorzuheben war die kleinere Bandbreite im Milchabscheider bei allen Installationsvarianten und Durchflussleistungen der Vakuumpumpe. Dieser übertrug die Vakuumschwankungen nicht im Milchsystem.

Zusammenfassend wies diese Untersuchung auf, dass eine Vakuumpumpe mit einer deutlich höheren Durchflussleistung als die Mindestempfehlung der DIN ISO 5707 eingebaut werden kann. Die Bedingungen sind ein hinreichend großer Innendurchmesser der Hauptluftleitung sowie ein mit minimierten Reibungsverlusten installiertes Regelventil.

Literatur

- Blümel, F.; Savary, P.; Schick, M. (2014): Effect of installation modifications on vacuum stability in milking machines. Proceedings International Conference of Agricultural Engineering (AgEng), Zürich
- DIN ISO 5707 (2007): Melkanlagen – Konstruktion und Leistung. Dritte Edition 2007-02-15
- Gygax, L.; Nosal, D. (2006): Contribution of vibration and noise during milking to the somatic cell count of milk. J. Dairy Sci. 89, 2499-2502
- Kauke, M.; Savary, P. (2010): Lärm und Vibrationen im Melkstand – Auswirkungen auf das Tier. Agrarforschung Schweiz 1 (3), 96-101
- Nosal, D.; Rutishauser, R.; Bilgery, E.; Oertle, A. (2004): Lärm und Vibrationen als Stressfaktoren beim Melken. FAT-Berichte Nr. 625 (heute ART-Berichte), Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen

Entwicklung eines Milchmengenmessgeräts für kleine Milchflüsse

Development of a milk meter for small milk flows

ULRICH STRÖBEL¹, SARAH JAHN¹, ANDREAS SCHIMMANG², STEFFEN MANIG²,
JÜRGEN BRUNDISCH², MARIE KEMPA¹, CHRISTIAN AMMON¹

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abt. Technik i.d. Tierhaltung,
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; ustroebe@atb-potsdam.de

² Impulsa AG, An den Kanitzen 30, 04910 Elsterwerda

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie war es das Ziel, ein neues Milchmengenmessgerät zu entwickeln, bei dem der Milchfluss pro Euterviertel mit neuester Sensorik und mit einem zuverlässigen Messprinzip gemessen und elektronisch aufgezeichnet wird. Das Kipp-schalenmessprinzip wurde für diesen Zweck weiterentwickelt. Nach Durchführung einer umfangreichen Testreihe zur Gerätefunktion und Nutzung der Messwerte beschreiben die Entwickler in der vorliegenden Studie den während der Versuche genutzten Prototyp des neuen Messgeräts. In Anlehnung an den ICAR(International Committee on Animal Recording)-Labortest für Milchmengenmessgeräte erfolgte genannte Testreihe. Der hier vorgestellte Prototyp kann Milchflüsse von 0 bis 3 kg/min bestimmen und verarbeiten. Bei einem Eichwert der Kippschale von ca. 20 g (im Median) und fünf Wiederholungen lag die Standardabweichung der fünf Messungen bei allen getesteten Milchflüssen unter 0,26 g. Damit ist eine gute Reproduzierbarkeit aller bisherigen Messergebnisse gegeben.

Summary

To develop a new milk-meter for small milk flows, in which milk flow per udder quarter is determined, via a reliable measuring principle and the latest sensor technology, was the aim of the current study. To this purpose, the tilt-tray measuring principle was used. For the mentioned purpose of technical improvement, the developers could produce a new milk-meter prototype in this study. With the last prototype many individual tests were undertaken, to carry out afterwards an extensive test series on the function and use of measured values. This study conducted resembles the ICAR (International Committee on Animal Recording) laboratory test for milk-quantity measuring devices. The prototype introduced here can determine and process milk flows of 0 to 3 kg/min. The reproducibility of the measurement results was convincing the authors and the standard deviation per tilt lays under 0,26 g, when the amount of milk per tilt in median lays at 20 g.

1 Einführung

Die Melktechnik stellt eine wichtige Techniksparte im Bereich der Verfahrenstechnik der Nutztierhaltung dar. Elektronische Messsysteme sind eine der wichtigsten Schlüsseltechnologien zur weiteren Automatisierung in der zukünftigen Nutztierhaltung (Brehme et al., 2008).

Hamann (1987) und andere Autoren stellen fest, dass das Zitzengewebe an der Zitzen Spitze (und auch der Strichkanal) gesund und sauber gehalten werden müssen und Veränderungen der Zitzen häufig durch mechanische Kräfte, zum Beispiel durch die reibenden Auf- und Ab-Bewegungen des Zitzengummis, an den Zitzenspitzen herbeigeführt werden. Das Ausmaß der Kräfte hängt dabei in der Regel vom Puls- und Melkvakuum ab (Ebendorf und Ziesack, 1991; Rasmussen, 1993). Darüber hinaus sind die Größe der Kräfte und die Wirkung auf die Zitze stark von der Zeitdauer, über welche die Zitze mit dem Melkbecher verbunden ist, abhängig. Die Erzeugung und Nutzung von viertelindividuellen Milchflussdaten, z.B. zur viertelindividuellen Melkbecherabnahme, kann die benannte Zeitdauer wesentlich verkürzen.

Laut Besier et al. (2016) sollte das Vakuum am Sammelstück, am kurzen Milchschlauch bzw. am Schauglas einer Melkmaschine während des Spitzenmilchflusses innerhalb eines Bereichs von 32–42 kPa bleiben, um ein schnelles, vollständiges und schonendes Melken zu gewährleisten.

In diesem Zusammenhang erwähnt schon Daßler (2007) die Notwendigkeit der Milchflussmessung zur Überprüfung der Tiergesundheit. Er stellt heraus, dass innovative Melktechnik einen Einfluss auf gängige Milchflussparameter hat und so zur Beurteilung der Eutergesundheit beitragen kann. Im Rahmen einer viertelindividuellen Milchflussmessung kann dementsprechend noch genauer auf eventuelle Abweichungen der Milchflussparameter reagiert und so die Gesundheit der Tiere sichergestellt werden.

Deshalb wird in der folgenden Studie ein neuer Prototyp für ein Milchmengenmessgerät vorgestellt, welcher Milchflüsse mit geringem Messfehler und einer hohen Aufzeichnungsrate pro Euterviertel mittels eines soliden physikalischen Messprinzips messen und elektronisch verarbeiten kann (Ströbel et al., 2017). Dieses neue Messgerät stellt eine wichtige Grundlage zur viertelindividuellen Behandlung der einzelnen Euterviertel beim Melkprozess dar. Im Folgenden werden die wichtigsten Versuche und Messergebnisse dargestellt, die mit dem neuen Prototyp des Milchmengenmessgerätes bisher erzielt wurden. Das Ziel war es, die Funktionsfähigkeit des neuen Gerätes zu überprüfen (Ströbel et al., 2017).

2 Material und Methoden

Mit Hilfe der Nassmessmethode (ISO 6690, 2007) wurde die Funktionalität der letzten Prototypen (Abb. 1) eines viertelindividuellen Milchmengenmessgerätes (ViMi) bei verschiedenen Durchflussraten, Anlagenvakuumwerten und Lufteinlassmengen intensiver getestet. Es wurden dabei eine schmale und eine breite Kippschale verwendet. Die Versuchsergebnisse dienen der Nutzung zur weiteren technischen Optimierung der Prototypen aus Abbildung 1 (Ströbel et al., 2017).

Drei Versuchsreihen wurden zur Ermittlung der Messgenauigkeit des ViMi unter Verwendung der Nassmessmethode (ISO 6690, 2007) durchgeführt (Ströbel et al., 2017):

Versuchsreihe „Durchfluss“: Der Durchfluss pro Euterviertel wurde unter Verwendung von Wasser zwischen 0,25 und 3,0 kg/min in 0,25-kg-Schritten variiert. Die gesamte Durchflussmenge am ViMi wurde nach einer dreiminütigen Messung pro Einstellung in einer Milchkanne gesammelt (= wahre Durchflussmenge), pro Einstellung und Wiederholung jeweils mit einer geeichten Waage ermittelt und mit der gesamten Durchflussmenge verglichen. Es wurden jeweils 5 Wiederholungen pro Einstellung vorgenommen. Das Anlagenvakuum bei dieser Versuchsreihe betrug 30 und 40 kPa mit einem Lufteinlass von konstant 2 l/min pro Euterviertel (Ströbel et al., 2017).

In einer weiteren Versuchsreihe „Lufteinlass“ wurde der Lufteinlass von 0,1 bis 5 l/min pro Euterviertel (in etwa 1-Liter-Schritten) variiert. Dabei wurde pro Einstellung ebenfalls der Vergleich der am ViMi angezeigten Milchmenge gegen die wahre Milchmenge in der Milchkanne vorgenommen. Das Anlagenvakuum und der eingestellte Durchfluss



Abb. 1: Aktuelle ViMi-Prototypen (Stand: 04/2016): Breite (links) und schmale Kippschale (Mitte), Foto der schmalen Kippschale, eingebaut im aktuellen ViMi-Prototyp (rechts) (© Impulsa AG Elsterwerda)
 Fig. 1: Current ViMi-prototypes (Status: 04/2016): wide (left) and narrow tilting bowl (middle) and on the right picture of the narrow tilting bowl incorporated into the current ViMi-prototype (© Impulsa AG Elsterwerda)

waren hierbei konstant (50 kPa und 1,5 kg/min). Es erfolgten ebenfalls 5 Wiederholungen für jede Messreihe (Ströbel et al., 2017).

In einer dritten Versuchsreihe „Anlagenvakuum“ wurde das Anlagenvakuum mit den Werten 30, 35, 40 und 50 kPa variiert, während der Durchfluss und der Lufteinlass mit 1,5 kg/min und 2 l/min jeweils pro Euterviertel konstant gehalten wurde. Die übrigen Versuchseinstellungen bei Lufteinlass und Anlagenvakuum waren analog zur Versuchsreihe „Durchfluss“ (Ströbel et al., 2017).

Darüber hinaus wurde die Funktion des aktuellen ViMi-Prototyps (Abb. 1) in Bezug auf Vakuumabfall und den maximal möglichen Durchfluss getestet. Die Bewertung der technischen Funktion von ViMi für den maximal möglichen Durchfluss erfolgte rein visuell (Ströbel et al., 2017).

Nach gegenwärtigem ICAR-Standard (International Committee for Animal Recording, Hauptsitz in Rom, Italien) für Vierteltergeräte darf der Vakuumabfall eines Milchmengenmessgerätes maximal 5 kPa bei einem Lufteinlass von 3 l/min und bei einem Durchfluss von 1,25 kg/min – jeweils pro Euterviertel angegeben – betragen. Dabei muss das Anlagenvakuum der Melkanlage 50 kPa betragen. Ein Standard zur Überprüfung und Zertifizierung von viertelindividuellen Milchmengenmessgeräten ist auf der ICAR*-Homepage jedoch derzeit nicht veröffentlicht. Deshalb wurden die bisherigen Kriterien für Geräte herangezogen, welche am gesamten Euter messen und logisch an die durchgeführte Untersuchung angepasst (Ströbel et al., 2017).

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei den Versuchen zum maximal erlaubten Vakuumabfall wurden am Gerät mit der schmalen Kippschale (Abb. 1) unter den zuvor genannten Anforderungen Vakuumabfälle zwischen 0,25 und 0,5 kPa gemessen (Abb. 2). Bei höheren Durchflussmengen als vorgegeben stieg der Vakuumabfall bis ca. 1,5 kPa an. Diese Messungen wurden dreimal wiederholt. Die Schwankung der Einzelwerte lag bei ca. 0,1 kPa um den Median. Die Messungen wurden für die Anlagenvakua von 30, 35 und 40 kPa wiederholt, wobei die Vakuumabfallergebnisse bei einem Durchfluss von 1,25 kg/min ebenfalls zwischen 0,25 und 0,5 kPa lagen. Weitere Details zu dieser Untersuchung sind in Abbildung 2 dargestellt (Ströbel et al., 2017).

Bei den Versuchen zum maximal möglichen Durchfluss am ViMi (Abb. 1) konnte festgestellt werden, dass ein Durchfluss von 3,0 kg/min ohne grundsätzliche Funktionsprobleme mit der schmalen Kippschale bewältigt werden kann, wobei sich der Eichwert pro Kippung (rechnerischer Massewert der geförderten Fluidmenge pro Kippung) mit steigendem Durchfluss etwas erhöht hat (Ströbel et al., 2017).

In Bezug auf die Messgenauigkeit wurde festgestellt, dass eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bei jeweils gleichem Durchfluss mit Standardabweichungen kleiner 0,26 g pro Kippung erreicht wurde, allerdings variiert der durchschnittliche Eichwert pro Kippung zwischen 16 und 22 g. Damit ist eine (voraussichtlich lineare) Abhängigkeit des Messwertes pro Kippung vom jeweils eingestellten Durchflusswert

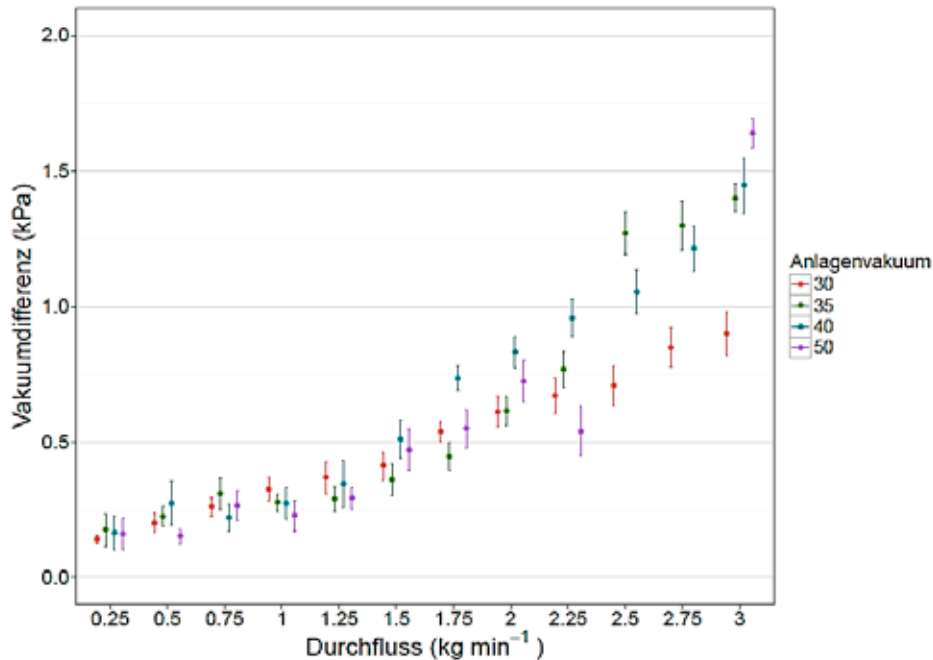


Abb. 2: Ermittlung des Vakuumabfalles an einem ViMi-Prototypen mit schmaler Kippschale aus Abbildung 1 (© ATB Potsdam)

Fig. 2: Determination of the vacuum drop on a ViMi-prototype with narrow tilting bowl from Figure 1 (© ATB Potsdam)

festgestellt worden. Wobei es bisher so scheint, dass nur bei sehr hohen Durchflussraten pro Euterviertel eine elektronische Messwertkorrektur vorgenommen werden muss (Ströbel et al., 2017). Bezüglich der Messgenauigkeit in Abhängigkeit vom Lufteinlass und Anlagenvakuum wurde festgestellt, dass ViMi gleichbleibende Messwerte pro Kippung bei variierendem Lufteinlass (über 1 l/min) und Anlagenvakuum in Verbindung mit konstantem Durchfluss erzeugt. Dies bedeutet, dass ViMi unter den getesteten Einstellungen zuverlässig die gesamte Durchflussmenge pro Melkung und Viertel (das Viertelgemelk) misst. Genanntes erfolgt also unabhängig davon, wie Anlagenvakuum und Lufteinlass z. B. von Landwirten, Beratern oder Servicekräften an der Melkanlage verändert werden, was äußerst günstig für die zukünftige, wartungsarme und dauerhaft-exakte Funktion des Gerätes ist (Ströbel et al., 2017).

Aus den gewonnenen Messergebnissen resultiert, dass ein erneuter Prototyp gebaut werden soll, bei dem die Abhängigkeit der Messgenauigkeit von der vorkommenden Durchflussmenge (später vom Momentan-Milchfluss) weiter reduziert werden soll. Dieser dann weiter optimierte Prototyp soll sich durch eine strömungsgünstige Milcheinleitung mit Beruhigungszone und eine bessere Separation von Milch und Luft auszeichnen (Ströbel et al., 2017). Somit kann das zuvor genannte Ziel erreicht werden. Weiterhin wird im zukünftigen Prototyp eine neuartige Kippschale einen günstigeren

Masseschwerpunkt als bisher aufweisen. Dadurch soll das Messgerät stabiler auf fehlgeleitete Luftströme sowie vorkommende Fluidwellen in der Kippschale reagieren. Durch ein innovatives elektronisches Messsystem kann der Kippwinkel, den die Kippschale über die Zeit vollzieht, und damit auch die Winkelgeschwindigkeit der Kippschalenachse jederzeit abgelesen, gespeichert und elektronisch verarbeitet werden (Ströbel et al., 2017).

Die Autoren der vorliegenden Studie prognostizieren, dass nach der Weiterentwicklung eines verbesserten ViMi-Prototypen als auch nach der Ermittlung der Korrekturalgorithmen für das neue Design die Markteinführung eines ViMi in wenigen Jahren realistisch ist. Dies ermöglicht, dass die Melksysteme der Zukunft individuell nach euterviertelbezogenem Milchfluss, Optimierungen der viertelindividuellen Melkeinstellungen, z.B. Pulsverhältnis und Viertelvakuum, sowie die viertelweise Melkbecherabnahme vornehmen können (Ströbel et al., 2017).

Letztendlich kann die Verwendung der viertelindividuellen Milchflussdaten zur Steuerung von Aktoren an einer Melkanlage kostensenkend eingesetzt werden. Darüber hinaus ermöglichen diese Milchflussdaten pro Euterviertel voraussichtlich eine bessere Diagnose von Eutererkrankungen. Zuletzt genanntes dient dem Schutze des Tierwohls und der Verringerung des Medikamenteneinsatzes bei der Milchgewinnung. Somit kann die neue Technik Vorteile für Landwirte, Verbraucher und Melktechnikhersteller gleichermaßen bieten (Ströbel et al., 2017).

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung lagen darin, dass eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse für die Durchflussmenge bei gleichbleibenden Durchflusswerten erreicht werden konnte (Ströbel et al., 2017). Die Standardabweichungen lagen hierbei für alle Messungen bei weniger als 0,26 g, wobei der anvisierte Eichwert der Kippschale um 16 bis 22 g lag. Weiter wurde festgestellt, dass eine Abhängigkeit der Messergebnisse vom Durchfluss besteht. Der Einfluss des Anlagenvakuums und Lufteinlasses auf die Messergebnisse war hingegen vernachlässigbar. Nach derzeitigem Untersuchungsstand kann davon ausgegangen werden, dass ein mathematischer Korrekturalgorithmus für Durchflusswerte nur für sehr hohe Durchflüsse über etwa 1,5 kg/min benötigt wird. Solche hohen Durchflüsse kommen beim Rind pro Euterviertel nur selten vor. Dies wird durch ATB-eigene Messwerte aus einem Praxisbetrieb belegt (Ströbel et al., 2017). Eine zukünftige Markteinführung des ViMi erscheint somit äußerst realistisch.

Literatur

Die vollständige Literaturliste ist beim Hauptautor erhältlich.

Überwachung der Eutergesundheit im automatischen Melkkarussell DeLaval AMR™ durch die Anwendung eines speziellen Mastitis-Erkennungsindex (MDi)

Detection of udder health disorders by using a specialized index (MDi) in the DeLaval Automatic Milking Rotary AMR™

MARTIN WIEDEMANN¹, MIRIAM WEBER²

¹ DeLaval GmbH, Wilhelm-Bergner-Str. 5, 21509 Glinde; martin.wiedemann@delaval.com

² TU München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

Zusammenfassung

Ziel der Feldvalidierung war es, eine frühzeitigen Erkennung von Mastitiserkrankungen in automatischen Melkssystemen durch die Anwendung eines speziellen Mastitis-Erkennungsindex, dem sogenannten MDi, zu realisieren. In einem Zeitraum von 53 Tagen wurden 383 Kühe anhand folgender Parameter überprüft: visuelle Bewertung des Vorgemelks, viertelindividueller California Mastitis Test (CMT) in Kombination mit einer bakteriologischen Untersuchung des Milchsekrets auf Viertelebene bei CMT-auffälligen Kühen und dem somatischen Zellgehalt des Gesamtemelks. Die aktuellen Ergebnisse der genannten Tests zur Klassifizierung der Eutergesundheitsstatus wurden auf die drei vorhergehenden und die drei darauffolgenden Tage übertragen. Der gesamte Datensatz erlaubt eine Evaluierung der MDi-Erkennungsrate anhand verschiedener Gold Standards, wie z.B. den Testergebnissen aus CMT- und Vorgemelksanalyse.

Dabei zeigten 216 Kühe während der gesamten Versuchsphase keine Anzeichen von Eutergesundheitsstörungen (< 100.000 Zellen/ml). Wiederum 126 Kühe wiesen mindestens bei einer Beprobung einen erhöhten somatischen Zellgehalt (> 200.000 Zellen/ml) oder ein positives bakteriologisches Untersuchungsergebnis auf.

Die Analyse des Gesamtdatensatzes zeigte, dass 81 % der Melkungen von Kühen ohne Eutergesundheitsstörungen (< 100.000 Zellen/ml) in MDi-Werten < 1,3 Punkten resultierten. Dahingegen wiesen 71,5 % der Melkungen von Kühen mit akuten Eutergesundheitsstörungen (> 500.000 Zellen/ml) MDi-Werte von > 1,3 Punkten auf. Kühe, welche während der Testperiode keine Abnormalitäten in der Milchsekretion zeigten, hatten einen MDi auf einem Level von < 1,2 ohne nennenswerte Abweichungen.

Zusätzlich wurde die viertelindividuelle Milchmenge gemessen. Zur Überprüfung der Genauigkeit des Modells „MDi in Kombination mit viertelindividueller Milchmenge“ wurde für den Datensatz das Verfahren des diagnostischen Tests, mit Berechnung der Validitätsmaße Sensitivität und Spezifität, angewendet. Um Kühe mit mehr als 500.000 Zellen/ml zu detektieren, wurde die Kombination bestehend aus dem MDi-3M (> 1,3) und einer viertelindividuellen Milchmenge von < 93 % gewählt, welche eine Sensitivität von 50 % und eine Spezifität von 90 % erzielen konnte.

Summary

The aim of the field validation was to realize an early detection of udder health disorders in automatic milking systems by using a specialized Mastitis Detection index, called MDi.

Over a period of 53 days the 383 cows were sampled and tested on the following parameters once per week: foremilk-evaluation, California Mastitis Test (CMT) combined with bacteriological sampling on teat-level and somatic cell count (SCC) on udder-level. For the following tests the classification of udder-health-status from testing days have been transferred to the current day, as well as on the three previous and three following days. The collected dataset allows that an evaluation of the MDi-detection-rate could be done on different Gold Standards, e.g. on CMT-/foremilk test results.

216 cows didn't show any signs of udder-health-disorders during the whole period (< 100,000 cells/ml). On the other hand, 126 cows showed up at least during one sampling an elevated SCC (> 200,000 cells/ml) or positive bacteriological findings. The results of the analysis of collected data show that 81 % of the milkings of cows with no udder-health-disorders (<100,000 cells/ml) resulted in an MDi-value less 1.3 points, while 71.5 % of the milkings of cows with severe udder-health-disorders (> 500,000 cells/ml) showed an MDi-value of >1.3 points. For cows those have not shown any abnormalities in milk secretion during the test-period, the values of MDi are constantly on a level of < 1.2 without nearly any deviation. Additionally, the quarter-individual milk yield was recorded. To test the accuracy of the model "MDi in combination with quarter-individual milk yield" the dataset was tested by using the diagnostic test with calculation of sensitivity and specificity. The best combination of MDi-3M (> 1.3) and quarter-individual milk yield (< 93 %) achieved a sensitivity of 50 % and a specificity of 90 % to detect cows with SCC > 500,000 cells/ml.

1 Einleitung

Mastitis wird derzeit als die kostenintensivste und herausforderndste Erkrankung in der Milchviehhaltung gewertet (Dadpasand, 2012). Kosten entstehen sowohl durch Verluste in Form von reduzierten Milchmengen und abgehenden Tieren als auch durch präventives Mastitismanagement (Nielsen, 2009). Besonders in größeren Beständen mit vollautomatisierten Melksystemen ist die frühzeitige Erkennung von Eutergesundheitsstörungen zur Aufrechterhaltung der Tiergesundheit und zur Minimierung finanzieller Einbußen entscheidend. Die „Nicht-Anwesenheit“ eines Melkers zur Vorgemelkskontrolle und die damit ausbleibende Einstufung der Eutergesundheit einer Kuh in gesund oder krank, setzt demnach zuverlässige Sensorsysteme in den jeweiligen Melksystemen voraus. Mit Hilfe dieser sollten Störungen der Milchsekretion bereits frühzeitig und vor Auftreten klinischer Symptome, wie beispielsweise der Veränderung der Milchfarbe oder Flocken, detektiert werden. Die Firma DeLaval verwendet in ihren automatischen Melksystemen (VMS; AMR) den sogenannten Mastitis Detection index (MDi) und eine exakte Milch-

mengenerfassung auf Viertelebene (ICAR-anerkannt). Ziel dieser Untersuchung war es, den, seit längerer Zeit auf dem VMS genutzten, MDi auch unter den Bedingungen des vollautomatischen Melkkarussells AMR zu testen.

2 Tiere, Material und Methode

Die Datenerhebung erfolgte auf einem Betrieb mit ~ 380 melkenden Kühen während der Sommerperiode 2016 (Herdenleistung: Ø 34 kg Milch/Tag). Die Tiere wurden zwei Mal täglich gemolken. Es handelte sich um einen 53-tägigen Versuchszeitraum von Ende Juni bis Mitte August. Während dieser Zeit wurden insgesamt 383 Kühe beprobt. Nach Sichtung der Daten standen 342 Kühe mit insgesamt 30.756 Datensätzen für die nachfolgenden Evaluierungen zur Verfügung. Die Kühe wurden einmal pro Woche beprobt. In der Melkzeit der jeweiligen Beprobung wurden die Roboter deaktiviert und die Melkbecher nach erfolgter Vorgemelksprobe manuell angesetzt. Die Vorgemelksprobe bestand darin, die Milch sowohl auf Veränderungen in Farbe und Konsistenz als auch mittels eines standardisierten Schalmtests (CMT) zu überprüfen. Bei einer positiven Reaktion der Milch eines Viertels im Schalmtest ($CMT \geq 1$) wurden anschließend alle vier Viertel bakteriologisch untersucht. Zudem wurde bei der Beprobung bei jedem Tier eine Gesamtgemelksprobe mithilfe der True-Tester gewonnen, um diese im Labor auf den somatischen Zellgehalt (SCC) zu testen. Basierend auf den oben genannten Beprobungsmethoden und deren Ergebnissen, wurden die Melkungen in „Eutergesundheitsklassen“ von 1–5 und 11–15 eingeteilt (Tab. 1).

Tab. 1: Einteilung der Gemelke in Eutergesundheitsklassen (UHC)
Tab. 1: Grouping of milkings in different udder health classes (UHC)

Somatischer Zellgehalt (SCC) im Gesamtgemelk [Zellen/ml]	Bakteriologischer Befund auf Viertelebene negativ	Bakteriologischer Befund auf Viertelebene positiv
< 100.000	1	11
100.000–200.000	2	12
200.000–500.000	3	13
500.000–1.000.000	4	14
> 1.000.000	5	15

Zur weiteren Auswertung wurde die Klassifizierung der Eutergesundheit am jeweiligen Beprobungstag sowohl auf die jeweiligen sechs vorherigen Melkungen als auch auf die sieben nachfolgenden Melkungen projiziert. Zudem wurden für einige Auswertungen die Eutergesundheitsklassen in Zellzahlklassen (SCC I bis SCC III), basierend auf dem somatischen Zellgehalt, zusammengefasst (Tab. 2).

Die Berechnung der deskriptiven Statistik erfolgte mit der PROC MEANS. Die Varianzanalyse mit Mittelwertsvergleichen wurde mit der PROC MIXED und der darin ent-

haltenen „repeated measure analysis“ und dem Least Significance Difference Test (LSD) durchgeführt. Das Einzeltier ging als Wiederholung in das Model ein.

Tab. 2: Einteilung der Gemelke in Zellzahlklassen auf SCC-Basis

Tab. 2: Grouping of milkings in classes based on somatic cell count (SCC) in composite milk

Zellzahlklassen	Somatischer Zellgehalt (SCC) im Gesamtgemelk [Zellen/ml]	Inkludierte Eutergesundheitsklassen	Anzahl der Beobachtungen
SCC I	< 100.000	1 und 11	21.861
SCC II	100.000–500.000	2–3 und 12–13	6.651
SCC III	> 500.000	4–5 und 14–15	2.244

3 Ergebnisse

Die Auswertungen anhand des Mittelwertsvergleichs der MDi-Werte in den einzelnen Eutergesundheitsklassen verdeutlichten, dass zwischen den Mittelwerten ein hoch signifikanter Unterschied bestand, wohingegen ausschließlich zwischen den Klassen 5 und 14 kein signifikanter Unterschied zu verzeichnen war (Abb. 1). 81 % aller Melkungen, bei denen der Zellgehalt < 100.000 Zellen/ml lag, wiesen einen MDi-Wert von $\leq 1,3$ Punkten auf (Abb. 2). Im Gegensatz dazu wurden bei 71,5 % aller Melkungen mit einem SCC > 500.000 Zellen/ml (SCC III) ein MDi-Wert von > 1,3 Punkten vom System errechnet. 33 % aller Melkungen in der SCC III wiesen dennoch einen MDi-Wert von mehr als 1,7 Punkten auf. Aufgrund der statistischen Auswertungen ergeben sich folgende Grenzwerte für eine Alarmierung basierend auf den MDi-Werten:

MDi-3M (rollender Mittelwert der letzten 3 Melkungen) $\geq 1,3$

Im diagnostischen Test wurden folgende Validitätsmaße errechnet: Sensitivität = 33 %, Spezifität = 88 %.

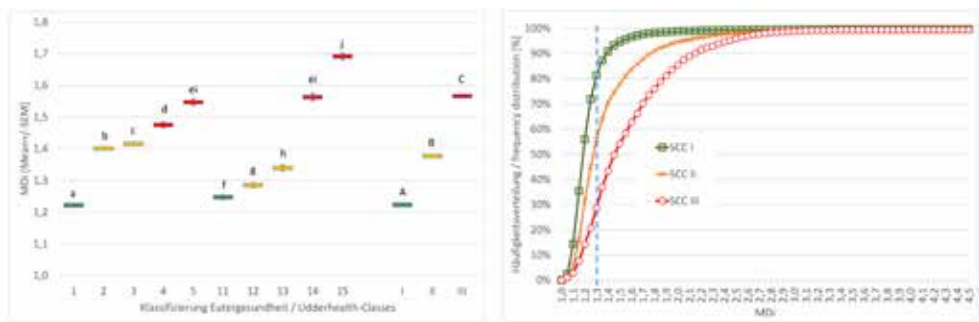


Abb. 1 und 2: Links: MDi-Werte in Abhängigkeit von der Eutergesundheits-Klassifizierung (Means+/-SEM); a-j und A, B, C: Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich hoch signifikant ($P < 0,01$); rechts: Häufigkeitsverteilung der MDi-Werte in Abhängigkeit der Zellzahl-Klassifizierung

Fig. 1 and 2: left: MDi-values in relationship to udder health classification (Means+/-SEM); a-j and A, B, C: means without a common letter are different ($P < 0.01$); right: frequency distribution of MDi-values in relationship to udder health classification

Obwohl die Abweichung der Milchmenge keine statistisch abzusichernden signifikanten Unterschiede in den verschiedenen Eutergesundheitsklassen aufweisen konnte, zeigte sich Folgendes in der praktischen Datenauswertung und -kombination:

Mastitis auffällige Kühe mit weniger als 200 Tagen in Milch (TIM) zeigten Abweichungen von mehr als 7 %, während Kühe mit mehr als 200 TIM Abweichungen von mehr als 10 % von der zu erwarteten viertelindividuellen Milchmenge aufwiesen.

Zur Präzision der Vorhersagegenauigkeit wurde folgendes Modell konzipiert, bei welchem nachfolgende Kriterien zu erfüllen sind:

1. MDi-3M überschreitet den Wert 1,3 und die tatsächlich gemolkene viertelspezifische Milchmenge weist weniger als 93 % (90 %) der zu erwartenden, viertelspezifischen Milchmenge auf
oder
2. der MDi-3M einer Melkung überschreitet den Grenzwert von 1,7.

Bei diesem Modell werden immer die letzten drei Melkungen berücksichtigt. Wird eine der Bedingungen erfüllt, wird der entsprechenden Kuh eine Alarmierung zugewiesen. Der maximale Alarmcode liegt bei einem Wert von 3, was bedeutet, dass während der letzten drei Melkungen jeweils immer eine der beiden Bedingungen erfüllt worden ist. Ein Alarmcode 2 sagt aus, dass während der letzten drei Melkungen entweder zwei Mal das Kriterium 1 oder zwei Mal das Kriterium 2 oder einmal das Kriterium 1 und das Kriterium 2 erfüllt worden sind. Für die nachfolgenden Auswertungen wurde der „cut-off point“ für den Alarmcode 2 festgelegt.

In der Abbildung 3 ist der Verlauf der MDi-Werte von Kuh Nr. 536 (TIM 196-249) über den gesamten Versuchszeitraum von 53 Tagen dargestellt. Die Kuh fiel weder durch ein verändertes Milchsekret noch durch eine erhöhte Zellzahl oder einen positiven bakteriologischen Befund an den Beprobungstagen auf. Einen deutlichen Unterschied dazu stellt der Verlauf der Werte bei einer an Mastitis erkrankten Kuh, wie Nr. 77 (zu Beginn 168 TIM) dar (Abb. 4). Diese Kuh wies über den gesamten Versuchszeitraum einen erhöhten Zellgehalt (> 500.000 Zellen/ml) auf und wurde am 09.08. mit äskulin-negativen Streptokokken beprobt. Am 15.08. ist diese Kuh erstmalig durch ein verändertes Milchsekret im Vorgemelk in Form von Flocken aufgefallen.

Dieses Tier wäre demnach im Versuchszeitraum permanent auf der Alarmliste mit einem Alarm ≥ 2 erschienen, bereits lange bevor Auffälligkeiten im Vorgemelk zu verzeichnen gewesen sind.

Mit dem zuvor beschriebenen Modell konnten im diagnostischen Test folgende Ergebnisse errechnet werden, wobei der „cut-off point“ mit einem Alarmcode ≥ 2 gewählt wurde und alle Melkungen in der SCC III als auffällig eingestuft wurden: Sensitivität = 50 %, Spezifität = 90 %.

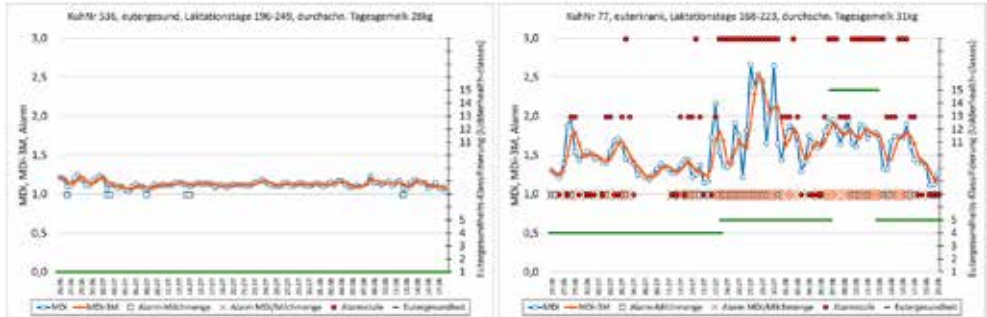


Abb. 3 und 4: Verlauf der MDi-Werte, der Eutergesundheitsklassifizierung und der Alarmcodes: links: eutergesunde Kuh 536 (TIM 196-249; durchgehend eutergesund, UHC=1); rechts: an Mastitis erkrankte Kuh 77 (TIM 168-223; permanent erhöhter Zellgehalt; bakteriologischer Befund positiv)
 Fig. 3 and 4: Values of MDi, udder health-class and alarm-codes: left: non-infected cow 536 (DIM 196-249; constant low SCC, no bacteriological findings); right: mastitis infected cow 77 (DIM 168-223; constant high SCC, positive bacteriological findings)

4 Schlussfolgerung

Die Untersuchung legt dar, dass eine Alarmkombination aus MDi und viertelindividueller Milchmenge nahezu alle Kühe mit Auffälligkeiten im Vorgemelk bereits vor dem Auftreten klinischer Symptome detektiert. Auch wenn eine veränderte Eutergesundheit durch die Überprüfung des Vorgemelkes nicht aufgefallen ist, hätten die eingesetzten Sensoren eine rechtzeitige Behandlung frühzeitig ermöglicht und dadurch mögliche Ausfälle minimiert. Die angestrebte Spezifitätsrate von 95 % konnte jedoch nicht erzielt werden, da bei einigen Kühen bereits eine Alarmierung vor dem Überschreiten des Grenzwerts von 500.000 Zellen/ml stattgefunden hat. Bei dem angewendeten Modell zur Berechnung der Validitätsmaße handelt es sich um ein biologisches Modell, weshalb es schwierig ist, starre Grenzwerte für den diagnostischen Test einzuhalten. Bei Änderung der Grenzwerte könnten höhere Sensitivitätsraten erzielt werden. Auch durch die Analyse der Kühe, welche Veränderungen im Vorgemelk zeigten oder behandelt wurden, konnte dies gezeigt werden.

Literatur

- Dadpasand, M., Zamiri, M.J., Atashi, H., Akhlaghi, A. (2012): Genetic relationship of conformation traits with average somatic cell score at 150 and 305 days in milk in Holstein cows of Iran. *Journal of Dairy Science*, 95, 7340-7345
- Nielsen, C. (2009): Economic Impact of Mastitis in Dairy Cows. Doctor Thesis, Swedish University of Agriculture, Uppsala

A cubicle based measurement system in a dairy barn for measuring methane production of cows

JOEP (H.J.M.) TUMMERS¹, PETER (P.W.G.) GROOT KOERKAMP^{1,2},
NICO (N.W.M.) OGINK²

¹ Wageningen University, Farm Technology Group, P.O. Box 16, 6700 AA, Wageningen, The Netherlands

² Wageningen Livestock Research, P.O. Box 135, 6700 AC, Wageningen, The Netherlands;
peter.grootkoerkamp@wur.nl

Summary

Livestock is responsible for 15 % of the total greenhouse gas production in the world; methane from the rumen dairy cattle is a major contributor to this. Cattle methane production is hereditary, and therefore breeding may reduce methane production. To enable a breeding programme a method is needed to measure the individual methane production (MP) of a high number of dairy cows under farm conditions. Wu et al. (2015a) designed a Cubicle Hood Sampler (CHS) to assess the MP of individual cows lying in a cubicle, which was tested under laboratory and field conditions with an Artificial Reference Cow (ARC). With this hood above a cubicle, all the breath air of the cow lying in the cubicle is captured and both the methane concentration (corrected for background) and airflow are measured. The aim of this project was to obtain levels of MP of individual cows in a practical cubicle house, and get insight into factors that can influence the performance of this CHS measurement method.

We analysed two weeks of video of cows in and around the cubicle with the CHS. MP per cow per visit to the cubicle with the CHS was calculated. We were able to identify six out of about 25 cows based on their body spot pattern. Besides, we recorded the head position of the cow in the cubicle, the presence of cows in the two adjacent cubicles and cows passing by the cubicle with CHS. GenStat procedures were used for statistical analyses.

The estimated MP varied between 160.7 and 264.9 g/d per cow. There is a very high variability in measured MP within lying periods; variability (c.o.v. in %) between measurement periods of the same animal was 23.3 %. The variability between animals is bigger and therefore more data will help to distinguish the level of MP between cows. The backward and sideward head position of the cow in the cubicle with CHS reduced the measured MP with respectively 135.2 and 37.2 g/day per cow. No effects were found from cows passing by; cows lying next to the CHS lowered the measured MP per cow per day, presumably caused by unobserved increases in background concentrations. Improvements in the CHS can be made with regard to the measurement of the background concentration, identification of cow head position, and the placement of additional flaps.

1 Introduction

Ruminants and especially dairy cows emit methane (CH_4) from their rumen. Livestock is contributing about 15 % of the total greenhouse gas production in the world; dairy cattle is a major contributor to this (Steinfeld et al., 2006). We can breed cows based on their CH_4 emissions (Cottle et al., 2011) and can, therefore, lower the total amount of greenhouse gases with this method. If we want to measure the CH_4 production (MP) of a cow, we do this in a so-called “respiration cell”. This method is not suitable for use under barn conditions. By far most of the CH_4 is released indirectly through the rumen of the cows; therefore, it is most interesting to measure at the head side of the cow (Murray et al., 1976). Currently, tracer gas methods and the GreenFeed system are generally used, but have various drawbacks and limitations. So, based on findings in Ogink et al. (2012) a cubicle hood sampler (CHS) for individual MP of dairy cows has been developed (Wu et al., 2015b; Fig. 1), and was tested under laboratory and barn conditions (Wu et al., 2015a) with an Artificial Reference Cow (ARC). The Cubicle Hood Sampler can be best compared to an exhaust hood that people use in the kitchen; it simply sucks the air out of the hood placed in front of a cubicle and determines the CH_4 flux (MF). In previous tests with the ARC the CHS received a very high recovery rate (Wu et al., 2015a), which means that 97.2 % of the released methane that was captured by the MF of the CHS. Ideally, we have a reliable and automated CHS sampler that works under barn conditions and measures the MP from real, individual, cows. The aim of this project was to obtain insight into factors that can influence the performance of the CHS: the head position of the cow, presence of cows in the surroundings (passing by and in neighbouring cubicles), and sources of variation (e.g. caused by background concentrations).

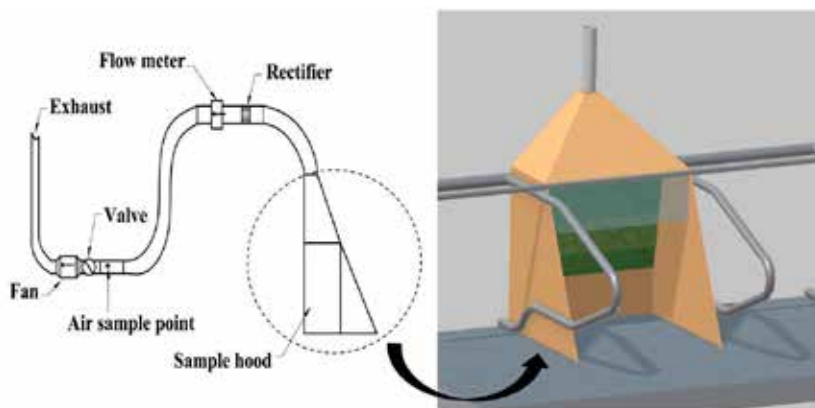


Fig. 1: On the left: schematic cross section of the Cubicle Hood Sampler (CHS) with all elements of the sampling system. On the right: 3D drawing of the hood of the CHS in a cubicle (Wu et al., 2015b). Background CH_4 concentrations was sampled at both sides of the cubicle.

2 Materials and Methods

An experiment with the CHS (one cubicle, Fig. 2) was carried out in the dairy accommodation of the WUR (Carus) with real cows from the 10th of January till the 3rd of March 2016. Cows frequently visited the cubicle with the CHS. CH₄ concentrations and air flows were measured and MF calculated. The cows (around 25 Holstein-Friesian) were housed in a free stall barn with cubicles, identified by their black and white spot patterns (revealing cow number), and normal production data was gathered.

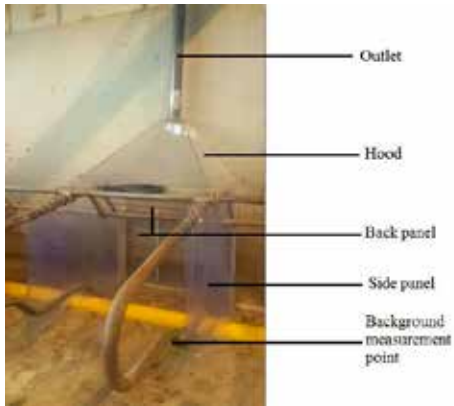


Fig. 2: Photo of the transparent Cubicle Hood Sampler (CHS) used during this research with names of all different parts (Buis, 2015)

Video recordings (intervals of 21 seconds) were taken with a colour video camera, processed, and cow visits to the cubicle with the CHS were listed in an MS Excel spreadsheet, together with data on the head position of the cow (to front, side or back), cows passing by and presence of cows lying next to the CHS (either left, right or both). This data was combined with data on CH₄ concentrations, MF and temperature and humidity of air. All together, we used a period of two weeks (after familiarising of the cows) with more than 20,000 measurements. The net CH₄ flux per measurement (every 21 second) was calculated by subtracting background concentrations from the CH₄ concentrations (ppm) in the air flow (m³/h) of the CHS, and finally expressed the MF in g/d per cow. The following model was used to analyse the effects:

$$Y_{ijkl} = x + Cow_i + Head_j + Next_k + Pas_l + \epsilon_{ijklm} \quad [g \text{ day}^{-1}]$$

$Y_{i,j,k,l}$ = CH₄ flux measured by the CHS

x = Intercept

Cow_i = Cow number i : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 99 (not identified cows)

$Head_j$ = Head position j : 1 (front), 2 (side), 3 (back)

$Next_k$ = Cow in cubicle next to CHS, k : 0 (none), 1 (left), 2 (right), 3 (left + right)

Pas_l = Cow passing by l : 0, 1

ϵ_{ijklm} = Error based on levels of i, j, k, l and m (repeated observation)

A first-order auto-regression between measurements was used to create independent measurements within cut-off lying bouts (periods) of 50 measurements. We used a REML variance components analysis in combination with the linear mixed model above. A one-way ANOVA was carried out to find the variability in CH₄ production within ani-

imals and between animals. All analyses were carried out with VSN Genstat 18th edition or IBM SPSS Statistics 22. Details of the methodology can be found in Tummers (2016).

3 Results

The cubicle with the CHS, the neighbouring left and right cubicle were occupied for 72 %, 33 % and 26 % of the time, respectively. This showed that cows were willing, and even preferred, to use the cubicle with the CHS (Buis, 2015). The cows in the cubicle had their head positioned forward, sideward and backward for 87 %, 6 % and 7 % of the time, respectively. So, by far most of the time the head position is ideal for high recovery rates by the CHS, being forward and thus under the CHS. Six cows regularly visited the CHS cubicle, and could be identified with high certainty, with 551 up to 1.880 number of valid measurements per cow. In total, we recorded 148 lying bouts with an average lying time of about one hour and 27 minutes. The mean CH₄ concentration for the outlet flow and the background air when a cow was present in the CHS, was 138.4 and 74.5 ppm, respectively.

The cow (identified by its number) and its head position had a significant effect on the measured MF (Tab. 1), whereas “cows next to the CHS” was almost significant and the effect for cows passing the CHS was far from significant. The mean CH₄ flux per cow varied between 230 and 335 g/d, whereas the sideward and backward head position reduced the measured MF with 37 and 135 g/d ($p < 0.05$, both and their difference), respectively. Presence of a cow left, right or at both sides of the CHS cubicle reduced the mean MF with 3, 14 and 37 g/d per cow; but only the last reduction was significant as compared to no cows or a cow at the left side (both $p < 0.05$).

Tab. 1: Results of the Analysis of Variance for effects of cow, head position, presence of cow next to the CHS, and cow passing by. The denominator degree of freedom (d.d.f) were reduced because of the autoregressive part in the model.

Fixed term	Wald statistic	d.f.	F statistic	d.d.f.	F pr
Cow (i)	14.20	6	2.37	123.2	0.034
Head (j)	118.98	2	59.49	3084.5	<0.001
Next (k)	7.29	3	2.43	1603.7	0.064
Pass (l)	0.01	1	0.01	4727.5	0.921

Table 2 shows the predicted MP for 6 cows (based on measured MF), ranging from 160.7 to 264.9 g/d. Note that these fluxes differ from the calculated mean fluxes per cow (230–353 g/d) in the Anova in Table 1. The flux of cow 4 and 6 was significantly different ($p < 0.05$), and cow 1 and 6 were weakly different from each other ($p < 0.10$); other means were not statistically different.

Tab. 2: Predicted mean methane production (g/d) for 6 different cows (number 1 to 11), and for all unidentified cows. See text for significance of differences.

Cow nr.	1	4	5	6	8	11	99
	264.9	245.4	160.7	166.8	197.8	200.7	159.7

Table 3 shows significantly increased background CH₄ concentrations when cows are at one or both sides lying in a cubicle. Their presence meant additional production of methane that also reached the sampling points for the background concentration at each side of the CHS cubicle. Consequently, calculated MF were lowered.

Tab. 3: Predicted mean background methane concentration (ppm) if no cow (0), at the left side (1), the right side (2), or at both sides (3) was presents. Concentration levels with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Next	0	1	2	3
	69.0 ¹	83.7 ²	88.0 ²	85.9 ²

Figure 3 shows the mean MF per cow per lying period. This flux is considered to be the net MP per cow. The coefficient of variation between lying periods in time varied from 9 to 26 % for the 6 cows. Table 4 shows that the variation in MP within cows was still too high within this limited data set, as compared to the between cow variation. More measurements per cow are needed to distinguish differences in MP between cows.

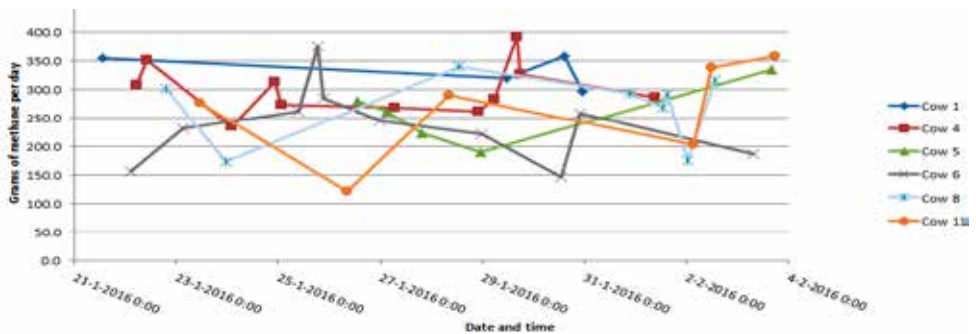


Fig. 3: Mean measured methane production of 6 cows during multiple lying periods (dot per lying period). Data points are connected for presentation purposes.

Tab. 4: ANOVA table for analysis of differences between lying periods

	Sum of squares	d.f.	Mean square	F	Sig.
Between cows	35,904	5	7,181	1.96	0.106
Within cows	142,743	39	3,660		
Total	178,648	44			

4 Discussion and conclusions

The head position of a cow significantly ($p > 0.05$) and substantially (37–135 g/d) affected the MF as a result of lost or non-recovered CH_4 by the CHS. We conclude that the head position should be directed forward for accurate assessment of the MP of a cow. Automatic detection of the head position is needed for future application.

Cows passing by at the back of the cubicle with a CHS had no influence on the measured MF, nor on the background concentration. However, cows lying next to the CHS lowered the measured MF, most probably resulting from the increased measured CH_4 background concentrations at the low positioned sampling points at both sides, which were not representative for all the barn air entering the CHS. More and evenly distributed sampling points along the inlet of the CHS are advised for future tests.

The high variation in the MF of a cow within a lying bout can best be averaged; the relatively high variation in MF between lying bouts (c.o.v. of 23.3 %) requires a higher, but as such achievable, number of measurements to be able to distinguish different levels of MP between cows. Tests with multiple CHS in a practical barn setting with automated cow identification are advised, which makes comparison of assessed MP to other methods possible.

References

- Buis, E. (2015): Evaluate a cubicle sampler for individual methane emissions of dairy cows by testing cows' behavior in relation to the sampler design. BSc thesis, Wageningen University
- Cottle, D.J., Nolan, J.V., Wiedemann, S.G. (2011): Ruminant enteric methane mitigation: a review. *Animal Production Science*, 51 (6), 491-514
- Murray, R.M., Bryant, A.M., Leng, R.A. (1976): Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. *British Journal of Nutrition*, 36 (01), 1-14
- Ogink, N.W.M., Crump, R.E., Haas, Y. de, Mosquera Losada, J., Bannink, A., Dijkstra, J. (2012): Individual methane recordings in dairy cattle. Lelystad, Wageningen UR Livestock Research
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. (2006): Livestock's long shadow. Environmental issues and options. 390 pages
- Tummers, H.J.M. (2016): Performance of a cubicle based measurement system in a dairy barn for measuring methane emissions - The effects of the head position and surrounding cows on the measurement results. BSc thesis, Wageningen University
- Wu, L., Groot Koerkamp, P.W.G., Ogink, N.W.M. (2015a): Design and test of an artificial reference cow to simulate methane release through exhalation. *Biosystems Engineering*, 136, 39-50
- Wu, L., Groot Koerkamp, P.W.G., Cnossen, C., Uijterlinde, C., Ogink, N.W.M. (2015b): Design and performance assessment of a methane flux measurement method for dairy cows in cubicles. Submitted for publication

A combined measuring and modelling approach to evaluate ammonia emission from dairy cow housing systems

Ein kombinierter Mess- und Modellierungsansatz zur Bewertung der Ammoniakemissionen von Milchviehlaufställen

DENNIS SNOEK^{1,2}, PETER GROOT KOERKAMP^{1,3}, NICO OGINK^{1,3}

¹ Farm Technology Group, Wageningen University, P.O. Box 16, 6700 AA, Wageningen, Netherlands

² Current affiliation: Agrifirm Innovation Centre, Landgoedlaan 20, 7325AW, Apeldoorn, Netherlands

³ Wageningen Livestock Research, P.O. Box 135, 6700 AC, Wageningen, Netherlands; nico.ogink@wur.nl

Summary

We explored the potential of a method to evaluate ammonia emission in dairy barns by measuring key variables in different barn housing systems, and compared their modelled emission rates. We performed a field survey in 16 dairy barns including 4 different housing systems: slatted floor with regular feed management, slatted floor with low N-excretion management, grooved floor and V-shaped asphalt floor. On each farm, we measured key variables in floor urine puddles: pH, T, N content, puddle depth and surface. Measured values of each group were applied in the ammonia prediction model for dairy barns. The predicted results show that high variability in N content and puddle volume values between barn groups are the most important factors in differences in ammonia emission. The approach is attractive in providing insight in different emission rates, although further validation against barn measurements is needed.

Zusammenfassung

Ziel dieser Forschung war es, das Potenzial einer Methode zur Bewertung der Ammoniakemission in Boxenlaufställen für Milchvieh durch die Messung von Schlüsselvariablen zu erforschen und ihre modellierten Emissionsraten zu vergleichen. Die Forschung wurde in 16 Stallanlagen durchgeführt, darunter 4 verschiedene Management- und Aufstallungssysteme: Spaltenboden mit konventionellem Futtermanagement, Spaltenboden mit niedrigem N-Ausscheidungsmanagement, fester Boden mit Austragsrinnen und V-förmiger Asphaltboden. Auf jedem Betrieb wurden die wichtigsten Variablen in den Boden-Urin-Pfützen gemessen: pH-Wert, T-, N-Gehalt, Pfützentiefe und Oberfläche. Gemessene Mittelwerte jeder Gruppe wurden im Ammoniak-Vorhersagemodell angewendet. Der Beitrag des Bodens zur jährlichen Ammoniakemission pro Milchkuh wurden berechnet. Die vorhergesagten Ergebnisse zeigen, dass eine hohe Variabilität in N-Gehalt- und Pfützenvolumenwerten innerhalb und zwischen Stallgruppen wichtige Faktoren sind. Der dargestellte Ansatz ist interessant in der Kombination von Vorhersage und Erklärung von Emissionen, obwohl eine weitere Validierung anhand von Stallmessungen erforderlich ist.

1 Introduction

In the late 1990s, the EU National Emission Ceiling (NEC) Directive set NH_3 emission ceilings in the EU for each member country, for the year 2010. From 1990 to 2013 the ammonia (NH_3) emission decreased EU-wide with 27 %, and the set targets were achieved by each member state (EEA, 2015). The European Commission (EC) proposed a new European Clean Air Programme with updated NH_3 emission ceilings for the year 2020 and beyond (EEA, 2015). The EC reported that agriculture still dominates the NH_3 emission, being responsible for 93 % of the ammonia emission in the EU-28 and that compared to other pollutants the NH_3 emissions did not decrease to the same extent since 1990. In the Netherlands, the NH_3 emission from dairy cow houses is one of the most important contributors (Velthof et al., 2012).

Mitigation measures based on low emission housing and management systems (LE-systems) are demanded to reduce ammonia emission from dairy cow barns. Because cows are housed in naturally ventilated (NV) barns, the evaluation of LE-systems is challenging. The limited accuracy of current measurement methods for NV barns (Calvet et al. 2013, Ogink et al., 2013) and the high variability in emission require extended, and consequently expensive, measurement efforts, as exemplified in the VERA-protocol (VERA, 2011). This underlines the need for improved evaluation methods.

A better understanding of critical parameters in floor and pit characteristics (for example pH, floor puddle volume, floor drainage capacity, air exchange of the pit, air velocity etc.) and their impact on barn emission could result in far more effective evaluation methods than currently provided by measuring full barn emissions. This requires:

- Improvement of the understanding of critical emission parameters.
- Measurement methods capable of quantifying critical parameters, like urine puddle pH, N-urea in fresh urine puddles and the size of urine puddle area and depth on barn floors.
- Availability and/or development of emission models that connect parameter measurements to full barn emission.

Recently new measurement methods have been developed for measuring urine puddle area, depth and pH of floor puddles in dairy barns (Snoek et al., 2015, 2016, 2017a, 2017b). This information enables a combined approach in which measured key variables of the ammonia emission process that are typical for specific housing systems are used as input variables in prediction models to quantify and compare ammonia emissions at barn level.

The aim of this research was to explore the potential of this approach by measuring key variables in different groups of dairy barn housing systems, and compare their modelled emission rates.

2 Material and Methods

We performed a field survey in 4 groups of dairy housings, each with 4 barns: slatted floor with regular feed management (SFR), slatted floor with low N-excretion management (SFL), grooved floor (GF) and V-shaped asphalt floor (AF). On each farm, we measured key variables in 10 freshly excreted and 10 existing urine puddles on the floor during a winter and a summer visit: pH, air surface temperature (T_{air} , °C), urinary urea-N concentration in fresh puddles (urea-N, kg m^{-3}), puddle depth (D, mm) and puddle area (A, m^2).



Fig. 1: Floor types in the field survey. Left: slatted floors (SFR and SFL). Centre: grooved floor (GF). Right: V-shaped asphalt floor (AF) (© D. Snoek)

Abb. 1: Fussbodentypen der Untersuchung; links: Spaltenboden (SFR und SFL); Mitte: Boden mit Austragsrinnen; rechts: V-förmiger Asphaltboden (© D. Snoek)

The equipment used for determination of key variables is depicted in Figure 2. To measure pH and T_{air} we used a custom-made sensor-rod. The sensor-rod consisted of a fast-responding T sensor attached to the pH sensor, both being connected to the rod by a small chain. For the determination of urea-N content, puddle samples of fresh urine were collected with circular glass fibre filters that worked like a sponge. After collection, the urine-soaked filter was placed in a circular jar with hydrochloric acid to immediately stop the conversion process of urea to ammonia. For the determination of fresh puddle area A, we used a custom made camera-trolley. On top of the trolley, a thermal infrared (IR) camera was mounted that was able to simultaneously take an IR and a colour image of fresh puddle areas. The IR image was used to estimate the puddle area as described by Snoek et al. (2017a). A custom made XY-table with an ultrasonic distance sensor was used to determine puddle depth of created puddles by first measuring the depth between distance sensor and dry floor, followed by depth measurement after application of a puddle by a jug (Snoek et al., 2015).

Measured mean values of each dairy housing group were applied in the ammonia prediction model of Monteny (1998) from which the floor contribution to yearly ammonia emission (FAE) per dairy cow ($\text{kg NH}_3 \text{ year}^{-1} \text{ cow}^{-1}$) was calculated. Each model run consisted of 300 simulation days according to the default model protocol. Potential yearly floor ammonia emission (PFAE, same units as FAE) were calculated from (UUN), puddle volume (D x A), and number of urinations per year, on the assumption that all urea is converted and emitted from the puddles.

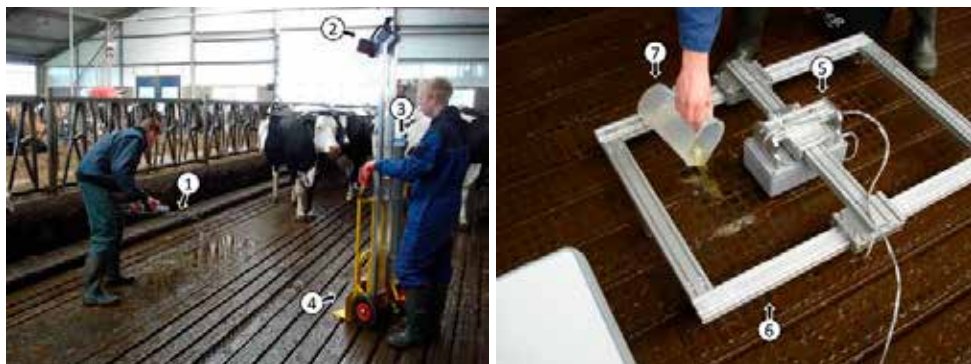


Fig. 2: Measurement setup: (1) the sensor-rod for pH and T_{air} , (2) the IR camera for A, (3) the urine sample holder, (4) the moveable trolley, (5) the ultrasonic device for D, (6) the XY-table, (7) the measuring jug to create a puddle (Snoek et al., 2017b)

Abb. 2: Messaufbau, links: (1) Stabsensor für pH und Lufttemperatur, (2) Infrarot-Kamera für die Fläche, (3) Urinprobenhalter, (4) Sackkarre, rechts: (5) Ultraschallgerät für Tiefenbestimmung, (6) XY-Tisch und (7) Messbecher, um eine Pfütze zu bilden (Snoek et al., 2017b)

3 Results and Discussion

In Table 1 the measurement results are given as overall mean and standard deviation per variable for each housing system. The estimated NH_3 floor emission (FAE) from the model and the emission potential are based on these mean values. The standard deviations of FAE reflect variability between simulated days. It should be noted that the predicted emission rates do not include the headspace pit contributions. The most striking result was that the largest NH_3 emission from the floor rose up to $18.5 \text{ kg cow}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. This high emission occurred at the AF farms. Besides a large UUN, these AF farms had the largest A and D values, which significantly differed from the other floor types. Another remarkable result was the large urea-N value at the SFL farms (4.61 kg m^{-3}) with a related high floor emission of $15.5 \text{ kg cow}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. These farms cooperate in a programme aimed at efficient use of N and P nutrients at farms, and it was expected that these farms would have a low or even the lowest Urea-N values. On the other hand, results show that it is possible to achieve low urea-N values, as shown by the GF farms (3.56 kg m^{-3}). However, urea-N was not statistically significant between housing system groups, due to its large variance.

The SFR farms, which can be considered as the representation of the overall majority of dairy farms in the Netherlands had a floor emission of $10.1 \text{ kg cow}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. This was about $2.5 \text{ kg cow}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ higher than the standard modelled emission rate based on default values of the Monteny model. This difference was fully due to the larger D value (1.3 mm) as compared to the default value for D of the Monteny model (0.48 mm). We attribute this difference to the effects of floor fouling on practical farms, compared to the relatively clean laboratory conditions of floor elements on which the default model parameter has been based in the past. The GF farms showed the lowest NH_3 floor emis-

sion, which was due to the combined effect of the lowest urea-N value and a larger A value as compared to the SFR farms. However, the NH_3 emission in the GF group was still larger than the standard emission rate of the model based on default input parameters. With a larger A, there are less puddle locations, with a larger “flush-away” effect of puddles by newly excreted urine and as a result a shorter residence time of puddles for emitting NH_3 . This effect is expressed by the ratio of estimated and potential emission rates (FAE/PFAE). They show that at the SFR and SFL farms 59 % to 63 % of the potential NH_3 emitted, whereas on the GF and AF farms this was lower (47 % to 49 %). For all four farm groups the flush-away effect was larger than the standard model level of 91 % based on default parameter, which was mainly due to the larger measured D values.

Tab. 1: The measured means of input variables of urine puddles: pH, temperature T_{air} , urea-N concentration, area A and depth D per housing system type, with standard deviations between measurements (sd), and the related estimated mean NH_3 emission (FAE) from the floor module of the Monteny emission model in $\text{kg cow}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (with sd at simulation day level), followed by the potential emission (PFAE) and the ratio FAE/PFAE.

Tab. 1: Gemessene Mittelwerte der Eingangsvariablen der Urinpfützen: pH, Lufttemperatur (T_{air}), Harnstoffkonzentration, Fläche A und Tiefe D je Aufstallungssystem; Standardabweichungen zwischen den Messwerten (sd), geschätzte Mittelwerte der NH_3 -Emission (FAE) der Böden nach dem Monteny-Emission-Model in $\text{kg Kuh}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (mit Standardabweichung auf die Nachahmung des Tagesniveaus), potenzielle Emission (PFAE) und dem Verhältnis FAE/PFAE

Variable	Unit	Housing system							
		SFR		SFL		GF		AF	
		mean	sd	mean	sd	mean	sd	mean	sd
pH		9.0	0.26	9.1	0.31	8.9	0.23	9	0.26
T_{air}	C	9.2	4.88	10.6	4.28	8.3	3.16	11.4	4.16
Urea-N	kg m^{-3}	4.10	1.59	4.61	1.55	3.56	1.62	4.53	2.07
D	mm	1.3	1.02	1.6	0.98	1.4	1.16	1.8	1.17
A	m^2	0.72	0.24	0.75	0.25	0.8	0.24	1.04	0.31
FAE	$\text{kg NH}_3 \text{ cow}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	10.1	0.31	15.5	0.45	8.3	0.25	18.5	0.54
PFAE	$\text{kg NH}_3 \text{ cow}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	17.0		24.5		17.7		37.6	
FAE/PFAE	%	59		63		47		49	

4 Conclusions

We conclude that the high variability in urea-N and puddle volume values within and between barn groups are important factors and may be at the basis of the high variability in emission rates in barn measurements. The presented approach is attractive in its combination of predicting and explaining emissions, as it identifies the underlying factors that cause differences in emission rates between housing systems. However, for future use validation of the prediction model against barn measurements is needed.

References

- Calvet, S., Gates, R.S., Zhang, G., Estelles, F., Ogink, N.W.M., Pedersen, S., Berckmans, D. (2013): Measuring gas emissions from livestock buildings: A review on uncertainty analysis and error sources. *Biosystems Engineering* 116 (3), p. 221-231
- EEA (2015): European Union emission inventory report 1990–2013 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). EEA Technical Report no. 8, <http://www.eea.europa.eu/publications/lrtap-emission-inventory-report>
- Monteny, G.J., Schulte, D.D., Elzing, A., Lamaker, E.J.J. (1998): A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses. *Transactions of the ASAE*, 41, 193-201
- Ogink, N.W.M., Mosquera Losada, J., Calvet, S., Zhang, G. (2013): Methods for measuring gas emissions from naturally ventilated livestock buildings: Developments over the last decade and perspectives for improvement. *Biosystems Engineering* 116 (3), p. 221-231
- Snoek, J.W., Stigter, J.D., Ogink, N.W.M., Groot Koerkamp, P.W.G. (2015): Measurement method for urine puddle depth in dairy cow houses as input variable for ammonia emission modelling. *Agricultural Engineering International, Special Issue*, p. 30-36
- Snoek, J.W., Ogink, N.W.M., Stigter, J.D., Agricola, S., De Weijer, T.M. Van, Groot Koerkamp, P.W.G. (2016): Dynamic behavior of pH in fresh urine puddles of dairy cows. *Transactions of the ASABE / American Society of Agricultural and Biological Engineers* 59 (5), p. 1403-1411
- Snoek, J.W., Hofstee, J.W., van Dueren den Hollander, A.W., Vernooij, R.E., Ogink, N.W.M., Groot Koerkamp, P.W.G. (2017a): Quantification of simulated cow urine puddle areas using a thermal IR camera. *Computers and Electronics in Agriculture* 137, p. 23-28
- Snoek, J.W., Stigter, H., Kupers, G., Groot Koerkamp, P.W.G., Ogink, N.W.M. (2017b): Assessing fresh urine puddle chemistry in commercial dairy cow houses. *Biosystems Engineering*, accepted, available online
- Velthof, G.L., van Bruggen, C., Groenestein, C.M., de Haan, B.J., Hoogeveen, M.W., Huijsmans, J.F.M. (2012): A model for inventory of ammonia emissions from agriculture in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 46, 248-255
- VERA, (2011): VERA test protocol for livestock housing and management systems: http://www.veraverification.eu/fileadmin/download/Test_programs/Housing.pdf

Erfassung gasförmiger Emissionen in Auslauflächen eines Jungviehstalles mittels aktiver Probenahmehaube

Detection of gaseous emissions in open yards of young cattle barn using an active sampling hood

TATJANA WINTER¹, STEFAN LINKE²

¹ Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau; tatjana.winter@thuenen.de

² Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Zusammenfassung

Im ökologischen Landbau werden für die Rinderhaltung nach Vorschrift der EG-Öko-Basis-Verordnung 834/2007 Offenstallsysteme mit Auslauf verwendet. Diese Untersuchung dient einer ersten Erfassung typischer Gaskonzentrationen von Emissionen von Ausläufen in der Rinderhaltung. Aus diesen Daten und weiteren Erhebungen sollen dann in der Zukunft Emissionsfaktoren für Offenstallsysteme der Rinderhaltung abgeleitet werden.

In mehreren Messdurchgängen wurden Auslauflächen verschiedener Gruppen trächtiger bzw. zu besamender Färsen auf die Emissionen gasförmiger Stoffe wie Ammoniak (NH_3), Methan (CH_4), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Lachgas (N_2O) untersucht. Die Messungen erfolgten durch den Einsatz aktiver Probenahmehaube.

Deutliche Unterschiede zwischen Hintergrund und Auslauflächen wurden für die Ammoniakkonzentrationen gefunden. Für die Ableitung von Emissionsfaktoren sind weitere Messungen, vor allem bei höheren Außentemperaturen, notwendig.

Summary

In organic farming, open-cast systems with open yards are used for keeping cattle under the provisions of the EC-Ecological Basic Regulation 834/2007. The purpose of this study is to provide an initial assessment of typical gas concentrations in the emission of open yards of cattle husbandry. From these data and further surveys, emission factors for naturally ventilated stable systems of cattle farming are to be derived in the future.

In several measurements the open yards of different groups of inseminated cattle or cattle in calf respectively were investigated for emissions of gaseous substances such as ammonia (NH_3), methane (CH_4), carbon dioxide (CO_2) and nitrous oxide (N_2O). The measurements were made by using an active sampling hood.

Significant differences between background and open yards were found for the ammonia concentrations. Further measurements, particularly at higher ambient temperatures, are necessary for the derivation of emission factors.

1 Einleitung

Nach dem Inkrafttreten der Richtlinie 2001/81/EG (National Emission Ceilings Directive, kurz NE(R)C-Richtlinie) fordert der Gesetzgeber eine generelle Minderung der Emissionen verschiedener Luftschadstoffe, im Bereich Landwirtschaft gilt dies insbesondere für Ammoniak und Methan. Für die Bewertung von Emissionsminderungsmaßnahmen ist eine genaue Kenntnis der zugeordneten Emissionen notwendig. Für Ausläufe von Milchviehställen bzw. an Rinderställen generell sind in Deutschland bislang keine Emissionsfaktoren bekannt.

Im ökologischen Landbau werden für die Rinderhaltung nach Vorschrift der EG-Öko-Basis-Verordnung 834/2007 Offenstallsysteme mit Auslauf verwendet. Emissionen gasförmiger Stoffe (NH_3 , CO_2 , N_2O und CH_4) aus Offenstallsystemen der Rinderhaltung sind aufgrund der Größe der Auslauflächen und dem direkten Einfluss durch Wind und Wetter nur schwer zu erfassen. Eine Möglichkeit zur Messung dieser Emissionen ist der Einsatz einer in anderen Messumwelten vielfach bewährten aktiven Probenahmehaube. Diese Untersuchung dient einer ersten Erfassung typischer Gaskonzentrationen in der Emission von Ausläufen in der Rinderhaltung. Aus diesen Daten und weiteren Erhebungen sollen dann in der Zukunft Emissionsfaktoren für Offenstallsysteme der Rinderhaltung abgeleitet werden.

2 Tiere, Materialien und Methode

Angelehnt an die Richtlinie VDI 3475 Blatt 1 (2003) wurde die verwendete Haube (Abb. 1) so optimiert, dass 1 m^2 der zu vermessenden Fläche abgedeckt wird und in der Messebene ein gleichförmiger Luftstrom vorherrscht. Die Haube an sich verhindert eine Einflussnahme des Windes auf den Messort und liefert durch den eingebauten Ventilator einen definierten Abluftvolumenstrom.

Das Produkt aus dem eingestellten Volumenstrom und der Konzentration, letzterer gemessen mittels eines Multi-Gas-Monitors, ergibt den Emissionsmassenstrom.



Abb. 1: Die aktive Probenahmehaube im Einsatz in einem Auslauf (© Winter)

Fig. 1: The active sampling hood in use in an open yard (© Winter)

In einer Auslaufhaltung für Schweine wurde das Messprinzip bereits erfolgreich eingesetzt (Mielke et al. 2015).

Die Messungen wurden in einem Jungviehstall eines ökologischen Betriebes durchgeführt. Von Oktober bis Mitte April werden die Tiere im Offenstall gehalten bevor sie auf die Weide kommen. Die Messungen wurden daher in den Wintermonaten zu Zeiten der Auslaufnutzung vorgenommen. In dem ersten Messdurchgang waren die zwei voneinander getrennten beprobten Auslaufabteile mit jeweils sechs tragenden Färsen mit je etwa 7,19 GV besetzt. Ein Abteil maß 99 m^2 und wurde virtuell in ein 9×11 à 1-m^2 -Raster unterteilt (Abb. 2). Jedem Flächenstück von 1 m^2 wurde ein Verschmutzungsgrad zugewiesen: sauber (0), leicht verschmutzt (1), mittel verschmutzt mit/ohne Kot (2) und stark verschmutzt mit Kot und/oder Urin (3). Im Anschluss erfolgten stichprobenartig Messungen auf der Rasterfläche. Dabei sollte jeder vorkommende Verschmutzungsgrad durch mindestens einen Messpunkt abgedeckt werden.

Zusätzlich sollte die Wirkung eines Schiebers, der den Kot vom Auslauf entfernt, überprüft werden. Daher erfolgten Messungen unmittelbar vor (Abb. 2) und nach dem Einsatz des Schiebers.

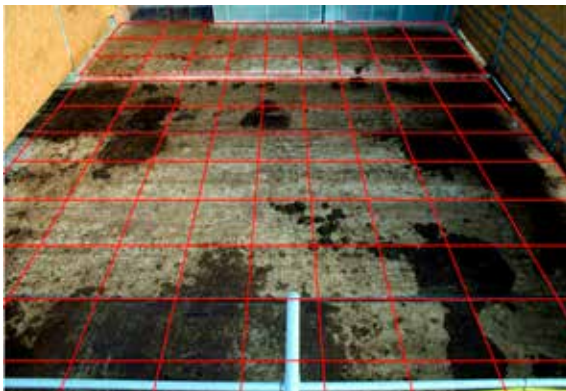


Abb. 2: Blick auf den untersuchten Auslauf (Abteil „rechts“, 1. Messdurchgang) vor dem Einsatz des Schiebers. Eingebildet in rot ist das virtuelle 1 m^2 -Raster. (© Winter)

Fig. 2: View on the examined open yards (open sectional "right", 1st measurement run) before using the slider. Embedded in red is the virtual 1 m^2 pattern. (© Winter)

Im zweiten Messdurchgang wurden nach demselben Vorgang zwei weitere Auslaufabteile bewertet und auf gasförmige Stoffe vermessen. Zu dem linken Auslaufabteil (110 m^2) hatte eine Gruppe von 12 Färsen zur Besamung Zugang und zu dem rechten Auslaufabteil (160 m^2) eine Gruppe von 15 trächtigen Färsen.

Im dritten Messdurchgang befanden sich 11 Färsen in dem 110 m^2 messenden Auslaufabteil und 16 tragende Kühe im 160-m^2 -Auslaufabteil.

Im zweiten und dritten Messdurchgang wurde auf die Messungen nach dem Schieber aufgrund des geringen Einflusses des Schiebers auf die Senkung der Konzentrationen verzichtet. Hintergrundmessungen wurden auf Grasflächen im Luv der Auslaufläche in 50 Metern Entfernung durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Der Box-and-Whiskers-Plot in Abbildung 3 zeigt, dass sich die gemessenen Konzentrationen gasförmiger Emissionen von der Auslauffläche mit Ausnahme der NH_3 -Konzentrationen nicht deutlich von denen im Umfeld des Stalles unterscheiden. Die NH_3 -Konzentrationen fallen über der Auslauffläche sowohl vor als auch nach Einsatz des Schiebers (Abb. 4) deutlich höher aus als die ermittelten Hintergrundwerte. Dass dabei vereinzelt höhere Werte nach dem Einsatz des Schiebers auftraten, kann vermutlich mit einem Aufreißen der getrockneten Kotoberflächen und der Freisetzung des Zersetzungsproduktes Ammoniak erklärt werden.

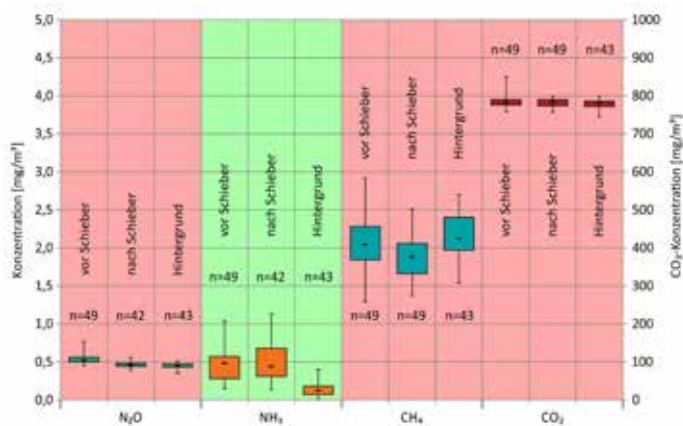


Abb. 3: Gaskonzentrationen vor dem Einsatz des Schiebers im rechten Auslauffabteil, nach dem Einsatz des Schiebers und während einer Hintergrundmessung im Stallumfeld im ersten Messdurchgang. Box-and-Whiskers-Plot. (© Linke)

Fig. 3: Gas concentrations before use of the slider in the right open section, after the slider has been used and during a background measurement in the stall environment in the first measurement run (© Linke)

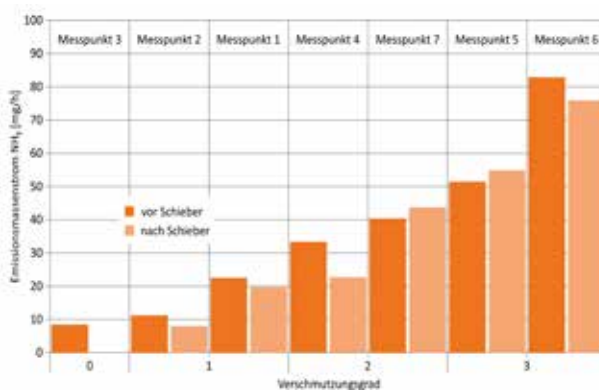


Abb. 4: NH_3 -Emissionsmassenstrom aus den untersuchten Messpunkten des ersten Messdurchgangs mit den zugewiesenen Verschmutzungsgraden (© Winter)

Fig. 4: NH_3 emission mass flow from the investigated measuring points of the first measurement run with the assigned contamination levels (© Winter)

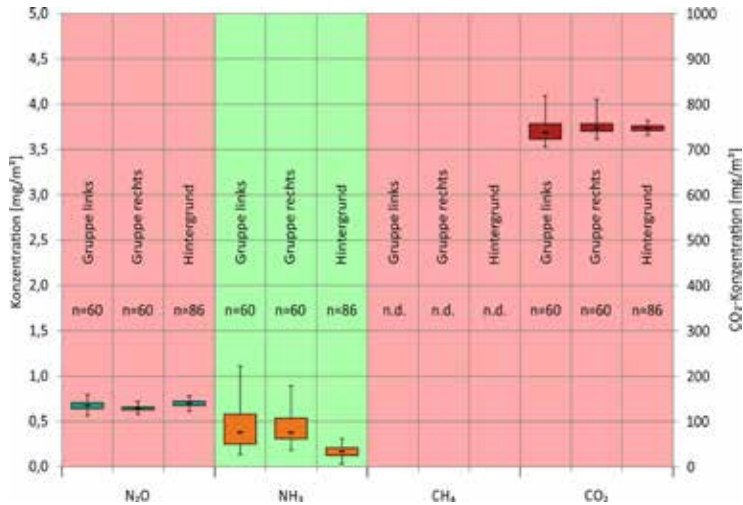


Abb. 5: Gaskonzentrationen vor dem Einsatz des Schiebers und während einer Hintergrundmessung im Stallumfeld im zweiten Messdurchgang. Box-and-Whiskers-Plot. (© Linke)

Fig. 5: Gas concentrations prior to the application of the slider and during a background measurement in the stall environment in the second measurement run. Box-and-Whiskers-Plot. (© Linke)

Ähnliche Ergebnisse wurden auch im zweiten und dritten Messdurchgang mit vollem Tierbesatz erzielt. Sowohl im linken als auch im rechten Auslaufabteil zeigte nur der Ammoniak höhere Konzentrationen im Auslauf als im Hintergrund und somit einen zusätzlichen Eintrag von NH_3 in die Atmosphäre (Abb. 5).

Dem folgend wurden nur für Ammoniak Emissionsfaktoren berechnet.

Den Verschmutzungsgraden konnten NH_3 -Emissionsmassenströme zugewiesen werden (Abb. 4). Anhand der Verschmutzungsbewertung wurde das Ergebnis der Stichproben auf die einzelnen Flächen des gesamten Auslaufabteils übertragen.

Unter Einbeziehung der eingestellten Gesamt tiermasse wurde zum Beispiel für das rechte Auslaufabteil im ersten Messdurchgang ein NH_3 -Emissionsfaktor von 3,02 kg/GV*a für den Zustand vor dem Schiebereinsatz und 2,79 kg/GV*a für den Zustand danach ermittelt. Die berechneten NH_3 -Emissionsfaktoren für alle Messungen sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

Tab. 1: NH_3 -Emissionsfaktoren aus eigenen Messungen und Literatur (Winter 2017)

Tab. 1: NH_3 -Emission factors from own measurements and literature (Winter 2017)

Messung	Einheit	Gruppe links	Gruppe rechts
1. Messdurchgang vor dem Schieber	kg/GV*a	3,61	3,02
1. Messdurchgang nach dem Schieber	kg/GV*a	3,57	2,79
2. Messdurchgang vor dem Schieber	kg/GV*a	4,24	2,76
3. Messdurchgang vor dem Schieber	kg/GV*a	2,16	6,95
Pereira et al. (2010)	kg/GV*a	7,5–11,86	

4 Fazit

Auch in der internationalen Literatur sind nur wenige Daten zur Emissionsfaktoren in der Auslaufhaltung von Rindern zu finden. Lediglich in einer portugiesischen Studie (Pereira et al. 2010) finden sich Werte im Bereich von 7,5 kg/GV*a bis 11,86 kg/GV*a. Diese Emissionsfaktoren wurden mit Passivsammlern über einen Zeitraum von einem Jahr ermittelt. Die in der vorliegenden Untersuchung vergleichsweise niedrigeren Werte lassen sich möglicherweise durch die durchgängig niedrigen Außentemperaturen mit entsprechend niedrigen Stoffumsatzraten beim mikrobiellen Harnstoffabbau erklären.

Der Einsatz vom Schieber im Auslaufbereich ist aus hygienischer Sicht sinnvoll. Bei der Festlegung der Frequenz des Abräumens sollte bedacht werden, dass auch eine negative Wirkung im Hinblick auf die Emissionen auftreten kann. Die gemessenen Konzentrationen aller Gase im Bereich des Auslaufes lagen deutlich unter denen die im Stall gemessen werden und waren nah an den Werten der Hintergrundkonzentration.

Bei den Gasen Lachgas, Methan und Kohlenstoffdioxid traten geringe Veränderungen gegenüber der Hintergrundkonzentration auf. Sie tragen somit kaum zu Emissionen aus dem Auslauf in der Umwelt bei. NH_3 -Emissionen können hingegen als wesentliche und umweltrelevante gasförmige Einträge in die Umwelt von Offenstallsystemen mit Ausläufen der Rinderhaltung gelten. Hierbei muss aber beachtet werden, dass bei den niedrigen Außentemperaturen der Herbst-Winter-Periode die NH_3 -Emissionen insgesamt auf niedrigem Niveau bleiben. Wie diese Emissionen sich in der Frühjahr-Sommer-Periode entwickeln, muss zusätzlich untersucht werden. Außerdem sollten weitere Untersuchungen auf der Weide stattfinden, wenn die Tiere in der Frühjahr-Sommer-Periode sich nicht im Stall befinden.

Literatur

- EG-Öko-Basis-Verordnung (2007): Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, Abl. Nr. L 189 vom 20.07.2007, S. 1
- Mielke, G., Bussemas, R., Clauß, M., Linke, S., Weißmann, F. und Georg, H. (2015): Der Auslauf in der ökologischen Schweinemast: Verschmutzungsverteilung und Ammoniakemissionen. <http://orgprints.org/view/projects/int-conf-wita-2015.html>
- Pereira, J., Misselbrook, T.H., Chadwick, D. R., Coutinh, J., Trindade, H. (2010): Ammonia emissions from naturally ventilated dairy cattle buildings and outdoor concrete yards in Portugal. *Atmospheric Environment* 44, S. 3413–3421
- Richtlinie 2001/81/EG (2001): Nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=URISERV%3A128095>
- VDI-Richtlinie 3475 Blatt 1 (2003-1): Emissionsminderung – Biologische Abfallbehandlungsanlagen – Kompostierung und Vergärung; Anlagenkapazität mehr als ca. 6000 Mg/a. Beuth-Verlag

NH₃ and GHG emission measurements in naturally ventilated cattle housing using a tracer ratio method: Validation for CH₄

Bestimmung der NH₃- und THG-Emissionen frei belüfteter Rindviehställe mittels Tracer-Ratio-Methode: Validierung für CH₄

KERSTIN ZEYER¹, MARGRET KECK², SABINE SCHRADER², JERNEJ POTEKO²,
JOACHIM MOHN¹

¹ Empa, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, Überlandstr. 129, 8600 Dübendorf; Schweiz,
kerstin.zeyer@empa.ch

² Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Summary

Mitigation strategies for ammonia (NH₃) and greenhouse gas (GHG) emissions from dairy cattle are currently developed, optimized and tested in an experimental housing at Agroscope in Tänikon, Switzerland. The housing consists of two spatial separated compartments, which enable the quantification of the emission reduction potential of abatement measures in relation to a reference system.

The aim of the presented study is the progressive validation of a tracer ratio method for accurate and reliable quantification of target gas emissions. The developed technique demonstrates its capability to quantify both areal and point emission sources in a naturally ventilated housing. Applying a real-time background correction procedure, emissions can be determined with high sensitivity. Cross-contamination between compartments is traced on-line by the application of individual tracer gases (SF₆, SF₅CF₃) in both compartments but is only detectable in situations with winds parallel to the length axis of the building.

Zusammenfassung

In einem Versuchsstall der Agroscope in Tänikon, Schweiz, werden gegenwärtig Minderungsmaßnahmen für die Ammoniak(NH₃)- und Treibhausgasemissionen (THG) der Milchviehhaltung entwickelt, optimiert und untersucht. Das Gebäude besteht aus zwei räumlich getrennten Stallabteilen, welche die Bestimmung des Minderungspotenzials einer Maßnahme in Bezug auf ein Referenzsystem erlauben.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Validierung einer Tracer-Ratio-Methode, um eine verlässliche und genaue Bestimmung der Zielsubstanzen zu ermöglichen. Die entwickelte Messmethode ist zur Bestimmung der Emissionsstärke von Flächen- und Punktquellen in einem frei belüfteten Stall geeignet. Die Emissionen im Stall können mit hoher Empfindlichkeit bestimmt werden, sofern eine Korrektur der aktuellen Hin-

tergrundkonzentration vorgenommen wird. Emissionsverlagerungen zwischen den beiden Stallabteilen können durch Verwendung unterschiedlicher Tracergase (SF_6 , SF_5CF_3) nachgewiesen werden, sind aber nur von Bedeutung, wenn das Gebäude parallel zur Längsachse angeströmt wird.

1 Introduction

In Switzerland, NH_3 and non-carbon dioxide (CO_2) GHG (e.g. methane and nitrous oxide) emissions from agriculture dominate the anthropogenic load. According to model calculations, 94 % of total NH_3 emissions were attributed to farming in 2007, a third of which could be traced to livestock housing (Achermann et al., 2009). Similarly, 81 % of methane (CH_4) and 79 % of nitrous oxide (N_2O) emissions originated from agriculture in 2014 (FOEN, 2016). To effectively reduce NH_3 and GHG emissions from livestock housing, structural process engineering and organisational measures as well as nutrition strategies must be developed and quantified for their reduction potential.

Several analytical approaches have been used to determine NH_3 and GHG emissions from naturally ventilated dairy housing, most of them using a tracer with known source strength and measuring its accumulation in the building with respect to background conditions (Teye and Hautala, 2007). The involved tracer can be either heat produced by animals, a naturally produced tracer gas (e.g. CO_2), or a gas artificially dosed into the housing (SF_6 , etc.) (Schrade et al., 2012). While the tracer gas balance method is considered to be a potential candidate for determining emissions in naturally ventilated livestock buildings, several metrics must be evaluated to ensure that accurate emission estimates are produced. Most importantly, the tracer gas release must sufficiently mimic the release of the target substances from cattle or surfaces (NH_3 and GHGs) and gases must be mixed homogeneously at the sampling location.

The aim of this study was the progressive validation of a tracer ratio technique with respect to areal dosing, representative sampling as well as accuracy and sensitivity. In addition, different tracer gases, sulfur hexafluoride (SF_6) and trifluoromethyl sulfur pentafluoride (SF_5CF_3), are applied for each experimental compartment, to trace cross-contamination. Composite air samples from both compartments are collected and analyzed in real-time for target substance (NH_3 and GHGs) and tracer gas mole fractions. Thereby mass flow emissions for NH_3 and GHGs from both compartments with natural ventilation can be determined separately. The manuscript contains selected results for CH_4 , the complete dataset will be published elsewhere.

2 Materials and methods

2.1 Experimental dairy housing of Agroscope

The new experimental dairy housing for emission measurements, completed in June 2015, is located in north-eastern Switzerland in Aadorf at Waldegg. The location was selected for its distance to other emissions sources (e.g. livestock housings, slurry storage, industry). In addition, the site provides the possibility to position the length axis of the building orthogonal to prevailing wind directions, which is an important criterion to minimize cross-contamination between different experimental compartments.

The housing consists of two compartments, each with three rows of cubicles with straw mattresses for 20 cows. The basic concept with two identical compartments provides the opportunity for the progressive development and testing of NH_3 and GHG reduction strategies (housing concept, feeding stalls, exercise area design, manure removal, feed ration, etc.) and for efficient comparative quantification of their reduction potential. Both experimental compartments are naturally ventilated without thermal insulation and flexible curtains as facades. Outdoor exercise areas are arranged lengthways to the compartments in the south-west. In the central part of the building the milking area, analytics, sanitary facilities, office and technique room are situated.

2.2 Implementation of the dual tracer ratio technique

To determine emissions under natural ventilation, a tracer ratio method with two different tracer gases SF_6 and SF_5CF_3 and constant dosing is applied (Schrade et al., 2012). Constant flows of the diluted tracer gases are adjusted using mass flow controllers and gases are directed to the experimental compartments via stainless steel tubing. Tracer gas flows are set according to meteorological conditions (curtains open/closed, etc.) to adjust analyzed tracer gas concentrations in an optimal range. Within the compartments tracer gases are distributed homogeneously using critical orifices mounted at ground level equidistantly next to the walking aisles to mimic the emission sources.

Integrative air samples in each compartment are collected using a grid of glass orifices and directed to an air-conditioned trailer placed in the in-between utility area. Positions and height of critical orifices were defined based on the airflow inside and outside the housing studied with systematic smoke tests. In addition, measuring gas is collected from the utility area and a background measuring site. Measuring gas from individual sampling locations is continuously drawn using separate membrane pumps and delivered to separate mixing containers. Gas samples from the flasks are extracted sequentially using a selector switch and directed to the analytics. Air samples are analyzed for SF_6 and SF_5CF_3 by gas chromatography with electron capture detection (GC-ECD, Agilent 7890A, Agilent Technologies, Santa Clara, USA), for NH_3 , CH_4 and CO_2 with two cavity ring-down spectrometers CRDS (Picarro G2103 and Picarro G 2301, Picarro Inc., Santa Clara, USA). This manuscript contains selected results for CH_4 only, while the complete dataset will be published elsewhere.

The quantification of the emission by the tracer ratio method is based on the assumption that the tracer gas (SF_6 , SF_5CF_3) behaves in the same way as the target gas (NH_3 , GHG) and thus mimics the emitting source. The mass flow of the target gas is calculated from the ratio of the background corrected target (c_{tar}) and tracer gas concentration (c_{tracer}) and the mass flow of the tracer gas ($\dot{m}$) as given by:

$$\dot{m}_{tar} = \dot{m}_{tracer} \cdot \frac{c_{tar}}{c_{tracer}}$$

3 Results and discussion

3.1 Accuracy of the tracer ratio technique to quantify GHG emissions

The accuracy of the tracer ratio technique to quantify GHG emissions in the experimental dairy housing is assessed dosing a target substance (CH_4) into the empty housing using 18 critical orifices, representing an areal source and calculating mass emissions as described above.

Daily averaged CH_4 mass flows determined with the tracer ratio technique agree with the predicted values within their expanded uncertainty limits (Fig. 1). Individual measurement results show considerable variability which can be rationalized by a spatial

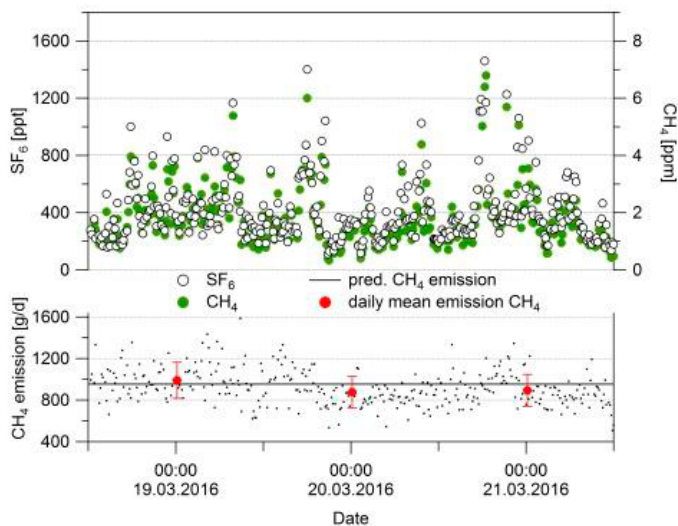


Fig. 1: Daily mean CH_4 emissions are consistent with the mass flows of both gases dosed into the compartment, within their uncertainty limits. Indicated uncertainties are equivalent to one standard deviation.

Abb. 1: Die Tagesmittelwerte der CH_4 -Emissionen stimmen innerhalb der Messunsicherheiten mit den zudosierten Massenflüssen überein. Die angegebenen Unsicherheiten entsprechen den einfachen Standardabweichungen.

separation of SF_6 , CH_4 dosing grids. This effect might be less severe for actual emission measurements where the areal sources and the tracer gas distribution are less spatially separated.

3.2 Sensitivity of the tracer ratio technique

NH_3 and GHG mass emissions were determined over a four days campaign in the empty (without cattle) and “cleaned” experimental dairy housing to assess the sensitivity of the tracer gas technique. Figure 2 indicates that daily averaged emissions for the complete period were within the detection limit for CH_4 after appropriate background correction.

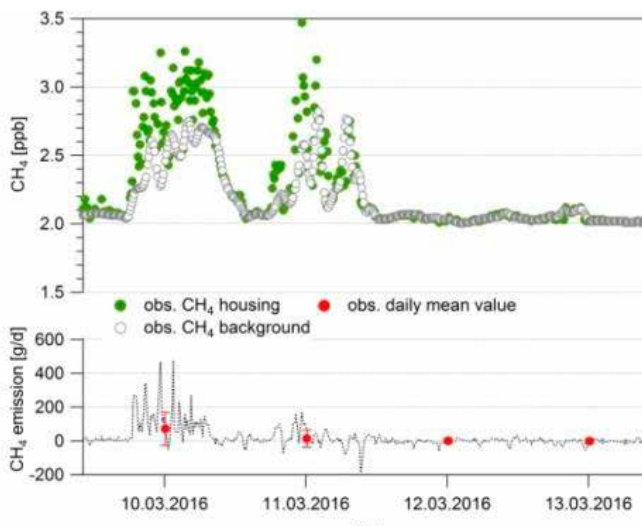


Fig. 2: Sensitivity of the tracer ratio technique for CH_4 mass emissions in the cleaned experimental dairy housing. The top graph displays the importance of appropriate background correction to disentangle emissions in the housing and in the surrounding. The bottom graph shows CH_4 mass emissions after background correction indicating the very high sensitivity of the implemented tracer ratio technique.

Abb. 2: Empfindlichkeit der Tracer-Ratio-Methode zur Bestimmung der CH_4 -Emissionen im gereinigten Emissionsversuchsstall. Die obere Grafik veranschaulicht die Bedeutung der Hintergrundkorrektur, zur Unterscheidung von Stall- und Hintergrundemissionen. Die untere Grafik zeigt exemplarisch die große Empfindlichkeit, welche nach Hintergrundkorrektur, erreicht werden kann.

3.3 Cross-contamination between compartments

The advantage of the dual tracer approach is that cross-contaminations between compartments are readily apparent by enhanced concentrations of the tracer gas (SF_6 , SF_5CF_3) in the respective other compartment. SF_6 and SF_5CF_3 concentrations in the other compartment were low most of the time, only enhanced at low wind speeds and wind directions favoring translocation of emissions.

4 Conclusions and outlook

A new experimental dairy housing for emission measurements was completed in June 2015 at Agroscope in Tänikon, Switzerland. The housing provides the opportunity for progressive development and testing of NH_3 and GHG reduction strategies and for efficient comparative quantification of their reduction potential. Mass flow emissions are quantified using the tracer ratio method.

The manuscript provides results for the validation of the applied quantification technique for CH_4 emissions, while the complete dataset will be published elsewhere. It was shown, that CH_4 emissions can be determined with high accuracy and sufficient sensitivity in naturally ventilated dairy housing given the use of an appropriate real-time background correction procedure. Dosing of two different tracer gases in both compartments has shown its potential to perform comparative emission measurements enhancing the explanatory power of abatement measures. In addition, cross contamination can be traced but was only detected at low wind speeds and wind directions favoring translocation of emissions.

References

- 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: BAFU (Ed.), Fachtagung Ammoniak- und Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft: Inventare und Programme zu deren Minderung. Bundesamt für Umwelt, Zollikofen
- FOEN (2016): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2014. Federal Office for the Environment FOEN, Climate Division, Bern, p. 629
- Schrade, S., Zeyer, K., Gygas, 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. *Atmos. Environ.* 47, 183-194
- Teye, F.K., Hautala, M. (2007): Measuring ventilation rates in dairy buildings. *Int. J. Vent.* 6, 247-256

Acknowledgement

This project was supported by the Federal Office for Environment (FOEN, Air Pollution Control and Chemicals Division) and the Swiss National Science Foundation (SNSF).

Planbefestigte Laufflächen mit Quergefälle und Harnsammelrinne: Erste Ergebnisse zu Ammoniak-Emissionen bei Winterbedingungen

Solid floors with slope and urine-collecting gutter: initial results from ammonia emissions at winter conditions

SABINE SCHRADER¹, JERNEJ POTEKO¹, KERSTIN ZEYER², JOACHIM MOHN², MICHAEL ZÄHNER¹

¹ Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz; sabine.schrade@agroscope.admin.ch

² Empa, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Schweiz

Zusammenfassung

Rasches Abfließen des Harns von den Laufflächen vermindert die Entstehung und Freisetzung von Ammoniak (NH₃). Dies kann in Milchviehlaufställen durch planbefestigte Laufflächen mit einem Quergefälle und einer Harnsammelrinne in Kombination mit häufigem Entmisten erreicht werden. Im Emissionsversuchsstall für Milchvieh von Agroscope in Tänikon (Schweiz) wurde das Minderungspotenzial dieser Maßnahme bestimmt. Zwei räumlich getrennte Stallabteile ermöglichten vergleichbare Messbedingungen (z.B. Klima). Um Emissionen bei freier Lüftung zu bestimmen, kam eine Tracer-Ratio-Methode zum Einsatz. Erste Ergebnisse einer viertägigen Messperiode im Winter 2015 zeigten für planbefestigte Laufflächen mit 3 % Quergefälle und Harnsammelrinne eine NH₃-Minderung von rund 20 % gegenüber der Referenz ohne Gefälle. Bezüglich Lebendmasse, Futteraufnahme, Milchleistung und Milchwahnhstoffgehalt unterschieden sich die beiden Herden (Referenz vs. Minderungsmaßnahme) nur gering.

Summary

Rapid urine drainage from floor surfaces reduces ammonia (NH₃) formation and release. This can be achieved in dairy housing by a combination of a solid floor with slope, urine-collection gutter and a special scraper that removes dung at frequent intervals. The emissions reduction potential of this measure was quantified in the experimental dairy housing at Agroscope in Tänikon (Switzerland). The two spatially separated housing compartments accommodating 20 cows each provided comparable measurement conditions (e.g. in terms of climate). A tracer-ratio method with two tracer gases was used to determine emissions in the case of natural ventilation. The initial results of a four-day measuring period in winter 2015 showed an NH₃ emission reduction of around 20 % in the compartment with solid floors with 3 % slope and urine-collection gutter compared to the reference without slope. Differences between the two herds (reference, reduction measure) as regards live weight, feed consumption, milk yield and milk urea content were only slight.

1 Einleitung

Keck (1997), Monteny (2000) und Snoek et al. (2014) belegten mit Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab bzw. mit Modellrechnungen den großen Einfluss von Harn auf der Lauffläche auf die Ammoniak-Emission (NH_3). Mit Blick auf NH_3 -Minderung ist demnach das rasche Ableiten von Harn von der Lauffläche ins abgedeckte Güllelager sehr wichtig.

In den Niederlanden wurden in den 90-er Jahren in einem Versuchsstall für Milchvieh NH_3 -Emissionen von planbefestigten Laufflächen mit Gefälle und Harnsammelrinne(n) vergleichend gemessen. Planbefestigte Laufflächen mit Quergefälle (3 %) und unterschiedlicher Anzahl bzw. Position der Harnsammelrinne(n) zeigten einen deutlichen NH_3 -Minderungseffekt verglichen mit den Referenzvarianten planbefestigte Lauffläche ohne Gefälle (Braam et al., 1997; Swierstra und Braam, 1995). Diese Untersuchungen lassen sich nur bedingt auf die aktuellen Haltungsbedingungen in der Schweiz übertragen, da es sich um geschlossene, zwangsgelüftete Stallabteile mit vergleichsweise geringerem Laufflächenangebot handelte.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Quantifizierung der NH_3 -Minderung von planbefestigten Laufflächen mit 3 % Quergefälle und einer Harnsammelrinne im Vergleich zur Situation mit planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle.

2 Material und Methoden

Der Emissionsversuchsstall von Agroscope in Tänikon (Schweiz) besteht aus zwei Stallabteilen mit Liegeboxen für je 20 laktierende Kühe sowie einem Zwischenbereich für Melken, Technik, Büro und Analytik. Die beiden räumlich getrennten Stallabteile ermöglichen vergleichbare Versuchsbedingungen (z.B. Klima) im Praxismaßstab (Schrade et al., 2015). Mit Messungen in drei Jahreszeiten (Sommer, Herbst, Winter) kann die klimatische Variation im Jahresverlauf abgebildet werden.

Zur Quantifizierung der Emissionen bei freier Lüftung wurde eine Tracer-Ratio-Methode mit den beiden Tracergasen Schwefelhexafluorid (SF_6) und Trifluormethylschwefelpentafluorid (SF_5CF_3) eingesetzt (Schrade et al., 2012). Dabei wurde SF_6 in einen und SF_5CF_3 im anderen Stallabteil kontinuierlich zudosiert. Dies ermöglichte die separate Bestimmung der Emissionen in den beiden Stallabteilen. Die Zudosierung der verdünnten Tracergase (ppb-Bereich) erfolgte mittels eines Rohrsystems mit kritischen Kapillaren aus Stahl, das unmittelbar neben den emittierenden Laufflächen, z.B. an den Boxenkanten, installiert war. Eine repräsentative Probenahme der Stallabteile wurde über Sammelproben mit einem Flächennetz von kritischen Glaskapillaren, welche in 2,5 m Höhe angebracht wurden und mit Teflonleitungen verbunden waren, sichergestellt. Die Tracergase wurden mit einem Gaschromatographen (GC-ECD, Agilent 7890A, Agilent Technologies, Santa Clara, USA) und NH_3 mit einem Cavity-Ring-Down-Spektrometer (Picarro G2103, Picarro Inc., Santa Clara, USA) bestimmt. Jede Variante wurde über mindestens vier Tage gemessen. Während dieser Zeit wurden die beiden Stallabteile in

10-Minuten-Intervallen abwechselnd beprobt, zusätzlich wurde eine Messung der Hintergrundkonzentration einmal stündlich sowie des Zwischenbereichs alle vier Stunden durchgeführt. Mit Blick auf Verlagerung auf weitere Schadgase („pollution swapping“) wurden parallel Emissionen von Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) bestimmt. Weiter dienten relevante Begleitparameter zur Charakterisierung der jeweiligen Messsituation und als Einflussgrößen auf die Emission: Stall- und Außenklima, Tierparameter, Futterdaten, Laufflächenverschmutzung, etc.

Bei der vorliegenden Untersuchung waren die Laufflächen im Minderungsabteil planbefestigt mit 3 % Quergefälle und einer mittigen Harnsammelrinne, im Referenzabteil mit planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle ausgeführt. In beiden Stallabteilen waren die Laufflächen mit handelsüblichen Gummimatten belegt. In der dargestellten Variante erfolgte die Entmistung der Laufgänge zwölf Mal täglich mit automatisierten stationären Schiebern ausgerüstet mit einer Gummilippe. Die Curtains an den Längs- und Querseiten des Stalls waren vollständig geschlossen. In der dargestellten Variante hatten die Kühe keinen Zugang zum Laufhof. Die Herdenzusammensetzungen der beiden Stallabteile waren hinsichtlich Rasse (Braunvieh, Schweizer Fleckvieh) sowie Laktationsnummer, Laktationsstadium, Lebendmasse und Milchleistung ausgeglichen. Beide Herden erhielten dieselbe Teilmischration bestehend aus Grassilage, Maissilage, Heu und Zuckerrübenschnitzel individuell ergänzt mit Kraftfutter über die Abrufstationen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend sind erste Ergebnisse von vier Messtagen im Winter dargestellt. Aus der Bonitierung der Laufflächenverschmutzung resultierten deutliche Unterschiede zwischen den Laufflächen mit und ohne Gefälle (Poteko et al. 2017). Während Harn bei Laufflächen mit Quergefälle kaum vorkam, nahm dieser bei Laufflächen ohne Gefälle einen erkennbar höheren Anteil an (Abb. 1). Bei planbefestigten Laufflächen ohne Gefälle war auch der Anteil des feuchten Kot-Harn-Gemischs höher als bei Laufflächen mit Gefälle. Das Gefälle bewirkte so insgesamt eine deutliche Reduktion der feuchten Verschmutzungsanteile.

Während des ausgewählten viertägigen Messzeitraums unterschieden sich die Herden der beiden Stallabteile bezüglich Grundfutteraufnahme, Lebendmasse, Milchleistung und Milchwahnhstoffgehalt nur gering.

Die Verläufe der Lufttemperaturen in den beiden Stallabteilen waren nahezu identisch und bewegten sich in diesem Zeitraum zwischen -2 und 12 °C (Abb. 2). Fast parallel dazu verliefen die Außentemperaturen. Diese lagen zum Teil bis zu 4 K unter den Stalltemperaturen. Dieser Temperaturunterschied lässt sich mit den geschlossenen Curtains erklären.



Abb. 1: Laufflächenverschmutzung im Stallabteil mit 3 % Quergefälle (links) und der Referenz ohne Gefälle (rechts)

Fig. 1: Exercise area's soiling in the compartment with 3 % slope (left) and the reference without slope (right)

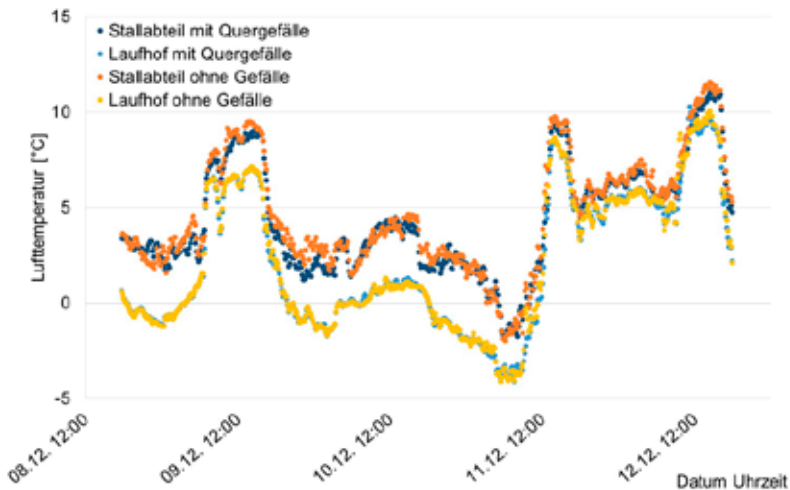


Abb. 2: Verläufe der Lufttemperatur [°C] in den beiden Stallabteilen sowie Laufhöfen (8.–12.12.2015)

Fig. 2: Course of air temperature [°C] in both compartments and outdoor exercise areas (8.–12.12.2015)

Die Tagesgänge der NH_3 -Emissionen der beiden Stallabteile liefen erwartungsgemäß weitestgehend parallel zur Lufttemperatur. Dabei zeigten die NH_3 -Emissionen aus dem Stallabteil mit Quergefälle und Harnsammelrinne deutlich tiefere Werte als diejenigen aus dem Referenzabteil (Abb. 3). Die mittlere NH_3 -Reduktion der Minderungsmaßnahme gegenüber der Referenz lag in diesem Zeitraum bei rund 20 %.

Die eigenen Messungen bestätigten somit den deutlichen NH_3 -Minderungseffekt von raschem Harnabfluss durch Laufflächen mit Gefälle aus der Literatur. Bei vergleichenden Messungen von Braam et al. (1997) lag bei einem einseitigen Gefälle von 3 % mit Harnrinne an den Liegeboxen das NH_3 -Minderungspotenzial im Vergleich zu den Refe-

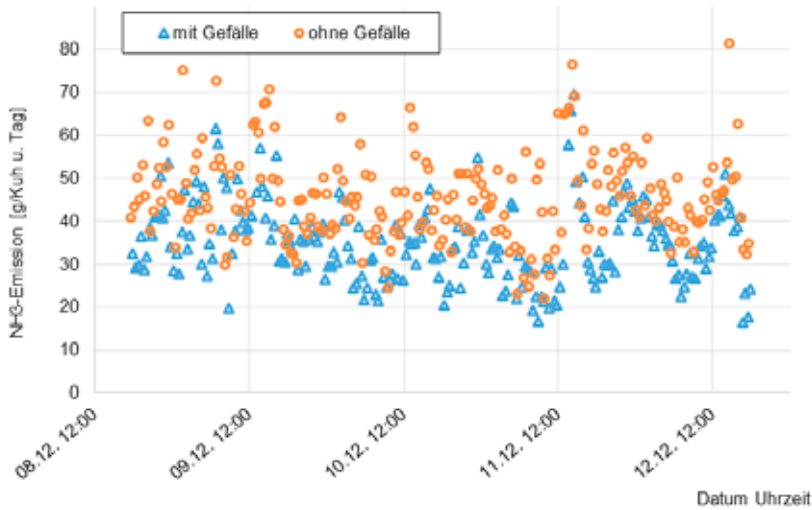


Abb. 3: Verläufe der NH_3 -Emissionen [g/Kuh und Tag] des Stallabteils mit 3 % Quergefälle und der Referenz ohne Gefälle (8.–12.12.2015)

Fig. 3: Course of NH_3 emissions [g/cow and day] in the compartment with 3 % slope and the reference without slope (8.–12.12.2015)

renzvarianten planbefestigte Laufflächen ohne Gefälle sowie perforierten Laufflächen (jeweils 12 Entmistungsvorgänge pro Tag) auch bei rund 20 %.

Bei den CH_4 - und CO_2 -Emissionen war zweimal täglich ein markanter Rückgang in beiden Stallabteilen erkennbar (nicht dargestellt). Um 5:10 Uhr bzw. 16:10 Uhr wurden die Kühe zum Melken in den Warteraum im Zwischenbereich getrieben. Zu Beginn der Melkzeiten waren somit beide Stallabteile leer. Nach dem Melken gingen die Kühe gruppenweise in ihr Stallabteil zurück. In den Fress- bzw. Wiederkäuphasen nach den Melkzeiten stiegen sowohl die CH_4 - als auch die CO_2 -Emissionen auf ein vergleichsweise hohes Niveau an.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Rasches Abfließen des Harns von planbefestigten Laufflächen reduziert die NH_3 -Emission. Bei Messungen im Winter 2015 im Emissionsversuchsstall über vier aufeinanderfolgende Tage konnte für planbefestigte Laufflächen mit 3 % Quergefälle und Harnsammelrinne eine NH_3 -Minderung von rund 20 % gegenüber der Referenz ohne Gefälle nachgewiesen werden. Die Messungen in beiden Stallabteilen erfolgten zeitgleich und daher unter denselben klimatischen Bedingungen. Für vergleichende Emissionsmessungen hat sich die Tracer-Ratio-Methode mit zwei unterschiedlichen Tracergasen SF_6 und SF_5CF_3 sowie dem verwendeten Zudosierungs- und Probenahmekonzept bewährt.

Mit der Auswertung der Messperioden Sommer und Herbst sowie der statistischen Analyse können die Ergebnisse breiter abgestützt werden und das im Jahresmittel erreichbare NH_3 -Minderungspotenzial aufgezeigt werden. Zudem kann die Auswertung der weiteren Messperioden auch Hinweise auf die Zusammenhänge zwischen NH_3 - und CH_4 - bzw. CO_2 -Emissionen geben.

Literatur

- Braam, C.R.; Ketelaarsk, J.J.M.H.; Smits, M.C.J. (1997): Effects of floor design and floor cleaning on ammonia emission from cubicle houses for dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45, pp. 49-64
- Keck, M. (1997): Ammonia emission and odour thresholds of cattle houses with exercise yards. In: Voermans J.A.M. and Monteny G.J.: *Ammonia and Odour Emissions from Animal Production Facilities. Proceedings of the International Symposium in Vinkeloord, Netherlands*, pp. 349-355
- Monteny, G.J. (2000): *Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses*. PhD thesis, Wageningen University, 156 pp.
- Poteko, J.; Zähler, M.; Kreuzer, M.; Schrade, S. (2017): Lauflächen-Verschmutzung – Erhebungskonzept und erste vergleichende Ergebnisse von planbefestigten Lauflächen mit und ohne Gefälle aus dem Emissionsversuchsstall für Milchvieh. In: *Frühjahrstagung 2017 ETH*, 18. Mai 2017, Zürich, im Druck
- Schrade, S.; Zeyer, K.; Gyga, L.; Emmenegger, L.; Hartung, E.; Keck, M. (2012): Ammonia emissions and emission factors of naturally ventilated dairy housing with solid floors and an outdoor exercise area in Switzerland. *Atmospheric Environment* 47, pp. 183-194
- Schrade, S.; Zähler, M.; Poteko, J.; Steiner, B.; Keck, M.; Sax, M.; Herzog, D.; Schick, M. (2015): Versuchsstall zur Entwicklung und Quantifizierung von Maßnahmen zur Minderung von Emissionen. In: *12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2015 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, 8.-10. September 2015 in Freising, pp. 450-455
- Snoek, D.; Stigter, H.; Ogink, N. and Groot Koerkamp, P. (2014): Sensitivity analysis of mechanistic models for estimating ammonia emissions from dairy cow urine puddles. *Biosystems Engineering*, 121, pp. 12-24
- Swierstra, D.; Braam, C.R. (1995): Investitionen und Kosten emissionsmindernder Massnahmen in Boxenlaufställen für Rindvieh. *Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung - Beiträge zur 2. Internationalen Tagung von 14.-15. März 1995 in Potsdam*, pp. 279-287

Danksagung

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

Wirkung eines Ureaseinhibitors auf die Ureaseaktivität zur Minderung von Ammoniakemissionen in der Milchviehhaltung

Effect of urease inhibitor on urease activity to reduce ammonia emissions in dairy farming

FRAUKE HAGENKAMP-KORTH, EBERHARD HARTUNG, ANGELIKA HÄUSSERMANN

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

Zusammenfassung

Ziel der durchgeführten Studie war der grundsätzliche Test des Einsatzes und der Effektivität eines Ureaseinhibitors zur Minderung von Ammoniakemissionen in der Milchviehhaltung unter Praxisbedingungen. Der Nachweis der Inhibitorwirkung fand auf Basis der Beeinflussung der Ureaseaktivität statt. Denn eine reduzierte Aktivität führt zu einer Verminderung der Harnstoffhydrolyse und damit auch zu einer Minderung der Freisetzung und Emission von Ammoniak. Die Versuche mit Inhibitor K fanden auf drei verschiedenen Milchviehbetrieben zu unterschiedlichen Jahreszeiten statt, um verschiedene klimatische, technische und organisatorische Bedingungen zu berücksichtigen. Die Studie zeigte über alle Betriebe und Jahreszeiten hinweg, dass die Ausbringung des Inhibitors K eine Reduktion der Ureaseaktivität in einem Bereich von 66–96 % zur Folge hatte. Die Applikation des Inhibitors mit einer Ausbringungskonzentration von $2,5 \text{ mg m}^{-2}$ erwies sich als ausreichend. Für die Feststellung des tatsächlichen Minderungspotenzials einer Ureaseinhibitorapplikation wären zukünftig Ammoniakemissionsmessungen notwendig.

Summary

The aim of this study was to test the use and effectiveness of an urease inhibitor for reducing ammonia emissions in dairy farming under in situ conditions. The detection of the inhibitor effect took place based on the influence of the urease activity. A reduced activity leads to a reduction in the urea hydrolysis and thus also to a reduction in the release and emission of ammonia. The experiments with inhibitor K were carried out on three different dairy farms at different seasons to cover different climatic, technical and organizational conditions. Overall, the study showed that the application of inhibitor K resulted in a reduction of 66–96 % in the urease activity. The application of the inhibitor with an application concentration of 2.5 mg m^{-2} proved to be sufficient. To determine the actual mitigation potential of an urease inhibitor application, ammonia emission measurements would be necessary.

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Multikomponentenprotokoll der Vereinten Nationen (UN/ECE, 1999) hat sich Deutschland verpflichtet, die Ammoniakemissionen ab 2010 auf 550 Tausend Tonnen Ammoniak zu reduzieren. Derzeit sind auf europäischer Ebene nationale Emissionsminderungsverpflichtungen (NERC) für Deutschland mit Minderungsziele von jährlich 5 % im Zeitraum von 2020 bis 2029 und von 29 % ab 2030 festgelegt (NERC, 2016).

Eine Maßnahme zur Ammoniakreduktion in der Milchviehhaltung, die in die tägliche Arbeitsroutine ohne erhebliche bauliche Veränderungen integriert werden könnte, könnte der Einsatz eines geeigneten Ureaseinhibitors darstellen. Die Applikation des Ureaseinhibitors erfolgt auf die Laufflächenoberflächen der Milchviehbetriebe, wo der Inhibitor die die Harnstoffhydrolyse induzierende Enzym Urease hemmt und damit auch die Freisetzung und die Emission von Ammoniak vermindert. Die Bestimmung des Einflusses der Applikation eines Ureaseinhibitors auf die Höhe der Ureaseaktivität kann daher auch als eine indirekte Messgröße zur Veränderung der Ammoniakfreisetzung genutzt werden. Ziel der vorliegenden Studie war der Test des Einsatzes eines Ureaseinhibitors auf unterschiedlichen Milchviehbetrieben unter Praxisbedingungen und dessen Wirkung auf die Ureaseaktivität bei verschiedenen Randbedingungen zu quantifizieren.

2 Material und Methoden

In den Untersuchungen von Hagenkamp-Korth et al. (2015a) zeigte der Ureaseinhibitor K das beste Potenzial zur Ammoniakminderung bei Untersuchungen im Labormaßstab. Aus diesem Grund wurde derselbe Inhibitor auch bei den Untersuchungen von Hagenkamp-Korth et al. (2015b) in drei verschiedenen Boxenlaufställen genutzt. Der Ureaseinhibitor wurde während drei unterschiedlichen Jahreszeiten (Tab. 1) auf drei verschiedenen Milchviehbetrieben getestet. Die Applikation des Ureaseinhibitors erfolgte mit einer Konzentration von $2,5 \text{ mg m}^{-2}$ (Wasserverbrauch: $0,1 \text{ l m}^{-2}$ bzw. $0,05 \text{ l m}^{-2}$) mittels einer konventionellen Rückenspritze bzw. einer auf einem mobilen Entmistungsgerät angebrachten elektrischen Applikationseinheit (1,5 bar). Auf zwei Betrieben war der direkte Vergleich zwischen behandelten und unbehandelten Flächen möglich (Betrieb 1 und 3). Auf Betrieb 2 konnte keine Trennung in Teilbereiche mit separaten Flüssigkanälen, Tiergruppen und Entmistung erfolgen. Auf diesem Betrieb wurde der Ureaseinhibitor auf allen Laufflächen aufgebracht, es war somit ein zeitlich versetzter Vergleich der Behandlungen notwendig. Im Sommer auf Betrieb 1 wurde ebenfalls die gesamte Stallfläche mit Inhibitor behandelt.

Die Erfassung der Ureaseaktivität erfolgte in Anlehnung an Braam et al. (1997a, b), Braam und Swiestra (1999), Leinker (2007) und Monteny (2000). Da eine parallele Messung der Ureaseaktivität nicht auf allen Betrieben möglich war, wurde in der sogenannten Vorphase das Ausgangsniveau der Aktivität ohne Ureaseinhibitor-Behandlung ermittelt (Referenzsituation). In der sogenannten Applikationsphase fand die Applikation des Ureaseinhibitors auf Teilflächen bzw. auf der Gesamtfläche statt. Die Veränderung des

Niveaus der Ureaseaktivität durch die Applikation wurde bestimmt. Diese Vorgehensweise ermöglichte, je nach Betriebsvoraussetzungen, sowohl den parallelen Vergleich als auch den zeitlich versetzten Vergleich der Wirkung des Ureaseinhibitors auf die Ureaseaktivität. Nach jeder Applikationsphase folgte die Abklingphase, die Rückschlüsse auf die Wirkungsdauer des Inhibitors ermöglichte. In Tabelle 2 ist eine Übersicht über die Anzahl der Tage vom gesamten Versuch sowie der einzelnen Phasen dargestellt.

Tab. 1: Übersicht über Versuchsbedingungen (verändert nach Hagenkamp-Korth et al., 2015b)

Tab. 1: Overview on experimental conditions (according to Hagenkamp-Korth et al., 2015b)

Betrieb	Jahreszeit	Tagesmitteltemperatur °C	Gesamt-Stallfläche m ²	Fläche pro Tier m ²	Anzahl Ureaseaktivität n
1	Herbst	7,2	1.495	8,5	253
	Sommer	13,5			114
2	Sommer	16,5	1.578	8,7	128
3	Winter	2,7	527	9,4	321

Tab. 2: Übersicht über Dauer des gesamten Versuches und der Vor-, der Applikations- sowie Abklingphase (verändert nach Hagenkamp-Korth et al., 2015b)

Tab. 2: Overview on the duration of the total trial and the pre, application and decay phase (according to Hagenkamp-Korth et al., 2015b)

Betrieb	Jahreszeit	Dauer Versuch gesamt n	Dauer Vorphase n	Dauer Applikationsphase n	Dauer Abklingphase n
1	Herbst	26	5	5	16
	Sommer	28	3	10	15
2	Sommer	28	4	10	14
3	Winter	2 x 12	3	2 x 4	2 x 5

3 Ergebnisse

Die mittlere Ureaseaktivität variierte in der Vorphase, in denen kein Inhibitor aufgebracht wurde (Referenzsituation) zwischen 704 und 2.402 mg NH₄⁺-N m⁻² h⁻¹. Im zeitlichen Verlauf ist eine Reduktion der mittleren Ureaseaktivität nach der ersten Ureaseinhibitorapplikation zu verzeichnen (Abb. 1). Die Ureaseaktivität blieb während der gesamten Applikationsphase des Inhibitors auf einem reduzierten Niveau. Nach Einstellung der Inhibitoranwendung wurde das Ausgangsniveau der Ureaseaktivität je nach Betrieb und Jahreszeit nach einem bis acht Tagen wieder erreicht. Der direkte Vergleich von behandelten und unbehandelten Flächen auf Betrieb 1 (Herbst) und Betrieb 3 (Winter) zeigte ebenfalls einen direkten und deutlichen Rückgang der Ureaseaktivität nach der ersten Applikation des Inhibitors.

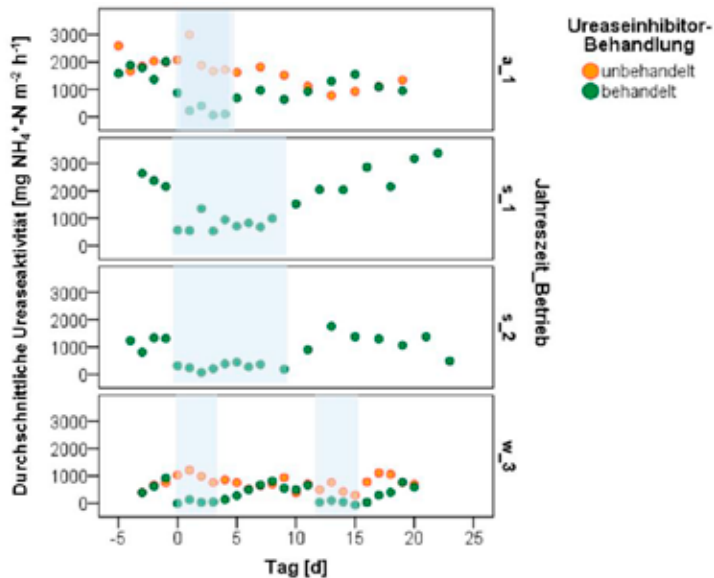


Abb. 1: Zeitliche Verlauf der mittleren Ureaseaktivität über die gesamte Versuchsdauer auf drei verschiedenen Betrieben während unterschiedlichen Jahreszeiten (graue Balken: Applikationsphase; a: Herbst; s: Sommer; w: Winter; Hagenkamp-Korth et al., 2015b)

Fig. 1: Time course of average urease activity over the entire trial period on three different farms during different seasons (gray bars: application phase; a: autumn; s: summer; w: winter; Hagenkamp-Korth et al., 2015b)

Auf allen drei Betrieben lag während aller Jahreszeiten die Ureaseaktivität in der Vorphase signifikant höher ($p < 0,001$) als in der Applikationsphase. Die zwei verschiedenen Versuchsansätze mit parallel und zeitlich versetzten Messungen zeigten keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Einflusses auf die Ureaseinhibitorwirkung auf. Im Herbst und im Sommer lag auf Betrieb 1 die durchschnittliche relative Reduktion der Ureaseaktivität bei 84 % bzw. 66 %; auf Betrieb 2 lag sie im Sommer bei 78 % und auf Betrieb 3 im Winter bei 96 %. Gleichzeitig war die absolute Minderung der Ureaseaktivität ($\text{mg NH}_4^+ \text{-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) bei höheren Temperaturen (Sommer, Herbst) stärker ausgeprägt als bei geringeren Temperaturen (Winter).

4 Diskussion

Das Ausgangsniveau der (natürlichen) Ureaseaktivität während der Versuche unterschied sich je Betrieb und Jahreszeit. Dies ist im Wesentlichen auf die unterschiedlichen Temperaturen in den Jahreszeiten zurückzuführen. In der Literatur wird die Temperatur als wichtiger Einflussparameter auf die Höhe der Ureaseaktivität beschrieben (Braam and Swiestra, 1999; Leinker, 2007; Rotz, 2004). Um andere Einflussparameter zu identifizieren wären umfangreiche Untersuchungen auf weiteren Betrieben zu verschiedenen

Jahreszeiten nötig. Der Vergleich mit den in der Literatur angegebenen Werten zur Höhe der (natürlichen) Ureaseaktivität zeigt, dass diese in ähnlichen Bereichen liegen und sie grundsätzlich eine hohe Variation aufweisen (Tab. 3).

Tab. 3: Literaturvergleich von Ureaseaktivität (Mittelwert: MD; Maximum: MAX; Minimum: MIN) (verändert nach Hagenkamp-Korth et al., 2015 b)

Tab. 3: Literature comparison of urease activity (mean: MD; maximum: MAX; minimum: MIN) (according to Hagenkamp-Korth et al., 2015 b)

Literatur	Ureaseaktivität [$\text{mg NH}_4^+-\text{N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$]		
	MD	MAX	MIN
Braam et al., 1997b	2.300	-	-
Braam und Swiestra, 1999	1.520	3.240	500
Leinker, 2007	-	1.620	360
Hagenkamp-Korth et al., 2015b	1.037	3.725	62

Leinker (2007) hat bereits einen anderen Inhibitortyp in einem Liegeboxenlaufstall getestet; im Fressbereich lag die Reduktion der Ureaseaktivität im Mittel bei 70 %. In der vorliegenden Studie lag die Reduktion der Aktivität im Mittel bei 80 %.

Die verschiedenen Versuchsansätze zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen parallel und zeitlich versetzten Messungen. Dies ermöglicht auch bei nicht räumlicher Trennung von Tieren und Bereichen die Durchführung von Referenzmessungen.

Die Studien von Braam and Swiestra (1999) und Leinker (2007) zeigten den (zu erwartenden) grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Ureaseaktivität und Ammoniakemissionen auf. Bei sinkender Ureaseaktivität nimmt auch die Freisetzung und Emission von Ammoniak ab. Jedoch kann mit diesem Versuchsansatz die Verminderung der Ammoniakemission nicht direkt und absolut quantifiziert werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

- Der Einsatz von Ureaseinhibitoren kann auf bestehenden Betrieben/Ställen ohne wesentliche baulichen Veränderungen nachgerüstet werden.
- Der Ureaseinhibitor K hat die Ureaseaktivität über alle Betriebe und Jahreszeiten durchschnittlich um 80 % reduziert.
- Braam and Swiestra (1999) und Leinker (2007) fanden einen Zusammenhang zwischen Ureaseaktivität und Ammoniakemission. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass die Verringerung der Ureaseaktivität, die durch den verwendeten Inhibitor verursacht wurde, auch zu einer Verringerung der Emissionen führt.
- Für die direkte Feststellung des Minderungspotenzials einer Ureaseinhibitorapplikation wären Ammoniakemissionsmessungen auf verschiedenen frei belüfteten Milchviehställen zu mindestens drei unterschiedlichen Jahreszeiten notwendig.

Literatur

- Braam, C.R., Ketelaars, J.J.M.H., Smits, M.C.J. (1997a): Effects on floor design and floor cleaning on ammonia emission from cubicle houses for dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 45, 49-69
- Braam, C.R., Smits, M.C.J., Smits Gunnik, H., Swiestra, D. (1997b): Ammonia emission from a double-sloped solid floor in cubicle houses for dairy cows. *J. Agric. Eng. Res.* 68, 375-386
- Braam, C.R., Swiestra, D. (1999): Volatilization of ammonia from dairy housing floors with different surface characteristics. *J. Agric. Eng. Res.* 72, 59-69
- Hagenkamp-Korth, F., Haeussermann, A., Hartung, E., Reinhardt-Hanisch, A. (2015a): Ammonia reduction using novel urease inhibitors formulations under laboratory conditions. *Biosyst. Eng.* 130, 43-51
- Hagenkamp-Korth, F., Haeussermann, A., Hartung, E. (2015b): Effect of urease inhibitor application on urease activity in three different cubicle housing systems under practical conditions. *J. Agriculture, Ecosystem and Environment* 202, 168-177
- Leinker, M. (2007): Entwicklung einer Prinzipiellösung zur Senkung von Ammoniakemissionen aus Nutztierställen mit Hilfe von Ureaseinhibitoren. Ph. D. Thesis, Martin-Luther-University, Halle Wittenberg, Germany
- Monteny, G.J. (2000): Modeling of ammonia emissions from dairy cow houses. Ph.D. Thesis, University of Wageningen, Netherlands, Grafisch Service Centrum van Gils B.V., Wageningen, Netherlands
- NERC (2016): Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG
- Rotz, C.A. (2004): Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* 82, E119-E137
- UN/ECE (1999): Protocol to the 1979 convention on long-range transboundary air pollution to abate acidification, eutrophication and ground level ozone. Göteborg, Sweden

Abscheidung von Ammoniak in neuartigen Biofilter-Systemen

Ammonia separation in novel bio filter systems

JOCHEN HAHNE

Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; jochen.hahne@thuenen.de

Zusammenfassung

Einstufige Biofilter werden erfolgreich zur Beseitigung von Gerüchen in der Tierhaltung eingesetzt, sind jedoch nicht geeignet, eine weitgehende und zuverlässige Abscheidung von Ammoniak zu gewährleisten, was letztendlich auf die vergleichsweise hohen Ammoniakfrachten zurückzuführen ist. Ziel der Arbeiten war es daher, ein Biofiltersystem zur weitreichenden und sicheren Ammoniakabscheidung zu entwickeln und dieses unter Praxisbedingungen zu testen. Das neue Biofiltersystem verfügt über eine Wasservorlage, deren pH-Wert geregelt wird, eine Berieselung des Filterbettes im Überschuss und eine Abschlammung des Beregnungswassers, die über die Messung der Leitfähigkeit gesteuert wird. Das Filtermaterial, bestehend aus einer 30 cm dicken Hackschnitzelschicht, muss alle 6 Monate gewechselt werden. Die im Rahmen eines DLG-Tests durchgeführten Langzeitmessungen ergaben bei ordnungsgemäßem Betrieb eine Ammoniakabscheidung von mehr als 88 %. Der aus der Abluft abgeschiedene Stickstoff wurde sowohl im Beregnungswasser als auch im Biofiltermaterial angereichert. Bilanzierungen ergaben N-Abscheidungen von 78 % im Winter und 79 % im Sommer.

Summary

Single stage bio filters are successfully used for odor reduction in livestock. But this technique is not suited to secure an extensive and reliable ammonia separation in livestock which can be finally attributed to comparatively high ammonia mass flows. For this reason it was the objective to develop and test a bio filter system that secures an extensive and reliable ammonia removal under practical conditions. The novel bio filter system disposes of a water reservoir, whose pH value is controlled, a surplus irrigation of the filter layer and a discharge of irrigation water which is controlled via measuring the conductivity. The filter material, composed of a 30 cm thick wood chips layer, has to be removed every six month. Long-time measurements in the frame of a DLG test showed an ammonia separation of 88 % at least under proper operation conditions. The separated nitrogen was accumulated in the irrigation water and in the bio filter material as well. Balances showed a N separation of 78 % in winter and 79 % in summer.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Zur Verminderung von Nachbarschaftskonflikten und zur Verbesserung des Immissionsschutzes werden zunehmend Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung eingesetzt. Die Notwendigkeit der Abluftreinigung wird verständlich, wenn man sich vor Augen führt, dass ein konventioneller Mastschweinestall mit 1.000 Tieren im Jahr rechnerisch 3.640 kg NH_3 emittiert [1]. Während Rieselbettfilter, Chemowäscher und mehrstufige Anlagen zur Abscheidung von Ammoniak geeignet und DLG-anerkannt sind, gilt dies nicht für konventionelle Biofilter. Untersuchungen zur Ammoniakabscheidung in Biofiltern ergaben geringe und stark schwankende Abscheidegrade und führten vielfach auch zur Produktion sekundärer Spurengase [2–7].

Ziel war es daher, für die Tierhaltung ein Biofiltersystem zu entwickeln, dass eine weitreichende und sichere Ammoniakabscheidung unter praktischen Bedingungen gewährleistet.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an einem zwangsbelüfteten, mit Vollspalten ausgestatteten Mastschweinestall mit 312 Tierplätzen durchgeführt, die in Kleingruppen gehalten wurden. Zur Fütterung kamen Breiautomaten zum Einsatz. Die Entlüftung erfolgte Oberflur mit zwei Ventilatoren über einen zentralen Abluftkanal im Dachraum. Der Biofilter hatte eine Filterfläche von 70,84 m², die Filterflächenbelastung betrug maximal 440 m³/(m² h). Über das Abluftsystem (1) gelangte die Stallabluft in die Druckkammer (2) oberhalb der Wasservorlage (3) des Biofiltersystems (Abb. 1). Nach Richtungsumkehr durchströmte die Abluft zunächst eine Holzpalette (4) und anschließend das Filtermaterial (6), bestehend aus einer ersten sechs cm dicken Kunststoffrecyclatschicht (5), welche als ständige Besiedlungsfläche für Mikroorganismen diente, und der direkt darüber liegenden zweiten ca. 30 cm dicken Holzhackschnitzelschicht. Zur Vermeidung von Rohluftdurchbrüchen diente eine entsprechende Randabdeckung (7). Das Hackschnitzelmateriale lag auf einem Netz (8), um einen schnellen und maschinellen Filtermaterialwechsel zu ermöglichen.

Die Wasservorlage unterhalb des Filters wurde durch Dosierung von Schwefelsäure auf einen pH-Wert von maximal 6,5 eingeregelt. Eine zeitgesteuerte Umwälzung stellte die Durchmischung der Wasservorlage sicher (9). Das Waschwasser wurde über einen Wasserfilter (10) in das Beregnungssystem (11) gefördert. Ein ausreichend dimensioniertes Freibord (12) verhinderte den Austrag von Aerosolen bei der Biofilterberieselung. Mittels Überschussberegnung wurde der Wassergehalt der Hackschnitzel auf 65–70 % eingestellt. Der Füllstand der Wasservorlage wurde über Sensoren kontrolliert (13), Verdunstungsverluste durch eine automatische Frischwasserdosierung ausgeglichen. Wenn die Leitfähigkeit des Waschwassers über 25 mS/cm stieg, wurde ein Teil des Waschwassers über die Abschlammung abgeleitet (14). Ein Notüberlauf (15) gewährleistete auch bei Starkregen eine sichere Anlagenfunktion.

- 1 Ventilator / fan
- 2 Druckkammer / pressure chamber
- 3 Wasservorlage / water reservoir
- 4 Holzpalette / wooden pallet
- 5 Recyclatschicht / recycle layer
- 6 Biofiltermaterial / bio filter material
- 7 Randabdeckung / frame cover
- 8 Netz für Materialwechsel / mesh for filter material change
- 9 Umwälzung / recirculation
- 10 Wasserfilter / water filter
- 11 Beregnungssystem / irrigation system
- 12 Freibord / freeboard
- 13 Füllstandskontrolle / level control
- 14 Abschlämmung / water discharge
- 15 Notüberlauf / emergency overflow

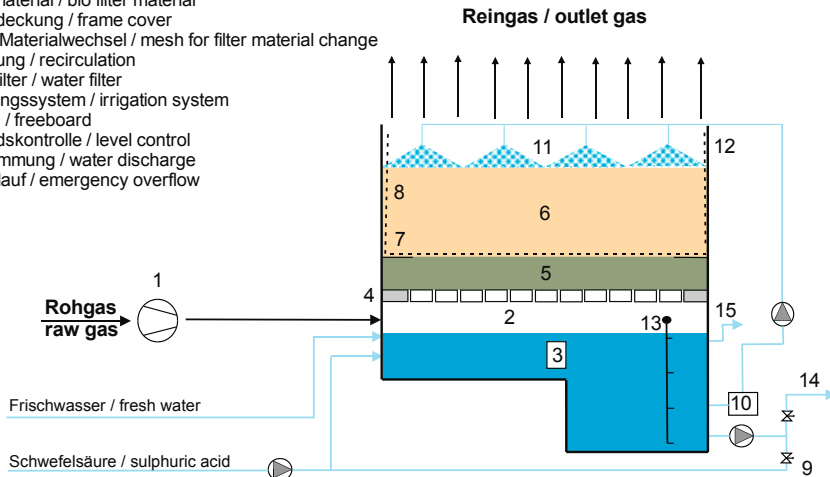


Abb. 1: Verfahrensschema des neuartigen Biofiltersystems

Fig. 1: Process design of the new bio filter system

Für die im Rahmen eines DLG-Tests durchgeführten Messungen [8] kamen die in Tabelle 1 genannten Messverfahren zum Einsatz. Die Gasmessungen wurden von der LUFA Nord-West durchgeführt. Während die Rohluftmessungen aus dem Sammelkanal im Dachraum erfolgten, wurde für eine repräsentative Reinluftmessung der gesamte Biofilter mit einer Folienüberdachung eingehaust. Die Gasprobeentnahme erfolgte mit-
tig in ca. 1,5 m Höhe über dem Filtermaterial mit einer entsprechend isolierten und
begleitbeheizten Messgasleitung. Volumenstrom und Ammoniakmessungen erfolgten
online jeweils über acht Wochen im Sommer und Winter. Sekundäre Spurengase (NO_x ,
 N_2O) wurden während den N-Bilanzierungen über jeweils zwei Wochen im Sommer
und im Winter online gemessen. Die Beprobung des Waschwassers erfolgte in der Regel
wöchentlich nach einer Umwälzung der Wasservorlage. Zur Bestimmung der Stickstoff-
anreicherung im Filtermaterial wurden alle 2–4 Wochen repräsentative Hackschnitzel-
proben über die Fläche und die Schütthöhe genommen und zu einer Sammelprobe ver-
einigt. Die Bestimmung der löslichen Stickstoffverbindungen im Filtermaterial erfolgte
nach einer sechsständigen Extraktion mit destilliertem Wasser. Aus dem zentrifugierten
und membranfiltrierten Extrakt wurden pH-Wert, Leitfähigkeit, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ und
 $\text{NO}_3\text{-N}$ analysiert. Die Kjeldahl- und Trockensubstanzbestimmung erfolgten aus dem
extrahierten Feststoff.

Tab. 1: Messverfahren, die im Rahmen des DLG-Tests eingesetzt wurden

Tab. 1: *Measuring methods used in the DLG test*

Parameter	Verfahren
Volumenstrom	2 Messventilatoren der Fa. Stienen (Durchmesser 820 mm)
NH ₃ , N ₂ O	FTIR Analysator, Gasmet Cx 4000
NO _x	DIN EN 14792 Chemilumineszenz Horiba PG 350E
NH ₄ -N	DIN 38406-E5-2
NO ₂ -N, NO ₃ -N	EN-ISO 10304-2
Trockenrückstand	DIN EN 12880
N _{organisch}	DIN EN 25663
pH-Wert	Hach-Lange HQ40d
Leitfähigkeit	Hach-Lange HQ40d

3 Ergebnisse

Die im Sommer (21.7.–22.09.2015) und Winter (25.01.–22.03.2016) durchgeführten online-Messungen mit insgesamt 5.674 Halbstundenmittelwerten ergaben bei NH₃-Frachten von 50–425 g/h im Rohgas NH₃-Abscheidegrade von 64–98,7 %. Im Mittel lag die Abscheidung bei 93,8 % +/- 4,7 % (Abb. 2). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Hackschnitzelschicht zu Messbeginn im Sommer noch nicht optimal durchfeuchtet war und die volle Leistungsfähigkeit des Filtermaterials erst ab Anfang August mit einem Wassergehalt von mehr als 65 % erreicht wurde. Die Ammoniakfrachten lagen im Sommer mit durchschnittlich 263 g/h um den Faktor 2,8 über denen im Winter mit 94 g/h. Dieses Ergebnis korrespondiert gut mit den um den Faktor 3 höheren Volumenströmen im Sommer in Höhe von durchschnittlich 30.500 m³/h gegenüber 10.200 m³/h im Winter. Die im Rahmen der N-Bilanzierungen durchgeführten online-Messungen von Lachgas und Stickoxiden ergaben im Sommer keine Nettoproduktion, während im Winter eine Bildung in Höhe von 8 % N – bezogen auf den NH₃-N-Eintrag – festgestellt wurde. Der aus der Rohluft abgeschiedene Stickstoff wurde im Sumpfwasser und im Filtermaterial angereichert. Das Sumpfwasser, aus dem auch die Abschlammung in Höhe von ca. 0,44 m³ je Mastschwein und Jahr erfolgte, wies im Mittel (n = 17) folgende Zusammensetzung auf: pH: 5,4 +/- 0,9; Leitfähigkeit [mS/cm]: 23,7 +/- 6,0; NH₄-N [g/l]: 3,3 +/- 1,0; NO₃-N [g/l]: 1,9 +/- 0,5. NO₂-N wurde mit durchschnittlich 0,06 g/l nur in 3 von 17 Proben nachgewiesen.

Stickstoffbilanzierungen in der Zeit vom 11.08. bis zum 22.09.2015 ergaben für die Sommermessungen einen Eintrag von 235,8 kg NH₃-N, wovon 46,7 kg im Filtermaterial und 140,1 kg im Sumpfwasser angereichert wurden. Bei den Wintermessungen in der Zeit vom 09.02. bis zum 08.03.2016 betrug der Eintrag lediglich 47,8 kg, wovon 10,1 kg im Filtermaterial und 27,3 kg im Sumpfwasser angereichert wurden.

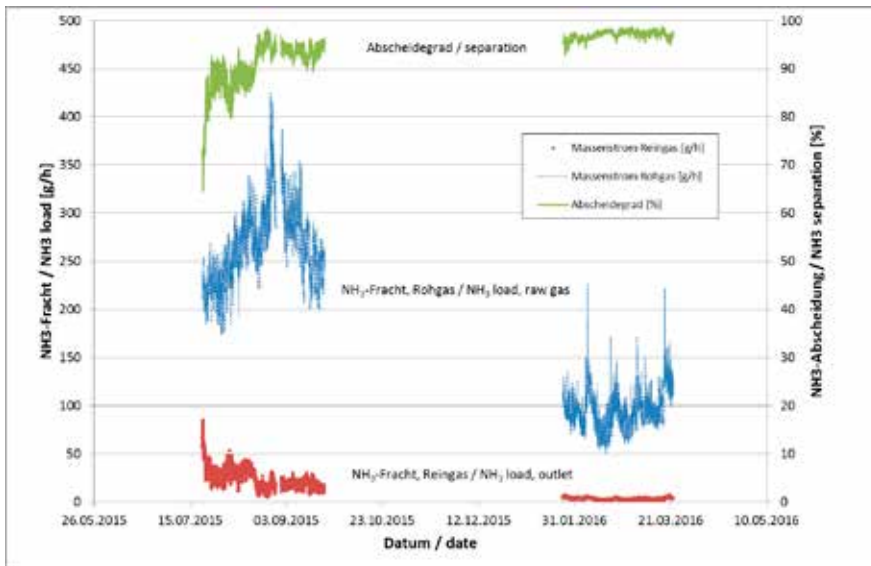


Abb. 2: NH_3 -Abscheidung des neuartigen Biofiltersystems

Fig. 2: NH_3 reduction of the novel bio filter system

Bedingt durch die Stickstoffanreicherung in der Hackschnitzelschicht (Abb. 3) und der allmählich einsetzenden Versauerung des Filtermaterials muss dieses alle 6 Monate ausgetauscht werden, um die sichere Anlagenfunktion zu gewährleisten.

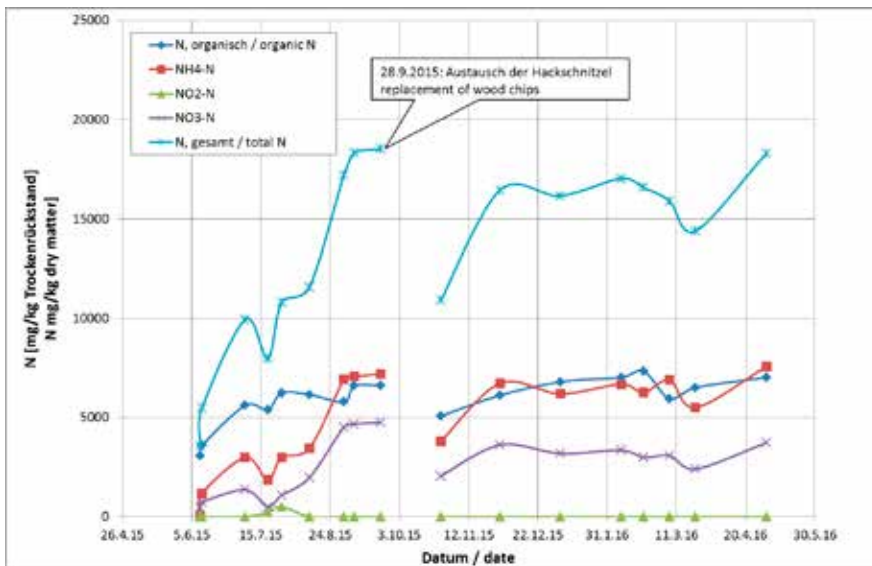


Abb. 3: Anreicherung von Stickstoffverbindungen in der Hackschnitzelschicht

Fig. 3: Accumulation of nitrogen compounds in the wood chips layer

Literatur

- [1]VDI 3894 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen, Haltungsverfahren und Emissionen, Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Beuth Verlag
- [2]TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH (2009): Bericht über die Zertifizierung der Biofilteranlage Hartmann Biofilter für den Anwendungsfall der Schweinehaltung hinsichtlich der Abscheidewirkung gegenüber Staub, Geruch, Ammoniak und Keime. TÜV-Bericht Nr. 936/21210898/A4 vom 18.08.2009, http://www.hartmann-biofilter.de/uploads/media/3128789_2009_936_21210898A4.pdf, Zugriff am 06.10.2016
- [3]Hartung, E., Martinec, M., Jungbluth, T. (1997): Reduzierung der Ammoniak- und Geruchsemissionen aus Tierhaltungsanlagen der Landwirtschaft durch biologische Abluftfilter. Forschungsbericht Agrartechnik Nr. 320, Hohenheim
- [4]Hahne, J., Brandes, M. (2002): Einsatz von Biofiltern zur Stallabluftbehandlung. Landtechnik 57 (2002), Heft 6, S. 336-337
- [5]Trimborn, M. (2006): Biofilter/Biowäscher an Tierhaltungsanlagen als relevante Quelle von Lachgas durch Ammoniakabscheidung? Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 138
- [6]Melse, R.W.; Hol, J.M.G.; Nijeboer, G.M.; van Hattum, T.G. (2014): Meting aan een biofilter voor de behandeling van ventilatielucht van een vleesvarkenstaal. Lelystad, Wageningen UR University & Research centre, Livestock Research, Livestock Research Report 802
- [7]Melse, R.W.; Hol, J.M.G.; Ploegaert, G.M., Nijeboer, G.M.; van Hattum, T.G. (2015): Metingen aan een biofilter voor de behandeling van ventilatielucht van een vleesvarkenstaal – locatie 2. Lelystad, Wageningen UR University & Research centre, Livestock Research, Livestock Research Report 896
- [8]DLG (2016): Abluftreinigungssystem HAGOLA NH360°. Prüfbericht 6380. <http://www.dlg-test.de/tests/6380.pdf>, Zugriff am 01.03.2017

Lärm(Konflikt)quelle Stall – Veränderungen durch Offenställe

Noise (conflict) source barn – changes by loose barns

WALTER LÜCKING, TORSTEN MAHLER, KATHRIN MEYER, RENÉ PÖNISCH

Lücking Et Härtel GmbH, Kobershain, Bergstraße 17, 04889 Belgern-Schildau; info@luecking-haertel.de

Zusammenfassung

Im Zuge der Verbesserungen des Tierwohls in der Rinderhaltung werden neue, moderne Offenställe errichtet bzw. bestehende Ställe rekonstruiert. Die offene Stallbauart verursacht eine deutlich höhere Schallabstrahlung. Dies kann zur Belastung der benachbarten Wohnbebauung, aber auch zu Störungen in der lärmempfindlichen Tierwelt und hier vor allem der Vögel in der Umgebung der Anlagen führen. Bei der Planung neuer offener Stallanlagen ist daher dem Lärmschutz im Hinblick auf die Schutzgüter Mensch und Tier zukünftig eine wesentlich höhere Bedeutung beizumessen. Die Anpassung und Verbesserung aktueller Prognosemodelle und Emissionsansätze sind dabei von entscheidender Bedeutung.

Summery

To improve the animal welfare in cattle farming new modern loose barns are built and respectively existing barns reconstructed. Loose barns cause a significant higher acoustic emission. This might lead to a pollution of nearby residential areas as well as disruptions within the noise sensitive wildlife, especially the birds around the barns. While planning new loose barns attaching higher importance on noise prevention to protect humans and animals will be needed. Adapting and improving current forecast models and emission projections are of crucial importance.

1 Einleitung

Der weitaus überragende Anteil der Umweltkonflikte wird in der Bundesrepublik durch Lärm verursacht. Auch in den landwirtschaftlich geprägten Dörfern rückt das Thema Lärm zunehmend in den Fokus der nachbarschaftlichen Beziehungen. Durch die heute protegierte offene Bauweise bei den Milchvieh- und Rinderställen ändert sich das Emissionsverhalten der Stallanlagen.

Doch nicht nur der Mensch ist von Belästigungen durch Lärm betroffen, auch die Tierwelt, insbesondere Vögel und Säugetiere, vermutlich auch Fische, können empfindlich auf Lärmeinwirkungen reagieren. Während beim Menschen bei Stallanlagen vorrangig die Auswirkungen durch Gerüche ein begrenzender Abstand zu den Emittenten schaffender Faktor ist, spielen im Bereich der Vogelwelt Geruchsbelästigungen eine untergeordnete Rolle und die Auswirkungen durch Lärm sind vordergründig. Dieser Sachverhalt rückt vor allem deswegen in den Fokus, da viele Stallanlagen im ländlichen Raum nahe an oder sogar in Natur- und Vogelschutzgebieten liegen, in denen alle auch von außerhalb auf die Gebiete einwirkenden nachhaltigen Störungen gesetzlich verboten sind.

Ziel der folgenden Betrachtungen soll sein, auf die Umweltauswirkungen durch Lärm hinzuweisen und die Protagonisten für die Berücksichtigung von Lärmschutzaspekten in der Landwirtschaft, bevorzugt schon in der Planungsphase, zu sensibilisieren.

2 Methodik

Mit einem Rechenmodell wurden Schallausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Schallimmissionen eines geschlossenen, traditionellen Stalls und eines modernen Offenstalls durchgeführt. Um die Vergleichbarkeit der Rechenergebnisse zu gewährleisten wurde für beide Stalltypen eine Belegung mit 200 Rindern bei gleichen Abmaßen der Stallgrundfläche gewählt. Der Fahrverkehr im jeweiligen Stall für die Fütterung wurde, jeweils mit einer 1-stündigen Fahrt tags und mit einer 0,1-stündigen Fahrt nachts (letzteres entspricht 2 Fahrten mit 1 km/h durch den Stall) angesetzt. Die Berücksichtigung des Fahrverkehrs im Stall erfolgt im schalltechnischen Modell in Form von Linienquellen nach DIN ISO 9613-2 (1999). Grundlagen für die Modellierung der Tiergeräusche bilden die Erkenntnisse aus dem Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft (Kropsch und Lechner 2013).

Für den geschlossenen Stall wurde mit tierspezifischen Emissionsansätzen ein Innenpegel im Stall ermittelt. Die Abstrahlung über die Außenwände des Stalls erfolgt unter Berücksichtigung der Schalldämmung der Gebäudehülle und bei geöffneten Toren tags und teilweise geöffneten Toren nachts.

Bei einem modernen Offenstall fehlen Wände zur Abschirmung. Die Ausbildung eines Innenpegels im klassischen Sinne kann durch die fehlenden Begrenzungswände nicht erfolgen. Schallabsorbierende Flächen, wie diese im geschlossenen Stall zu finden sind,

Es wurden orientierende Schallpegelmessungen an bzw. in Ställen beider Stallbauweisen durchgeführt. Ein Ergebnis der Pegelmessungen ist, dass die Emissionsdaten, die in den oben beschriebenen prognostischen Ansätzen Eingang fanden, mit den gemessenen Werten korrelieren.

3 Ergebnis und Darstellungen

In der Ergebnisdarstellung werden die Isophonenlinien für ausgewählte ermittelte Beurteilungspegel der jeweiligen Stallbauform gegenübergestellt.

Für die Auswirkungen durch Lärm auf den Menschen wurde in der Darstellung der lärmsensiblere Nachtzeitraum gewählt. Angegeben wird in der Abbildung 1 der Abstand, ab welchem der Immissionsrichtwert für „Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungs-

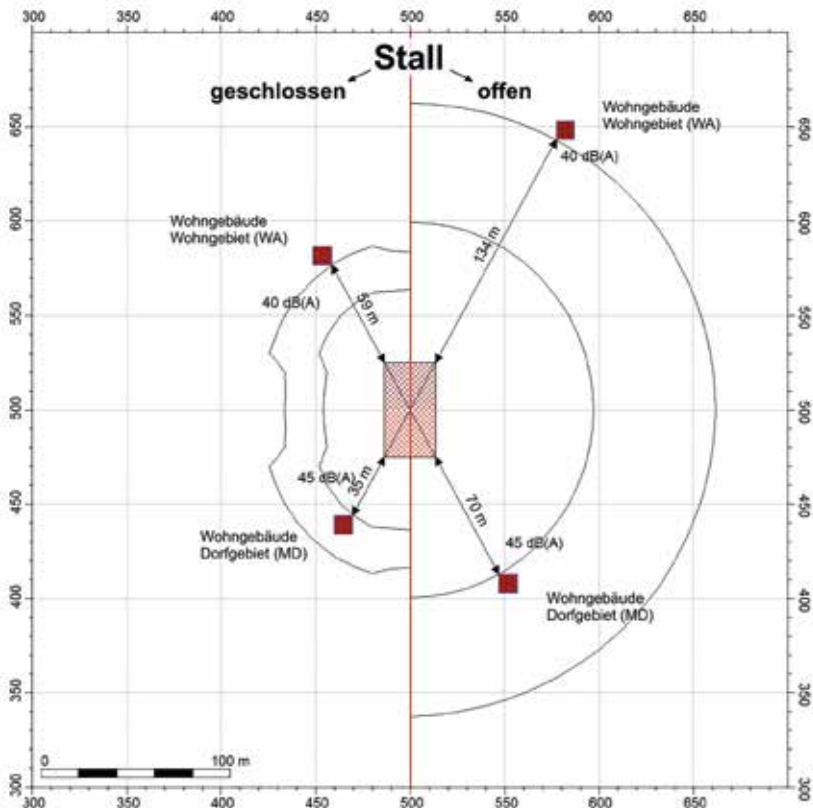


Abb. 1: Gegenüberstellung Abstände zur Wohnbebauung (© Lücking & Härtel GmbH)

Fig. 1: Distance comparison to residential areas (© Lücking & Härtel GmbH)

gebiete“ [40 dB(A)] bzw. „Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete“ [45 dB(A)] nach TA Lärm (1998) Nr. 6.1 eingehalten wird. Die Immissionsrichtwerte der TA Lärm (1998) für die ausgewählten Gebietseinstufungen sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Ausgewählte Immissionsrichtwerte der TA Lärm (1998)

Tab. 1: Selected immission guide value by TA Lärm (1998)

Gebietseinstufung	Einheit	Immissionsrichtwert Nacht (22:00–06:00 Uhr)
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete (MD)	dB(A)	45
Allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete (WA)	dB(A)	40

Für die Beurteilung der Auswirkungen durch Lärm auf Vögel wird auf die Empfehlungen der Arbeitshilfe „Vögel und Straßenverkehr“ (Garniel und Mierwald 2010) zurückgegriffen, soweit sie sich auf Vogelarten beziehen, für die nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse vorwiegend Dauerlärm zu einer Beeinträchtigung führen kann. In der genannten Arbeitshilfe werden Orientierungswerte als kritische Schallpegel angegeben, ab der eine Habitateignung für die verschiedenen Vogelarten teilweise rapide abnimmt. Ausgewählt wurden für die Darstellung die Empfindlichkeit von Wachtel und Wachtelkönig, da ihre Grünland-Lebensräume in der Nähe von Ställen zu finden sein können und die Beeinflussung durch Lärm in einer vergleichbaren Höhe stattfindet.

Weiterhin werden Wachtel und Wachtelkönig der Gruppe 1 „Arten mit hoher Lärmempfindlichkeit“ zugeordnet, d.h. die Abnahme der Lebensraumeignung geht in erster Linie auf den Lärm zurück, andere Wirkfaktoren wie bspw. Licht haben eine geringe Bedeutung. In der Tabelle 2 sind die kritischen Schallpegel dargestellt, ab denen eine Habitatentwertung stattfindet.

Tab. 2: Kritische Schallpegel ausgewählter Vogelarten

Tab. 2: Critical noise level of selected bird species

Vogelart	Einheit	Kritischer Schallpegel	
		Tag (06:00–22:00 Uhr)	Nacht (22:00–06:00 Uhr)
Wachtel	dB(A)	52	-
Wachtelkönig	dB(A)	-	47

In der Abbildung 2 werden die Isophonenlinien der Tag- und Nachtwerte in 10 m Höhe und der zugehörige Abstand zum jeweiligen Stalltyp gegenübergestellt.

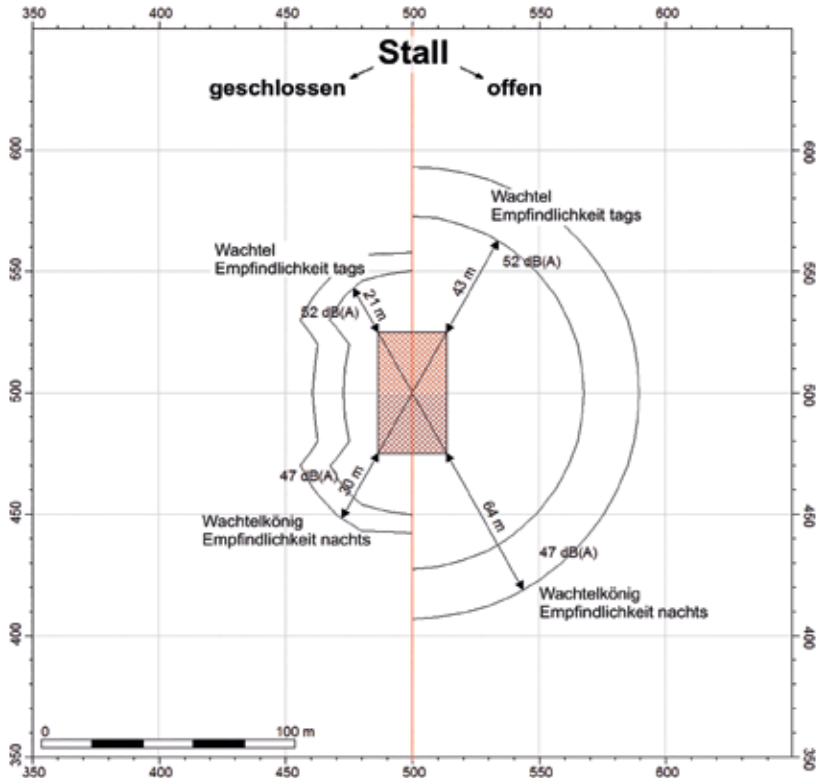


Abb. 2: Gegenüberstellung Abstände kritischer Schallpegel für Vögel (© Lücking & Härtel GmbH)
 Fig. 2: Distance comparison of critical noise levels for birds

4 Fazit

Die im Rahmen der Verbesserung des Tierwohls der Milchkühe und Rinder angewandte offene Stallbauart verursacht eine deutlich höhere Schallabstrahlung der Stallanlagen. Der Abstand neuer offener Ställe zur Wohnbebauung sowie zu Natur- und Vogelschutzgebieten muss folglich wesentlich größer sein als bei konventionell geschlossener Bauweise (Abb. 1 und Abb. 2). Besonderes Augenmerk ist dabei dem Fahrverkehr bei der Bewirtschaftung der Stallanlagen (Fütterung) zu schenken. Während im geschlossenen Bau die Gebäudehülle stark abschirmend wirkt, kommt es bei der offenen Bauweise zur freien Abstrahlung. Dies hat Auswirkungen auf das Bewirtschaftungskonzept und in diesem Zusammenhang auf das Zeitmanagement im Tagesablauf (Tag 06:00–22:00 Uhr, Nacht 22:00–06:00 Uhr). Bei der Planung neuer offener Stallanlagen ist folglich dem Lärmschutz im Hinblick auf die Schutzgüter Mensch und Tier zukünftig eine höhere Bedeutung beizumessen.

Hinzu kommt, dass in Hinblick auf Entwicklungen in jüngster Vergangenheit durch die Errichtung von Biogasanlagen mit Blockheizkraftwerken weitere Lärmquellen an zukunftsorientierten landwirtschaftlichen Betrieben entstanden und entstehen. Um der Schutzbedürftigkeit von Natur und Mensch gerecht zu werden, bedarf es erhöhter Sorgfalt bei der Planung der Anlagen und tiefergehender Untersuchungen möglicher Auswirkungen durch landwirtschaftlichen Lärm auf Mensch und Natur. Hierfür ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Naturschutz und Immissionsschutz gefordert. Im Rahmen dieser Untersuchungen sollte dann das Prognosemodell nach Kropsch und Lechner 2013 durch weitergehende Messungen an offenen Stallanlagen validiert und angepasst werden.

Literatur

- DIN Deutsches Institut für Normung (Oktober 1999): DIN ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- Garniel, A.; Mierwald, U. (2010): Arbeitshilfe Vögel und Straßenverkehr. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn
- Kropsch, M.; Lechner, C. (2013): Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- TA Lärm (1998): Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn

Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkungen der Nutztierhaltung – Projekt EmiDaT

Emission data for assessing the environmental impact of livestock – project EmiDaT

BRIGITTE EURICH-MENDEN¹, ULRIKE WOLF¹, EVA GALLMANN²

¹ KTBL, Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt; b.eurich-menden@ktbl.de

² Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Zusammenfassung

Im Projekt „Ermittlung von Emissionsdaten für die Beurteilung der Umweltwirkungen der Nutztierhaltung“ (EmiDaT) werden Emissionsdaten für Milchvieh- und Mastschweineställe in verschiedenen Regionen Deutschlands ermittelt. Im Fokus der Untersuchungen stehen Ammoniakemissionen, darüber hinaus werden Methan-, Staub- und Geruchsemissionen gemessen.

Die Emissionsdaten dienen zur Verbesserung der Emissionsberichterstattung im Rahmen nationaler und internationaler Regelungen zur Luftreinhaltung und zum Klimaschutz. Zudem werden die Daten für die Beurteilung des Emissionsverhaltens und der Umweltwirkung insbesondere von frei gelüfteten Ställen herangezogen.

Die Emissionsermittlung erfolgt anhand von festgelegten Messprotokollen, um eine gute Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Darüber hinaus wird der Aufbau einer repräsentativen, einheitlichen Datengrundlage für Emissionen aus der Tierhaltung im Rahmen einer stetig erweiterbaren Forschungsdatenplattform angestrebt.

Summary

In the frame of the joint project “Emission data for assessing the environmental impact of livestock” (EmiDaT) emission data of dairy cow and fattening pig housings from different regions in Germany will be ascertained. The focus lies on ammonia emissions, furthermore methane, dust and odour emissions will be measured.

These updated emission factors will be needed for the national inventory as well as for authorization processes. The emission measurements follow a standardized measuring protocol to ensure a good comparability of the data. In addition the project aims at a representative and consistent data basis on emissions from livestock made available on an expandable research data platform.

1 Auswahl der Haltungsverfahren

Im ersten Teil des Projekts werden die Emissionen an frei gelüfteten Milchviehställen ermittelt. Später folgen auch Emissionsmessungen an frei gelüfteten Schweineställen mit Auslauf.

Der momentan gültige Emissionsfaktor für Milchviehställe liegt bei 12 kg NH_3 -N pro Tierplatz und Jahr. Eine Überprüfung dieses Emissionsfaktors, der in nationalen und internationalen Emissionsberichterstattungen über Luftreinhaltung und Klimaschutz Verwendung findet, ist dringend erforderlich. Bislang existiert nur ein Wert für den gesamten Bereich Milchvieh, es wird nicht nach verschiedenen Haltungsverfahren unterschieden. Die Datengrundlagen des momentanen Emissionsfaktors stammen aus den frühen 1990-er Jahren und können aktuelle Daten und den Wandel bzw. technischen Fortschritt in den Haltungs- und Managementverfahren in den modernen Ställen nicht abbilden. Diese Einflüsse, wie z.B. erhöhte Tierleistung, Flächenangebote oder Luftwechsel, können sich jedoch auf die Höhe der Emissionen der Stallgebäude auswirken.

Für die verschiedenen Tierkategorien wurden durch die EmiDaT-Projektgremien Beirat und Arbeitsgruppe verschiedene Haltungsverfahren ausgewählt. Die Auswahl der Haltungsverfahren repräsentiert einerseits die gegenwärtig relevanten und verbreiteten Haltungsverfahren, darüber hinaus werden auch Haltungsverfahren mit besonderem Fokus auf Tierwohlaspekten (z.B. durch Weidegang bei Milchvieh) berücksichtigt, die zunehmend Verbreitung finden und mit denen eine bessere gesellschaftliche Akzeptanz verbunden wird.

Für Milchvieh wurden vier Liegeboxenlaufstalltypen ausgewählt:

- Laufgang perforiert (Spaltenboden) mit externer Güllelagerung (ohne Güllekeller)
- Laufgang perforiert (Spaltenboden) mit Güllelagerung unter den Spalten (Güllekeller)
- Laufgang planbefestigt mit externer Güllelagerung
- Laufstall mit Weidehaltung (mind. 120 Tage mit mind. 6 Stunden Weidedauer)

2 Standortverteilung

Für jedes der vier Haltungsverfahren wurden gemäß den Vorgaben im Messprotokoll für eine Mindestanzahl an Wiederholungen vier Praxisbetriebe gesucht. Wichtige Kriterien für die Auswahl der Betriebe waren die Ausrichtung des Stallgebäudes zur Hauptwindrichtung, die ungehinderte (Quer-)Durchströmung sowie eine geringe Vorbelastung im Stallumfeld durch andere Emissionsquellen. Zudem sollten die Betriebe möglichst über Deutschland verteilt sein. Aus Gründen der messtechnischen Machbarkeit wurde die Bestandsgröße auf etwa 100 bis 200 Tierplätze begrenzt.

Abbildung 1 stellt die regionale Verteilung der ausgewählten Milchviehbetriebe dar. Es zeigt sich, dass die Verteilung der Haltungsverfahren auch regionalspezifisch ist. So kommen Ställe mit Güllelagerung unter dem Stall verstärkt in Norddeutschland zum Einsatz. Durch die Größenbegrenzung wurden für die östlichen Bundesländer nur sehr wenige Betriebe gemeldet. Davon war nur ein Stall für die Messungen im EmiDaT-Projekt geeignet.

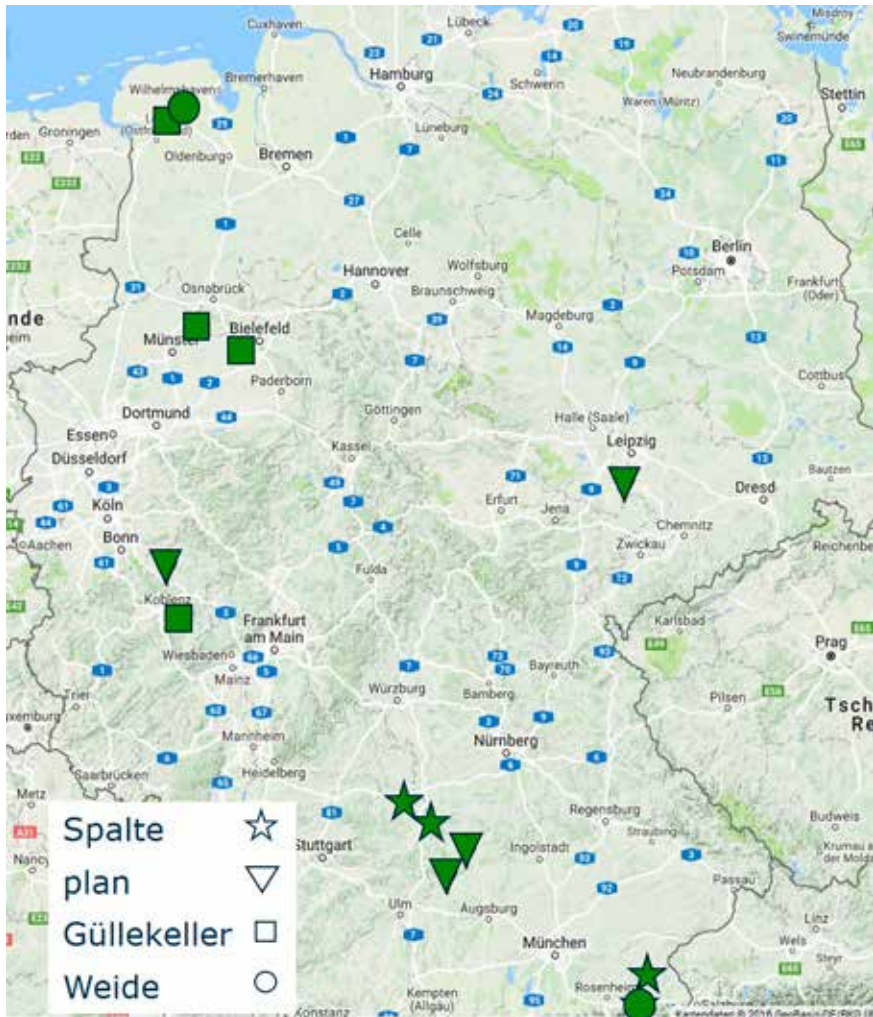


Abb. 1: Regionale Verteilung der zu messenden Milchviehställe im EmiDaT-Projekt (© KTBL)
 Fig. 1: Regional distribution of dairy housings measured in EmiDaT (© KTBL)

3 Messungen und Einrichtung der Ställe

Die Emissionsmessungen werden anhand einer überarbeiteten Version des „KTBL Messprotokoll für offene Stallsysteme“ durchgeführt. Dieses beruht auf den Darlegungen im „VERA Test Protocol for Livestock Housing and Management Systems“ (VERA 2011). Die Messungen erfolgen in sechs einwöchigen Messabschnitten, die gleichmäßig über 12 Monate verteilt liegen.

Die Erfassung des Volumenstroms an den frei gelüfteten Stallgebäuden ohne Auslauf erfolgt mithilfe der CO_2 -Bilanzmethode (Bjerg et al. 2013, Ogink et al. 2013). CO_2 - und NH_3 -Konzentrationen werden über mehrere Messleitungen im Stallgebäude erfasst, zusätzlich wird die Hintergrundbelastung im Außenbereich des Stalls ermittelt. Zudem erfolgt an einigen Stallanlagen die Messung von Geruch und Staub.

Bei Betrieben mit Weidehaltung kommt die Tracergasmethode mit künstlichem Tracergas (z.B. SF_6) zum Einsatz. Neben den Emissionswerten wird eine Vielzahl an Rahmenparametern gemessen. Diese umfassen u. a. Stall- und Außenklima, Betriebsmanagement (z.B. Entmistungszeiten, Melkzeiten, Fütterungszeiten, Position der Curtains) sowie Futter- und Wirtschaftsdüngeranalysen oder Leistungsdaten (Schrade et al. 2008).

Die Einrichtung mit den Messleitungen für die Gase und weiteren Geräten zur Erfassung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung erfolgt in jedem Stall individuell anhand der jeweiligen Gegebenheiten (Größe, Anordnung der Futtergänge, Anordnung der Laufgänge etc.). Abbildung 2 zeigt beispielhaft eine Messleitung über dem Futtergang in einem der Projektställe.



Abb. 2: Messleitung mit Probenahmepunkten über kritische Kapillaren im Milchviehstall (© Eurich-Menden)

Fig. 2: Sampling line with sampling points with critical orifices (© Eurich-Menden)

Zur Veranschaulichung der Messungen für EmiDaT wurde im Oktober durch die Arbeitsgruppe ein Workshop „Messmethodik“ an einem der zu untersuchenden Standorte durchgeführt. Teilnehmer waren Ingenieurbüros und Messinstitute. Inhalte des Workshops waren die detaillierte Vorstellung des EmiDaT-Messkonzepts sowie des Aufbaus und der Vorgaben zu den Messungen. Neben der Darstellung von Anforderungen an die Messungen, diente der Workshop vor allem dem Erfahrungsaustausch.

Die ersten Messungen starteten im Februar 2017. Um einen validen Emissionsfaktor ableiten zu können, müssen mindestens 6 plausibilisierte Messungen über das Jahr verteilt vorliegen. Erst dann können Jahresmittelwerte berechnet werden. Die Gesamtmessdaten bilden schließlich die Datengrundlage für die Ableitung eines Emissionsfaktors, möglichst differenziert für die o. g. Haltungsverfahren.

4 Ausblick

Nach der Auswahl der Milchviehställe und dem Beginn der Messungen wurden für die Mastschweine durch die begleitenden Gremien folgenden Haltungsverfahren mit Auslauf für die weiteren Messungen festgelegt:

- Außenklimastall mit Auslauf – planbefestigt mit Einstreu
- Außenklimastall mit Auslauf – Spalten im Auslauf
- Offenfrontstall mit Auslauf – planbefestigt mit Einstreu
- Geschlossener Stall, keine freie Lüftung, mit Auslauf – planbefestigt mit Einstreu

Hierfür werden ebenfalls je 4 Betriebe ausgewählt und nach standardisierten Messvorgaben die Emissionen von Ammoniak, Geruch und Staub ermittelt. Die Messungen werden sich voraussichtlich über das Jahr 2018 erstrecken.

Des Weiteren wird an der Grundstruktur für eine Forschungsdatenbank für Emissionsdaten gearbeitet.

Literatur

- Bjerg, B.; Liberati, P.; Marucci, A.; Zhang, G.; Banhazi, T.; Bartzanas, T.; Cascone, G.; Lee, I. and Norton, T. (2013): Modelling of ammonia emissions from naturally ventilated livestock buildings: Part 2, air change modelling. *Biosystems engineering* 116, pp. 246–258
- Ogink, N.W.M.; Mosquera, J.; Calvet, S. and Zhang, G. (2013): Methods for measuring gas emissions from naturally ventilated livestock buildings: Developments over the last decade and perspectives for improvement. *Biosystems engineering* 116, pp. 297–308

Schrade S., Keck M. and Hartung E. (2008): Measurement of ammonia emissions in naturally ventilated cattle housings with an exercise yard: selection of relevant accompanying parameters. In: Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering, AgEng2008, 22-25 June 2008, Hersonissos, Greece, 8 p.

VERA (2011): http://www.vera-verification.eu/fileadmin/download/Test_programs/Housing.pdf, Zugriff am 5.5. 2017

Mitglieder der KTBL-Arbeitsgruppe „EmiDaT“

Prof. Dr. Thomas Amon, ATB, Potsdam; Prof. Dr. Eva Gallmann (Vorsitzende), Universität Hohenheim; Prof. Dr. Eberhard Hartung, Universität Kiel; Thomas Heidenreich, LfULG Sachsen, Köllitsch; Susanne Gäckler, DLG, Groß-Umstadt; Stefan Linke, TI-AT, Braunschweig; Dr. Stefan Naser, LfL Bayern; Dr. Nico Ogink, WUR, Wageningen, NL; Dr. Sabine Schrade, Agroscope, Tänikon, CH; Dr. Manfred Trimborn, Universität Bonn

Finanzierung



Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank, Frankfurt am Main.

Untersuchungen zum Einfluss von Futterzusatzstoffen auf die Reduktion von Methan- und Ammoniak-Emissionen aus der Milchviehhaltung im Praxismaßstab

Investigations on the influence of feeding additives to reduce emissions of methane and ammonia from dairy farming in practice

ALEXANDER J. SCHMITHAUSEN, MANFRED TRIMBORN, WOLFGANG BÜSCHER

Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Nußallee 5, 53115 Bonn; schmithausen@uni-bonn.de

Zusammenfassung

Im Rahmen der aktuellen Klimapolitik und des Strukturwandels in der deutschen Landwirtschaft treten die Emissionen umweltrelevanter Gase aus der Landwirtschaft und insbesondere der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung vermehrt in den Fokus von Politikern, Landwirten, Umweltschützern und interessierten Bürgern.

Das Hauptaugenmerk dieser Untersuchung liegt auf der Freisetzung des klimarelevanten Methans (CH_4) und des umwelttoxischen Ammoniaks (NH_3), welche in der Milchviehhaltung eine relevante Rolle spielen. In Langzeituntersuchungen konnte durch die Hinzugabe eines Tannin-Additivs in die Futtermischung kein signifikanter Minderungseffekt von CH_4 -Emissionen auf Stallebene festgestellt werden. Die NH_3 -Emissionen konnten hingegen im Vergleich zur Kontrollgruppe um bis zu 34 % minimiert werden.

Summary

In the course of current climate policy and structural changes in German agriculture, emissions of environmentally relevant gases from agriculture and especially livestock farming get increasingly in focus of politicians, farmers, environmentalists and interested citizens.

The main focus of this study is based on climate relevant methane and environmental toxic ammonia implicated in dairy farming. Long-term measurements by addition of a tannin additive in the feeding ration showed no significant methane emission on barn level. However, the ammonia emission showed a decrease of 34 % compared to the control group.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft, das Bewusstsein der Konsumenten gegenüber landwirtschaftlichen Produkten sowie die 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 (CH_4) betrachtet. Das umwelttoxische Ammoniak (NH_3) wird in der vorliegenden Untersuchung mit einbezogen. Langzeitmessungen unter Praxisbedingungen sind unabdingbar zur quantitativen Erfassung von Emissionen aus freigelüfteten Milchviehstallungen.

Ausgehend von bisherigen Erfahrungen aus der Praxis und Ergebnissen anderer Forschungsprojekte (siehe auch Schmithausen et al., 2016) liegt der Fokus dieser Untersuchung auf der Bestimmung von CH_4 und NH_3 . Durch die Fütterung unterschiedlicher Rationen an die Versuchsgruppen besteht die Möglichkeit Emissionsminderungen auf Stallebene zu erfassen.

Ziele der Untersuchung waren:

- Bedingungen zu definieren, um mit Hilfe der CO_2 -Bilanzmethode den Luftvolumenstrom in einem freibelüfteten Milchviehstall bestimmen zu können.
- CH_4 - und NH_3 -Emissionen auf Herdenebene zu quantifizieren, die unter definierten Bedingungen und unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen bestimmt wurden.

2 Methodische Vorgehensweise

Die Untersuchungen wurden im Milchviehversuchsstall des Versuchs- und Bildungszentrums Landwirtschaft Haus Riswick in Kleve durchgeführt. Der Versuchsstall verfügt über ein in der Milchviehhaltung übliches Querlüftungssystem. Zwei lufttechnisch getrennte Bereiche sind mit Spaltenboden ausgestattet und können innerhalb der gleichen Stallung mit unterschiedlichen Fütterungsgruppen (jeweils 48 Tiere) belegt werden (Abb. 1). Dies bietet die Möglichkeit eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe gleichzeitig (case control) und während identischer Umweltbedingungen zu beproben. Zeitgleich wurden die Futter- und Wasseraufnahme sowie zusätzliche Parameter auf Einzeltierebene (Milchleistungsparameter, Tiergewichte u. a.) erfasst und berücksichtigt.

Die Konzentrationserfassung der Gase wurde mittels photoakustischer Infrarot Spektroskopie (PAS) durchgeführt. Das Multigasmonitorsystem der Fa. Fa. LumaSense Technologies GmbH (INNOVA 1412) hat sich für Langzeitmessungen unter Feldbedingungen sehr gut bewährt. Die Kalkulation des Luftvolumenstroms erfolgte mit Hilfe der CO_2 -Bilanzmethode (nach CIGR, 2002 und Pedersen et al., 2008).

Zur endgültigen Berechnung der Emissionsraten konnten ausschließlich Daten verwendet werden, die keinen Managementeinflüssen (Melk- und Fütterungszeiten, Homogenisieren des Flüssigmistes) unterlagen. Weiterhin ist die emissionstechnische Bewertung des quergelüfteten Milchviehstalles nur dann möglich, wenn eine Mindest-

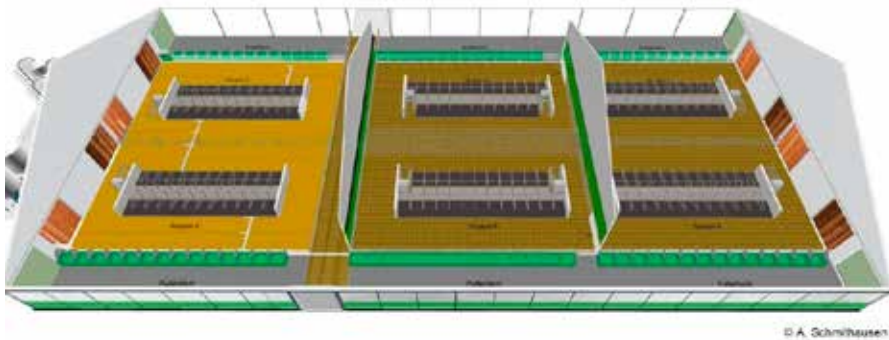


Abb. 1: Skizze der Versuchsstallung und den drei lufttechnisch getrennten Versuchssegmente (gelb: planbefestigter Bereich; braun: zwei Spaltenbodenbereiche für jeweils 48 Tiere (Fütterungs- und Kontrollgruppe (© Schmithausen)

Fig. 1: Layout of the research barn and three airspace separated research areas (yellow: solid floor area; brown: two slatted floor areas for 48 cows, respectively (feeding- and control group (© Schmithausen)

windgeschwindigkeit und eine definierte Anströmrichtung des Windes existiert (Schmithausen et al., submitted).

Die 169-tägige Versuchsphase beinhaltete vier Fütterungsperioden (ab Januar 2013). Jeweils eine vor- und nachgelagerte Gleichfütterung (Periode 1 und 4) der Versuchs- und Kontrollgruppe sowie zwei Fütterungsvarianten mit einer Dosierung des Zusatzstoffes (*Acacia mearnsii*) von 1 % (Periode 2) und 3 % (Periode 3) bezogen auf 37 kg der totalen Mischration (37 kg ECM, Gerlach et al., submitted).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der verwendeten Wetterparameter (Windrichtung und -geschwindigkeit) zur Berechnung des Luftvolumenstroms zeigt wie wichtig definierte Bedingungen zur Messung an freibelüfteten Stallgebäuden sind. Weiterhin sind hierfür Langzeitmessungen von mehr als 100 Tagen unabdingbar. Die Ergebnisse (nicht dargestellt) zeigen, dass das Verhältnis von Windgeschwindigkeit und Luftwechselrate in den beiden untersuchten Stallbereichen (Fütterungs- und Kontrollgruppe) eine sehr gute Korrelation aufweisen. Dies ist auf exakt definierte Bedingungen (Windrichtung und -geschwindigkeit) während der Datenerfassung zurückzuführen.

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der CH₄-Emission von Kontroll- und Fütterungsgruppe über den Zeitraum der vier Perioden. Die Fütterung des Tannin-Zusatzstoffes in der Ration hat entgegen anderer Untersuchungen (Grainger et al., 2009) keine signifikante Reduktion der CH₄-Emissionen auf Stallebene gezeigt.

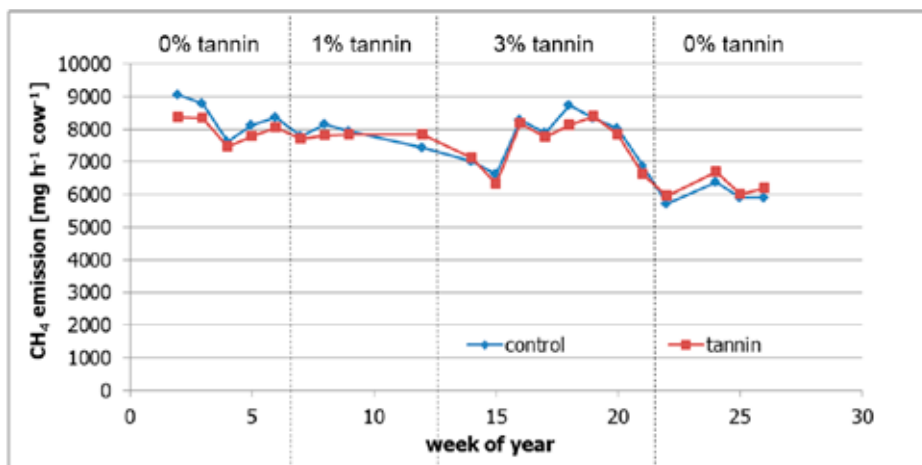


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der CH₄-Emissionen der Kontroll- und Fütterungsgruppe in den vier Fütterungsperioden (blau: control $\triangleq$ Kontrollgruppe; rot: tannin $\triangleq$ Fütterungsgruppe (© Schmithausen))
 Fig. 2: Temporal course of the CH₄ emissions of the control and feeding group during the four feeding periods (blue: control $\triangleq$ control group; red: tannin $\triangleq$ feeding group (© Schmithausen))

In Abbildung 3 sind die NH₃-Emissionen in den vier Fütterungsperioden dargestellt. Im Gegensatz zu den CH₄-Emissionen konnten die Ammoniak-Emissionen durch den Zusatz des Tannin-Extrakts reduziert werden.

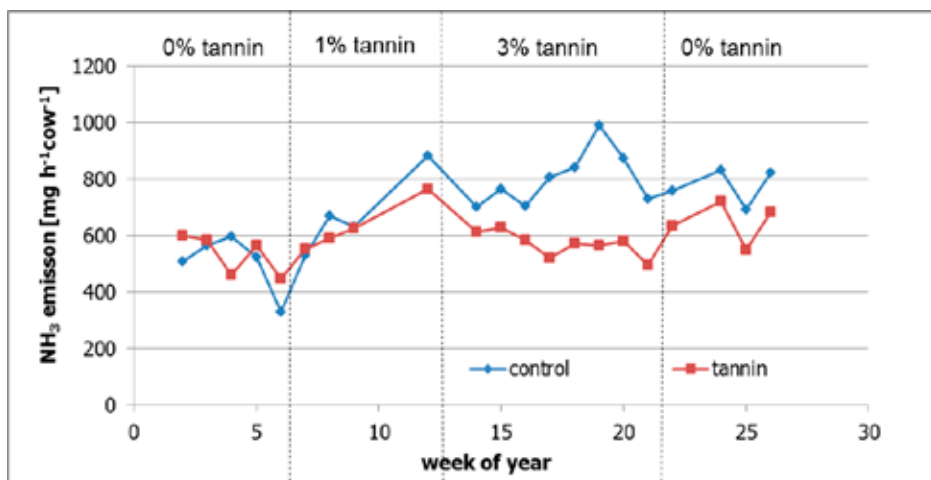


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der NH₃-Emissionen der Kontroll- und Fütterungsgruppe in den vier Fütterungsperioden (blau: control $\triangleq$ Kontrollgruppe; rot: tannin $\triangleq$ Fütterungsgruppe (© Schmithausen))
 Fig. 3: Temporal course of the NH₃ emissions of the control and feeding group during the four feeding periods (blue: control $\triangleq$ control group; red: tannin $\triangleq$ feeding group (© Schmithausen))

In Abhängigkeit der dosierten Zugabe des Tannins konnten NH_3 -Emissionsminderungen erzielt werden. Ein Zusatz von 1 % Tannin zeigte keine signifikante (5,2 %; $P > 0,05$) Emissionsminderung, während eine Zugabe von 3 % eine durchschnittliche NH_3 -Minderung von 34,5 % erbrachte ($P < 0,05$). In Abbildung 3 ist dieser Verlauf zwischen Kontroll- und Fütterungsgruppe gut erkennbar. Weiterhin zeichnet sich ein Temperatureffekt in der Kontrollgruppe in Periode 2 und 3 ab. Die NH_3 -Emissionen steigen parallel mit der Temperatur an. In der Fütterungsgruppe ist dieser Verlauf nicht erkennbar, sodass von einer Emissionsminderung in der Fütterungsgruppe gesprochen werden kann.

4 Fazit und Ausblick

Die Langzeitmessungen von Emissionen aus einem freigelüfteten Milchviehstall haben gezeigt, dass CH_4 - und NH_3 -Emissionen auf Herdenebene mit Hilfe der photoakustischen Konzentrationsbestimmungen und der CO_2 -Bilanzmethode zur Bestimmung des Luftvolumenstroms, quantifizierbar sind. Auswirkungen durch eine unterschiedliche Fütterung der Kontroll- und Fütterungsgruppe (case control) konnten dargestellt werden. Die Verwendung eines Tannin-Extrakts in der Ration scheint erst ab einer gewissen Menge einen Minderungseffekt in Bezug auf NH_3 hervorzurufen. Ob eine höhere Dosierung auch eine CH_4 reduzierende Wirkung haben kann oder sich auf die Leistungsfähigkeit der Tiere auswirkt, sollte in weiteren Untersuchungen erörtert werden. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Zukünftig werden zusätzliche Daten über gasförmige Emissionen von frei belüfteten Tierställen benötigt. Insbesondere Langzeituntersuchungen über unterschiedliche Witterungsperioden (vier Jahreszeiten) sind hier von Interesse.

Literatur

- CIGR (2002): Report of Working Group on Climatization of Animal Houses – Heat and Moisture Production at Animal and House Levels. In: S. Pedersen, and K. Sällvik (Eds.): Commission International Du Genie Rural (International Commission of Agricultural Engineering), Horsens, Denmark, 46
- Gerlach, K.; Pries, M.; Tholen, E.; Schmithausen, A.J.; Büscher, W.; Südekum, K.-H. (submitted): Effect of condensed tannins in rations of lactating dairy cows on production variables and nitrogen use efficiency
- Grainger, C.; Clarke, T.; Auldist, M.J.; Beauchemin, K.A.; McGinn, S.M.; Waghorn, G.C.; Eckard, R.J. (2009): Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. Canadian Journal of Animal Science 89 (2), pp. 241–251
- Pedersen, S.; Blanes-Vidal, V.; Joergensen, H.; Chwalibog, A.; Haeussermann, A.; Heetkamp, M.J.W.; Aarnink, A.J.A. (2008): Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International, CIGR Ejournal. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1205/1132>

- Schmithausen, A.J.; Trimborn, M.; Büscher, W. (2016): Methodological Comparison between a Novel Automatic Sampling System for Gas Chromatography versus Photoacoustic Spectroscopy for Measuring Greenhouse Gas Emissions under Field Conditions. *Sensors* 16 (10), 1638
- Schmithausen, A.J.; Schiefler, I.; Trimborn, M.; Gerlach, K.; Südekum, K.-H.; Pries, M.; Büscher, W. (submitted): Quantification of methane and ammonia emissions in a naturally ventilated barn in response to supplementation of condensed tannins to a lactating dairy cow ration

Danksagung

Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und besonders bei den Mitarbeitern am Standort Haus Riswick. Die Untersuchungen wurden von der Landwirtschaftlichen Rentenbank (Z-20039/-7) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziell unterstützt (GZ: BU 1235/8-1). Dieses Forschungsprojekt wurde teilweise von Mitgliedern des Zentrums für Integrierte Milchforschung (CIDRe), Universität Bonn (Bonn, Deutschland) durchgeführt.

Kombinierte Abluftreinigung aus einem Legehennenstall zur Minderung von Staub, Ammoniak und Geruch

Combined exhaust air treatment at a laying hen barn for mitigation of dust, ammonia and odour

CAROLINA STROHMAIER¹, SVEN KÜNNEN², BERND DIEKMANN³, 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 AG, P.O. Box 1163, 49360 Vechta

³ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Physikalisches Institut, Nußallee 12, 53115 Bonn

Zusammenfassung

Im vorliegenden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurde eine dreistufige Abluftreinigungsanlage für die Legehennenhaltung zur Minderung von Staub-, Ammoniak- und Geruchsemissionen untersucht. Die Abluft passiert zuerst eine physikalische, dann eine chemische sowie im letzten Schritt eine biologische Filterstufe und wird dabei gereinigt.

Die bislang erzielten Ergebnisse zeigen eine hohe Effektivität des untersuchten Systems auf, sodass dieses in weiteren Untersuchungen in der Geflügelmast erprobt werden soll. Hierbei soll ein besonderer Fokus auf die Effektivität verschiedener Füllmaterialien für die biologische Reinigungsstufe hinsichtlich ihrer Eignung zur Minderung der Geruchsintensität gelegt werden.

Summary

In the present research and development project, a three-stage exhaust air treatment system was investigated for the reduction of dust, ammonia and odour emissions. The exhaust air first passes a physical filter, then a chemical filter step and a biological filter as a third step. In that way the exhaust air gets cleaned.

The results obtained so far show a high efficiency of the investigated system. The exhaust air treatment system will be tested in further investigations at a poultry fattening barn. A particular focus will be placed on the efficiency of different filling materials for the biological cleaning step regarding their suitability for reducing the odour intensity.

1 Problemstellung und Zielsetzung

In Legehennen haltenden Betrieben mit mindestens 3.000 Tierplätzen wurden in Deutschland im Jahr 2016 knapp 12 Milliarden Eier produziert, 1,5 % mehr als noch im Jahr zuvor (Statistisches Bundesamt, 2017). Abluftreinigungsanlagen zur Emissionsminderung von Ammoniak, Staub, Bioaerosolen und Geruch werden auch in der Geflügelhaltung in Deutschland immer häufiger für die Genehmigungsfähigkeit der Standorte eingefordert. Dabei beeinflussen verschiedenste Faktoren die Höhe von Emissionen aus verschiedenen Haltungssystemen: Demmers et al. (2010) führen bezüglich der Staubkonzentrationen in der Abluft aus Geflügelställen unter anderem Einstreumaterialien und die Art der Lüftung an. Der bisherige Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in Geflügelställen war sehr zögerlich (im Vergleich zur Schweinehaltung), weil es kaum geprüfte Systeme gibt und die Standard-Systeme mit den hohen Staubfrachten nur schwer zurechtkommen sowie meist keine zufriedenstellende Geruchsminderung erzielen.

Das vorliegende Forschungsprojekt dient der Entwicklung und Untersuchung einer praxistauglichen Abluftreinigungsanlage für den Geflügelbereich basierend auf vorhandenen Baugruppen. Im Vordergrund steht dabei die effektive Minderung der Geruchsbelastung durch geeignete biologische Filtermaterialien.

2 Material und Methode

Gegenstand der Untersuchung war ein Legehennenstall mit 40.500 Tieren in Bodenhaltung mit Volierengestellen auf zwei Ebenen, traufseitig installierter Zuluft- und zentraler, giebelseitiger Abluftführung. Es fand eine Teilstrombehandlung der Abluft dieses Stalles mittels einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage statt:

- 1. Stufe: physikalische Reinigung mittels Staubfilter StuffNix (Big Dutchman, Vechta)
- 2. Stufe: chemische Reinigung mittels Abluftwäscher MagixX-B (Big Dutchman, Vechta)
- 3. Stufe: biologische Reinigung mittels Biofilter aus Papierpads

Jeweils roh- sowie reingasseitig wurden Staub-, Ammoniak- sowie Geruchskonzentrationen gemessen. Die Staubkonzentrationen wurden mittels zweier Aerosolspektrometer (Modell 1109A, Grimm Aerosol Technik GmbH, Ainring) erfasst.

Zur Messung der Ammoniak-Konzentrationen wurde ein photoakustischer Multigasmonitor (Innova 1412 mit Messstellenumschalter 1309, LumaSense Technologies A/S, Ballerup, DK) eingesetzt (n = 144 Messwerte je Messtag und -punkt).

Geruchproben wurden vor Ort entnommen und im Bonner Messlabor am Olfaktometer (TO 8, ECOMA, Weyhe-Dreye) von einem geschulten Probandenteam untersucht (n = 4 Proben je Messtag).

Des Weiteren wurden kontinuierlich der Luftvolumenstrom sowie Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet.

Die Daten wurden in drei Messkampagnen im August 2016, September 2016 sowie Februar 2017 erhoben, sodass sowohl die Sommer- als auch Wintersituation erfasst werden konnte.

3 Ergebnisse

Die Gesamtstaubkonzentration konnte im Mittel um 93,4 % gemindert werden (Tab. 1). Die mittlere Konzentration von Ammoniak wurde durch den Einsatz der Abluftreinigungsanlage von 3,24 ppm auf 0,46 ppm gesenkt, was einer Reduktion um 85,7 % entspricht.

Tab. 1: Minderungsleistung der Abluftreinigungsanlage

Tab. 1: *Mitigation performance of the exhaust air treatment system*

	Einheit	Rohgas	Reingas	Minderung
Gesamtstaub	$\mu\text{g m}^{-3}$	901,9	58,7	93,4 %
Ammoniak	ppm	3,2	0,5	85,7 %
Geruch	GE m^{-3}	118,3	37,4	80,9 GE

Um durchschnittlich 80,9 GE m^{-3} war die Geruchsintensität der Luft herabgesetzt, nachdem sie das Abluftreinigungssystem durchlaufen hatte. Am ersten und zweiten Messtermin waren die Rohgaskonzentrationen deutlich niedriger als am dritten, wie aus Tabelle 2 hervorgeht. Trotz höherer Rohgaskonzentrationen konnte auch bei der dritten Messung eine deutliche Minderung um 125 GE m^{-3} festgestellt werden.

Des Weiteren wurde zu keinem der drei Untersuchungszeitpunkte von den Olfaktometrie-Probanden Rohgasgeruch in einer Reingasprobe festgestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der olfaktometrischen Messungen

Tab. 2: *Results of the olfactometry measurements*

	Einheit	Rohgas	Reingas	Minderung	Rohgasgeruch im Reingas
August 2016	GE m^{-3}	91	42	49	-
September 2016	GE m^{-3}	96	28	68	-
Februar 2017	GE m^{-3}	168	43	125	-

4 Diskussion und Ausblick

Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Ergebnisse legen nahe, dass sich dieses System zur effizienten Reinigung der Abluft eines Legehennenstalls von Staub, Ammoniak sowie Geruch eignet.

Durch die Erweiterung von einer auf drei Stufen konnte die Minderungsleistung bezüglich des Gesamtstaubs noch einmal gesteigert werden. In eigenen Voruntersuchungen der ersten Filterstufe, des Trockenfilters „StuffNix“, wurde eine Minderung der Gesamtstaubkonzentration von 67 % gemessen (Strohmaier und Büscher, 2016). Eine weitere frühere Untersuchung ergab eine Rückhaltung von 72 % der Gesamtstaubkonzentration durch den Einsatz des Trockenfilters (Mostafa und Büscher, 2011). Beide Werte konnten durch die mittlere Abscheideleistung von 93,4 % (Tab. 1) in der mehrstufigen Abluftreinigungsanlage übertroffen werden.

Im vorliegenden Forschungsprojekt liegt ein besonderer Fokus auf der Minderung der Geruchsbelastung. Mit dem biologischen Filter, der für die vorliegende Untersuchung mit Papierpads bestückt wurde, konnte dieses Ziel bereits zufriedenstellend erreicht werden. Sowohl eine deutliche Minderung der Geruchsintensität als auch das Fehlen von Rohgasgeruch im Reingas konnten nachgewiesen werden. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass die Vorgaben des DLG-Prüfrahmens (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., 2015) von maximal zulässigen 300 GE m⁻³ im Reingas bereits im Rohgas unterschritten wurden.

In den weiteren Untersuchungen des Abluftreinigungssystems in der Geflügelmast sind höhere Geruchsbelastungen im Rohgas zu erwarten (Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2011). Im weiteren Verlauf des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens sollen die Untersuchungen mit besonderem Augenmerk auf verschiedene Filtermaterialien für die biologische Reinigungsstufe in der Geflügelmast fortgeführt werden.

Literatur

- Demmers, T.G.M.; Saponja, A.; Thomas, R.; Phillips, G.J.; McDonald, A.G.; Stagg, S., Bowry, A.; Nemitz, E. (2010): Dust and ammonia emissions from UK poultry houses. XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering, <http://www.csbe-scgab.ca/docs/meetings/2010/CIGR2010-book-abstracts.pdf>, S. 220, zuletzt abgerufen am 27.03.2017
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (2015): Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen. DLG-Prüfrahmen, DLG e.V., Groß-Umstadt
- Mostafa, E.; Büscher, W. (2011): Indoor air quality improvement from particle matters for laying hen poultry houses. Biosystems Engineering 109 (1), 22-36
- Statistisches Bundesamt (2017): Betriebe mit Legehennenhaltung, Eierzeugung und Legeleistung in Deutschland nach Haltungsformen im Jahr 2016. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/TiereundtierischeErzeugung/Tabellen/Betriebe_Legehennenhaltung_Eierzeugung_Legeleistung_nach_Haltungsformen.html, zuletzt abgerufen am 27.03.2017

- Strohmaier, C.; Büscher, W. (2016): Emissionsminderung aus Geflügelställen durch kombinierte Abluftreinigung. Vortrag im DLG-Fachforum Geflügel, EuroTier, Hannover
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Richtlinie 3894 - Blatt 1. VDI e.V., Beuth Verlag, Berlin

Förderungshinweis

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird in Kooperation mit dem Industriepartner Big Dutchman AG, 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 und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Verification of emission-reducing procedures in naturally ventilated cow houses by using optimised measurement methods – Revision of the VERA test protocol "Housing Systems"

Verifizierung von emissionsmindernden Verfahren in Rinderställen durch optimierte Messmethoden in freibelüfteten Ställen – Revision des VERA Testprotokolls „Tierhaltungssysteme“

IRIS BECKERT¹ AND VERA COMMISSION¹: ANDERS PETER S. ADAMSEN², PETER DEMEYER³, EVA GALLMANN⁴, EWALD GRIMM⁵, EBERHARD HARTUNG⁶, SABRINA HEMPEL⁷, PETER KAI⁸, JULIO MOSQUERA⁹, NICO OGINK⁹, PAUL ROBIN¹⁰, BJARNE SCHMIDT BJERG¹¹

¹ International VERA Secretariat, Groß-Umstadt; info@vera-verification.eu

² SEGES, Aarhus, Denmark, ³ ILVO, Mellebeke, Belgium, ⁴ University of Hohenheim, Agrartechnik, Stuttgart, Germany, ⁵ KTBL, Darmstadt, Germany, ⁶ University of Kiel, Kiel, Germany, ⁷ ATB, Potsdam, Germany,

⁸ Aarhus University, Denmark, ⁹ Wageningen Livestock Research, Wageningen, The Netherlands,

¹⁰ INRA, Rennes, France, ¹¹ University of Copenhagen, IVH, Frederiksberg, Denmark

Summary

To meet the challenge of performing comparable and valid emission measurements in naturally ventilated animal houses, the VERA test protocol for "Housing and Management Systems" (2011) has been revised based on the latest studies and an exchange of experts. The revised protocol offers guidance ranging from the selection of a suitable test location to correct measurements with artificial or metabolically produced tracer gases allowing an evaluation of the environmental performance and operational stability of emission-reducing procedures in livestock husbandry. To validate the revised method and assess the measurement uncertainties, a plan for an inter-laboratory test has been initiated.

Zusammenfassung

Basierend auf aktuellen Studien und dem fachlichen Austausch von Experten stellt sich die revidierte Fassung des VERA Prüfprotokolls für Tierhaltungssysteme (2011) der Herausforderung, vergleichbare und valide Messungen in freibelüfteten Ställen zu definieren. Das revidierte Prüfprotokoll bietet einen Leitfaden zur Bewertung der Umweltwirkung und Betriebssicherheit von emissionsmindernden Techniken und Verfahren in der Tierhaltung: von der Wahl eines passenden Prüfstandorts bis hin zur korrekten Messung mit künstlichen oder natürlichen Tracer-Gasen. Um die neue Methode im Sinne einer ausführlichen Messunsicherheitsbetrachtung validieren zu können, wurden erste Pläne für einen Laborvergleichstest initiiert.

1 Objectives

Making the environmental efficiency and operational stability of emission-reducing procedures transnationally comparable by using uniform and scientific test procedures was the objective of the Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production (VERA) initiated by Germany, Denmark and the Netherlands in 2008.

The challenge involves performing comparable and valid emission measurements in naturally ventilated animal houses, as they are common practice in cattle farming, and standardising them has not been achieved in a satisfactory manner in recent years due to the insufficiently described and validated measurement methods.

Furthermore, inter-laboratory studies to develop a reliable assessment of the measurement uncertainties for emission measurements in livestock husbandry systems are necessitating new initiatives.

2 Material and methods

The development of the revised test and verification standard is based on the connection of expert knowledge and several scientific studies in Denmark, the Netherlands, Germany, Belgium, France and Switzerland. In this process, not only literature studies were consulted, but also a direct exchange involving experts with technical knowledge of the relevant issues was initiated and supported, as this is common practice during the creation of international standards.

The coordination of the new standard was mainly supported by the relevant agricultural or environmental ministries of the interested countries.

This setup was also applied for the planning of an inter-laboratory investigation in order to improve the assessment of measurement uncertainties when measuring ammonia in the agricultural environment of an animal house.

3 Results

3.1 Revised test standard

A revised test standard for naturally ventilated animal houses has been created on the basis of completed studies and with the participation of scientists from various European countries. The results have been summarised in terms of a revision in the new version of the VERA test protocol for "Housing and Management Systems" (2011).

The focus is on testing ammonia, odour and dust emissions from livestock houses, measuring and respecting parameters which are related to the emissions (e.g. ventilation rate, CO₂, temperature) or to other factors such as the level of production (e.g. animal weight and density, manure parameters, feed) and the operational stability of the system in the test (e.g. uptime of system, consumption of electricity, water, chemicals).

The latest findings from other European research projects evaluating the application possibilities and limits of various measurement methods for ammonia, dust and odour were considered for the revision.

To allow flexibility in the selection of the measurement methods and simultaneously assure high measurement quality, it was agreed to abandon the earlier approach based on a list of allowed measurement principles. This has been replaced by an approach with defined unique 'reference methods' for each of the primary measurement parameters. The selected measurement methods must have been validated against reference methods in a standard procedure based on laboratory and field comparisons.

Reference methods are now defined for:

- Ammonia: impinger system
- Odour: dynamic olfactometry according to EN 13725
- (Total) Dust: gravimetric measurement according to the relevant EN standards
- Air volume: fan-wheel anemometer or emission values derived from tracer gas

Measurements for naturally ventilated buildings

Primarily, the revision discusses comprehensively the specific measurement conditions for naturally ventilated animal houses, ranging from the selection of a suitable test site to the correct definition of adequate measurement points to the detailed presentation and description of various measurement methods, such as those with artificial (e.g. SF₆) as well as with metabolically produced tracer gas (CO₂) and their explicit measurement conditions and requirements. Moreover, the correct processing and statistical evaluation of the data is presented and explained to assure the environmental effect of the technology investigated.

The key alterations to the previous test protocol and the major requirements for the measurements according to the revised VERA standard are as follows:

- Case-control design

As this test design is known to minimise non-system factors and allow a direct comparison, this remains the preferred option in the revised test protocol. The maximum deviation for a case-control approach in terms of variation is defined, for e.g. animal weight or other aspects. Use of a 'fixed case-control' or an 'on-off' approach may be alternative test designs if specific requirements are respected and other test conditions can be kept similar during the measurement periods. This can help to prevent the need for a multi-site approach, which is a more expensive option, as measurements at a minimum of four (instead of two) different test sites become necessary.

- Emission patterns

Emissions can vary significantly depending on the animal weight and growth. Therefore, this effect must be considered in the planning of the test. Three types of 'growth' are defined as: stable (e.g. in dairy cows), linear increase (e.g. in fattening pigs) or exponential increase (e.g. in broilers). The sampling has to be performed in several periods of equal length depending on the growth type.

- Sampling points

To gain valid results with the CO₂ balance method, selecting the right sampling points is crucial. The distance between the sampling point and the side wall or an outlet opening, the minimum number of sampling points and the height of the sampling line in order to minimise the effect of animals, cubicles and other obstacles are described.

- Other sources and ingoing air

At least one sampling point outside the house at all open side walls at a distance of at least five metres is necessary to measure the gas concentration of the ingoing air. Other sources can influence the concentration of pollutants already in the ingoing air and need to be considered both in choosing the right measuring point for the outside air measurement and in calculating the emission value.

- Sampling frequency

A minimum of six measurement periods of at least 24 hours distributed over one year is still the demand for a VERA test. The distribution depends on the emission pattern. The exact number of measuring days must be determined based on an analysis of the power of the test design.

- Calibration, validation, on-site verification

Quality management in terms of testing by good laboratory practice is emphasised more clearly. Any calibration and verification procedures and estimates of measurement uncertainties must fulfil the requirements of ISO 17025 (2005) and be documented and reported.

- Calculation of the emission value

To derive the best estimate of the emission value from the test data, the completeness of the data set has to be evaluated and the mean emissions calculated, taking the emission pattern into account. When the CO₂ tracer ratio method is used, the calculation has to follow the rules of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR). An open Excel calculation tool is planned to assure equally correct use of the equations needed.

Agronomic requirements – common baseline

In addition to the measurability of a test site, the representativeness of a test site is of utmost importance to allow the best possible transferability of the test results to other countries and to other farms. The annex of this revised test protocol provides a comprehensive summary of agronomic requirements for an emission test in the three countries and includes a common baseline of the standard animal housing conditions.

For dairy cows, the loose housing with cubicles was found to be the highest common denominator for a 'standard housing system'.

To give an example of relevant criteria for the definition of agronomic requirements, Table 1 shows the demands for a suitable test location for dairy cows.

Naturally, only test farms with a production that complies with all national regulations on animal welfare, total environment, occupational health and safety and, if relevant, food safety for e.g. feed additives are acceptable.

To allow the classification of the test results attained, the national emission factors of the VERA member countries were summarised for different animal categories, housing and management conditions.

Tab. 1: Agronomic requirements for a test location (VERA, 2017)

Tab. 1: Anforderungen an die landwirtschaftliche Produktion eines Testbetriebes

Criterion (Excerpt)	Example: Dairy cows
Animal occupation rate	90–100 %
Herd composition	> 70 % of house must be occupied by cows
Housing system in use before test	> 2 months
Production level	≥ 25 kg energy corrected milk per cow and day
Feed composition	≥ 50 % roughage, 160–180 g CP per kg dry matter

3.2 Plan for an inter-laboratory test

To validate the measurement methods and to improve the assessment of measurement uncertainties, an inter-laboratory test with research and commercial laboratories will be planned. The first step will focus on the comparison of the measurement devices for NH₃, CO₂ and accompanying parameters upon use in a standardised gas measuring chamber with a mixture of different gases representing typical farm conditions. Furthermore, one measurement point in an animal house will be used to compare different measurement methods and instruments.

In standard instrument calibration regimes, interference of other gases is usually not considered. The conditions of an animal house, however, require the measurement instruments to be in control of such incidences. Thus, the new setting is crucial to evaluate measurement uncertainties under on-farm conditions.

4 Outlook and benefits

The final version of the revised VERA test protocol will be made publicly available on the VERA website from mid-2017. The outcome of the inter-laboratory test will be included in the next revision.

In the meantime, examinations with emission measurements in livestock houses have been initiated in Germany within the framework of the EmiDat project, which mainly follow the VERA test methods.

References

- ISO 17025 (2005): General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- VERA (2011): VERA test protocol “Housing and Management Systems” – Version 2, 2011. Retrieved January 10, 2017, from http://www.vera-verification.eu/fileadmin/download/Test_programs/Housing.pdf

Untersuchungen im Grenzschichtwindkanal zur Auswirkung von Depositionsbarrieren im Lee eines Außenklimastalls für Milchvieh

Investigations on the impact of deposition barriers downwind an outdoor climate house for dairy cows using an atmospheric boundary layer wind tunnel

KATJA BONKOSS¹, MARCEL KÖNIG², THOMAS AMON², STEFAN NESER¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; katja.bonkoss@lfl.bayern.de

² Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Zusammenfassung

Die Bewertung ihrer Umweltwirkungen stellt ein entscheidendes Kriterium für die Genehmigungsfähigkeit von Tierhaltungsanlagen dar. Die Möglichkeiten zur Ammoniakemissionsminderung im Stall sind jedoch bei Außenklimaställen begrenzt, sodass hier eintragsseitigen Minderungsmaßnahmen besondere Bedeutung zukommt, zumal geeignete Standorte nur begrenzt verfügbar sind.

Als Teilziel eines vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsvorhabens (Laufzeit 2014–2016) wurde daher als vielversprechender Minderungsansatz der Einsatz von Depositionsbarrieren (bspw. Hecken) im Lee von Außenklimaställen geprüft. Diese Untersuchungen wurden am Modell im Grenzschichtwindkanal des Kooperationspartners Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB), Potsdam-Bornim, vorgenommen.

Summary

The valuation of the environmental impact is the key criterium of the official approval of stables. The possibilities to reduce ammonia emissions of outdoor climate houses are limited which is why strategies for decreasing imissions are better suited. In addition suitable locations for agricultural livestock keeping are limited.

On behalf of the Bavarian State Ministry of Food, Agriculture and Forestry (duration 2014 to 2016) the impact of deposition barriers downwind an outdoor climate house for dairy cows were investigated. The inquiries were conducted in the atmospheric boundary layer wind tunnel of the cooperating Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB) in Potsdam-Bornim.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Mit der Neufassung maßgeblicher emissions- und immissionsschutzrechtlicher Regelungen auf internationaler und nationaler Ebene haben die Anforderungen an die Landwirtschaft hinsichtlich der Vermeidung überhöhter N-Einträge in die Umwelt weiter zugenommen. So wurde bspw. in der Ende 2016 in Kraft getretenen sog. NERC-Richtlinie vereinbart, dass Deutschland seine Ammoniakemissionen bis 2030 um 29 % gegenüber dem Basisjahr 2005 verringern muss. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es verschärfter Anstrengungen und geeigneter Strategien zur Emissionsminderung gerade bei den aus tierethologischer Sicht wünschenswerten Haltungssystemen mit Auslauf.

Die hier vorgestellten Untersuchungen hatten zum Ziel, erfolgversprechende Konzepte für eintragsseitige Minderungsmaßnahmen zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurden die Praxisdaten eines frei belüfteten Milchviehstalls als Modellgrundlage für Strömungs- und Ausbreitungssimulationen im Grenzschichtwindkanal des Kooperationspartners Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB) verwendet. Es wurde schließlich geprüft, wie sich eine Veränderung der Barrierenausgestaltung hinsichtlich Quellenabstand und Porosität auf die Immissionskonzentration des Tracergases Ethan und die Turbulenz leeseits der Barriere auswirkt.

2 Material und Methode

An einem Außenklimastall für 120 Milchkühe (Untersuchungsort Almesbach/Weiden) wurde die Auswirkung von Depositionsbarrieren (bspw. Hecken oder Kurzumtriebsplantagen) auf die Immissionskonzentration des Ausgangsstoffes und der Windturbulenz in verschiedenen Quellabständen und Höhen untersucht. Da die Durchführung direkter Untersuchungen zu diesem Zweck nicht möglich ist, wurden diese im Windkanalmodell des ATB vorgenommen. Um eine bestmögliche Übertragbarkeit des Modellansatzes in die Realität zu gewährleisten, mussten dabei bestimmte Ähnlichkeitsparameter (u.a. geometrischer Maßstab, Reynoldszahl, Rauigkeitslängen von Gebäude- und Geländeoberflächen am Untersuchungsort) eingehalten und ein Tracergas mit möglichst ammoniakähnlichem Molekular- und Ausbreitungsverhalten verwendet werden. Vom Kooperationspartner wurde ein maßstabsgetreues Stallmodell (M 1:200, Material Styrodur®) angefertigt und im Grenzschichtwindkanal (Länge 18 m, Breite 3 m, Höhe 2,3 m) auf einer drehbaren Bodenscheibe befestigt.

Zur Nachbildung der am Außenklimastall vorherrschenden Windbedingungen wurde die Grenzschicht (vertikales Windprofil, Windturbulenzen) in einer 11 m langen Anlaufstrecke mittels zahlreicher, unterschiedlich großer Metallwinkel als Rauigkeitselemente modelliert (Referenzgeschwindigkeit ca. 8 m/s am Beginn der Rauigkeitselemente; am Stall ca. 4,5 m/s; mäßig raue (Grasland, Ackerflächen) Grenzschicht mit Rauigkeitslänge $z_0 = 0,05$ m). Eine Quellstärke von 120 l/h des Tracergases Ethan (100 %ig; 1,25 mg/m³) wurde durch eine im Boden des Windkanals eingelassene poröse Flächen-



Abb. 1: Stallmodell und Anlaufstrecke im Grenzschichtwindkanal (©ATB Potsdam-Bornim)
 Fig. 1: Stable model and fetch in the wind tunnel (©ATB Potsdam-Bornim)

quelle (ca. 50 cm²) realisiert. Der Tracer wurde kontinuierlich emittiert und durch die Stallöffnungen in die Umgebung transportiert.

In verschiedenen leeseitigen Quellenabständen (Realabstände: 10, 50, 60, 80 und 160 m, Höhen: 2, 6, 10, 14, 21 und 31 m) wurde eine Ebene von 8 x 18 Punkten aufgespannt, an der die Tracergaskonzentration mit einem Fast-FID (Flammenionisationsdetektor) gemessen werden konnte (Abb. 2). Bei einer Messdauer von 20 s mit 100 Hz Abtastrate ergeben sich 2.000 Werte pro Messpunkt.

Parallel dazu erfolgte die Erhebung der Geschwindigkeitsmessungskomponenten u und w an vier Ebenen (u/u_{ref} , w/w_{ref}) hochfrequent per Laserdoppleranemometer (LDA) in denselben Stallabständen wie bei den Konzentrationsmessungen mit Realhöhen von 4, 8, 12, 16 und 26 m. Die Messfrequenz betrug ca. 100–500 Hz bei einer Verweildauer von rund 60 s pro Messpunkt (5.000–40.000 Werte; in der Natur: 1 Messung je 2 s, Erhebungsdauer ca. 3,3 h pro Messpunkt). Diese Werte geben Informationen zur Änderung der mittleren Geschwindigkeiten und turbulenten Intensität durch Einsatz eines porösen Strömungshindernisses (Barriere). Die beschriebenen Rahmenbedingungen wurden für beide Versuchsreihen beibehalten.

In Versuchsreihe 1 wurde nach Messung der Nullvariante (ohne Barriere) unter direkter Queranströmung (am Untersuchungsstandort Anströmung aus Westsüdwest) die stärker durchlässige Barriere 1 (Modellmaß 50 x 30 mm; Realmaß 10 x 6 m) aus zwei Lochblechen im Lee des Stallmodells positioniert (Abb. 2, links). Unter Variation der Barrierenentfernung (20, 30 und 40 m in der Realität) in verschiedenen Testreihen wurde die Auswirkung der Positionsänderung auf Tracergaskonzentrationen und Windgeschwindigkeitskomponenten an den Messebenen untersucht.

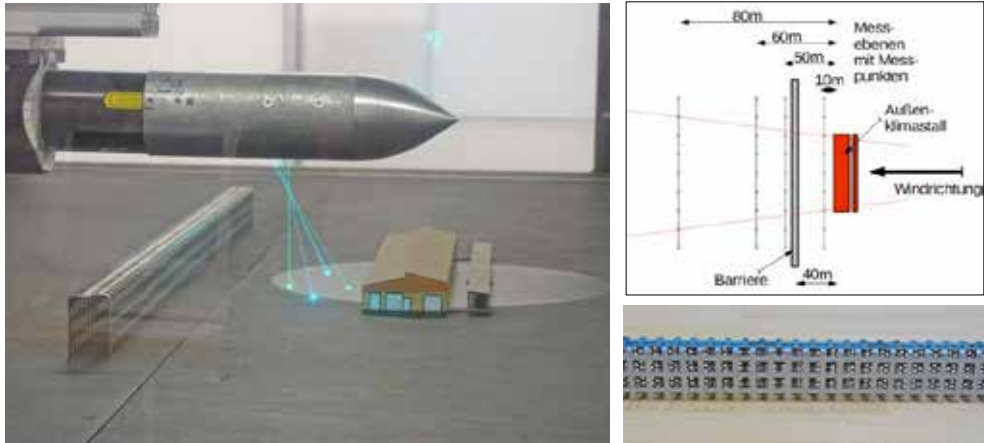


Abb. 2: LDA-Messung mit Barriere 1 (hohe Durchlässigkeit, links), Messschema (rechts oben), Barriere-modell 2 (geringere Durchlässigkeit, rechts unten; ©ATB Potsdam-Bornim)

Fig. 2: LDA-measurement with barrier 1 (more permeable, on the left), measurement schema and barrier model 2 (less permeable, on the right; ©ATB Potsdam-Bornim)

In Versuch 2 wurde nach Wiederholung der Nullvariante der Barrierenabstand bei 40 m belassen und ein Vergleich der stärker durchlässigen Barriere 1 mit einer weniger durchlässigen Barriere 2 (Abb. 2, rechts) vorgenommen. Barriere 2 wurde durch mittiges Anbringen eines zusätzlichen Lochblechs aus Modell 1 hergestellt. Die Entfernung von 40 m wurde gewählt, da sich diese in Versuchsreihe 1 als am erfolgversprechendsten erwiesen hatte (vgl. Kap. 3 Ergebnisse, Abb. 3).

3 Ergebnisse

Aufgrund der nacheinander ablaufenden Testreihen sind geringfügige Unterschiede in der Ausgangskonzentration des Tracers und den Strömungsverhältnissen unvermeidbar. Deshalb wurden die Varianten hinsichtlich ihres relativen Minderungsgrades im Verhältnis zur Anfangskonzentration bei einem Quellenabstand von 10 m (real) miteinander verglichen.

In Versuchsreihe 1 traten bei der Messung in 50 m Realabstand (Messung 30, 20 und 10 m nach Barriere) in den bodennächsten Schichten (2 und 6 m) die niedrigsten Konzentrationen bei den beiden quellenfernsten Strömungshindernissen auf. Diese hatten auch die geringsten Entfernungen zu den Messebenen: In 2 m Bodenabstand wurde bei beiden Abstandsvarianten ein Minderungsgrad von rund 86 % (Abb. 3; Barriere1 bei 30 bzw. 40 m) beobachtet.

Bei Messung unter real 60 m Quellenabstand wurden bei allen Varianten des Barrierenabstandes noch niedrigere Tracergaskonzentrationen gemessen; im Vergleich zur 50-m-Messung erhöhte sich der Gesamtminderungsgrad aber kaum noch. Bei der Nullvariante hat sich die Immissionskonzentration in der bodennächsten Messebene

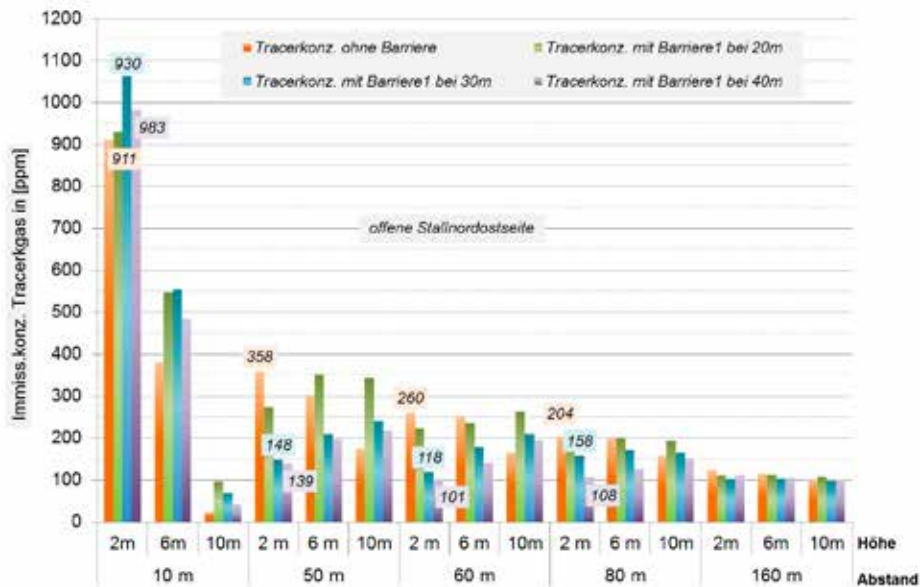


Abb. 3: Leeseitige Tracergaskonzentrationen unter vollständiger Queranströmung in Versuchsreihe 1 (©Lfl Freising)

Fig. 3: Downwind tracer gas concentrations by cross-flow, test series 2 (©Lfl Freising)

(2 m) bei 60 m im Vergleich zur Anfangskonzentration (bei 10 m) um 71 % verringert, bei der Barrierenvariante 30 m waren es dagegen 89 und 90 %. Bei Messung in real 80 m Abstand war hinter den Barrierenvarianten 30 m und 40 m sogar ein Wiederanstieg der Immissionskonzentrationen in der bodennächsten Schicht zu beobachten, was ohne Barriere und bei der Barrierenvariante 20 m nicht auftrat. In dieser Versuchsreihe war folglich der Minderungseffekt der Barrieren in unmittelbarer Nähe leeseitig des Hindernisses sehr groß (bis zu 90 %), er nahm allerdings unter zunehmender Quellenentfernung auch sehr rasch ab und wurde bis zum Ende der Versuchsstrecke schließlich durch die Strömungs- und Turbulenzvorgänge im Windkanal kompensiert. Allerdings sind die Konzentrationsänderungen im Windkanalversuch nur unmittelbar auf die Depositionsvorgänge in der Natur übertragbar, da in der Natur auch thermisch induzierte Prozesse Einfluss haben.

Da sich hinsichtlich des konzentrationsmindernden Effekts der Barrierenabstand von 40 m im Erstversuch als am erfolgreichsten erwiesen hatte, wurde dieser in Versuchsreihe 2 beibehalten. In dieser Versuchsserie, in der die Auswirkungen einer verminderten Barrierendurchlässigkeit überprüft wurde, zeigte das stärker verdichtete Heckenmodell im Vergleich zur durchlässigeren Variante in 50 m Quellenentfernung (10 m hinter der Barriere) eine stärkere Abschirmwirkung in den bodennahen Schichten (2 und 6 m; Abb. 4), welche aber bereits in 60 m Abstand (20 m hinter der Barriere) nicht mehr nachweisbar war. Bei Barriere 1 trat in 60 m Entfernung ein Gesamtminderungseffekt von rund 93 % im Vergleich zu 88 % bei der dichteren Barriere 2 auf. In 80 m Abstand (40 m

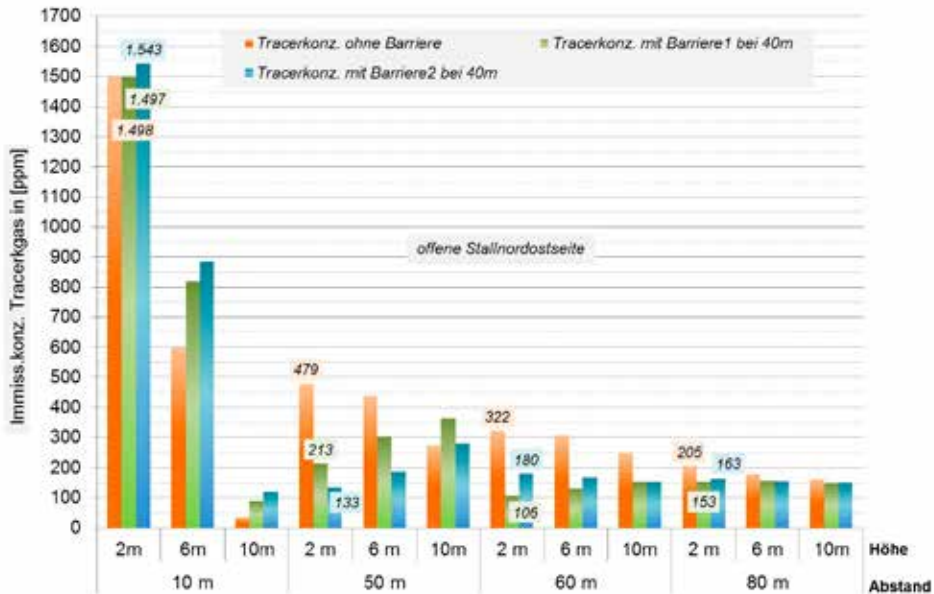


Abb. 4: Leeseitige Tracergaskonzentrationen unter Queranströmung, Versuchsreihe 2 (©Lfl Freising)
 Fig. 4: Downwind tracer gas concentrations by cross-flow, test series 2 (©Lfl Freising)

hinter der Barriere) war im Versuch keine weitere Konzentrationsminderung zu beobachten, und es ließ sich auch kein Unterschied mehr zwischen den beiden Heckenmodellen feststellen. Die Immissionskonzentrationen des Tracers in der bodennächsten Schicht waren mit Barriereeneinsatz kaum niedriger als ohne. Auch in den beiden darüberliegenden Messebenen waren nahezu keine Konzentrationsunterschiede mehr messbar.

4 Fazit

Es konnte ein deutlicher Minderungseffekt (bis zu rund 90 %) der Barrieren in der Konzentration des eingesetzten Tracergases nachgewiesen werden, wobei deren Quellenabstand und Durchlässigkeit einen deutlichen Einfluss hatte.

Die Deposition/Absorption des Tracers (Ethan) in der Barriere konnte im Windkanal nicht abgebildet werden. Insgesamt ist zum derzeitigen Kenntnisstand der Einsatz von Barrieren jedoch grundsätzlich geeignet, um Stoffeinträge in quellnahe Gebiete zu mindern bzw. zu steuern.

Über die Turbulenzwirkung der beiden verschieden ausgestalteten Barrieren lässt sich bis dato noch keine hinreichende Aussage treffen.

Reduzierung der Emissionsfaktoren in der Geflügelhaltung beim Einsatz zertifizierter Abluftreinigungsanlagen

Reduction of emission factors in poultry keeping when using certified exhaust air cleaning systems

VOLKER SIEMERS

DLG, Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt; v.siemers@dlg.org

Zusammenfassung

Der Umweltschutz und die moderne intensive Landwirtschaft stehen heute in einem schwierigen und konflikträchtigen Verhältnis zueinander, wodurch die Minderung der Emissionen durch den Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Geflügelhaltung, neben verfahrensintegrierten Minderungsmaßnahmen, sogenannte „Indoor-Verfahren“, immer wichtiger wird. Eine Vielzahl zu erwartender gesetzlicher Neuregelungen sowie die Umsetzung bekannter EU-Richtlinien mit den BVT-Schlussfolgerungen zeigen, dass Emissionsminderungsmaßnahmen in den nächsten Jahren weiter an Bedeutung gewinnen werden. Es sollen besonders qualitätsgesicherte, zertifizierte Verfahren in der Praxis zugelassen werden. Hier sind beispielhaft die DLG-Zertifizierung für Abluftreinigungsanlagen und der VERA Verifizierungsprozess zu nennen.

Bezüglich der Geruchsstoffabscheidung ist der Einsatz biologischer Abluftreinigungssysteme in der Masthähnchenhaltung aufgrund der sehr kurzen Produktionszyklen von rund 42 Tagen nur schwer einsetzbar. Rohgastypische Gerüche können zurzeit noch nicht vollständig beseitigt werden. Die Geruchsstoffkonzentrationen liegen besonders in der Endmastphase nach der Abluftreinigungsanlage nicht bei den erforderlichen 300 GE/m³ Abluft, sondern über diesem Grenzwert, der für eine Anerkennung erforderlich ist. In der Legehennenhaltung konnte dagegen ein biologisch arbeitendes Verfahren (Rieselbettfilter) die geforderte Mindestabscheidung auf der Reingasseite (300 GE/m³ und kein rohgastypischer Geruch wahrnehmbar = kRw) nachweisen.

Summary

Nowadays, environmental protection and the modern intensive agriculture face a difficult and conflictual relationship. This leads to a more and more increasing importance of emission reduction by the use of air cleaning technologies in poultry keeping besides process-integrated reduction measures, the so-called "indoor procedures". A number of expected new legal regulations as well as the implementation of known EU directives including the BAT conclusions demonstrate that emission-reducing measures will gain more importance in the next years. Quality-assured, especially certified procedures shall

be permitted in practice. As an example the DLG certification for air cleaning technologies and the VERA verification process are to be mentioned.

With regards to the reduction of odorous substances the use of biological air cleaning systems is difficult to be realized in broiler production due to the very short production cycles of about 42 days. By now, raw gas typical odours cannot be eliminated completely. The concentrations of odorous substances are especially in the final fattening phase not at a value of the required 300 GE/m³ exhaust air, but beyond this threshold which is required for a recognition. However, in the production of laying hens a biologically working procedure (trickling filters) proved the required minimum reduction on the clean gas side (300 GE/m³ and no raw gas typical odour perceptible = kRw).

1 Einleitung

Die DLG-Zertifizierung von Abluftreinigungsanlagen in der Geflügelhaltung prüft den Gebrauchswert, also die Eignung und Funktionalität von Abluftreinigungsanlagen unter Praxisbedingungen. Damit geht die DLG-Prüfung deutlich über eine reine Emissionsmessung hinaus. Prüfungsergebnisse mit den erforderlichen Mindestabscheideleistungen werden von einer unabhängigen Prüfungskommission der DLG bewertet und veröffentlicht. Die Prüfungskommission setzt sich aus Wissenschaftlern, Behördenvertretern, Beratern, Gutachtern und Landwirten zusammen. Die Prüfungen werden gemäß DLG-Prüfrahmen durchgeführt, der sich in den letzten 10 Jahren weiterentwickelt hat und kostenlos auf der DLG-Homepage heruntergeladen werden kann (<http://www.dlg.org/ablufreinigungsanlagen.html>).

2 Messdauer und Messumfang

An insgesamt vier Masthähnchenställen (Schwermast) erfolgten die Messungen bei voller Belegung in jeweils zwei Mastdurchgängen unter Sommer- und jeweils zwei Mastdurchgängen unter Winterbedingungen. Die Messungen begannen mit dem Einschalten der Anlage am 10. Masttag.

In der Legehennenhaltung wurden bisher vier Verfahren (Voliere mit Kotbandentmischung) untersucht, wobei bis heute erst drei Verfahren anerkannt wurden. Die Messungen erfolgten bei voller Belegung acht Wochen unter Sommer- und acht Wochen unter Winterbedingungen. Um die höchsten Emissionen innerhalb dieses Verfahrens zu messen, müssen die Stallbedingungen entsprechend während der Messphase angepasst werden (z. B. Einschaltung der Kotbandbelüftung).

In der Masthähnchenhaltung wurden in den letzten vier Wochen des Mastdurchganges wöchentliche Staub- und Geruchsproben auf der Roh- und Reingasseite gezogen, die zur Auswertung herangezogen wurden.

In der Legehennenhaltung hingegen, wurde in der Winter- und Sommermessphase wöchentlich eine Staub- und Geruchsprobe analysiert. Gemäß DLG-Prüfrahmen werden

die Ammoniakkonzentrationen kontinuierlich über den gesamten Messzeitraum auf der Roh- und Reingasseite als Halbstundenmittelwert erfasst. Tabelle 1 zeigt einen Überblick der Anzahl aller Messdaten, die zur Berechnung der einzelnen Emissionsfaktoren für Ammoniak, Staub und Geruch herangezogen wurden.

Tab. 1: Gesamtübersicht aller Messungen auf der Roh- und Reingasseite der Abluftreinigungsanlagen (Masthähnchen, Legehennen)

Tab. 1: Overview of all measurements on the raw and clean gas side of the air cleaners (broilers, laying hens)

	Einheit	Masthähnchen	Legehennen
Filtersysteme	Anzahl	4	3
Messdauer	Tage gesamt	480	392
Messung	Position	Roh- und Reingas	Roh- und Reingas
Ammoniak ¹⁾	Stunden	> 14.900	> 6.720
Staub ²⁾	Einzelproben	144	64
Geruch ³⁾	Einzelproben	192	204

¹⁾ Messverfahren nach KTBL (2001), kontinuierliche Messungen mit einem FTIR (Stundenmittelwerte).

²⁾ Messverfahren nach VDI 2066 (2006), Blatt 1–7 und 10, 3-mal zeitgleiche isokinetische Probenahme jeweils im Roh- und Reingas.

³⁾ Messverfahren nach DIN EN 13725 (2003), 3-mal zeitgleiche Probenahme jeweils im Roh- und Reingas.

3 Ergebnisse

3.1 Emissionsfaktor Ammoniak

In der Masthähnchenhaltung wurden insgesamt 8 Winter- und 8 Sommerdurchgänge zur Berechnung des Emissionsfaktors ausgewertet. Die ersten 10 Tage der Mastdurchgänge blieben unberücksichtigt, da die Ammoniakkonzentrationen in den Stallgebäuden unter 0,5 ppm lagen. In der Legehennenhaltung konnten jeweils 20 Wochen im Sommer und Winter zur Auswertung herangezogen werden. Die in der VDI 3894-1 (2011) beschriebenen Emissionsfaktoren für Hähnchen(MHP)- und Legehennenplätze (LHP, Voliersystem mit 2-mal wöchentlicher Entmistung der Kotbänder) liegen bei 0,0486 kg NH₃/(MHP · a) bzw. 0,056 kg NH₃/(LHP · a). Die nachfolgende Tabelle 2 fasst die berechneten Ammoniakemissionsfaktoren zusammen.

Tab. 2: Berechnete Ammoniakemissionsfaktoren für Masthähnchen und Legehennen

Tab. 2: Calculated ammonia emission factors for broilers and laying hens

	Einheit	Masthähnchen	Legehennen
VDI 3894-1 (2011)	kg NH ₃ /(TP · a)	0,0486	0,056
Messungen	Anzahl	> 14.900	> 6.720
Rohgas	kg NH ₃ /(TP · a)	0,0279	0,145
Reingas	kg NH ₃ /(TP · a)	0,0037	0,017
Abscheideleistung	%	87	88

TP = Tierplatz, animal place

Die Tabelle 2 verdeutlicht, dass in der Masthähnchenhaltung der Ammoniakemissionsfaktor nach VDI 3894-1 (2011) sehr hoch angesetzt ist. Durch eine deutlich verbesserte Bauweise der Stallgebäude (Isolierung der Bodenplatte) und den Einsatz einer verbesserten Zu- und Abluftführung wurden auf der Rohgasseite der Stallgebäude Emissionsfaktoren von nur 0,0279 kg NH₃/(MHP · a) berechnet, welche um 42,6 % unter dem Emissionsfaktor der VDI-Richtlinie liegen. Durch den Einsatz einer chemisch arbeitenden Abluftreinigungsanlage kann der berechnete Emissionsfaktor nochmals um rund 87 % auf 0,0037 kg NH₃/(MHP · a) reduziert werden.

Die Untersuchungen der Legehennenanlagen ergaben ein entgegengesetztes Ergebnis. Die berechneten Emissionsfaktoren auf der Rohgasseite liegen mit 0,089 kg NH₃/(LHP · a) über dem Wert der VDI-Richtlinie 3894-1 (2011) und können mit 0,145 kg NH₃/(LHP · a) angegeben werden. Anzumerken ist, dass in den Betrieben nur einmal wöchentlich die Entmistung über das Kotband durchgeführt wurde. Auf der Reingasseite konnte ein Emissionsfaktor von 0,017 kg NH₃/(LHP · a) berechnet werden. Dies entspricht einer Abscheideleistung von ca. 88 %. Der VDI Emissionsfaktor von 0,056 kg NH₃/(LHP · a) wird jedoch nur um knapp 70 % reduziert.

3.2 Emissionsfaktor Gesamtstaub

Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen, dass die in der VDI 3894-1 (2011) angegebenen Emissionsfaktoren mit rund 27 % in der Masthähnchenhaltung und knapp 7 % in der Legehennenhaltung auf der Rohgasseite überschritten wurden. Der doch deutliche Unterschied in der Masthähnchenhaltung liegt daran, dass die untersuchten Stallgebäude eine sehr trockene Einstreu hatten, die auch die deutlich geringeren Ammoniakemissionsfaktoren erklären, jedoch eine erhöhte Staubemission nach sich ziehen. Die Tabelle 3 zeigt auch, dass durch den Einsatz einer Abluftreinigungsanlage der VDI-Emissionsfaktor um 77 % (Masthähnchen) bzw. 83 % (Legehennen) reduziert werden kann.

Tab. 3: Emissionsfaktoren für Gesamtstaub in der Broiler- und Legehennenhaltung

Tab. 3: Emission factors for total dust in the production of broilers and laying hens

	Einheit	Masthähnchen	Legehennen
VDI 3894-1 (2011)	kg/(TP · a)	0,030	0,260
Messungen	Anzahl	144	64
Rohgas	kg/(TP · a)	0,038	0,277
Reingas	kg/(TP · a)	0,007	0,045
Abscheideleistung	%	82	84

3.3 Emissionsfaktor Geruch

Es ist bekannt, dass chemisch arbeitende Abluftreinigungsanlagen zur Abscheidung von Geruchsstoffen nicht geeignet sind und entsprechende Abscheideleistungen nicht anerkannt werden. Der Einsatz von biologisch arbeitenden Abluftreinigungsanlagen mit dem Hauptziel, Geruchsstoffe abzuscheiden, sind in der Masthähnchenhaltung im Gegensatz zur Legehennenhaltung bis heute nicht untersucht worden. Aufgrund der langen Haltungsperioden von rund einem Jahr hat ein biologisch arbeitendes Abluftreinigungs-

system (Rieselbettfilter) in der Legehennenhaltung (Voliersystem mit wöchentlicher Kotbandentmistung) die Anforderungen des DLG-Prüfrahmens erfüllt.

In allen Messungen konnte auf der Reingasseite kein rohgastypischer Geflügelgeruch nachgewiesen werden und die Geruchsstoffkonzentrationen der Proben lagen immer unter 300 GE/m³ Abluft. Die durchgeführten Geruchsmessungen an den anerkannten Abluftreinigungssystemen der Masthähnchenhaltung zeigen, dass im Regelfall eine Geruchsminderung erzielt wird. Die ermittelten Abscheideleistungen unterliegen jedoch einer erheblichen Schwankung. Zu Beginn der Mast bei sehr niedrigen Abluftvolumenströmen werden die höchsten Abscheidegrade erzielt. Diese reduzieren sich mit zunehmender Mastdauer, bedingt durch die stark ansteigenden Abluftvolumenströme und die zunehmende Verschmutzung des Waschwassers. Eine Beseitigung rohgastypischer Gerüche wurde jedoch in keiner Messung nachgewiesen und die Reingaskonzentrationen lagen insbesondere in der Endmastphase bei deutlich über 300 GE/m³ Abluft. Die nachfolgende Tabelle 4 fasst die Geruchsstoffemissionsfaktoren zusammen, die über alle durchgeführten Geruchsmessungen in der Masthähnchen- und Legehennenhaltung berechnet wurden.

Tab. 4: Emissionsfaktoren für Geruch in der Masthähnchen- und Legehennenhaltung
 Tab. 4: *Emission factors for odour in the production of broilers and laying hens*

	Einheit	Masthähnchen	Legehennen
VDI 3894-1 (2011)	GE/(GV · s)	60 (180) ¹⁾	30
Messungen	Anzahl	192	204
Rohgas	GE/(GV · s)	130	22
Reingas	GE/(GV · s)	52	14
Abscheideleistung	%	60	36

¹⁾ Geruchsstoffmassenstrom (180 GE/(GV · s)) in Nordrhein-Westfalen (NRW).

Die Tabelle verdeutlicht, dass der Emissionsfaktor nach der VDI 3894-1 (2011) in der Masthähnchenhaltung von 60 GE/(GV · s) zu niedrig angesetzt ist und der Emissionsfaktor von 180 GE/(GV · s), der insbesondere in NRW für Geruchsstoffausbreitungsrechnungen verwendet wird, sehr hoch ist. Der Emissionsfaktor in der Legehennenhaltung nach der VDI 3894-1 (30 GE/(GV · s); 2011) wird dagegen eher überbewertet.

Da Abluftreinigungsverfahren in der Legehennenhaltung auch als biologisch arbeitende Systeme eingesetzt werden können, sollte auch in Zukunft die im DLG-Prüfrahmen beschriebene Mindestanforderung zur Geruchsstoffabscheidung (max. 300 GE/m³ Abluft und kein rohgastypischer Geruch wahrnehmbar = kRw) angesetzt werden. Einen technischen Wirkungsgrad bezogen auf den Geruchsstoffemissionsfaktor von 30 GE/(GV · s) für Ausbreitungsrechnungen zu verwenden, ist aufgrund des sehr niedrigen Wirkungsgrades von rund 53 % nicht sinnvoll. In der Masthähnchenhaltung muss jedoch eine andere Bewertung herangezogen werden. Aus Tabelle 4 wird ersichtlich, dass durch den Einsatz von Abluftreinigungssystemen die berechneten Emissionsfaktoren von 130 GE/(GV · s) um 60 % auf rund 52 GE/(GV · s) abgesenkt werden.

3.4 Teilabluftvolumenstrom in der Masthähnchenhaltung

70 % des maximal zu installierenden Abluftvolumenstromes (Sommerlufrate) müssen über die Abluftreinigungsanlage abgeführt werden. Die Abbildung 1 fasst die durchschnittlichen Abluftvolumenströme in $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{MHP})$ zusammen, die über acht Sommermastdurchgänge ab dem ersten Masttag ermittelt worden sind.

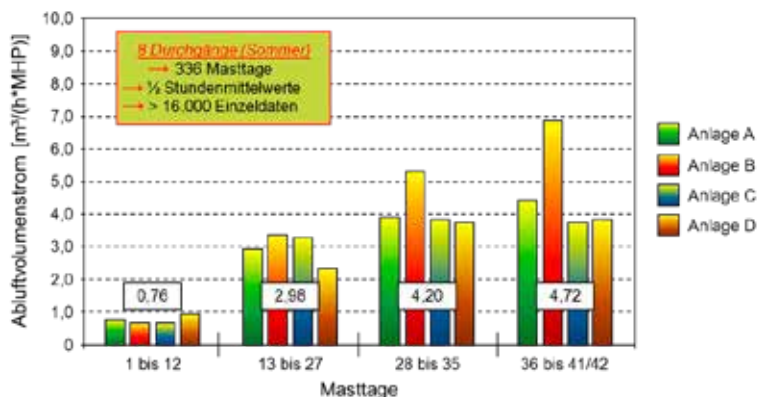


Abb. 1: Durchschnittlicher Abluftvolumenstrom in der Masthähnchenhaltung

Fig. 1: Average exhaust air volume flow in the production of broilers

Für die Masthähnchenhaltung bedeutet dies, dass bei einem durchschnittlichen Mastendgewicht von 2,2 kg Lebendgewicht rund $6,93 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{MHP})$ über die Abluftreinigungsanlage abgeführt werden muss. Wie Abbildung 1 zeigt, wurde in allen Mastdurchgängen der maximal zu fördernde Abluftvolumenstrom von $6,93 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{MHP})$ nicht erreicht. In den ersten 5 Mastwochen bis Tag 27 lag der durchschnittlich geförderte Abluftvolumenstrom nur bei $2,98 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{MHP})$. Ab Masttag 28 steigerte sich dieser auf $4,20 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{MHP})$ und erreichte in der Mastendphase sein durchschnittliches Maximum von $4,72 \text{ m}^3/(\text{MHP} \cdot \text{h})$. Dies sind nur 68 % des zu installierenden maximalen Abluftvolumenstromes von $6,93 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{MHP})$.

Literatur

- DIN EN 13725 (2003): Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie
- KTBL (2001): Messmethoden für Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 401, Darmstadt
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2016): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere. 22.8.2006 (BGBl. I S. 2043), geändert 4.4.2016 (BGBl. I S. 758)
- VDI 2066 (2006): Messen von Partikeln - Staubmessungen in strömenden Gasen - Gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung
- VDI 3894-1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen - Haltungsv erfahren und Emissionen - Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde

Stickstoffverluste bei der Lagerung der festen Phase separierter Wirtschaftsdünger

Nitrogen-losses during storage of the solid phase of separated organic fertilizers

FLORIAN EBERTSEDER, FABIAN LICHTI

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; florian.ebertseder@lfl.bayern.de

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. Dazu sind in der landwirtschaftlichen Praxis seit langem unterschiedliche marktgängige Separatoren etabliert. Um eine Bewertung vornehmen zu können, muss das ganze System über die einzelnen Verfahrensketten hinsichtlich der energetischen und ökologischen Effizienz geprüft werden. Dazu wurden Untersuchungen zu praxisüblichen Systemen der Wirtschaftsdüngeraufbereitung sowie der Lagerung der festen Phase separierter Gärreste mit unterschiedlichen verlustmindernden Verfahren (Lagerung als offener Haufen, verdichtet, abgedeckt und in Kombination) durchgeführt.

Die Ergebnisse mit Pressschneckenseparatoren zeigen einen durchschnittlichen Masseabtrenngrad von 10 %, wobei 18 % N_{Ges} , 12 % $\text{NH}_4\text{-N}$ sowie 33 % P_2O_5 in der abgepressten festen Phase zu finden waren. Neben der Masseabtrenngrade, der Nährstoffaufteilung und dem Energiebedarf wurde in einem vorangegangenen Versuch das Methanpotential der abgetrennten Phasen ermittelt.

Die Versuche zur Bewertung unterschiedlicher Lagerungsverfahren der festen Phasen von separiertem Gärrest hinsichtlich des Emissionspotentials zeigen, dass die Lagerung als loser Haufen zu erheblichen Stickstoffverlusten auch in tieferen Schichten führen kann und durch eine Abdeckung diese Verluste signifikant reduziert werden.

Summary

The ongoing structural change in agriculture has partly led to increased livestock and biogas plant densities. An approach to solve nutrient problems in certain regions can be the separation of organic fertilizers. For this purpose, various standard separators have been established in agricultural practice. In order to be able to make an assessment, the whole system has to be examined in terms of energy and ecological efficiency across the process chains. For this purpose, investigations were carried out on conventional

systems of liquid fertilizer separation as well as the storage of firmly separated, solid fermentation residues with different loss-reducing methods (storage as an open cluster, compacted, covered and in combination).

First results with press-screw-separators show a mass efficiency of about 10 %, with 18 % N_p , 12 % NH_4-N and 33 % P_2O_5 being found in the remaining solid phase. In addition to a mass balance the nutrient allocation, energy demand and methane potential of the separated phases were determined.

The experiments for the evaluation of different storage methods of solidly separated fermentation residue with regard to the emission potential show, that the storage as a loose heap can lead to considerable losses of nitrogen even in deeper layers and that these losses are significantly reduced by a cover.

1 Einleitung und Zielsetzung

Sind die innerbetrieblichen Möglichkeiten, Nährstoffe aus Wirtschaftsdüngern gleichmäßig und bedarfsgerecht zu verteilen, ausgeschöpft, so bleibt oft nur der Export aus dem Betrieb. Verfahren zur Anreicherung von Nährstoffen aus flüssigen Wirtschaftsdüngern können hierbei eine Möglichkeit bieten, das Nährstoffpotential effektiver nutzen zu können. Wertgebend kann hierbei sowohl der Nährstoffgehalt, aber auch der energetische Gehalt des aufbereiteten Wirtschaftsdüngers sein. Zudem können durch die Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern deren Eigenschaften, wie z.B. das Infiltrationsvermögen, NH_3 -Verlustrisiko aus der Lagerung sowie der Ausbringung oder die Ätzwirkung durch ein schnelleres Abfließen von Pflanzenoberflächen verändert werden.

Da die Landwirtschaft einer der Hauptverursacher von Ammoniak-Emissionen ist, gilt der Reduktion von NH_3 -Verlusten in der Landwirtschaft ein besonderes Augenmerk (UBA 2015). Seit der Berichterstattung 2016 des Umweltbundesamtes (UBA) werden ebenfalls Ammoniak-Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung von Gärresten der Biogasanlagenproduktion berücksichtigt. Unter anderem durch die gesteigerten Produktionsmengen aus Biogasanlagen und somit der Substratzunahme bei der Lagerung und Ausbringung von Gärresten nehmen die Ammoniakverluste jedoch wieder deutlich zu (UBA, 2015). Dies führt zu hohen Emissionsmengen in viehstarken Regionen, wodurch die Situation nochmals verschärft wird (Flessa et al., 2014).

Durch etablierte Maßnahmen wie die emissionsarme Ausbringung von Gülle, die unmittelbare Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern in den Boden, die Abluftreinigung in Stallgebäuden und die Abdeckung von Güllelagern lassen sich die Ammoniak-Emissionen deutlich mindern (Flessa et al., 2014). Jedoch müssen diese Maßnahmen immer für das gesamte System der Umweltwirkungen bewertet werden.

Ziel dieser Arbeit ist die Bewertung von mechanischen Separatoren hinsichtlich deren Effizienz sowohl bezogen auf die Nährstoffe als auch aus energetischer Betrachtungsweise. Dabei gilt es aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht, mögliche Verlustpfade (Emissionen aus der Lagerung) zu definieren sowie den energetischen Input-Bedarf zu ermitteln.

2 Material und Methoden

In Anbetracht der qualitativen Bewertung verschiedener Separations- sowie Lagerungsverfahren hinsichtlich deren Effizienz und Emissionsminderung wurden mehrere unterschiedliche Versuchsaufbauten gewählt. Zum einen wurden die Nährstoffgehalte und deren Verteilung in verschiedenen Wirtschaftsdüngern untersucht, um die Effizienz der Aufbereitung quantifizieren zu können (Tab. 1). Des Weiteren wurden Versuche mit separiertem Gärrest (feste Phase) zur Bewertung verschiedener Lagerungsverfahren (als loser Haufen; mit Folie abgedeckt; nur verdichtet; verdichtet und abgedeckt) hinsichtlich deren emissionsmindernden Wirkung in vierfacher Wiederholung durchgeführt (Abb. 1). Zusätzlich wurde jede Variante und Wiederholung in drei Tiefen zu drei Zeitpunkten (nach 7, 14 und 47 Tagen) beprobt, um die Stickstoffverluste räumlich wie im zeitlichen Verlauf quantifizieren zu können.

Tab. 1: Zusammensetzung der untersuchten Gärreste bzw. Gülleprodukte

Tab. 1: Manure composition

Ausgangssubstrate	TS %	N _{Ges} % TS	NH ₄ -N % TS	P ₂ O ₅ % TS	pH –
Rindergülle Betrieb A	5,65	4,48	2,41	1,95	7,1
Rindergülle Betrieb B	4,73	4,79	2,68	1,84	7,2
Jungviehgülle C	7,98	3,72	2,01	1,50	7,6
Biogasgärrest C	9,41	5,13	2,97	2,44	7,8
Gärrest separiert fest	25,15	2,67	1,10	–	9,1



Abb. 1: Versuchsvarianten und Aufbau zur Bewertung vier unterschiedlicher Verfahren der Lagerung von festen separierten Gärresten in jeweils vier Wiederholungen und drei Probenahmetiefen

Fig. 1: Test-variants to verify the nitrogen losses of separated, solid manure during storage

3 Ergebnisse und Fazit

Mit zunehmender Aufbereitungstiefe steigen sowohl die Anforderungen an den Betreiber hinsichtlich Logistik und Management als auch der Energieaufwand, der Investitionsbedarf und folglich die Kosten für den landwirtschaftlichen Betrieb.

In vorangegangenen Versuchen mit Pressschneckenseparatoren konnten die Verteilung der Nährstoffe sowie die Abscheidegrade aufbereiteter Wirtschaftsdünger erhoben werden (Ebertseder et al., 2015), wobei diese mit anderen Arbeiten vergleichbar sind (Fuchs und Dorsg, 2010).

Die Ergebnisse der Versuche mit Biogasgärresten zeigen, dass diese im Vergleich zu anderen Wirtschaftsdüngern einen etwas höheren Ammoniumanteil (60–70 %) aufweisen, jedoch das Emissionspotential bei der flüssigen Phase durch die höhere Infiltrationsleistung reduziert wird. Andererseits steigen gerade bei der offenen Lagerung von fest separierten Biogasgärresten aufgrund des erhöhten pH-Wertes (bis 9,0) sowie den hohen Ammoniumgehalten bei hohen Temperaturen die Ammoniakemissionen erheblich an. Diese können jedoch mit geeigneter Lagerung (Verdichtung sowie Folienabdeckung) erheblich reduziert werden (Abb. 1).

Die Ergebnisse der Untersuchung zur Quantifizierung der Stickstoffverluste aus der Lagerung der festen Phase separierter Gärreste zeigen für die Variante „Lagerung als loser Haufen“, dass diese bereits nach 14 Tagen zu rund 60 % (oberste Schicht) und nach 47 Tagen zu ca. 80 % $\text{NH}_4\text{-N}$ -Verlusten führte im Vergleich zu Versuchsbeginn. Die Tiefe der gewählten Lagercontainer war hierbei unabhängig (Abb. 2). Die Variante mit verdichteter Lagerung führte nach 14 Tagen zu 48 % (oberste Schicht) $\text{NH}_4\text{-N}$ -Verlusten und nach 47 Tagen wurden Verluste von rund 75 % für die obersten beiden Probenahmestellen gemessen (Abb. 2). Dabei ist jedoch schon der abnehmende Verlustgradient in die Tiefe zu erkennen, welcher sich für die Varianten mit „Abdeckung“ und „Verdichtung + Abdeckung“ verstärkt.

Die abgedeckte Lagerung reduzierte die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Verluste nach 14 Tagen auf 10 % (oberste Schicht) und nach 47 Tagen auf 37 %. Durch die Variante „verdichtet und abgedeckt“ konnte die größte Reduktion erreicht werden, wobei nach 14 Tagen 10 % (alle Schichten) und nach 47 Tagen je nach Tiefe zwischen 10–25 % $\text{NH}_4\text{-N}$ Verluste gemessen wurden (Abb. 2).

Die tatsächliche Höhe des Gesamtpotentials zur Reduktion von Ammoniakverlusten bei der Lagerung separierter fester Wirtschaftsdünger hängt jedoch von einer Vielzahl an Einflussfaktoren ab. Die durchgeführten Versuche dienen ausschließlich zur Beurteilung des Verlustreduktionspotentials und sollten nicht einer quantitativen Beurteilung unterzogen werden. Zudem kann das Verlustgeschehen aufgrund des kontinuierlichen Anfalls auf Praxisbetrieben nicht gänzlich durch Abdeckung oder Verdichtung realisiert werden.

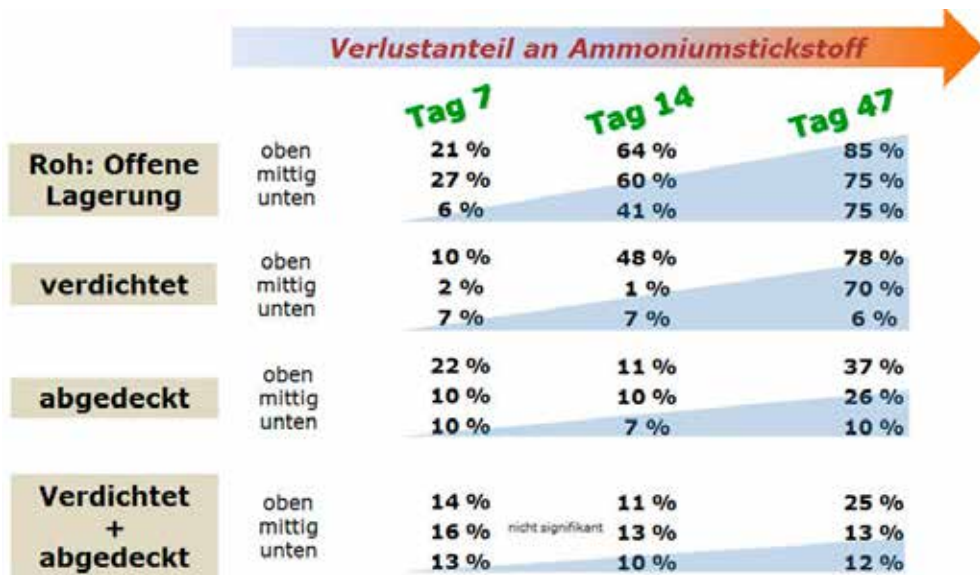


Abb. 2: Reduktion der Stickstoffemissionen durch unterschiedliche Lagerungsverfahren von separierten Gärresten (feste Phase) nach 47 Tagen

Fig. 2: Reduction of nitrogen emissions by different storage methods of separated fermentation residues (solid phase) after 47 days

Literatur

- Ebertseder, F., Schober, J., Lichti, F. (2015): Vergleich praxisrelevanter Verfahren zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern. Comparison of slurry separation techniques with partial relevance. In: Tagungsband „12. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2015“ 8.–10. September 2015 in Freising. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), S. 420–425
- Flessa, H., Greef, J.-M., Hofmeier, M., Dittert, K., Ruser, R., Osterburg, B., Poddey, E., Wulf, S., Pacholski, A. (2014): Minderung von Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft – Empfehlung für die Praxis und aktuelle Fragen an die Wissenschaft. Forschung Themenheft 1/2014. Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.), Berlin
- Fuchs, W., Dorsg, B. (2010): Technologiebewertung von Gärrestbehandlungs- und Verwertungskonzepten. Universität für Bodenkultur Wien (Hrsg.), 2010, Tulln
- UBA (2015): Reaktiver Stickstoff in Deutschland – Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen. Umweltbundesamt Dessau

Entwicklung eines innovativen, nachrüstbaren Moduls zur Luftkonditionierung zur Optimierung der Stallluftqualität in Schweineställen

Development of an innovative, retrofittable module for air conditioning to optimise the stable air quality in pig stables

HENDRIK HALEWAT, ENGEL F. HESSEL

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutztierwissenschaften, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen; earkena@gwdg.de

Zusammenfassung

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines innovativen Moduls zur Zuluftkonditionierung für Schweineställe, in dem die Zuluft möglichst energieeffizient gekühlt wird. Die hohen Temperaturspitzen sollen abgemildert und die täglichen Tag-Nacht-Schwankungen gedämpft werden, um ein verbessertes Stallklima zu erzielen. In einem Technikumsversuch wurde im Zeitraum Juni bis Oktober 2016 die Effizienz solch eines Moduls unter standardisierten Bedingungen untersucht. Als Austauschoberfläche im Modul fungierten Ziegellochsteine. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Zuluft um bis zu 9 K abgekühlt werden kann. Der Einfluss des Luftvolumenstroms sowie die Anzahl der Steinreihen im Modul wurden gesondert betrachtet.

Summary

The aim of the project is to develop an innovative module for the supply air conditioning in which the supply air for pig stables is cooled as energy-efficient as possible. This is intended to mitigate high temperature peaks as well as to damp the daily day / night fluctuations in order to achieve an improved stable climate. The efficiency of such a module was investigated under standardized conditions during a test period from June to October 2016. Bricks were selected as exchange surfaces in the module. First results show that the supply air can be cooled down up to 9 K. In particular, the influences of the air volume flow as well as the number of rows of bricks in the module were considered.

1 Einleitung

Ein optimales Stallklima ist bei der Haltung von Schweinen Grundvoraussetzung für die Gewährleistung des Tierwohls und damit auch des wirtschaftlichen Erfolges. Die Temperaturen sowie die relativen Feuchten der Stallluft sollten daher an die Ansprüche der Tiere angepasst sein. Hitzewellen, große Schwankungen der Stalllufttemperatur und relativen Stallluftfeuchten, hohe Schadgaskonzentrationen (NH_3 , CO_2 und H_2S) sowie Keim- und Staubanteile in der Stallluft beeinträchtigen die Tiere und führen zu einer reduzierten Leistung, die mit einer reduzierten Gesundheit einhergehen kann (Renau-deau et al. 2012).

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, ein nachrüstbares Modul sowohl für neue als auch bestehende Ställe zu entwickeln, mit dem die Zuluft so konditioniert wird, dass einerseits die hohen Zulufttemperaturen im Sommer als auch die hohen Lufttemperaturschwankungen im Tagesverlauf, welche insbesondere im Frühjahr und im Herbst auftreten, reduziert werden.

2 Material und Methoden

In einem Technikumsversuch wurde die Effizienz des Moduls zur Zuluftkonditionierung unter standardisierten Bedingungen untersucht. Das Technikmodul besteht neben den Zu- und Abluftkanälen (jeweils 1 m x 1 m) aus einem Mittelstück (1,5 m x 1 m) und setzt sich somit aus drei Segmenten zusammen (Abb. 1). Für die Untersuchungen wurden zwei baugleiche Module konstruiert. Es wurde immer nur ein Parameter gegenüber dem Referenzmodul verändert, so dass eine direkte Vergleichbarkeit von Effekten gewährleistet war.

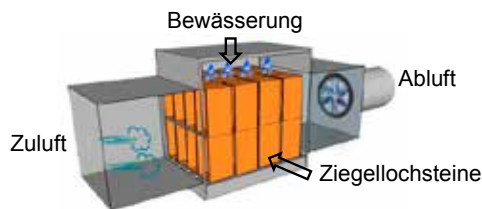


Abb. 1: Innenansicht des Technikmoduls zur Zuluftkonditionierung
 Fig. 1: Inside view of the technical module for incoming air conditioning

Als Austauschoberfläche wurden Ziegellochsteine ausgewählt, die von Injektor-Flachstrahldüsen im Mittelstück des Moduls mit 3 bar Wasserdruck befeuchtet wurden. Die Außenluft wurde mit Unterdruck durch die mit Wasser benetzten Steine geführt. Sowohl vor dem Lufteintritt in das Modul als auch unmittelbar nach Luftaustritt aus dem Modul wurden die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte sowie die Luftdruckdifferenz kontinuierlich alle 3 Minuten online erfasst. Zusätzlich wurden die eingesetzte

Wassermenge, der Luftvolumenstrom sowie der Stromverbrauch gemessen. Das Untersuchungsziel war, die Luftführung innerhalb des Moduls so zu gestalten, dass bei möglichst wenig Energieverlust eine maximale Luftkühlung erreicht wird. Zuerst wurden drei verschiedene Lochziegelarten unter konstanten Bedingungen (Luftvolumenstrom und Wassermenge/Steinreihen) hinsichtlich der erzielten Temperaturdifferenzen miteinander verglichen.

Anschließend wurde der Lochziegel, mit dem die höchsten Temperaturdifferenzen erzielt wurden, mit unterschiedlichen Luftvolumenströmen und Wassermengen/Steinreihen variiert, so dass Daten von insgesamt 9 Varianten zur Verfügung standen. Der Untersuchungszeitraum war von Juli bis Oktober 2016, hierbei wurden bei jeder Variante kontinuierlich Daten über Messperioden von 24–72 Stunden erhoben. Die Bewertung des Kühlpotentials des Moduls wurde mit Hilfe von Regressionsanalysen durchgeführt. Hierfür wurden sowohl für die Lufttemperatur als auch für die relative Luftfeuchte Stundenmittelwerte gebildet. Die Berechnung des THI (Temperature Humidity Index) der Zuluft und der Abluft wurde nach folgender Gleichung berechnet (NWSCR 1976):

$$THI = (1,8 * T + 32) - \left[0,55 * \frac{rF}{100} \right] * [(1,8 * T + 32) - 58]$$

(T=Temperatur; rF=relative Feuchte)

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Außentemperatur und die relative Luftfeuchte der Zuluft sind hoch korreliert ($r = 0,82$), so dass die nachfolgenden Ergebnisse nur in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit dargestellt werden.

Erstes Untersuchungsziel war die Betrachtung von drei Ziegellochsteinen mit verschiedenen Austauschoberflächen. Bei 30 % relativer Luftfeuchte konnte der Stein mit einer Austauschoberfläche von 4,31 m² die Zuluft um bis zu 6,5 K abkühlen. Das Ergebnis unterscheidet sich signifikant von den Steinen mit 2,7 m² bzw. 1,15 m² Austauschoberfläche, welche die Zuluft um max. 2,3 K bzw. 4,1 K abkühlten (Abb. 2).

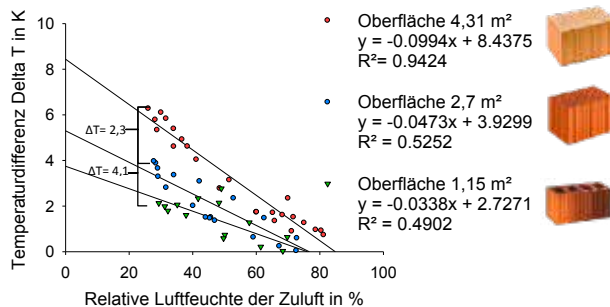


Abb. 2: Einfluss der Austauschoberfläche auf die Temperaturdifferenz in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte der Zuluft, 1 Steinreihe, Luftvolumenstrom: 5.000 m³/h Stundenmittelwerte (n = 72)

Fig. 2: Effect of the exchange surface on the temperature difference as a function of relative humidity of the incoming air, 1 row of bricks, air flow volume: 5.000 m³/h hourly means (n = 72)

Die weiteren Untersuchungen wurden aufgrund der größten erzielten Temperaturdifferenz mit dem Ziegellochstein der Austauschoberfläche von $4,31 \text{ m}^2$ durchgeführt. Sowohl der Luftvolumenstrom als auch die Anzahl an Steinreihen haben einen signifikanten Einfluss auf die erzielten Temperaturdifferenzen zwischen Zuluft und Abluft. Die Halbierung des Luftvolumenstromes von $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($4,27 \text{ m/s}$) auf $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($2,13 \text{ m/s}$) führte zu einer Änderung der erzielten Temperaturdifferenzen um 2 K (Abb. 3 A). Eine Verdoppelung der Kontaktfläche durch eine zweite Steinreihe hatte eine um bis zu $2,4 \text{ K}$ (30 % rel. Luftfeuchte der Zuluft) höhere Temperaturdifferenz gegenüber nur einer Steinreihe zur Folge (Abb. 3 B). Wie von Lucas et al. (2000) festgestellt, verringert sich die Effektivität des Systems mit zunehmender relativer Luftfeuchte der Zuluft aufgrund der begrenzten Wasseraufnahmefähigkeit der Luft.

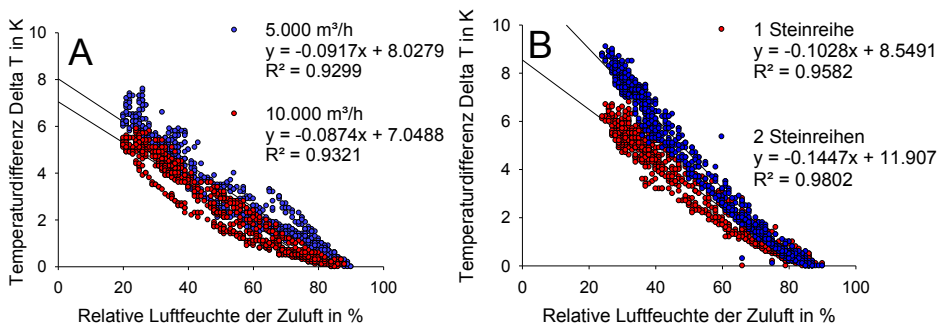


Abb. 3: Einfluss (A) des Luftvolumenstromes bei einer Steinreihe ($n = 600$) und (B) der Anzahl an Steinreihen bei einem Luftvolumenstrom von $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($n = 1.886$) auf die Temperaturdifferenz in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte der Zuluft

Fig. 3: Effect (A) of the air flow volume using one row of bricks ($n = 600$) and (B) of the number of rows of bricks at an air flow volume of $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($n = 1.886$)

Bei der ökonomischen Betrachtung hat der Luftvolumenstrom einen größeren Einfluss auf den Stromverbrauch und die Druckdifferenz als die Anzahl Steinreihen im Modul. Bei der geringsten Anströmgeschwindigkeit von $2,13 \text{ m/s}$ ($5.000 \text{ m}^3/\text{h}$) ist die höchste Kühlleistung zu beobachten. Insgesamt konnte die Zuluft im Modul um bis zu $9,1 \text{ K}$ abgekühlt werden (Abb. 4).

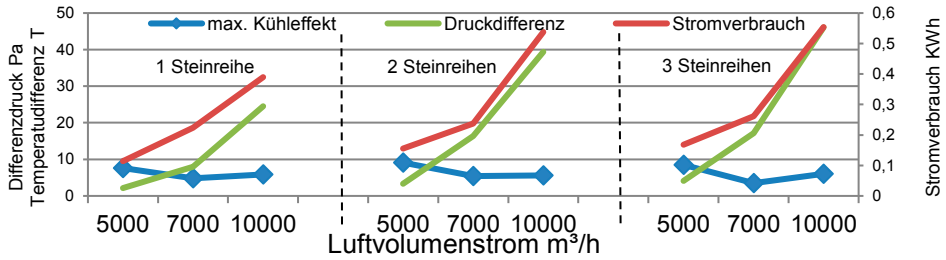


Abb. 4: Einfluss von Luftvolumenstrom und Anzahl Steinreihen auf die maximalen Temperaturdifferenzen (K) zwischen Zu- und Abluft aus dem Modul im Zusammenhang mit Stromverbrauch und Differenzdruck ($n = 9$ Varianten)

Fig. 4: Effects of air volume flow and brick series on the maximum temperature differences (K) between supply and exhaust air from the module in connection with power consumption and differential pressure ($n = 9$ variants)

Um den gemeinsamen Effekt von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit zu betrachten, kann der Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Index (THI, Temperature Humidity Index) verwendet werden. Die Anzahl an Tagen mit THI-Werten über 75 sollte möglichst gering gehalten werden, da in diesen Bereichen Hitzestress für die Schweine zu erwarten ist (Wegner et al. 2016). Die hohe Variation der berechneten THIs der Zuluft ist mit den wechselnden Klimabedingungen während des Untersuchungszeitraumes zu erklären. Nach der Zuluftkonditionierung verringert sich der THI in allen Versuchsvarianten im Mittel um 2,8 Indexpunkte (Abb. 5).

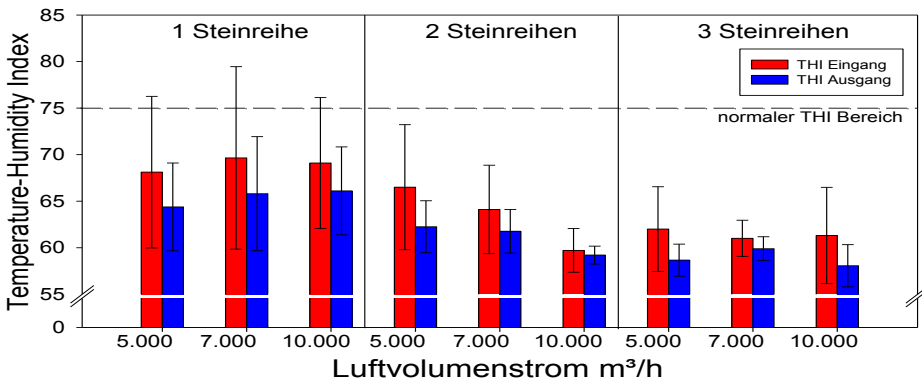


Abb. 5: Darstellung des Temperature Humidity Index vor und nach der Zuluftkonditionierung, Versuchszeitraum Juli-Oktober 2016, Stundenmittelwerte ($n = 1.056$) mit Standardabweichung

Fig. 5: Presentation of the Temperature Humidity Index before and after the supply air conditioning, trial period July-October 2016, hourly means ($n = 1.056$) with standard deviation

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Lufttemperatursenkung sowie eine Verbesserung des THI_s mit dem KonLuft-Modul in allen Varianten möglich sind.

Die Verwendung eines Steins mit großer Austauschoberfläche konnte die Zuluft am effektivsten kühlen. Bei niedriger Luftgeschwindigkeit im Modul war die erzielte Temperaturdifferenz sowie die Energieeffizienz am größten.

Gegenüber einer Steinreihe im Modul kann durch den Einsatz von zwei Steinreihen die Kühlleistung um bis zu 2,4 K verbessert werden.

4 Ausblick KonLuft im Praxisversuch

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse des Technikumsversuchs wurde ein Praxismodul konzipiert. Dieses wird zurzeit (April 2017) auf einem landwirtschaftlichen Betrieb im Landkreis Vechta in Kooperation mit dem Projektpartner an ein Abteil (26 Abferkelbuchten) eines Abferkelstalls installiert. Das gesamte Modul (LHB: 4 m x 3 m x 2 m) ist in der Erde versenkt, so dass zusätzlich der Effekt der Erdwärme (Hessel und van den Weghe 2011) genutzt werden kann. Die Stallklimamessungen erfolgen im Versuchsabteil sowie in einem baulichen gleichen Referenzabteil ohne Zuluftkonditionierung.

Literatur

- Hessel, E.F.; van den Weghe, H. (2011): Erdwärmetauscher zur ganzjährigen Zuluftkonditionierung im Abferkelstall. *Landtechnik – Agricultural Engineering* 66 (3), S. 183-186
- Lucas, E.M.; Randall, J.M.; Meneses, J.F. (2000): Potential for Evaporative Cooling during Heat Stress Periods in Pig Production in Portugal (Alentejo). *Journal of Agricultural Engineering Research* 76 (4), S. 363-371, <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0550>
- NWSCR 1976 (2014): Livestock Hot Weather Stress. Regional Operations Manual Letter C 31-76. National Weather Service Central Region (NWSCR). Kansas City, Missouri, USA
- (1976). In: Wegener, K.; Lamberts, C.; Daş, G., Gauly, M.: Klimabedingungen in nord-deutschen Sauenställen. *Züchtungskunde* 86 (3), S. 200-211
- Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; Basilio, V. de; Gourdine, J.L.; Collier, R.J. (2012): Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal: An international journal of animal bioscience* 6 (5), pp. 707-728, <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>
- Wegner, K.; Lambertz, C.; Das, G.; Reiner, G.; Gauly, M. (2016): Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. *Animal science journal* 87 (11), pp. 1334-1339, <https://doi.org/10.1111/asj.12569>

Praktischer Einsatz eines Tauschwäschers zur Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung in der Schweinehaltung

Practical use of an exchange scrubber for heat recovery and exhaust air cleaning in pig farming

MANUEL S. KROMMWEH, WOLFGANG BÜSCHER

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

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes wurde durch das Institut für Landtechnik in Kooperation mit der Industrie eine neue einstufige Anlagentechnologie zur Reduzierung von Emissionen bei gleichzeitiger Wärmeübertragung von der Abluft auf die Zuluft entwickelt: der „Tauschwäscher“. Dazu wurde ein rekuperativer Luft-Luft-Wärmetauscher in einen Rieselbettreaktor integriert, um somit folgende Synergieeffekte schaffen zu können: Wärmerückgewinnung, Abluftreinigung und Kostenreduzierung. Der Tauschwäscher wurde auf einem Praxisbetrieb getestet (Teilstrombehandlung).

Die Zulufterwärmung durch den Wärmetauscher ist wesentlich von der Außenluft- und Waschwassertemperatur abhängig. Die mittlere Heizleistung betrug 7,1 kW, die Temperaturänderungszahl 0,58. Die Leistungszahl (coefficient of performance, COP) war 7,8.

Summary

Within the scope of a research and development project, the Institute of Agricultural Engineering developed a new one-stage plant technology for reducing emissions in cooperation with the industry. Simultaneously, the so-called “exchange scrubber” is able to transfer heat from exhaust air to supply air. For this purpose, a recuperative air-to-air heat exchanger was integrated into a trickle bed reactor in order to create synergy effects: heat recovery, exhaust air purification and cost reduction. The exchange scrubber was tested under practical conditions (partial flow treatment).

Supply air heating through the heat exchanger is essentially dependent on the outside air and scrubbing water temperature. The average heating performance was 7.1 kW, the temperature differential was 0.58. The coefficient of performance was 7.8.

1 Einleitung

Die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen an Tierhaltungsanlagen sind in den letzten Jahren in einigen Bundesländern Deutschlands angehoben worden, indem u. a. die Abluftreinigung für Schweinestallungen zum Stand der Technik erklärt wurde (siehe z. B. TMUEN 2016; MKULNV 2013). Infolgedessen müssen in Zukunft alle nach der Bundes-Immissionsschutzverordnung genehmigungspflichtigen Schweinestallungen mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet werden. Aus genehmigungsrechtlichen Gründen wird aber oftmals auch für kleinere Betriebe der Einsatz von Abluftreinigungsanlagen notwendig. Die Nutzung von Abluftreinigungsanlagen geht mit nicht unerheblichen Investitions- und Betriebskosten einher, die vom jeweiligen Anlagenbetreiber zu tragen sind. Um die Gesamtkosten einer Stallanlage mit Abluftreinigungsanlage durch Einsparung von Heizkosten (Rückgewinnung thermischer Energie) zu senken, wurde im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes eine neue einstufige Anlagentechnologie zur Reduzierung von Emissionen bei gleichzeitiger Wärmeübertragung von der Abluft auf die Zuluft entwickelt (Krommweh et al. 2016). Diese Anlagentechnologie wurde „Tauschwäscher“ genannt, wobei sich der Name aus den Begriffen Wärmetauscher und Biowäscher ergibt. Dazu wurde ein rekuperativer Luft-Luft-Wärmetauscher in einen Rieselbettreaktor („Biowäscher“) systemimmanent integriert, um somit Synergieeffekte schaffen und nutzen zu können (Krommweh und Büscher 2015):

- 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 Lufraten im Winter (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 durch Einsparung von Heizkosten zur Akzeptanzsteigerung der oftmals unvermeidlichen Abluftreinigungstechnik.

Die Entwicklungsidee des Tauschwäschers ist patentrechtlich geschützt (Patent EP1815902 A1).

2 Material und Methode

In Winter und Frühjahr 2015/2016 wurde der Tauschwäscher auf einem Praxisbetrieb getestet (Teilstrombehandlung). Bei dem Stallgebäude handelt es sich um einen zwangsbelüfteten, wärmegedämmten Schweinemaststall für 960 Tiere mit zentraler Unterflurabsaugung. Die Filteranströmfläche der Versuchsanlage betrug 2,53 m². Die eingesetzte Rieselbettreaktortechnologie der Fa. RIMU wurde bereits durch die DLG zertifiziert (DLG 2015). Der Wärmetauscher wurde oberhalb der Füllkörper eingesetzt und ebenfalls vom Waschwasser berieselt. Er wurde aus PVC gefertigt (Höhe: 600 mm; spezifische Wärmetauschoberfläche: 136 m² m⁻³) und weist zu- und abluftseitig eine gewendelte Oberfläche auf. Die Luftströme wurden im Kreuzstrom durch den Wärmetauscher geführt.

Während der Messung (26. November 2015 bis 5. April 2016) wurden folgende Parameter kontinuierlich erfasst:

- Luftvolumenstrom der Zu- und Abluft mittels saugseitig installierter und kalibrierter Messventilatoren, konstanter Luftvolumenstrom von $\dot{V}_{\text{Zuluft}} = 2.255 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ und $\dot{V}_{\text{Abluft}} = 2.763 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, Messintervall: 5 Minuten,
- Temperaturen von Außenluft, Zuluft, Abluft (Rohgas), Fortluft (Reingas) und des Waschwassers mittels Temperatursensoren, Messintervall: 5 Minuten,
- Stromverbrauch elektrischer Verbraucher (Zuluftventilator, Abluftventilator, Abschlämmpumpe etc.) mittels elektronischer Stromzähler.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung zeigte deutlich, dass sich der Tauschwäscher insofern positiv auf das Stallklima auswirkt, als im Winter die kalte Außenluft durch Passage des Wärmetauschers erwärmt wurde und die Schwankungen der Außenlufttemperatur stark abgefangen wurden (Abb. 1). Die Zulufterwärmung durch den Wärmetauscher ist wesentlich von Außenluft- und Waschwassertemperatur abhängig. Die kalte Außenluft wurde durch die Passage des Wärmetauschers in etwa bis zum Temperaturniveau des Wasch-

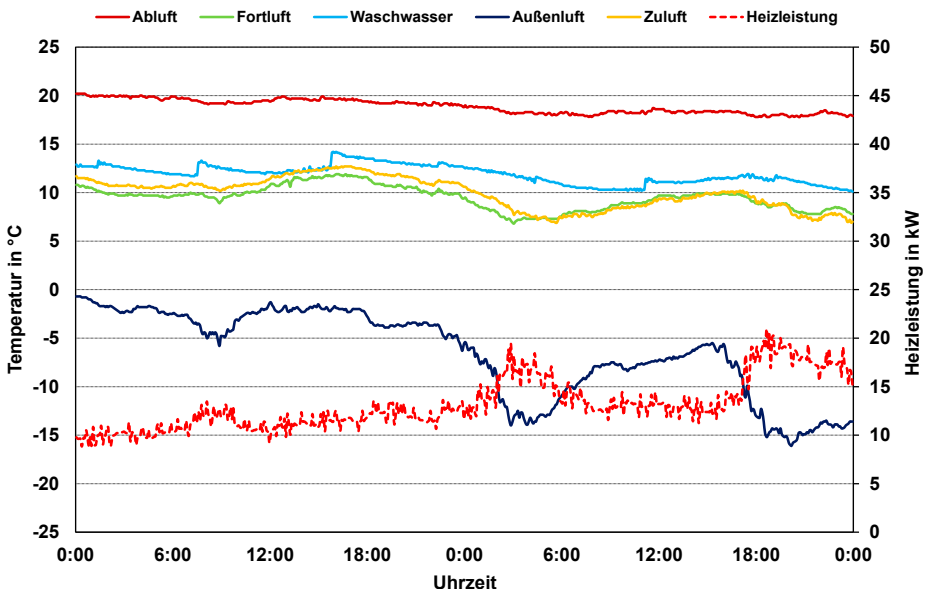


Abb. 1: Temperaturverlauf von Abluft, Fortluft, Waschwasser, Außenluft und Zuluft sowie die Heizleistung des Tauschwäschers am 17./18. Januar 2016 (© Krommweh)

Fig. 1: Temperature profile of exhaust air, outgoing air, scrubbing water, outside air and supply air as well as heating performance of the exchange scrubber on 17th/18th January 2016 (© Krommweh)

wassers erwärmt (vgl. Abb. 1). Bei konstantem Luftvolumenstrom und Außenlufttemperaturen unterhalb der Waschwassertemperatur gilt: Je niedriger die Temperatur der Außenluft, desto größer die Zulufterwärmung und desto höher die Heizleistung (Abb. 2; vgl. Abb. 1). Bei Außenlufttemperaturen oberhalb der Temperatur des Waschwassers wurden Kühleffekte beobachtet (Krommweh et al. 2016).

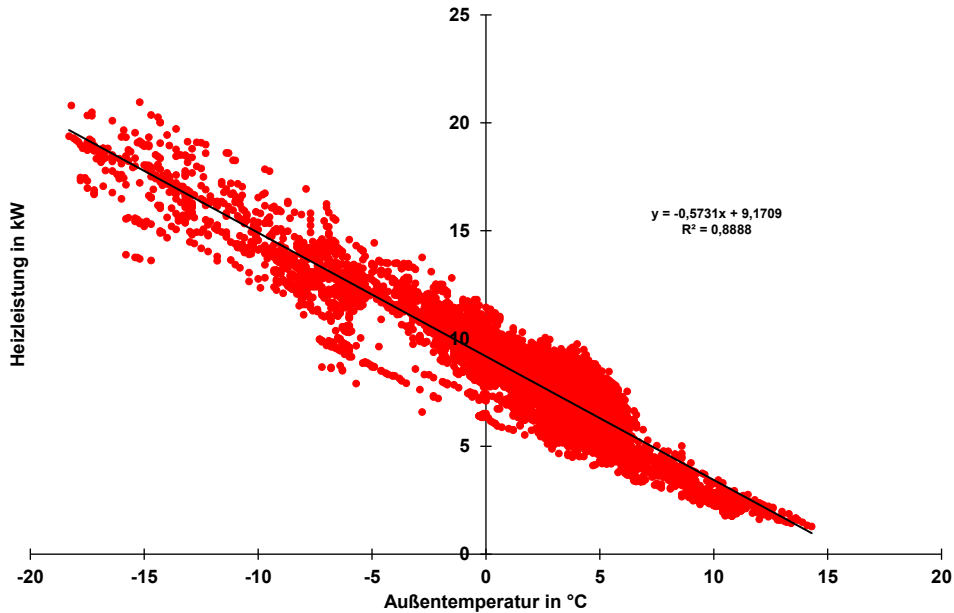


Abb. 2: Heizleistung des Tauschwäschers in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur im Januar 2016
(© Krommweh)

Fig. 2: Heating performance of the exchange scrubber as a function of outside air temperature in January 2016 (© Krommweh)

In der o.g. Versuchszeit betrug die Temperaturänderungszahl im Mittel 0,58. Die durchschnittliche Heizleistung $\dot{Q}$ lag bei konstantem Luftvolumenstrom und einer mittleren Außenlufttemperatur von 4,1 °C bei 7,1 kW ($\dot{Q}_{\max} = 21,0$ kW bei einer Außenlufttemperatur von -18 °C).

Durch den Wärmetauscher wurden 22.620 kWh an Wärmeenergie bereitgestellt. Der Stromverbrauch aller relevanten Stromverbraucher belief sich auf 2.889 kWh. Werden diese Zahlen gemäß der Definition der Energieeffizienz/Leistungszahl (COP; VDI 3803-5 2013) ins Verhältnis gesetzt, ergibt sich für das Gesamtsystem des Tauschwäschers ein Wert von 7,8. Das bedeutet, dass mit dem Einsatz von 1 kWh elektrischer Energie 7,8 kWh an thermischer Energie generiert wurden.

Durch die Wärmerückgewinnung konnten Heizkosten eingespart und fossile Energieträger substituiert werden. Hätte die Wärmemenge von 22.620 kWh im o.g. Versuchszeitraum zusätzlich durch die Flüssiggas-Heizung des Stalles erbracht werden müssen,

wären 3.443 l Flüssiggas erforderlich gewesen (Heizwert Flüssiggas: 6,57 kWh l⁻¹). Bei einem Flüssiggaspreis von 34 Ct l⁻¹ konnten durch den Tauschwäscher 1.170 € an Heizkosten eingespart werden. Außerdem sind CO₂-Emissionen vermieden worden, die bei der Verbrennung von Flüssiggas entstanden wären.

4 Fazit und Ausblick

Der Tauschwäscher stellt für die Schweineproduktion eine Möglichkeit des energieeffizienteren Wirtschaftens dar. Durch die Substitution fossiler Energieträger durch Wärmeenergie aus Abluft und Waschwasser kann ökologisch nachhaltiger gewirtschaftet werden. Außerdem können CO₂-Emissionen verringert werden. Durch die Einsparung von Heizkosten werden die laufenden Kosten eines Tierstalles mit Abluftreinigung gesenkt.

Die bisherigen Untersuchungen des Tauschwäschers basieren auf einer Teilstrombehandlung der Abluft bei kontinuierlichem Luftvolumenstrom. Für eine fundierte ökonomische Bewertung des Tauschwäschers wird eine Langzeituntersuchung der Anlage empfohlen, bei der die gesamte Stallbelüftung sowie die Reinigung der Abluft durch den Tauschwäscher erfolgen. Außerdem besteht weiterer Forschungsbedarf, inwiefern der Tauschwäscher auch zur Kühlung der Zuluft im Sommer eingesetzt werden kann. In diesem Fall muss der Wärmetauscher modifiziert werden, um den im Sommer maximal erforderlichen Luftvolumenstrom bedienen zu können (van Caenegem et al. 2012).

Literatur

- DLG (2015): 1-stufiger biologischer Abluftwäscher System RIMU für die Schweinehaltung. RIMU - Agrartechnologie GmbH. DLG-Prüfbericht 6284. <http://www.dlg-test.de/tests/6284.pdf>, Zugriff am 22.03.2017
- Krommweh, M.S.; Büscher, W. (2015): Nutzung von Synergieeffekten in der Abluftreinigung durch Integration eines Luft-Luft-Wärmetauschers. In: 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung vom 8.-10. September 2015 in Freising. KTBL, Darmstadt, S. 352-357
- 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, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.02.008>
- Krommweh, M.S.; Schönhammer, J.; Schönhammer, M.; Büscher, W. (2016): Entwicklung eines „Tauschwäschers“ zur umweltfreundlichen und energiearmen Haltung von Schweinen. In: Innovationstage 2016. Die Zukunft ins Jetzt holen. Bonn, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), S. 332-336
- MKULNV (2013): Erlass „Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen“. Düsseldorf, https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/landwirtschaft/erlass_tierhaltungsanlagen.pdf, Zugriff am 07.02.2017

- Rösmann, P. (2012): Einsatz von regenerativen Energiequellen zum Heizen und Kühlen von zwangsbelüfteten Tierställen. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Dissertation, Bonn, Selbstverlag
- TMUEN (2016): Immissionsrechtliche Anforderungen an Tierhaltungsanlagen und Einführung der Geruchs-Immissionsrichtlinie (GIRL). Erlass des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz, https://www.thueringen.de/mam/th8/tmlfun/umwelt/immissionsschutz/filtererlass/filtererlass_thuringen_2016.pdf, Zugriff am 07.02.2017
- van Caenegem, L.; Sax, M.; Schick, M. (2012): Heat exchanger - also for cooling. Landtechnik, H. 3, S. 216-220
- VDI 3803-5 (2013): Air-conditioning, system requirements. Part 5: Heat recovery systems (VDI Ventilation Code of Practice). Berlin, VDI guidelines 3803-5

Förderhinweis

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde in Kooperation mit der Firma Schönhammer Wärmetauscher und Lüftungstechnik GmbH, Mengkofen, durchgeführt. Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (FKZ 28-1-75.011-11).

Monitoring of dust concentration in poultry houses using broiler activity and ventilation rate

ALBERTO PEÑA FERNÁNDEZ¹, QIN TONG², ALI YOUSSEF¹, TOMAS NORTON¹,
THEO DEMMERS², DANIEL BERCKMANS¹

¹ KU Leuven, M3-BIORES, Kasteelpark Arenberg 30, BE-3001 Heverlee, Belgium 1; daniel.berckmans@kuleuven.be

² The Royal Veterinary College, Hawkshead Lane, North Mymms, Hatfield, AL9 7TA Hertfordshire, United Kingdom

Summary

Nowadays, measuring bio-aerosol concentration in poultry houses remains a difficult task. Aerosol analysers are expensive and require an intensive labour maintenance. Precision Livestock Farming technologies support farmers in their daily routine of animal management, through monitoring of farm animals continuously during their life in an automated, non-invasive, non-intrusive way, without inducing additional stress in the animals. In this work, a model to relate broiler activity and ventilation rate with aerosol concentration has been developed.

For a complete growing cycle in a commercial poultry farm in the UK, the activity of the chickens was monitored using the eYeNamic[®] system and the ventilation rate was established using the climate control system installed in the farm. Moreover, the bio-aerosol concentration was continuously monitored by using the DustTrac and the Aerosol Particle Sizer systems, to be used as Gold Standard. A Multi-Input Single-Output (MISO) Transfer Function (TF) model was developed to relate the aerosol concentration in the poultry house with broiler activity and ventilation rate, used as model inputs. This model allows monitoring the daily aerosol concentration with an average accuracy of 82 %. Moreover, the analysis of the dynamics of the aerosol concentration within a day shows that broiler activity is related to the rapid variability of the aerosol concentration while the ventilation rate is responsible of its trend evolution. Thus, this model has the potential to estimate the aerosol concentration in the poultry house by monitoring automatically and continuously broiler activity and ventilation rate.

1 Introduction

Chicken meat production is expected to reach 134 million tons in 2023 (OECD/FAO, 2014). Production of poultry meat is one of the higher producers of bio-aerosols, with estimates for PM₁₀ and PM_{2.5} (PM = Particulate Matter) ranging from 40–57 % and 45–50 % of the total UK emission from housed livestock, respectively (Klimont and Amann, 2002). The most recent emission factors for PM_{2.5} and PM₁₀ measured in the UK were 5.1 and 31.6 mg animal⁻¹ day⁻¹ (Demmers et al., 2010). These values lie within the published range of values although, due to the difficulties and expenses of measurements, the amount of data available is low.

Environmental legislation obliges poultry operations to demonstrate dust management measures. Usually, simple measures such as using pelleted rather than meal feed or end-of-pipe control are used. More complex systems are not commonly used and usually require an expensive and time consuming maintenance. Precision Livestock Farming (PLF) technology provides continuous measurement of key indicators on livestock farms through sensor data analysis, offering the potential to provide on-line control of the underlying process for these key indicators (Wathes et al., 2008). Thus, it is expected that this technology can provide the potential to link bio-aerosol concentration and the key indicators animal activity and ventilation rate.

Bio-aerosol concentration has been shown to vary with animal activity (Demmers et al., 2010). At the same time, ventilation rate has been shown to have an impact on changes in particulate matter concentration (Calvet et al., 2010). In pig production, the variation of bio-aerosol concentration as function of several inputs, such as animal activity and ventilation rate has been tested using dynamic modelling (Aerts et al., 2008). To the best of our knowledge, in poultry production there is still the need to develop such an approach.

Therefore, the aim of this work is to develop a model to relate bio-aerosol concentration with broiler activity and ventilation rate measurements from inside the poultry house.

2 Materials and Methods

All measurements were carried out in a newly build mechanically ventilated broiler house (110 m x 20 m; capacity 55,000 birds) in the UK. The building was indirectly heated using a central heating system and heat exchangers placed below the ridge line of the building. The bio-aerosol concentration was measured below two fan shafts using two DustTrac DRX analysers (TSI Ltd) fitted with a PM₁₀ inlet, providing simultaneous data for PM₁, PM_{2.5}, PM₅ and PM₁₀ at 2-minute intervals. The bio-aerosol particle size distribution was measured using an aerodynamic particle sizer (APS), 0.7 to 20 µm (TSI APS 3321) at 2-minute intervals. Due to the variable fan speed, some non-isokinetic sampling was to be expected. Ventilation rate was measured using three full size measuring fans (FANCOM B.V.) fitted below fans of ventilation stage 1, 2 and 3 (out

of 6), as well as the duration each fan/stage was operational at any one time. The total flowrate calculated from these data was deemed to be an accurate measure of the overall ventilation rate.

Broiler activity was measured using the eYeNamic® (FANCOM B.V.) system. It generates a visualization of the floor area and image analysis software translates the acquired images into activity indexes for every light period monitored. These indexes are a measure of animal movement. Data collection consists of two raw images per minute.

In order to evaluate the relation between bio-aerosol concentration and activity and ventilation rate, a Multi-Input Single-Output (MISO) Transfer Function (TF) modelling approach was tested using MATLAB® (The Mathworks, Inc.) Software and the CAPTAIN Toolbox (Taylor et al., 2007). The model has the following general structure (Young, 1984),

$$y(k) = \sum \frac{B_i(z^{-1})}{A(z^{-1})} u_i(k - \delta_i) + \xi(k) \quad (1)$$

where $y(k)$ is the output, bio-aerosol concentration, and the inputs of the model, broiler activity and ventilation rate; δ_i is the delay associated with the input i ; $\xi(k)$ is additive noise assumed to be zero mean, serially uncorrelated sequence of random variables with variance σ^2 , accounting for measurement noise, modelling errors and effects of unmeasured inputs to the process; k is the sample of the measurement; $A(z^{-1})$ and $B_i(z^{-1})$ are two series given by:

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_{n_a} z^{-n_a} \quad (2)$$

$$B_i(z^{-1}) = b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_{n_b} z^{-n_b} \quad (3)$$

where a_j and b_j are the model parameters to be estimated; z^{-1} is the backward shift operator, $z^{-1}y(k) = y(k-1)$, with y and k defined as in Eq. (1) and n_a and n_{b_i} are the orders of the respective polynomials. The model parameters were estimated using a refined instrumental variable approach (Young, 1984). The model structure will be displayed as $[n_a \ n_{b_1} \ n_{b_2} \ \delta_1 \ \delta_2]$.

3 Results and Discussion

Data from one of the batches gathered during this study was used for this preliminary study. The measured dust concentrations showed a regular pattern in relation to the animal activity as was expected, in particular between week 1 and week 4 of the growing period. An example of this is displayed in Figure 1.

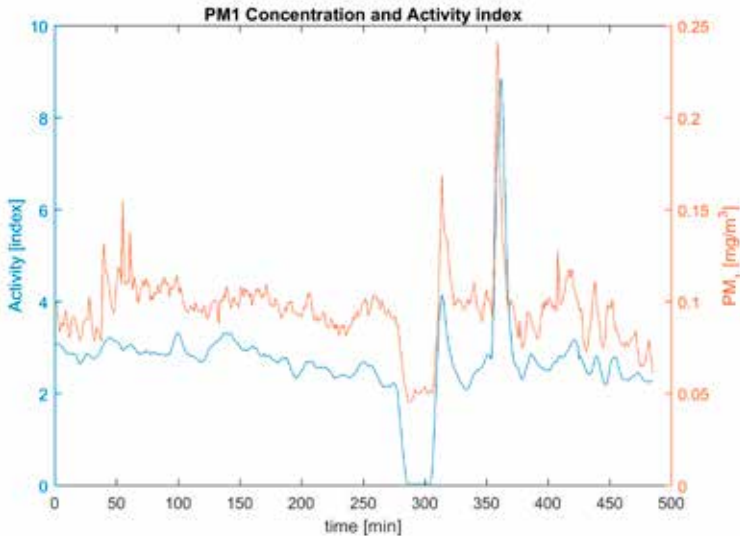


Fig. 1: 1 μm size Particulate Matter (PM1) concentration measured below Fan 14 (ventilation stage 2) and the bird activity measured using the eYeNamic® camera system at day 14 of the broiler growing period

Visually, PM1 and activity appear to correlate well during the hours prior to the dark period but, after the initial peaks following the return to light, the correlation is significantly worse. This is most likely due to the higher ventilation rate during the day time hours, affecting the concentration of PM1. The correlation between activity and the PM1 dust concentration was only 0.39 for the whole growing period, but reaching 0.60 for a selected 24-hrs period. This may be due to the dilution effect of the ventilation rate, which varies over the day and it was not taken into account to evaluate the correlation.

Thus, the performance of a discrete-time MISO TF model was tested to evaluate the relation between the daily dynamics of bio-aerosol concentration, broiler activity and ventilation rate. In Figure 2, an example of broiler activity and ventilation rate used as inputs for the model is shown. A first order model, with the structure [1 2 1 0 0-5] was found to be the best one in terms of fitting agreement (R^2). On average, the fitting agreement along the growing cycle was 70 %, with a maximum performance of 82 % for specific days. The model structure obtained seems to indicate that broiler activity accounts for the rapid variability in the concentration while the ventilation rate accounts more for the slow evolution of the bio-aerosol concentration within the day.

In Figure 3, an example of the discrete-time MISO TF performance is shown. It can be seen that the general time evolution of the dust concentration within the day is captured by the model. What hampers the model performance is its inability to capture the extreme values exhibit in the fast variation of the dust concentration. Therefore, improvements in the model should be done to account for this. However, the model provides a good estimation of the bio-aerosol concentration level inside the poultry house and its time evolution along the light period.

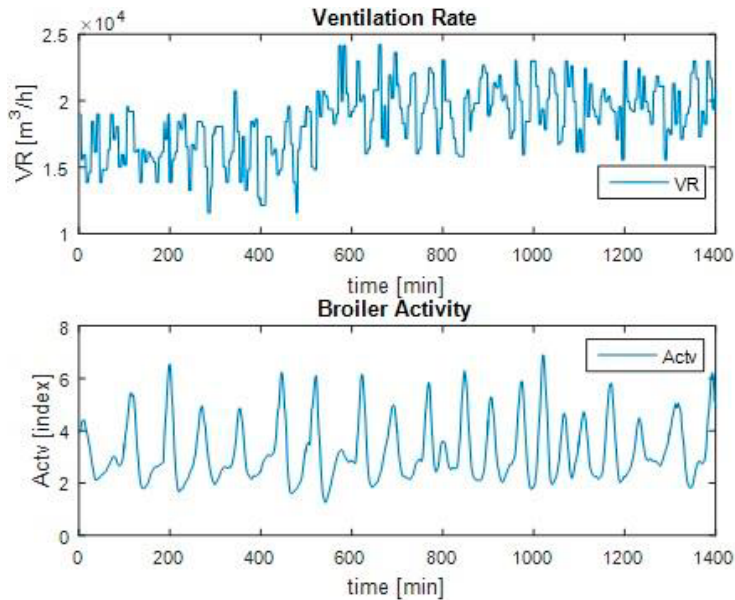


Fig. 2: Ventilation rate (upper graph) and activity level (lower graph) datasets for a day in the growing cycle. This data was used in the system identification process to evaluate if it was possible to find a MISO TF model to relate them with the daily dust concentration.

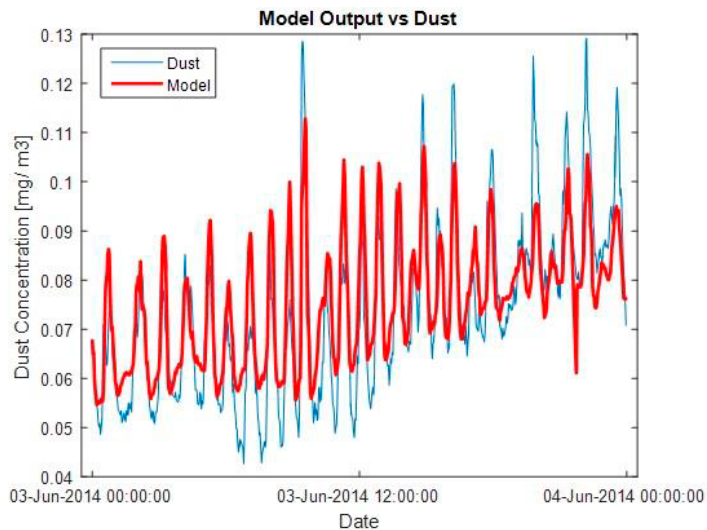


Fig. 3: Example of the MISO TF model output (red), using broiler activity and ventilation rate as inputs, and particle size $1 \mu\text{m}$ particulate matter concentration (blue) as output for one day of the growing cycle

4 Conclusions

In this study, broiler activity, ventilation rate and bio-aerosol concentration were monitored daily for a complete growing cycle. The aim was to evaluate the potential of finding a discrete-time MISO TF model to relate dust concentration with broiler activity and ventilation rate.

Firstly, the correlation between broiler activity and dust concentration was assessed, finding a correlation up to 0.60 for specific days within the growing period. Then, a system identification process was used to find a discrete-time MISO TF model structure capable of relating broiler activity and ventilation with bio-aerosol concentration. A first order model was found to show the best performance in terms of the fitting agreement, reaching an average performance of 70 %, with a performance up to 80 % for specific days in the growing cycle.

These results should be taken as preliminary due to the small sample data evaluated, just one growing cycle. Also, the performance in different particulate matter sizes should be evaluated. However, the data provide a good platform to develop and test novel algorithms that may describe the relation between the total bio-aerosol concentration, as well as the particle size distribution, and bird activity and ventilation rate.

References

- Aerts, J.M., Vranken, E., Berckmans, D., Guarino, M. (2008): Modelling Dust Emission from Fattening Pig Houses. *Automatika*, 49 (3-4), 119-125
- Calvet, S., Cambra-López, M., Blanes-Vidal, V., Estellés, F., Torres, A.G. (2010): Ventilation rates in mechanically-ventilated commercial poultry buildings in Southern Europe: Measurement system development and uncertainty analysis. *Biosystems Engineering*, 106 (4), 423-432
- Demmers, T.G.M, Saponja, A., Thomas, R., Phillips, G., McDonald, A., Stagg, S., Bowry, A., and Nemitz, E. (2010): Dust and ammonia emissions from UK poultry houses. *Proceedings CIGR XVIIth World Congress*, June 13-17, 2010, Québec City, Canada, CSBE10942, 10 pp.
- Klimont, Z. and Amann, M. (2002): European control strategy for fine particles: the potential role of agriculture. *Landbauforschung Völkenrode*, Special issue 235, 29-35
- OECD/FAO (2014): "Meat". *OECD-FAO Agricultural Outlook 2014*, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-10-en
- Taylor, C.J., Pedregal, D.J., Young, P.C., Tych, W. (2007). *Environmental Time Series Analysis and Forecasting with the Captain Toolbox*. *Environmental Modelling and Software*, 22, 797-814
- Wathes, C. M., Kristensen, H. H., Aerts, J. M., Berckmans, D. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(1), 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.005>
- Young, P.C. (1984): *Recursive Estimation and Time-series Analysis*. Springer-Verlag, Berlin

Simulationen des Einflusses von baulichen Maßnahmen zur Reduzierung von Hitzestress in Milchviehställen

Simulation of the influences of structural measures on the reduction of heat stress in dairy farms

PETER STOETZEL, JOCHEN SIMON

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 5, 85586 Poing – Grub; peter.stoetzel@lfl.bayern.de; jochen.simon@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Mit Hilfe des Simulationsprogramms WUFI Plus wurden in Abhängigkeit des Außenklimas und unter Berücksichtigung der Wärme- und Feuchtelasten von Milchkühen die hygrothermischen Bedingungen im Innenraum verschiedener Modelle eines Milchviehstalls während eines Sommershalbjahres berechnet. Die Simulationen zeigen, dass viele Faktoren zum Teil erheblichen Einfluss auf das hygrothermische Verhalten haben und dass eine deutliche Reduzierung des Hitzestresses für Milchkühe durch bauliche Maßnahmen möglich ist. Weiterer Forschungsbedarf wird, neben der Ermittlung und Bewertung der unterschiedlichen Investitionskosten, in der Entwicklung und Erprobung einer Steuerung der Fassadenverschlüsse zur Beeinflussung des Luftwechsels gesehen. Diese würde in Verbindung mit zusätzlicher thermischer Puffermasse im Innenraum weitere Verbesserungen möglich machen.

Summary

With the aid of the simulation program WUFI Plus, the hygrothermal conditions prevailing in the interior of different models of a dairy cattle barn during the summer months were calculated as a function of the outdoor climate and considering the heat and humidity loads of dairy cattle. The simulations show that numerous factors often have significant influence on hygrothermal behaviour and that construction measures allow heat stress on dairy cows to be reduced considerably. In addition to the determination and evaluation of different investment costs, further need for research is seen in the development and testing of control systems for façade seals in order to control air exchange. These systems in combination with additional thermal buffer mass in the interior would provide further improvement.

1 Einleitung und Problemstellung

Auf Grund der globalen Klimaerwärmung und der höheren Stoffwechselleistung von Milchkühen muss immer häufiger mit dem Auftreten von kritischen Temperaturen im Stall gerechnet werden. Neben der Lufttemperatur spielen insbesondere die Luftfeuchtigkeit, die Luftgeschwindigkeit und die Strahlungswärme, die vor allem über erwärmte Bauteile wie Dachflächen in den Stall gelangt, die entscheidende Rolle. Hinzu kommt, dass unter bayerischen Klimaverhältnissen die Temperaturregulierung über natürliche Luftbewegung im Stall wenig erfolgversprechend ist, weil heiße Sommertage, besonders im Alpenvorland, häufig weitgehend windstill verlaufen. Eine Auswertung der Daten von 6 Wetterstationen der LfL in Oberbayern der Jahre 2006 bis 2016 hat ergeben, dass 64 % der Stunden mit Temperaturen von über 20 °C eine Windstärke von 1,5 m/s (leiser Zug) und weniger aufweisen. An nur 4 % der Stunden mit Temperaturen von über 20 °C wurden Luftgeschwindigkeiten von mehr als 3,3 m/s (schwache Brise) gemessen.

Ziel der Untersuchungen ist es, die Auswirkungen und das komplexe Zusammenspiel baulicher (passiver) Maßnahmen zur Verringerung von Hitzestress in Milchviehställen zu bestimmen und zu optimieren sowie zu beurteilen, ob und wie eine wirksame Reduzierung von Hitzestress in einem Milchviehstall unter bayerischen Klimabedingungen zu erreichen ist. Dabei sollen auch die Parameter zur Beschreibung des Stallklimas, die bisher vor allem die Auswirkungen von Lufttemperatur und -feuchtigkeit berücksichtigt haben, um den Beitrag der Bauteiltemperatur der inneren Hüllflächen und deren Abgabe von Strahlungswärme erweitert werden.

2 Methode

Verwendet wurde das Simulationsprogramm WUFI Plus (Wärme und Feuchte instationär) des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, welches mit Hilfe realer Klimadaten und unter Berücksichtigung von inneren Wärme- und Feuchtelasten die hygrothermischen Bedingungen des Innenraumklimas simulieren kann. Zur zuverlässigen Simulation der verschiedenen Dachaufbauten konnte auf abgeschlossene Forschungsvorhaben des Fraunhofer-Instituts zurückgegriffen werden (Kölsch, 2013; Schafazek, 2013). Um die Wirkung der unterschiedlichen baulichen Einflussfaktoren vergleichen zu können, wurden Gebäudemodelle mit Aufstallungsvarianten eines 2-, 3- und 4-reihigen Milchviehlaufstalls mit gleicher Tierzahl entwickelt und diese hinsichtlich Orientierung, Gebäudegeometrie, Baukonstruktion, Lüftungssteuerung und passiver Bauteilkühlung untersucht. Für die Simulation wurden Wärme- und Feuchtelasten von 67 Milchkühen im Gebäude in Form konstanter Tagesprofile bei einer Temperatur im Stallinneren von 20–25 °C angenommen. Bei den Wärmelasten wurden Wärmeverluste durch Transmission von Tieren, die auf der Stahlbetonbodenplatte liegen, nicht berücksichtigt.

Die Einflüsse der Luftwechselrate durch veränderte Fassadenöffnungen fließen über eine Massenbilanz der ausgetauschten Luft in die Simulation ein, wobei die Bewertung der Windgeschwindigkeiten und Strömungsverhältnisse im Gebäude durch natürliche Belüftung, auf Grund der weitgehend windarmen bayerischen Sommertage, nicht erfolgte. Es wurde der Klimadatensatz des Jahres 2006 für Holzkirchen bei München verwendet, der mit Temperaturen und Strahlungswerten, die über dem langjährigen Mittel im Sommer liegen, einen Ausblick auf die Folgen des Klimawandels für das Stallklima in einem Milchviehstall zulässt. Für die verschiedenen Gebäudemodelle wurden Stundenwerte für die Lufttemperatur, die operative Temperatur und die Luftfeuchtigkeit im Stallinneren für den Zeitraum vom 01. April bis 30. September 2006 berechnet. Die operative Temperatur berücksichtigt zu gleichen Teilen sowohl die Lufttemperatur als auch die mittlere Bauteiltemperatur der inneren Hüllflächen und damit auch die Strahlungswärme erwärmter Bauteile wie Dachflächen. Der THI (Temperature-Humidity Index) wurde mit der folgenden Formel (Thom, 1959) berechnet:

$$\text{THI} = (0,8 \times \text{Temp.}) + [(\text{rel. Luftfeuchte} / 100 \times (\text{Temp.} - 14,4))] + 46,4$$

Die berechneten THI-Stundenwerte wurden für die unterschiedlichen Gebäudemodelle nach der in Tabelle 1 dargestellten Einteilung über den gesamten Berechnungszeitraum hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials bewertet und verglichen.

Tab. 1: Auswirkung des Temperatur-Feuchtigkeits-Indexes (THI) auf Milchvieh (nach Chase, 2006)

Tab. 1: Effect of the temperature-humidity index on dairy cattle (according to Chase, 2006)

THI	unter 68	68–71	72–79	über 79
Hitzestress	kein	milder	mäßig	starker

3 Ergebnisse

3.1 Orientierung und Gebäudegeometrie

Für die Untersuchung der Orientierung und Gebäudegeometrie wurde für alle Gebäudemodelle die gleiche baukonstruktive Hülle angenommen. Als Bezugsgröße wurde die Summe von 613 Hitzestressstunden (HSS) für das Außenklima am Standort Holzkirchen im Untersuchungszeitraum ermittelt. Die Summe der milden HSS liegt dabei bei 325 HSS und die Summe der mäßigen bei 288 HSS.

Orientierung

Hinsichtlich der unterschiedlichen Orientierung der Gebäudemodelle zeigen sich nur geringfügige Unterschiede. So liegt die Summe der HSS bei allen Modellen mit First in Ost-West-Richtung bei 605 HSS und bei den Modellen mit First in Nord-Südrichtung bei 619 HSS.

Gebäudetypus

Beim Vergleich der verschiedenen Gebäudetypen mit unterschiedlichen Aufstallungsvarianten weist der 2-Reiher auf Grund des größeren Fassadenflächenanteils im Verhältnis zur Grundfläche mit 602 etwas weniger HSS auf als der 3-Reiher mit 621 und der 4-Reiher mit 614. Dieser Unterschied wird deutlicher, wenn die Öffnungsfläche bei allen Typen um 50 % verkleinert wird. Hier weist der 2-Reiher 609, der 3-Reiher 644 und der 4-Reiher 632 HSS auf.

Dachneigung

Der Vergleich zweier 4-reihiger Gebäudemodelle mit unterschiedlicher Dachneigung von 10° und 30° zeigt, dass das Gebäudemodell mit flach geneigtem Dach geringfügig weniger HSS aufweist. So liegen die simulierten HSS bei 10° Dachneigung bei 567 und bei 30° Dachneigung bei 576. Das zeigt, dass ein größeres Luftvolumen im Stall bei gleichem Luftwechsel keine Reduzierung der HSS mit sich bringt.

Sonnenschutz

Gebäude ohne wirkungsvollen Sonnenschutz der Fassaden (z.B. Dachüberständen, Lamellen, Bäumen etc.), aber mit unveränderter Luftwechselrate, weisen im Mittel 7,5 % mehr HSS auf als solche mit Sonnenschutz. Der Vergleich von zwei 3-Reiher Gebäudemodellen ergab bei dem Gebäudetypen mit Sonnenschutz im Mittel 621 HSS und ohne Sonnenschutz 667 HSS. Dachoberlichter oder nicht verschattete Lichtfirste können dieses Ergebnis noch weiter negativ beeinflussen.

3.2 Baukonstruktion

Dachaufbauten

Der Einfluss unterschiedlicher Dachaufbauten auf die HSS ist auf Grund der unterschiedlichen Wärmestrahlung, die ins Stallinnere gelangt, erheblich. Am Beispiel eines 3-Reiher-Modells mit verschiedenen Aufbauten schneiden einschalige Dachaufbauten aus Ziegeln, Faserzement oder Blech am schlechtesten ab (Abb. 1).

Die Unterschiede innerhalb dieser Gruppe sind dabei auf die unterschiedlichen Absorptionsgrade (Helligkeit) der Oberflächen zurückzuführen. Zweischalige Dachaufbauten mit Holzschalung (24 mm) und Sandwichelemente mit Wärmedämmung (40 mm) sind besser und dabei annähernd gleich. Schwere, mehrschichtige Aufbauten wie Brettstapeldecken ($d = 10$ cm) und Gründächer zeigen noch größere Vorteile. Ein schwerer Gründachaufbau mit einer Festkörperdrainage aus 50 mm Kies auf einer Schalung aus 38 mm starken zementgebundenen Spanplatten war der mit den wenigsten HSS (558). Grund dafür ist die höhere Masse der zementgebundenen Spanplatten im Vergleich zu einer Holzschalung und die höhere Wärmeleitfähigkeit dieses Materials, was beim Durchgang der Verdunstungskälte Vorteile hat. Durch eine zusätzliche Bewässerung bei Gründächern wird die Feuchtigkeit im Substrat und damit auch die Verdunstungskühlung erhöht, ohne die Luftfeuchtigkeit im Inneren des Stalls zu beeinflussen. Erste Simulationen zeigen, dass bei einem schweren Gründachaufbau in Verbindung mit hoher Puffermasse eine zusätzliche Reduzierung der HSS um ca. 10 % zu erwarten ist.

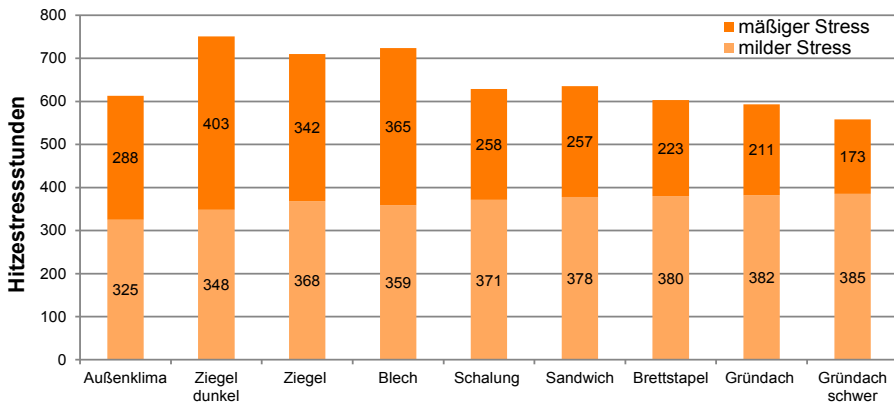


Abb. 1: Hitzestressstunden bei unterschiedlichen Dachaufbauten eines Milchviehstalls

Fig. 1: Heat stress hours in a dairy cattle barn under different roofing systems

Fassadenöffnung

Der Einfluss der Größe der Fassadenöffnungen und damit des Luftwechsels auf die Summe der HSS ist ebenfalls erheblich. Bemerkenswert dabei ist, dass bei dem untersuchten 3-Reiher-Modell die Summe der HSS erst bei einer Öffnungsgröße von weniger als 75 % bezogen auf die Gesamtfläche beider Trauffassaden deutlich zunimmt.

4 Ausblick

Lüftungssteuerung

Simulationen zum Luftwechsel haben gezeigt, dass an sehr heißen Tagen ein Einschränken des Luftwechsels durch Verschließen der Fassadenöffnungen von ca. 6 Uhr bis ca. 15 Uhr (Leckagefläche bei geschlossenen Öffnungen im 2-Reiher-Modell ca. 32 m²) zu einer Reduzierung der HSS führen kann. Am Modell eines 2-Reihers mit schwerem Gründachaufbau und höheren thermischen Puffermassen im Inneren durch Bauteile wie Stahlbeton-Sockel und Stahlbeton-Trennwänden an den Übergängen konnten die HSS von 508 auf 459 reduziert werden, indem insgesamt an 52 Tagen die Fassade im Schnitt 9 Stunden geschlossen wurde. Dabei bleibt die Innentemperatur trotz der hohen Wärmelasten der Tiere während dieses Zeitraums im Stall etwas niedriger als im Außenbereich. Der THI-Wert nimmt dann nachmittags auf Grund der steigenden Luftfeuchtigkeit wieder zu, so dass spätestens gegen 15 Uhr kein Vorteil mehr gegenüber dem Außenklima besteht. Dieser thermische Puffereffekt kann durch Vergrößerung der im Stallinneren zur Verfügung stehenden Masse, etwa durch schwere Außenwandbauteilen oder Einbauten, noch deutlich verbessert werden. Bei Simulationen an Stallmodellen mit leichten Dachaufbauten ohne zusätzliche Puffermassen war dieser Effekt bei gleichem Lüftungszeitplan nicht nachweisbar. Entscheidende Voraussetzung, um diesen Effekt zu

nutzen, ist eine Steuerung der Fassadenverschlüsse zur Beeinflussung des Luftwechsels. Diese wurde in der Simulation zwar angenommen, ist aber bisher noch nicht praktisch erprobt. Die wesentliche Funktion dieser Steuerung bestände darin, bei kritischen Werten von Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur und Schadgasen die Fassade wieder zu öffnen.

5 Fazit

Die durchgeführten Simulationen zeigen, dass eine Vielzahl von Faktoren unterschiedlichen Einfluss auf die HSS eines Milchviehstalls haben. Die Spannweite reicht von 750 HSS bei einem Modell, bei dem alle ungünstigen Faktoren umgesetzt sind, bis zu einem Modell mit 380 HSS, welches alle vorteilhaften Maßnahmen, auch die Lüftungssteuerung und passive Kühlung durch Bewässerung, ausschöpft. Das entspricht einer Differenz von ca. 370 HSS bei 613 HSS des Außenklimas am Standort Holzkirchen im simulierten Zeitraum. Obwohl das vollständige Vermeiden von Hitzestress in einem Milchviehstall allein durch bauliche Maßnahmen nicht möglich ist, zeigt sich dennoch, wie wichtig vor dem Ergreifen aktiver technischer Maßnahmen, wie Ventilatoren oder Kuhduschen, die Optimierung der baulichen Hülle und das Ausschöpfen passiver Maßnahmen ist.

Das Potential für weitere Untersuchungen liegt vor allem in Fragen der Umsetzbarkeit und Praxistauglichkeit der in der Simulation angenommenen Lüftungssteuerung und der Bewässerung von Gründächern. Auch die Frage der Investitionskosten mit Blick auf die Ergänzung durch aktive Maßnahmen der Stallklimatisierung ist gerade bei kostenintensiven baulichen Maßnahmen, wie schweren Gründachaufbauten und massereichen Bauteilen zu Verbesserung der Pufferwirkung, noch nicht beantwortet.

Literatur

- Chase, L.E. (2006): Climate change impacts on dairy cattle.
<http://www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/III.3Cattle.pdf>, III-17 – III-23,
 26.06.2006
- Kölsch, P (2013): Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern mit effektiven Übergangsparametern. Fraunhofer, Institut für Bauphysik, Stuttgart
- Schafazek, B. und Zirkelbach, D. (2013): Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparametern von Dachbegrünungen zur zuverlässigen Simulation der hygrothermischen Verhältnisse in und unter Gründächern bei beliebigen Nutzungen und unterschiedlichen Standorten. Abschlussbericht, Fraunhofer, Institut für Bauphysik, Stuttgart
- Thom, E.C. (1959): The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59

Stromverbrauchsmessungen auf landwirtschaftlichen Praxisbetrieben und Entwicklung eines Prognoseprogramms zum Strombedarf inklusive der Einbindung regenerativ erzeugter Energie in das betriebliche Lastprofil

Energy consumption measurements on practical agricultural farms and development of a forecast application on the electricity demand including the integration of regenerative generated energy in the operational load profile

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

Zusammenfassung

Die Grundlage für die Ermittlung von Ansatzpunkten zur Energieeinsparung ist der Vergleich der benötigten Energie des landwirtschaftlichen Praxisbetriebs und der einzelnen Aggregate mit den jeweiligen energetischen Referenzwerten. Mit der Entwicklung eines Prognoseprogramms soll der Strombedarf unter Berücksichtigung der technischen Ausstattung entsprechend der vorhandenen Produktionsverfahren individuell berechnet werden. Neben absoluten Verbrauchswerten werden Lastprofile der relevanten Verbraucher hinterlegt, die es ermöglichen, ein betriebspezifisches Gesamtlastprofil zu erstellen. Anhand von Leistungsprofilen regenerativer Energieerzeugung kann die Höhe der möglichen Eigenstromversorgung in Verbindung mit Stromspeichersystemen berechnet werden.

Summary

The basis for the determination of potential measures to energy conservation is the comparison of the required energy of the agricultural farm and the single aggregates with energetic reference values. With the development of a forecast application the demand for electricity should be calculated individually taking into account the technical equipment, accordingly with the available production processes. Beside absolute consumption values, load profiles of the relevant electricity users are deposited who enable it to provide a complete load profile specific for the farm. With performance profiles of regenerative energy production the amount of the possible electricity supply on farm level is able to calculate in connection with power storage devices.

1 Einleitung

Aufgrund des ständigen technischen Fortschritts mit zunehmender Automatisierung in den landwirtschaftlichen Produktionsverfahren, z. B. automatische Milchgewinnungs-, Fütterungs-, Entmistungs- und Beleuchtungssysteme sowie der notwendigen Anpassung an Änderungen von gesetzlichen Vorgaben, z.B. dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, werden in der landwirtschaftlichen Produktion vermehrt neue und teilweise energieintensive Anlagen eingesetzt. Dieser wachsende Energiebedarf in den einzelnen Produktionsketten in der Landwirtschaft einerseits, wieder ansteigende Kraftstoffpreise und kontinuierlich zunehmende Strompreise andererseits, erfordern im Hinblick auf die wirtschaftliche Gesamtsituation mit stagnierenden bis fallenden Erzeugerpreisen einen äußerst effizienten Produktionsmitteleinsatz. Der Kostenfaktor Energie ist deshalb in der Betriebsführung nicht zu unterschätzen und erfordert Ansätze, um energetische Einsparpotentiale zu erkennen und die Optimierungsmöglichkeiten zu bewerten. Zusätzlich ist der Einsatz von im Betrieb eigenerzeugter regenerativer Energien gerade bei der Stromerzeugung mit Photovoltaikanlagen seit Erreichen der Netznahparität aus ökonomischen Gesichtspunkten empfehlenswert, setzt für eine sinnvolle Integration jedoch die Kenntnis der einzelbetrieblichen Lastprofile voraus.

Das Fundament für einen effizienten Energieeinsatz und die ideale Einbindung vorhandener erneuerbarer Energien liegen bei Neuplanungen und Sanierungsmaßnahmen von Ställen sowohl in optimalen technischen und baulichen Lösungen als auch in einem abgestimmten betrieblichen Management.

Um für die Beratung und Ausbildung aktuelle und zeitgemäße Beratungsgrundlagen auf Basis energetischer Referenzwerte und -profile von Produktionsverfahren als Orientierungspunkte zur Verfügung stellen zu können, werden weiterhin zeitlich aufgelöste Verbrauchsmessungen auf zukunftsorientierten landwirtschaftlichen Praxisbetrieben durchgeführt.

2 Material und Methode

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft“ am Institut für Landtechnik und Tierhaltung wurde in den letzten Jahren ein Pilotbetriebsnetz aufgebaut. Um ein breites Spektrum der landwirtschaftlichen Produktionssituation abzudecken, wurden 11 Praxisbetriebe mit dem Schwerpunkt Ferkelerzeugung, 6 Schweinemastbetriebe, 10 Milchviehbetriebe und ein Bullenmastbetrieb ausgewählt und mit Messtechnik zur langfristigen Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsmessung ausgestattet.

Der thermische und elektrische Energieeinsatz wird mit Wärmemengenzählern bzw. Dreh- und Wechselstromzählern erfasst. Ein Datenlogger speichert die messtechnischen Aufzeichnungen und unterstützt das automatische Absetzen von Meldungen über ein GSM-Modem zur Datenfernübertragung an eine zentrale Rechneinheit am Institut. Neben den Verbrauchsdaten werden auch die Solarstromertragsdaten der Photo-

voltaikanlagen von 15 Praxisbetrieben mit unterschiedlichen horizontalen und vertikalen Ausrichtungen, die mit Messtastköpfen auf den Einspeisezählern oder mit Solarloggern aufgezeichnet werden, in einer gemeinsamen Datenbank gespeichert.

Durch die Einrichtung der fest installierten Dauermesseinrichtung kann sowohl die zeitliche Variabilität als auch die Variabilität in der Ausstattung, z.B. beim Austausch und Ersatz der Produktionstechnik, auf den Betrieben erfasst werden. So kann gerade bei technischen Änderungen von Anlagen kurzfristig auf aktuelle Entwicklungen eingegangen werden. Die zeitlich aufgelösten ($\frac{1}{4}$ h-Messintervalle) und nach Verbrauchern aufgeschlüsselten Messwerte bilden eine detaillierte Datengrundlage für das auf Excelbasis zu entwickelnde Prognoseprogramm, mit dessen Hilfe sowohl für spezialisierte, als auch für landwirtschaftliche Gemischtbetriebe anhand der Auswahlmöglichkeiten zur Betriebsausstattung in den Eingabemasken, spezifische Verbrauchskennzahlen und Lastprofile erzeugt werden können.

Darauf aufbauend können Einsparpotenziale berechnet, energetische Optimierungsmöglichkeiten bewertet und die bestmögliche Nutzung und Integration des am Betrieb regenerativ erzeugten Stroms auch in Verbindung mit Speichersystemen, z.B. Batteriespeicher und Eisspeicheranlagen, ausgewiesen werden.

3 Ergebnisse

Als Hauptziele des Forschungsvorhabens können die „Energieeffiziente Produktion“, die „Energiewirtschaftliche Optimierung“ und die „Infrastrukturelle Energieversorgung“ definiert werden. Dies soll unter anderem durch die Weiterentwicklung des bereits in der Praxis erprobten und bayernweit eingesetzten Berechnungsprogramms „Energiecheck für landwirtschaftliche Betriebe“ umgesetzt werden. Das neu zu programmierende Prognoseprogramm soll die Kalkulation und Beurteilung des betriebsindividuellen Strombedarfs und das daraus resultierende Lastprofil unter Berücksichtigung der technischen Ausstattung der vorhandenen betrieblichen Produktionsverfahren ermöglichen. Die Erweiterung um die Optionen Leistungsprofile von landwirtschaftlichen Biogasanlagen und Photovoltaikanlagen inklusive Energiespeicherung einzubinden, bietet die Möglichkeit, die Höhe der Eigenstromnutzung abzuleiten, diese ökonomisch zu bewerten und so das betriebliche Energiemanagement zu optimieren.

3.1 Verbrauchsdaten und Lastprofile in Milchviehbetrieben

Der Stromverbrauch in milchviehhaltenden Betrieben, aber auch in schweinehaltenden Betrieben ist vor allem von der technischen Ausstattung, aber auch vom betrieblichen Management abhängig.

In den Auswertungsjahren 2014 und 2015 lagen die Verbrauchswerte für die Milchgewinnung in den Pilotbetrieben mit automatischen Melksystemen bei 380 kWh / MK / Jahr und mit konventionellen Melkständen bei 330 kWh/MK/Jahr (MK = Milchkuh). Den größten Anteil am Stromverbrauch haben die Vakuumversorgung, die Milchkühlung und die Warmwasserbereitung für die Melkanlagen- und Milchtankreinigung. Im Stall-

bereich mit den Hauptverbrauchern Beleuchtung und Frostsicherung der Wasserversorgung lag der durchschnittliche Stromverbrauch bei 125 kWh/MK/Jahr. Diese über mehrere Jahre gemessenen durchschnittlichen Verbrauchswerte dienen als erste Referenz für die Beurteilung des Stromverbrauchs der Betriebe.

Ebenso wie die Höhe des Stromverbrauchs ist das Lastprofil von den Faktoren Betriebsausstattung und den Arbeitsabläufen sowie von der Witterung, gerade bei der Stallklimatisierung und der Frostsicherung, beeinflusst. In der Abbildung 1 sind beispielhaft Tageslastprofile eines Milchviehbetriebes mit 70 Kühen und konventionellem Melksystem, d. h. mit zwei Melkzeiten am Tag dargestellt. Der Stromverbrauch am Sommertag lag bei 105 kWh und am Wintertag bei 107 kWh.

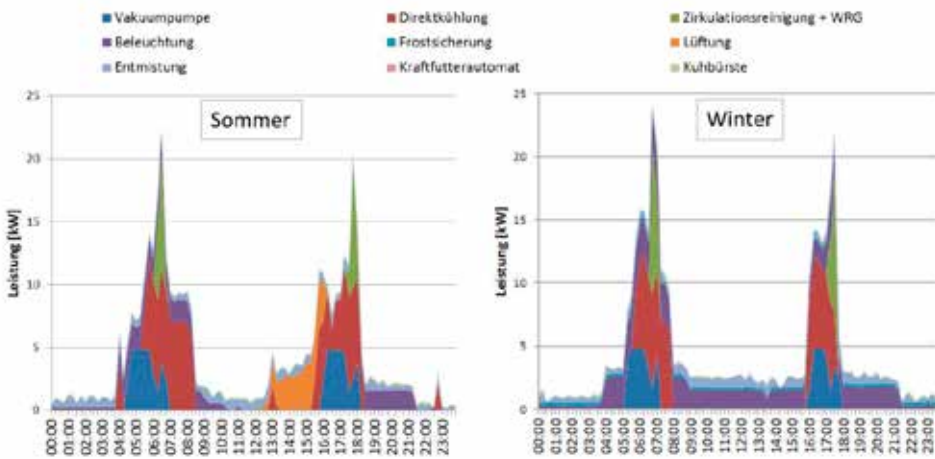


Abb. 1: Tageslastprofile eines Milchviehbetriebes mit 70 Milchkühen (© J. Neiber)

Fig. 1: Day load profile of a dairy farm with 70 cows (© J. Neiber)

3.2 Verbrauchsdaten und Lastprofile in Ferkelerzeugerbetrieben

Die Höhe des Stromverbrauchs in den elf Ferkelerzeugerbetrieben, einschließlich der Ferkelaufzucht bis 30 kg, lag zwischen 95 kWh/ZS/Jahr und 254 kWh/ZS/Jahr, im Mittel bei 168 kWh/ZS/Jahr (ZS = Zuchtsau). Mit einem Anteil von 47 % benötigt die Lüftungsanlage die meiste Energie. Weitere Verbraucher mit höherem Stromverbrauch sind die Futteraufbereitung und Fütterung mit einem Beitrag von durchschnittlich 12 %, die Infrarotstrahler mit 19 % und die Beleuchtung mit 8 % am Gesamtstromverbrauch. Da die Lüftungsanlage der größte Verbraucher in zwangsgelüfteten Ställen ist und die Höhe des Stromverbrauchs der Stallklimatisierung wesentlich von den Temperaturschwankungen über das Jahr beeinflusst wird, ist sie auch prägend für das Gesamtlastprofil dieses Betriebszweiges. Dies ist an den Tageslastprofilen eines Ferkelerzeugerbetriebes mit 170 Zuchtsauen im Sommer und Winter in Abbildung 2 gut erkennbar. Der Stromverbrauch lag am Sommertag bei 126 kWh und am Wintertag bei 74 kWh.

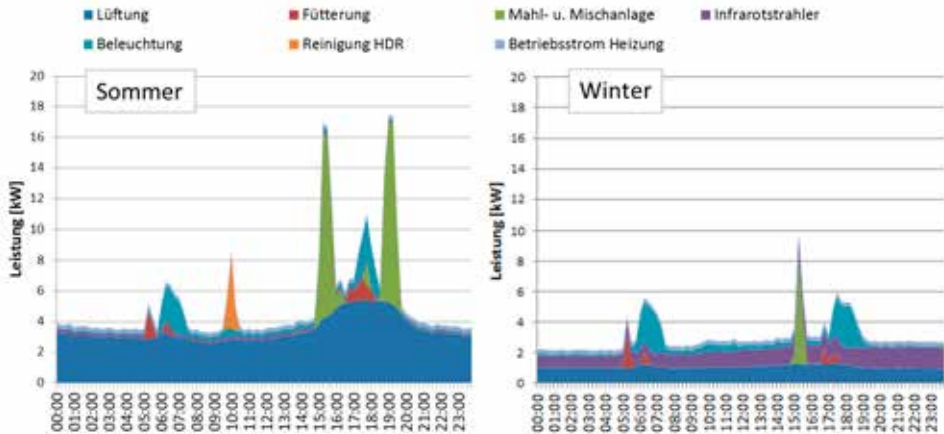


Abb. 2: Tageslastprofile eines Ferkelerzeugerbetriebs mit 170 Zuchtsauen (© J. Neiber)

Fig. 2: Day load profile of a piglet's production farm with 170 sows (© J. Neiber)

3.3 Entwicklung eines Prognoseprogramms

Die Lastprofile der einzelnen Verbraucher aus den landwirtschaftlichen Pilotbetrieben bildet die Basis des Berechnungsprogramms, auf dessen Grundlage der individuelle Strombedarf, entsprechend der vorhandenen Produktionsverfahren und technischen Ausstattung des Praxisbetriebs, berechnet und beurteilt werden kann. Aus den daraus resultierenden Jahreslastprofilen und den Leistungsprofilen von am Betrieb erzeugten Stroms aus Photovoltaikanlagen oder sonstiger Energieerzeugung kann dann die mögliche Eigenstromnutzung abgeleitet und ökonomisch bewertet werden.

Beispiel Milchviehbetrieb

Die Abbildung 3 zeigt am Beispiel eines Milchviehbetriebes mit 70 Milchkühen die möglichen energetischen Einsparpotentiale auf Grundlage des Prognoseprogramms. Durch verbessertes Management, z.B. durch Optimierung der Arbeitsabläufe, können hier im Praxisbeispiel theoretisch ca. 30 % des Stromverbrauchs eingespart werden.

Dabei wird der „Stromverbrauch lt. Abrechnung“ mit den auf Basis produktionsspezifischer Lastprofile berechneten Planungswerten (FGM-Sollwert IST) verglichen. Das technische Einsparpotential (ca. 25 %) errechnet sich aus der Differenz der Verbrauchsprofile FGM-Sollwert IST und den Planwerten aus den Lastprofilen der Verbrauchsbereiche FGM-Sollwert ZIEL nach technischer Ertüchtigung der Vakuumpumpe mit Frequenzregelung, des Einsatzes eines Vorkühlers beim Kühlprozess und dem Ersatz der bestehenden Leuchtmittel durch LED-Strahler. Ferner kann über das spezifische betriebliche Lastprofil die berechnete mögliche Eigenstromversorgung aufgezeigt werden. Die Deckung des Energiebedarfs mit erneuerbaren Energieträgern liegt hier im Praxisbeispiel mit einer 40 kWp Photovoltaikanlage bei ca. 42 %.

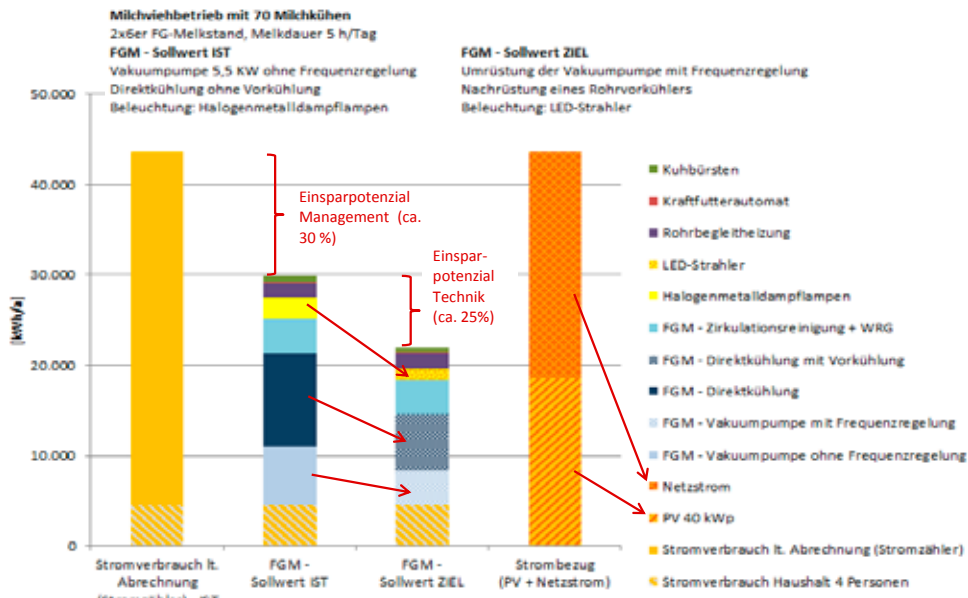


Abb. 3: Stromverbrauch, mögliche Einsparpotentiale und Strombezug eines Milchviehbetriebs mit 70 Milchkühen und zwei Melkzeiten (© J. Neiber)

Fig. 3: Power consumption, possible saving potentials and electricity procurement of a dairy farm with 70 cows and two milking times (© J. Neiber)

Literatur

- Eckel, H.; Büscher, W.; Feller, B.; Fritzsche, S.; Gaio, C.; Kämper, H.; Neiber, J. (2014): Energiebedarf in der Schweine- und Hühnerhaltung. KTBL-Heft 105, Darmstadt
- Graf, J.; Hartmann, S.; Neiber, J.; Puchta, M.; Reinhold, G.; Remmersmann, T.; Wilms, D. (2016) Strom speichern, Eigenverbrauch steigern. KTBL-Heft 110, Darmstadt
- Pommer, R.; Eckel, H.; Hartmann, W.; Kämper, H. (2014): Energiebedarf in der Milchviehhaltung. KTBL-Heft 104, Darmstadt

Use of extended characteristics of locomotion and feeding behavior for automated identification of lame dairy cows

Verwendung erweiterter Merkmale des Fortbewegungs- und Fütterungsverhaltens für die automatisierte Erkennung von lahmen Milchkühen

GIAN BEER¹, MAHER ALSAOD¹, ALEXANDER STARKE²,
GERTRAUD SCHUEPBACH-REGULA³, HENDRIK MÜLLER², PHILIPP KOHLER¹,
ADRIAN STEINER¹

¹ Clinic for Ruminants, Vetsuisse-Faculty, University of Bern, Hochschulstr. 4, 3012 Bern, Schweiz;
maher.alsaad@vetsuisse.unibe.ch

² Clinic for Ruminants and Swine, Faculty of Veterinary Medicine, University of Leipzig,
An den Tierkliniken 19, 04103 Leipzig

³ Veterinary Public Health Institute, Vetsuisse-Faculty, University of Bern, 3012 Bern, Schweiz

Summary

This study was carried out to detect differences in locomotion and feeding behavior in lame (group L; n = 41; gait score ≥ 2.5) and non-lame (group C; n = 12; gait score ≤ 2) multiparous Holstein cows. A model for automatic lameness detection was created, using data from accelerometers attached to the hind limbs and noseband sensors. Group L compared to group C had significantly lower eating time, fewer standing bouts and a lower walking speed. The model considering the number of standing bouts and walking speed was the best predictor of cows being lame with a sensitivity of 90.2 % and specificity of 91.7 %, using accelerometers only. It was concluded that under the study farm conditions, accelerometer data were suitable for accurately distinguishing between lame and non-lame dairy cows, even in cases of slight lameness.

Zusammenfassung

Diese Studie wurde durchgeführt, um die Unterschiede im Bewegungs- und Fressverhalten lahmer (Gruppe L; n = 41, Score $\geq 2,5$) und nicht lahmer (Gruppe C; n = 12; Score ≤ 2) multiparer Holstein-Kühe zu vergleichen. Es wurde ein Modell für die automatische Lahmheitserkennung erstellt, wobei die Daten von Accelerometern an den Hinterbeinen und von Nasenbandsensoren verwendet wurden. Gruppe L hatte im Vergleich zu Gruppe C eine deutlich niedrigere Fresszeit, weniger Stehperioden und eine niedrigere Gehgeschwindigkeit. Das Modell mit der Anzahl Stehperioden und der Gehgeschwindigkeit konnte lahme von nicht lahmen Kühen mit einer Sensitivität von 90,2 % und einer Spezifität von 91,7 % unterscheiden. Unter den gegebenen Studienbedingungen sind die Accelerometer-Daten geeignet für die genaue Unterscheidung zwischen lahmen und nicht lahmen Milchkühen; auch bei Vorliegen von leichtgradiger Lahmheit.

1 Introduction

Lameness in dairy cows is an expression of pain due to pathologies involving the locomotion system (Whay et al., 2004). It causes high economic losses mainly due to decrease of milk yield and reduced fertility (Bruijnis et al., 2010). Many studies reported that the methods of objective and automated measurement systems have the potential of earlier and more accurate detection of lameness (Beer et al., 2016; Nechanitzky et al., 2016). The behavior of lame cows or cows with foot pathologies as compared to healthy, non-lame cows was characterized by longer lying bouts (Ito et al., 2010), more time spent lying down (Walker et al., 2008), shorter strides (Flower et al., 2005), slower walking speed (Chapinal et al., 2009), lower bite rate while grazing (Walker et al., 2008), lower feeding time or faster eating (Norrington et al., 2014). Automated measurement systems have to be valid, reliable and specific on an extended set of behavioral variables as a prerequisite for high accuracy of lameness detection (Alsaad et al., 2015). Rumi-Watch® noseband sensors (Zehner et al., 2017) and the RumiWatch® three-dimensional (3D) accelerometers (Alsaad et al., 2015) with the novel algorithm fulfill these criteria. The aim of this study was to evaluate the suitability of the combination of the 3D-accelerometer and the noseband sensor (RumiWatch®, ITIN + HOCH GmbH, Fütterungstechnik, Liestal, Switzerland) as an automated lameness monitoring system for dairy cows kept in a cubicle barn. It was hypothesized that the high accuracy of the newly developed RumiWatch® algorithms in detecting behavioral variables can be used to develop a lameness detection model with high sensitivity and specificity.

2 Materials and methods

This study was carried out to detect differences in locomotion and feeding behavior in lame (group L; $n = 41$; gait score > 2.5) and non-lame (group C; $n = 12$; gait score < 2) in a cross-sectional study design on a dairy farm with 1,003 lactating German Holstein cows in Thuringia, Germany. A model for automatic lameness detection was created, using data from accelerometers attached to the hind limbs and noseband sensors attached to the head. Each cow's gait was videotaped and scored on a 5-point scale before and after a period of 3 consecutive days of behavioral data recording. The mean value of 3 independent experienced observers was taken as a definite gait score and considered to be the gold standard. For statistical analysis, data from the noseband sensor and one of two accelerometers per cow (randomly selected) of 2 out of 3 randomly selected days was used. For comparison between group L and group C, the T-test, the Aspin-Welch-Test and the Wilcoxon-Test were used. The sensitivity and specificity for lameness detection was determined with logistic regression and ROC-analysis.

3 Results

Group L compared to group C had significantly lower eating and ruminating time, fewer eating chews, ruminating chews and ruminating boluses, longer lying time and lying bout duration, lower standing time, fewer standing and walking bouts, fewer, slower and shorter strides and a lower walking speed. The model considering the number of standing bouts and walking speed was the best predictor of cows being lame with a sensitivity of 90.2 % and specificity of 91.7 %. Sensitivity and specificity of the lameness detection model were considered to be very high, even without the use of noseband sensor data.

4 Discussion

To our knowledge this is the first lameness detection model with a sensitivity and a specificity over 90 % using accelerometers only. Very limited number of studies investigated whether slight lameness can be detected by objective analysis of locomotion parameters. In a recent study, Rutten et al. (2013) reported that automated measurement systems of lameness were only able to detect severe cases of lameness, which farmers might easily detect by direct observation. Similar to our study, earlier research also showed that lame cows and cows with claw pathologies, respectively, had shorter strides, longer lasting strides and a lower walking speed (Flower et al., 2005; Telezhenko and Bergsten, 2005). Assessing mean daily walking speed using accelerometers is a practical and non-invasive method (i.e. no need to walk behind the cow to encourage walking). Our results suggest that walking speed measured by RumiWatch® 3D-accelerometers is a promising variable for automated lameness detection. Still, the results of this pilot study are very promising and show the potential of the RumiWatch® system for lameness detection, warranting longitudinal studies on this topic, allowing identifying transition from a non-lame to a lame status.

5 Conclusions

It was concluded that under the conditions of the study farm, accelerometer data were suitable for accurately distinguishing between lame and non-lame dairy cows, even in cases of slight lameness with a gait score of 2.5.

References

- Alsaad, M., Niederhauser, J.J., Beer, G., Zehner, N., Schuepbach-Regula, G., Steiner, A. (2015): Development and validation of a novel pedometer algorithm to quantify extended characteristics of the locomotor behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 6236–6242
- Beer, G., Alsaad, M., Starke, A., Schuepbach-Regula, G., Muller, H., Kohler, P., Steiner, A. (2016): Use of extended characteristics of locomotion and feeding behavior for automated identification of lame dairy cows. *PLoS One* 11:e0155796
- Bruijnis, M.R.N., 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, 2419–2432
- Chapinal, N., de Passillé, A.M., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., Rushen, J. (2009): Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *J. Dairy Sci. Elsevier*, 92, 4365–4374
- Flower, F.C., Sanderson, D.J., Weary, D.M. (2005): Hoof pathologies influence kinematic measures of dairy cow gait. *J. Dairy Sci. Elsevier*, 88, 3166–3173
- Ito, K., von Keyserlingk, M.A.G., Leblanc, S.J., Weary, D.M. (2010): Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci. Elsevier*, 93, 3553–3560
- Nechanitzky, K., Starke, A., Vidondo, B., Muller, H., Reckardt, M., Friedli, K., Steiner, A. (2016): Analysis of behavioral changes in dairy cows associated with claw horn lesions. *J. Dairy Sci.* 99, 2904–2914
- Norring, M., Häggman, J., Simojoki, H., Tamminen, P., Winckler, C., Pastell, M. (2014): Short communication: Lameness impairs feeding behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci. Elsevier*, 97, 4317–4321
- Rutten, C.J., Velthuisa, G.J., Steeneveld, W., Hogeveen, H. (2013): Invited review: sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 96, 1928–1952
- Telezhenko, E., Bergsten, C. (2005): Influence of floor type on the locomotion of dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93, 183–197
- Walker, S.L., Smith, R.F., Routly, J.E., Jones, D.N., Morris, M.J., Dobson, H. (2008): Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *J. Dairy Sci. Elsevier*, 91, 4552–4559
- Whay, H.R., Waterman, A.E., Webster, A.J. (1997): Associations between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. *Vet. J.* 154, 155–161
- Zehner, N., Umstätter, C., Niederhauser, J.J., Schick, M. (2017): System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. *Comp. and Elect. in Agr.* 136, 31–41

Überprüfung der Eignung eines Aggregationssystems für die Bewertung von Tierwohl

Assessment of a multi-criteria aggregation system for measuring animal welfare

IRENA CZYCHOLL, JOACHIM KRIETER

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

Zusammenfassung

Bei der Messung von Tierwohl wird aufgrund der Vielzahl an Indikatoren ein Aggregationssystem benötigt, um zu einer objektiven Gesamtbeurteilung zu kommen. Welfare Quality® als Messinstrument für Tierwohl beinhaltet eine solche Aggregation. Ziel der vorliegenden Studie war es, dieses Aggregationssystem hinsichtlich seiner Eignung in der Praxis zu überprüfen. Anhand von insgesamt 144 Protokollerhebungen auf 24 Mastschweinebetrieben wird, basierend auf dem Vergleich der Ergebnisse von zwei Beobachtern bzw. zwei aufeinanderfolgenden Mastdurchgängen, die Interobserver und Retest Reliabilität beurteilt. Die Interobserver Reliabilität war ausreichend, nicht aber die Retest Reliabilität. Zudem wird mit Hilfe von Partial-Least-Squares (PLS) Modellen der Einfluss der jeweiligen Indikatoren bei der Aggregation geschätzt. Auch Indikatoren, die theoretisch nicht in der Berechnung berücksichtigt waren, wiesen signifikante Einflüsse auf. Somit tritt Doppelgewichtung auf und es gelingt der Aggregationsmethode nicht, unzureichende Reliabilität auf Indikatorebene auszugleichen. Daher wird das Aggregationssystem nun überarbeitet.

Summary

An aggregation system is needed to convert the multifactorial indicators measuring animal welfare into a comprehensible result. Such an aggregation system was included in the Welfare Quality® protocols. The present study analysed interobserver and retest reliability of the multi-criteria evaluation model based on 144 protocol assessments on 24 growing pig farms. Results of observers and consecutive growing periods were compared. Moreover, the influence of indicators and criteria, respectively in the single aggregation steps was analysed by partial least squares (PLS) modeling. While interobserver reliability was in general acceptable, this was not the case for retest reliability. PLS modelling revealed unexpected influences of variables that were not dedicated in the calculation. Thus, double counting of variables is present. Furthermore, the aggregation was not capable of diminishing effects due to unreliable assessment on-farm. In the future, the aggregation system will be adapted based on these insights.

1 Einleitung

Tierwohl ist ein multifaktorieller Komplex, bestehend aus Gesundheit und Leistung, artgemäßem Verhalten und dem Gemütszustand (Fraser, 2008). Bei einer allgemein akzeptierten Messmethode müssen alle Aspekte gleichermaßen berücksichtigt sein. Dazu benötigt man nicht nur eine Vielzahl geeigneter Indikatoren, sondern auch ein Aggregationssystem, um eine Gesamtbeurteilung zu erhalten (Botreau et al., 2007). Die Welfare-Quality®-Tierwohlbeurteilungsprotokolle beinhalten ein solches Aggregationssystem (Welfare Quality® Network, 2009), mit dem ein Betrieb in „sehr gut“, „gut“, „akzeptabel“ oder „nicht klassifizierbar“ eingestuft wird (Welfare Quality®, 2009). Diese Aggregation erfolgt dreistufig: von den Indikatoren zu zwölf Kriterien, von dort zu vier Prinzipien und schließlich zu einer Gesamtbeurteilung (Abb. 1). Bisherige Studien konnten Mängel hinsichtlich der Reliabilität einzelner Indikatoren feststellen (Czycholl et al., 2016a, b). Allerdings besteht die Hypothese, dass diese Schwachpunkte durch die Aggregation ausgeglichen werden können (Couboulay et al., 2009). Daher konzentriert sich die vorliegende Studie darauf, die Eignung des Aggregationssystems in Bezug auf Tierwohlmessung zu beurteilen bzw. das Aggregationssystem entsprechend anzupassen.

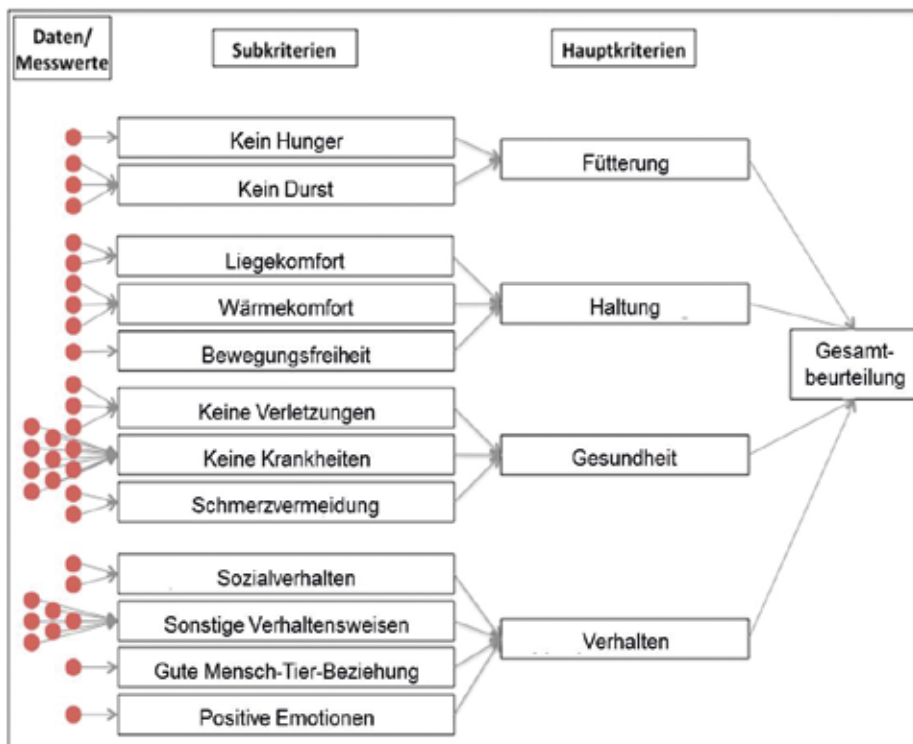


Abb.1: Schematische Darstellung der Definition von Tierwohl im Welfare Quality® Protokoll sowie der anhand dessen durchgeführten Aggregation zu einer Gesamtbeurteilung (© Czycholl)

Fig.1: Definition of animal welfare and aggregation process according to Welfare Quality® (© Czycholl)

Dazu wird sowohl die Reliabilität der einzelnen Aggregationsebenen überprüft als auch der Einfluss der jeweiligen Indikatoren in der Berechnung ermittelt.

2 Material und Methoden

Zur Beurteilung der Interobserver Reliabilität wurden 29 Protokollerhebungen an Mastschweinen (Welfare Quality®, 2009) von zwei geschulten Beobachtern gleichzeitig durchgeführt. Zur Beurteilung der Retest Reliabilität wurden 24 Betriebe wiederholt im Zeitverlauf von zwei aufeinanderfolgenden Mastdurchgängen besucht. Pro Mastdurchgang wurden jeweils drei Erhebungen durchgeführt: zu Beginn (Besuch 1), Mitte (Besuch 2) und Ende (Besuch 3) der Mast (insgesamt 144 Erhebungen). Mit Hilfe des Welfare- Quality®-Online Kalkulators (Welfare Quality® Network, 2009) wurden die erhobenen Indikatoren aggregiert. Dabei werden über I-Spline Funktionen und Entscheidungsbäume zunächst die Werte auf Kriterienebene und dann über Choquet Integrale die Werte auf Prinzipienebene ermittelt. Alle ermittelten Werte sind dimensionslose Zahlen zwischen 0–100, wobei 100 das bestmögliche und 0 das schlechteste Ergebnis repräsentiert. Tabelle 1 zeigt die Einteilung für die Gesamtbeurteilung basierend auf den Ergebnissen der Prinzipien.

Tab. 1: Gesamtbeurteilung nach Werten der Prinzipien

Tab. 1: Overall assessment according to principle scores

Gesamtbeurteilung	Prinzip 1	Prinzip 2	Prinzip 3	Prinzip 4
Sehr gut	≥ 55	≥ 55	≥ 80	≥ 80
Gut	≥ 20	≥ 20	≥ 55	≥ 55
Akzeptabel	≥ 10	≥ 20	≥ 20	≥ 20

Zur Beurteilung der Reliabilität wurden die Ergebnisse der beiden Beobachter bzw. zwischen den beiden Mastdurchgängen verglichen. Hierzu wurden verschiedene Reliabilitätsparameter (Spearman Rangkorrelationskoeffizient (RS), Intraklassenkorrelationskoeffizient (ICC)) und Übereinstimmungsparameter (Smallest Detectable Change (SDC), Limits of Agreement (LoA)) berechnet. Als Mindestwerte für akzeptable Reliabilität wurden basierend auf Martin und Bateson (2007) und de Vet et al., (2006) definiert: $RS \geq 0,4$, $ICC \geq 0,4$, $SDC \leq 10$, $LoA \in [-10;10]$.

Zusätzlich wurde mit der Partial-Least-Squares-(PLS)-Methode die Gewichtung und Zuordnung der einzelnen Indikatoren überprüft. Bei dieser Methode wird der Einfluss von manifesten Variablen (z.B. die gemessenen Indikatoren) auf die Zielvariable (z.B. Kriterienebene) geschätzt (Nitzl, 2010). Eine Variable hat eine signifikante Bedeutung, wenn der Variable Importance for Projection (VIP) einen Wert $\geq 0,8$ annimmt (Wold, 1995).

Die Auswertung erfolgte mit den Prozeduren CORR und PLS von SAS 9.4 (S.A.S. Institute, 2008) und dem IRR Paket (Gamer et al., 2012) von R (Venables and Smith, 2010).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigten eine akzeptable Interobserver Reliabilität für fünf der zwölf Kriterien und für zwei der vier Prinzipien sowie für die Gesamtbeurteilung (Tab. 2).

Tab. 2: Reliabilitäts- (Spearman Rangkorrelationskoeffizient (RS), Intraklassenkorrelationskoeffizient (ICC)) und Übereinstimmungsparameter (Smallest Detectable Change (SDC), Limits of Agreement (LoA)) für die 19 gemeinsamen Betriebsbesuche

Tab. 2: Reliability (Spearman Rank Correlation Coefficient (RS), Intraclass Correlation Coefficient (ICC)) and agreement parameters (Smallest Detectable Change (SDC), Limits of Agreement (LoA)) for 19 combined assessments of two observers

	Kriterien			
	RS	ICC	SDC	LoA
Kein Hunger	1,00	1,00	0	0
Kein Durst	1,00	1,00	0	0
Liegekomfort	0,78	0,87	10,69	-20,09–21,21
WärmeKomfort	1,00	1,00	0	0
Bewegungsfreiheit	0,89	0,94	3,02	-7,51–10,38
Keine Verletzungen	0,68	0,78	7,74	-14,92–8,21
Keine Krankheiten	0,85	0,94	2,84	-6,79–9,49
Schmerzvermeidung	1,00	1,00	0	0
Sozialverhalten	0,83	0,64	10,87	-25,95–0,21
Sonstiges Verhalten	0,84	0,90	3,56	-10,34–5,72
Mensch-Tier-Beziehung	0,75	0,74	28,80	-29,46–50,73
Positive Emotionen	0,64	0,70	19,22	-29,91–19,64
Prinzipien				
Fütterung	1,00	1,00	0	0
Haltung	0,80	0,88	7,99	-15,60–17,16
Gesundheit	0,80	0,98	1,05	-4,99–6,34
Verhalten	0,37	0,53	11,99	-15,97–8,65
Gesamtbeurteilung				
Gesamtbeurteilung	0,49	0,66	0,63	-0,72–0,82

Bei den anderen Kriterien und Prinzipien ist auffällig, dass RS und ICC mit der Ausnahme vom Kriterium Mensch-Tier-Beziehung zwar akzeptable oder gute Werte aufweisen, SDC und LoA aber außerhalb der definierten Grenzbereiche liegen. Dies kann durch den Unterschied zwischen Reliabilität und Übereinstimmung begründet sein: Während eine Übereinstimmung exakt dieselbe Notenvergabe voraussetzt, wurde die Reliabilität in der vorliegenden Studie so definiert, dass lediglich die Rangierung gleichbleiben muss. Es wäre also durchaus reliabel, wenn ein Beobachter stets eine Note schlechter vergeben würde als der andere, da die Rangierung der Betriebe dadurch nicht verändert würde. Hinzu kommt, dass der Grenzwert von 10 % oft nur geringfügig überschritten wurde. Außer für das Kriterium Mensch-Tier-Beziehung ist somit die Interobserver

Reliabilität bezüglich der mit Hilfe des Aggregationssystems ermittelten Werte gegeben. Anders stellte sich dahingegen die Retest Reliabilität dar: Lediglich die Hälfte der Kriterien (Schmerzvermeidung, Platzangebot, Kein Hunger, Kein Durst, Keine Krankheiten und Sozialverhalten) und zwei der Prinzipien (Fütterung, Gesundheit) zeigten gute bis akzeptable Reliabilität. Die anderen sechs Kriterien und zwei Prinzipien waren nicht reliabel (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Gesamtauswertung ist hinsichtlich der Retest Reliabilität zwar gut (RS: 1, ICC: 1, SDC: 0, LoA: 0), allerdings muss dies angezweifelt werden, wenn die Hälfte der darin eingehenden Kriterien und Prinzipien nicht zuverlässig war. Somit ist die Retest Reliabilität insgesamt als eher unzureichend zu beurteilen. Dies ist durch unzureichende Reliabilität der Indikatoren bedingt (Czycholl et al., 2016a, b). Entgegen der Hypothese von Courboulay et al. (2009) gelingt es der Aggregationsmethode nicht, derlei Unzulänglichkeiten auszugleichen.

Die PLS-Modellierung zeigt, dass bei der Berechnung auch Variablen, die nicht der eigentlichen Zuordnung (Abb. 1), entsprechen, einen signifikanten Einfluss bei der Berechnung hatten (Tab. 3). Beispielsweise hat das Kriterium Sozialverhalten zwar einen Einfluss auf das theoretisch zugeordnete Prinzip Verhalten, aber zusätzlich auch auf das Prinzip Haltung. Gleichfalls hat das Kriterium Keine Verletzungen, was eigentlich dem Prinzip Gesundheit zugeordnet ist, zusätzlich einen Einfluss auf das Prinzip Verhalten.

Tab. 3: Wichtigkeit der 12 Kriterien bei der Berechnung der 4 Prinzipien ermittelt durch Berechnung der (dimensionslosen) Variable-Importance-of-Projection(VIP)-Werte

Tab. 3: Estimation of the relevance of the 12 criteria in the calculation of the 4 principles by Variable Importance of Projection (VIP) scores

	Fütterung	Haltung	Gesundheit	Verhalten
Kein Hunger	0,2	0,3	0,2	0,2
Kein Durst	3,2	0,2	0,4	0,6
Liegekomfort	0,3	2,6	0,5	0,4
Wärmekomfort	0,5	0,9	0,4	0,7
Bewegungsfreiheit	0,2	1,6	0,8	0,4
Keine Verletzungen	0,1	0,6	1,8	1,0
Keine Krankheiten	0,3	0,2	2,2	0,5
Schmerzvermeidung	0,7	0,3	1,9	0,7
Sozialverhalten	0,3	1,0	0,3	1,6
Sonstiges Verhalten	0,1	0,6	0,6	0,9
Mensch-Tier-Beziehung	0,7	0,2	0,4	1,2
Positive Emotionen	0,6	0,6	0,5	2,2

Auffällig ist zudem, dass beim Prinzip Fütterung, zu welchem eigentlich die Kriterien Kein Hunger und Kein Durst zugeordnet sind, nur das Kriterium Kein Durst einen Einfluss aufweist. Dies kann dadurch begründet werden, dass in den Mastbetrieben keine bzw. nur in Ausnahmefällen zu dünne Tiere beobachtet wurden. Beim Aggregations-schritt von Indikatoren zu Kriterien stellt sich ein ähnliches Bild dar (Czycholl et al., 2017), d. h. auch hier haben Indikatoren zusätzlich zu ihrer Bedeutung im theoretisch

zugeordneten Kriterium auch bei anderen Kriterien signifikante Einflüsse. Zudem gibt es Indikatoren, die keinerlei signifikante Einflüsse aufweisen (z. B. Funktion und Sauberkeit der Tränken), was sich ebenfalls dadurch erklären lässt, dass sie in der beurteilten Stichprobe keine Relevanz hatten. Somit tritt eine Doppelwertung von Variablen auf, und dadurch bedingt kann es auch zur Kompensation zwischen verschiedenen Bereichen des Tierwohls kommen. Dies ist überraschend, da ein Ziel bei der Erstellung der Aggregationsmethode war, genau dies zu vermeiden. Einige dieser offenbarten Einflüsse legen aber auch den Schluss nahe, dass einige Indikatoren Potential als „Eisbergindikatoren“ haben könnten, also auf verschiedene Tierwohlprobleme auf einmal hinweisen können. Andere Indikatoren hatten kaum Bedeutung; in Zukunft sollte überprüft werden, ob auf die Erhebung dieser Indikatoren im Sinne der Erhöhung der Praktikabilität verzichtet werden kann.

4 Fazit

Festzuhalten ist, dass die Welfare-Quality®-Aggregation eine Überarbeitung benötigt. In Bezug auf die Weiterentwicklung der Protokolle sollte insbesondere Wert auf die Reliabilität auf Indikatorebene gelegt werden, da es der mathematischen Methode nicht gelingt, derartige Schwächen auszugleichen. Während bestimmte Indikatoren Potential als „Eisbergindikatoren“ aufweisen könnten, sollten andere mit nachgewiesenermaßen nur geringen Einflüssen eher nicht mehr erhoben werden, was auch vorteilhaft in Bezug auf die Praktikabilität wäre. Da wichtige Ziele (Transparenz, Flexibilität, korrekte Gewichtung) nicht erreicht wurden, sollten andere mathematische Verfahren wie z. B. MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique), welche sich in Vorstudien als geeigneter erwiesen (Martín et al., 2016), weiter überprüft und angepasst werden.

Literatur

Die Literaturliste kann beim Autor angefordert werden.

Danksagung

Die Finanzierung erfolgt dankenswerterweise durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Förderkennzeichen: 2817200913.

Vergleichende Erhebungen tierbezogener Indikatoren zur Erfassung von Verhaltensabweichungen bei konventionellen Legehybriden und Zweinutzungshühnern

Comparative collection of animal based indicators for the assessment of behavioural problems in conventional layer hybrids and dual purpose breeds

MONA F. GIERSBERG, BIRGIT SPINDLER, NICOLE KEMPER

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Hannover; mona.franziska.giersberg@tiho-hannover.de

Zusammenfassung

Gefieder- und Integumentzustand bei Legehennen sind tierbezogene Indikatoren für häufig auftretende Verhaltensabweichungen wie Federpicken und Kannibalismus. In dieser Studie wurden konventionelle Legehybriden und Zweinutzungshühner unter Praxisbedingungen vergleichend visuell hinsichtlich Gefiederverlusten und Integumentschäden beurteilt. Bei den konventionellen Legehybriden traten sowohl Gefiederverluste als auch Integumentschäden auf, die mit fortschreitender Legephase an Umfang und Schwere zunahmen. Im Gegensatz dazu zeigten die Zweinutzungshühner nahezu keine Gefiederverluste und keine Integumentschäden. Die Ergebnisse lassen somit auf einen deutlichen Einfluss der Genetik auf das Verhalten der Tiere schließen.

Summary

Plumage and integument condition of laying hens are animal based indicators for common behavioural disorders such as feather pecking and cannibalism. In the present study, conventional layer hybrids and dual purpose breeds were scored visually for plumage losses and integument damages. Conventional layer hybrids showed both plumage losses and integument damages, which increased in extent and severity as the laying period progressed. In contrast, there were hardly any plumage losses and no integument damages in the dual purpose breeds. Therefore, the results clearly indicate an influence of the genetic strain on the animals' behaviour.

1 Hintergrund und Zielsetzung

Das Risiko schwerer Schäden und hoher Tierverluste durch das Auftreten von Federpicken und Kannibalismus stellt, nicht zuletzt vor dem Hintergrund des aktuellen Verzichts auf das Schnabelkürzen, eine große Herausforderung für die Legehennenhaltung dar. Neben zeitaufwändigen direkten Tierbeobachtungen und retrospektiven Videoanalysen liefern tierbezogene Indikatoren wichtige Hinweise auf das Vorkommen von Verhaltensstörungen in einer Herde. Hierzu haben sich bei Legehennen die Gefieder- und Integumentbeurteilung als geeignet erwiesen, um mögliche Ausbrüche von Federpicken und/oder Kannibalismus früh zu erkennen (Bilcik und Keeling, 1999) und geeignete Gegenmaßnahmen rechtzeitig einzuleiten. Zudem sind Tierschutzindikatoren seit Novellierung des Tierschutzgesetzes laut § 11 Abs. 8 von Tierhalterinnen und Tierhaltern im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle regelmäßig zu erheben und zu bewerten, um die Anforderungen des § 2 Tierschutzgesetz, wie unter anderem eine verhaltensgerechte Unterbringung der Tiere, zu erfüllen (TierSchG, 2016).

Ziel der vorgestellten Untersuchung war es, mithilfe von tierschonenden, visuellen Tierbeurteilungen vergleichend Rückschlüsse auf das Verhalten von herkömmlichen Legehybriden und Zweinutzungshühnern zu ziehen.

2 Tiere, Material und Methoden

Auf dem Lehr- und Forschungsgut Ruthe der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover wurden insgesamt je etwa 1.800 schnabelungekürzte Legehennen der Genetik Lohmann Brown plus (LB+) und Lohmann Dual (Zweinutzungshuhn, LD) in vier Abteilen eines konventionellen Volierensystems (Big Dutchman, Natura Nova 270) unter Standardmanagementbedingungen gehalten. Bei ersten Anzeichen von Federpicken und/oder Kannibalismus kam ein modifizierter Notfallplan gemäß den Empfehlungen des ML Niedersachsen (2013) zur Anwendung.

Die wöchentlichen visuellen Tierbeurteilungen wurden von der 20. bis zur 71. Lebenswoche (LW) an fünf repräsentativen Lokalisationen je Abteil (linksseitiger Scharrbereich, Gitterroste im Volierensystem, Sitzstangen, Gitterroste vor den Nestern, rechtsseitiger Scharrbereich; modifiziert nach Lambton et al., 2010) an einer Stichprobe von je 20 Tieren (insgesamt $n = 100$ Tiere/Abteil, Bright et al., 2006) durchgeführt. Bei den einzelnen Hennen wurden Gefiederverluste und Integumentschäden an fünf Körperregionen (Kopf-/Halsbereich, Rücken, Stoß, Flügel und Brust-/Bauchbereich) anhand eines fünf- bzw. vierstufigen Scoring-Systems (Tab. 1, modifiziert nach Bilcik und Keeling, 1999; Spindler et al., 2013) erfasst. Insgesamt wurden an 51 Terminen über 20.000 Hennen beurteilt.

Tab. 1: Scoring-System zur visuellen Tierbeurteilung
 Tab. 1: Scoring system for visual animal inspections

Parameter/ Score	0	1	2	3	4
Gefieder- verluste	Gefieder vollständig	≤ 25 % der Federn der Körperregion fehlen	> 25 % ≤ 50 %	> 50 % ≤ 75 %	> 75 %
Integument- schäden	Keine Verlet- zungen	Einzelne Verletzungen < 0,5 cm (Länge oder Durchmesser)	Auffallend viele Ver- letzungen < 0,5 cm/ einzelne Verletzungen > 0,5 cm ≤ 1 cm	Verletzungen > 1 cm	

3 Ergebnisse

In der 25. LW traten bei 3 % der LB+ erstmals leichte Gefiederverluste (Score 1) am Rücken auf. Ab der 45. LW waren alle fünf beurteilten Körperregionen von Gefiederverlusten betroffen, wobei bei 1,5 % der Tiere der Rücken zu über 50 % federlos war (Score 3). Hochgradige Gefiederverluste (Score 4) traten erstmals in der 59. LW bei 0,5 % der LB+ am Rücken auf. Bis zur 71. LW verschlechterte sich der Gefiederzustand kontinuierlich, sodass je nach Körperregion 22,5 % (Flügel) bis 99,5 % (Rücken) der LB+ Hennen Gefiederverluste unterschiedlichen Grades aufwiesen (Abb. 1 und 2). Hiervon waren 38 % bzw. 4 % der Hennen von Gefiederverlusten von über 75 % (Score 4) an den Körperregionen Rücken bzw. Stoß betroffen.

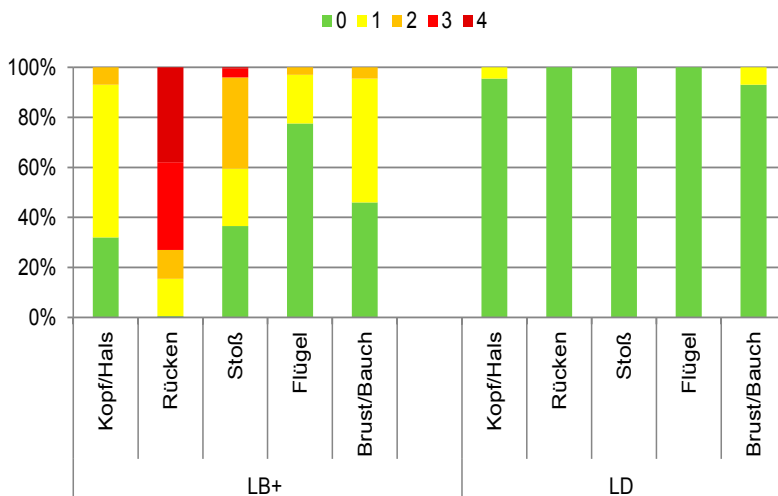


Abb. 1: Anteil der LB+ und LD Hennen mit Gefiederverlusten am Ende der Legephase (71. LW)

Fig. 1: Proportion of LB+ and LD hens with plumage losses at the end of the laying period (71st week of life)



Abb. 2: LB+ (links) und LD Hennen (rechts) mit Gefiederverlusten am Ende der Legephase (71. LW)
 Fig. 2: LB+ (left) and LD hens (right) with plumage losses at the end of the laying period (71st week of life)

Bei den LD wurden demgegenüber erst ab der 40. LW leichte Gefiederverluste (Score 1) am Kopf-/Halsbereich beobachtet (2 % der Tiere), die im weiteren Verlauf der Legephase bei 0,5 % bis 9 % der Tiere festgestellt wurden. Zudem wiesen zwischen der 51. und 71. LW 0,5 % bis 9 % der LD leichte Gefiederverluste (Score 1) am Brust-/Bauchbereich auf. Schwerwiegendere Gefiederschäden traten an diesen Körperregionen nicht auf. Ebenso waren sämtliche andere Körperregionen der LD bis zum Ende der Legephase nicht von Gefiederverlusten betroffen (Abb. 1 und 2).

Ab der 46. LW wurden bei jeweils 0,5 % der LB+ Integumentschäden in Form von einzelnen Verletzungen von < 0,5 cm Durchmesser oder Länge (Score 1) am Kopf-/Halsbereich und am Rücken beobachtet. Im Verlauf der Legephase wurden auch an den übrigen Körperregionen (Stoß, Flügel, Brust-/Bauchbereich) Verletzungen dieser Art festgestellt (0,5 % bis 3,5 % der Tiere). Ab der 60. LW traten zudem hochgradige Verletzungen (> 1 cm Durchmesser oder Länge, Score 3) vor allem am Stoß und am Brust-/Bauchbereich auf (bis 1 % der Tiere). Nachdem in der 66. LW insgesamt 6 % der Hennen von Verletzungen betroffen waren, beruhigte sich die Situation, sodass in der 71. LW nur noch bei 2,5 % der Tiere Verletzungen festgestellt wurden (Abb. 3).

Bei den LD traten während des gesamten Untersuchungszeitraumes keine sichtbaren Integumentschäden auf.

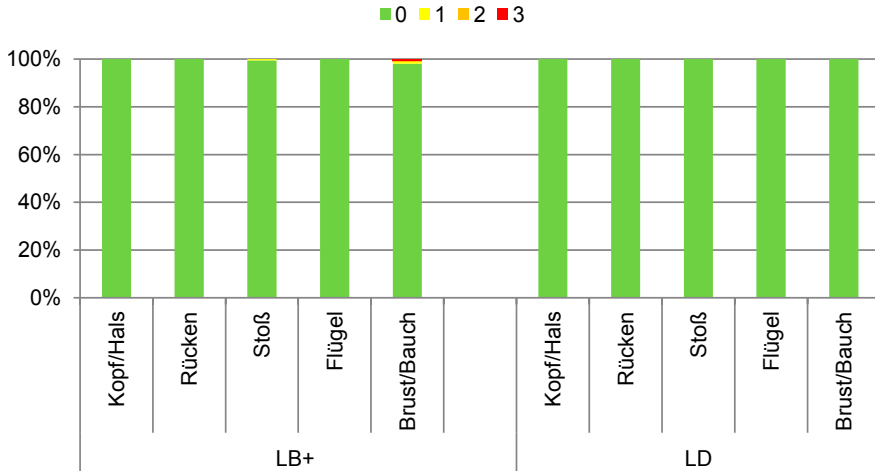


Abb. 3: Anteil der LB+ und LD Hennen mit Integumentschäden am Ende der Legephase (71. LW)
 Fig. 3: Proportion of LB+ and LD hens with integument damage at the end of the laying period (71st week of life)

4 Fazit

Die Ergebnisse der visuellen Tierbeurteilungen deuten darauf hin, dass während der Legephase bei den LB+ Federpicken und zu einem späteren Zeitpunkt auch Kannibalismus auftraten. Da die LB+ und die LD Hennen unter gleichen Bedingungen (Haltungssystem, Fütterung, Stallklima, Licht, Management, Personal) in einem Stallgebäude gehalten wurden, ist ein Einfluss der Genetik wahrscheinlich. In wie weit auch die geringere Leistung der LD das Auftreten von Verhaltensstörungen beeinflusst, bedarf noch der abschließenden Klärung.

Danksagung

Die Förderung dieses Projekts erfolgte aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank.

Literatur

- Bilcik, B.; Keeling, L.J. (1999): Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *British Poultry Science* 40, 4, pp. 444–451
- Bright, A., Jones, T.A., Dawkins, M.S. (2006): A non-intrusive method of assessing plumage condition in commercial flocks of laying hens. *Animal Welfare* 15, pp.113–118
- Lambton, S.L., Knowles, T.G., Yorke, C., Nicol, C.J. (2010): The risk factors affecting the development of gentle and severe feather pecking in loose housed laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 123, pp. 32–42
- ML Niedersachsen (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2013): Empfehlungen zur Verhinderung von Federpicken und Kannibalismus zum Verzicht auf Schnabelkürzen bei Jung- und Legehennen. http://www.ml.niedersachsen.de/download/75730/Empfehlungen_zur_Verhinderung_von_Federpicken_und_Kannibalismus_zum_Verzicht_auf_Schnabelkuerzen_bei_Jung-_und_Legehennen.pdf, letzter Zugriff: 02.04.2017
- Spindler, B., Schulze-Hillert, M., Hartung, J. (2013): Praxisbegleitende Untersuchungen zum Verzicht auf Schnabelkürzen bei Legehennen in Praxisbetrieben. Abschlussbericht, http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=32023&article_id=110604&t_psmand=7, letzter Zugriff: 02.04.2017
- TierSchG (2016): Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 87 des Gesetzes vom 18. Juli 2016 (BGBl. I S. 1666) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/>, letzter Zugriff: 02.04.2017

Transparenz schafft Vertrauen – Ergebnisse der Besucherbefragungen auf Geflügelbetrieben

Transparency creates trust – Results of the visitor's survey on poultry farms

DESIREE HEIJNE

Universität Vechta, Wissenschafts- und Informationszentrum Nachhaltige Geflügelwirtschaft (WING),
Driverstraße 22, 49377 Vechta; dheijne@wing.uni-vechta.de

Zusammenfassung

Meinungsumfragen offenbaren, dass die Nutztierhaltung mit erheblichen gesellschaftlichen Akzeptanzproblemen konfrontiert ist. Gleichzeitig kennt die Öffentlichkeit die moderne Nutztierhaltung nur selten aus eigener Anschauung. Die *Transparenzoffensive der Geflügelwirtschaft* wurde vor diesem Hintergrund gebildet. Das Projekt wurde 2012 vom Landesverband der Niedersächsischen Geflügelwirtschaft (NGW) e.V. initiiert und steht unter Leitung des Wissenschafts- und Informationszentrum Nachhaltige Geflügelwirtschaft der Universität Vechta. Damit die Öffentlichkeit einen realistischen Eindruck der modernen Geflügelhaltung erhält, wird sie in die Ställe eingeladen. Die Besucher werden vor und nach der Stallbesichtigung zu ihren Erwartungen und Eindrücken befragt. Bisher besuchten zwischen 2012 und 2016 rund 10.500 Personen die 41 Hoföffnungen, von denen 5.491 Besucher befragt werden konnten. Die vorliegende Auswertung konzentriert sich auf 3.254 Befragten, die keine Vorkenntnisse in der Landwirtschaft aufwiesen. Auch die unter 18-Jährigen wurden von der Analyse ausgeschlossen.

Summary

Opinion polls reveal that modern animal husbandry is confronted with a strong public opposition. At the same time the majority of the society does not have any knowledge about modern animal husbandry from their own experiences. Against this background the Transparency Initiative of Poultry Production was founded. The project was initiated in 2012 by the Lower Saxony Poultry Association and is led by the Science and Information Centre for Sustainable Poultry Production at the University of Vechta. The main goal of the Transparency Initiative is to provide a realistic impression on modern, market-oriented poultry production in family farms by opening poultry houses to the public. The visitors are interviewed prior to the farm visit and after they leave the poultry houses. Between 2012 and 2016 about 10,500 visitors came to the 41 farm openings and 5,491 visitors were interviewed. 3,254 questionnaires of persons older than 18 years and without a former knowledge about intensive poultry production were evaluated.

1 Methode

Die empirische Datenerhebung wurde von September 2012 bis Oktober 2016 auf 41 Hoföffnungen in Niedersachsen durchgeführt. Geöffnet wurden Masthähnchen-, Puten- und Legehennenbetriebe. Methodisch basiert das Transparenzprojekt auf einen Vorher-Nachher-Vergleich, um Einstellungsänderungen der Besucher zu dokumentieren. Das Ziel ist, Annahmen und Wahrnehmungen der Besucher in Bezug auf die Geflügelhaltung mit dem tatsächlichen Eindruck, den sie bei der Stallbesichtigung erhalten, zu vergleichen. Das Erhebungsinstrument ist somit ein standardisierter Fragebogen, der für zwei Interviewdurchgänge konzipiert ist.

Insgesamt besuchten 10.450 Personen die Stallöffnungen, von denen 5.491 Besucher für die Befragung gewonnen werden konnten. Die Fragebögen von Landwirten und Beschäftigten im landwirtschaftlichen Sektor wurden von der Auswertung ausgeschlossen. Das war notwendig, um zuverlässige Ergebnisse der Zielgruppe der Konsumenten zu erhalten, die keine Vorkenntnisse zur Geflügelhaltung hatten (Tab. 1).

Die statistische Auswertung der quantitativen Daten erfolgte mit einer bivariaten Analyse über SPSS. Entsprechende Signifikanztests (Chi-Quadrat und McNemar-Browner-Test) wurden ebenfalls durchgeführt.

Tab. 1: Anzahl der Betriebsöffnungen, Besucher und Befragten nach Geflügelart

Tab. 1: Number of farm openings, visitors and interviewees on different poultry farms

Geflügelart	Stallöffnungen			Besucher und Befragte		
	Pretest 2012	2013-2016	Gesamt 2012-2016	Befragte 2013-2016	Befragte 2013-2016 ohne Landwirte (Ü18)	Besucher gesamt
Legehennen	2	13 ¹⁾	15	2.418	1.825	5.140
Masthähnchen	2	12	14	1.572	977	2.720
Puten	2	9	11	1.348	857	2.090
Gänse	0	1	1	153	98	500
Gesamt	6	35	41	5.644	3.757	10.450

¹⁾ 8 Freilandhaltungen, 4 Bodenhaltungen, eine Biohaltung.

Charakterisierung der Betriebe

Ziel des Transparenzprojektes ist es, die Puten und Masthähnchen am Ende ihrer Mastperiode zu zeigen, um ein realistisches Bild der Platzverhältnisse und Haltungsbedingungen zu gewährleisten. Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass die Masthähnchen im Durchschnitt 31 Tage und die Puten knapp 15 Wochen alt waren. Die durchschnittliche Besatzdichte betrug auf den Masthähnchenbetrieben 27,5 kg/m² und auf den Putenbetrieben knapp 40 kg/m². Weiterhin waren die Masthähnchen im Schnitt 1,8 kg und die Puten 13,5 kg schwer. Die Herdengröße der Betriebe betrug im Mittel 36.572 Masthähnchen und 5.246 Puten. Alle geöffneten Betriebe waren familiengeführt und sehr unterschiedlich in Größe und Betriebszweige. Neben der Geflügelhaltung waren 22 Betriebe

im Ackerbau, 6 Betriebe in der Sauen- und Schweinehaltung und 4 Betriebe in der Milchviehhaltung tätig. Auch war in 10 Betrieben die Biogaserzeugung ein Wirtschaftszweig. Die Größe der 41 Betriebe rangierte von 31 bis 750 Hektar.

Tab. 2: Alter, Besatzdichte, Lebendgewicht und durchschnittliche Herdengröße der Masthähnchen- und Putenbetriebe

Tab. 2: Age, stocking density, live weight and average flock size per housing unit of the broiler and turkey farms

	Masthähnchen	Puten
Besatzdichte [kg/m²]		
Mittel (SD)	27,5 kg/m ² (10,8)	39,5 kg/m ² (4,7)
Median	29,6	37,7
Streuung	3,9–39,0	35,6–47,9
Lebendgewicht [kg]		
Mittel (SD)	1,8 (0,69)	14,0 (1,62)
Median	1,9	13,5
Streuung	0,3–2,5	12,7–17,0
Durchschnittliche Herdengröße		
Mittel (SD)	36.572 (5.432)	5.246 (765)
Median	39.800	5.000
Streuung	27.000–42.000	4.500–6.670
Alter der Tiere		
Mittel (SD)	31 Tage (8,2)	14,9 Wochen (1,1)
Median	33 Tage	14,5 Wochen
Streuung	10–39	14–17

2 Ergebnisse der Besucherbefragungen

Die Ergebnisse der Besucherbefragungen vor und nach dem Stallbesuch sind in Tabelle 3 dargestellt. Städtische Besucher ohne vorherige Berührungen mit der Landwirtschaft waren skeptischer als ländliche Befragte (Tab. 3). Bei dem Vergleich zwischen den Geschlechtern waren Frauen vor dem Stallbesuch kritischer als Männer. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass eine transparente Vor-Ort-Erfahrung dazu beitrug, Vorbehalte abzubauen. Die altersabhängigen Wertungen verdeutlichen, dass die über 60-Jährigen der intensiven Geflügelhaltung skeptischer gegenüberstanden als jüngere Gruppen. Der Stallbesuch bewirkte jedoch, dass die über 60-Jährigen ihren Eindruck am stärksten hin zum Positiven änderten. Im Anschluss an die Führung waren die unter 18- bis 29-Jährigen kritischer als die älteren Gruppen.

Betrachtet man die bildungsabhängigen Bewertungen, erwiesen sich Befragte mit einem akademischen Abschluss als kritischer als Befragte mit einem mittleren Schulabschluss bevor sie den Stall betraten. Weiterhin ergab eine Detailanalyse, dass unter den Akademikern insbesondere Berufsgruppen mit einer hohen gesellschaftlichen Ver-

antwortung weit überdurchschnittlich kritischer eingestellt waren als z.B. Beschäftigte im Wirtschafts- oder Handwerksbereich. Vor allem Lehrer (41,7 %), Beschäftigte im Gesundheitssektor (31,1 %) und Pädagogen und Sozialarbeiter (29,2 %) erwiesen sich als überdurchschnittlich kritisch.

Tab. 3: Einstellungen von Fokusgruppen zur intensiven Geflügelhaltung vor und nach dem Stallbesuch (2013–2016)¹⁾

Tab. 3: Attitudes of the focus groups towards intensive poultry production before and after the farm visit (2013–2016)

	Vorher				Nachher			
	Positiv [%]	Kritisch [%]	Kein Gefühl [%]	Keine Angabe [%]	Positiv [%]	Kritisch [%]	Kein Gefühl [%]	Keine Angabe [%]
Stadt	67,4	25,0	4,9	2,7	78,3	8,6	10,4	2,7
Land	72,5	17,7	6,1	3,6	82,1	6,5	8,4	2,9
Weiblich	69,9	22,1	5,1	2,9	79,8	8,2	8,9	3,1
Männlich	72,5	17,3	6,6	3,6	82,1	6,1	9,0	2,8
18–29	66,6	17,2	9,9	6,4	79,1	9,0	10,5	1,5
30–45	70,4	18,6	7,9	3,1	78,9	7,0	12,3	1,8
46–60	72,4	19,9	5,3	2,4	80,6	7,5	8,7	3,3
Über 60	72,1	21,1	3,4	3,4	83,7	6,2	5,8	4,4
Hauptschule	74,3	17,1	6,7	1,9	89,5	0,0	8,6	1,9
Realschule	72,2	17,4	7,9	2,5	81,1	5,7	11,0	2,2
Abitur	68,5	22,4	8,7	0,5	76,3	8,7	11,0	4,1
Akadem. Abschluss	53,1	32,5	10,8	3,6	71,1	12,4	13,9	2,6
2013	73,5	18,8	5,7	2,0	81,0	6,9	8,7	3,4
2014	71,5	17,7	6,0	5,4	80,5	7,9	8,8	2,7
2015	66,1	23,5	8,1	2,3	81,3	6,7	10,0	2,0
2016	74,2	15,0	7,8	3,9	78,4	6,2	8,5	6,9

¹⁾ Meinungsänderungen nach dem Stallbesuch waren in allen Kategorien statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Allerdings gelangte ein Großteil dieser Skeptiker nach der Stallbesichtigung zu einer anderen Beurteilung, so dass das Gesehene weitaus positiver bewertet wurde als sie in Unkenntnis angenommen hatten. Die Lehrer bildeten nach wie vor die kritischste Klientel (19,4 %), gefolgt von Beschäftigten im Gesundheitssektor (14,6 %). Auch die Pädagogen und Sozialarbeiter waren nach wie vor die drittkritischste Partei (10,4 %), wenn auch sehr viel weniger kritisch als zuvor.

Die Analyse nach Erhebungsjahren zeigt, dass sich das Meinungsklima zur Geflügelhaltung von 2013 bis 2015 verschlechtert hat. Bemerkenswert ist aber, dass die positiven Einstellungen zur Geflügelhaltung nach dem Stallrundgang in allen Erhebungsjahren auf nahezu identisch hohem Niveau lagen (Tab. 3). Dies offenbart, dass das Thema zunehmend in der Öffentlichkeit diskutiert wurde, was die Vorbehalte verstärkte, der

Realitätsbezug jedoch noch immer fehlte. Die Öffentlichkeit, die die Möglichkeit hatte, sich einen Geflügelstall aus nächster Nähe anzusehen, hatte danach ein wesentlich positiveres Bild von der Tierhaltung als sie es ohne realistischen Bezug angenommen hatte.

Eindrücke der Besucher nach der Besichtigung

Die persönlichen Eindrücke der Besucher nach den Stallbesuchen der konventionellen Betriebe fielen insgesamt positiv aus (Abb. 1). 88,0 % der Befragten waren der Meinung, dass die Tiere im Stall gesund und zufrieden wirkten, wobei 3,8 % der Besucher der Aussage nicht zustimmten. Ein Großteil der befragten Personen hielt den Verzehr von Eiern bzw. Geflügelfleisch aus dem besichtigten Stall für unbedenklich (92,8 %). Gleichzeitig würden 21,0 % der Befragten Eier bzw. Geflügelfleisch aus alternativen Haltungsformen bevorzugen. Knapp zwei Drittel (63,2 %) der Besucher würden auch nach dem Stallbesuch bei konventionellen Produkten bleiben anstelle von tierischen Erzeugnissen aus alternativen Haltungsformen.

Die Stallführung konnte das Vertrauen in die landwirtschaftliche Tierhaltung in Deutschland bei 70,6 % der befragten Personen steigern. Der Aussage „Verzichte von nun an auf Eier/Fleisch und werde Vegetarier/Veganer“ stimmten 9,2 % zu, was nahezu dem Anteil der Vegetarier an der deutschen Bevölkerung entspricht (9,0 %). Dennoch muss beachtet werden, dass von diesen Personen 50,0 % der Befragten vor der Stallführung angaben, dass sie drei- bis viermal im Monat Geflügelprodukte konsumierten und ein Viertel der Befragten nahm sogar mehrmals wöchentlich Geflügelprodukte zu sich.

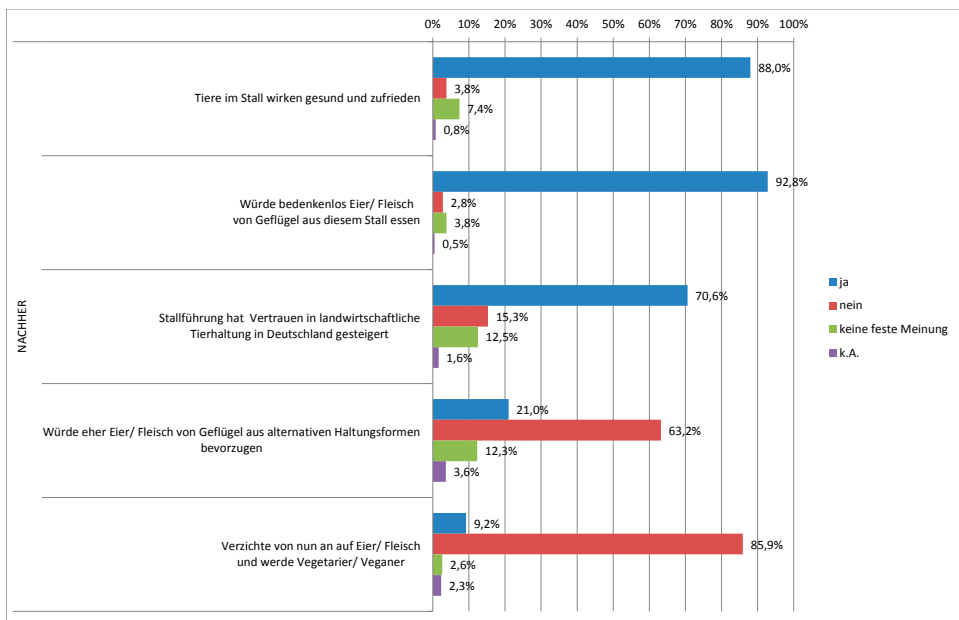


Abb. 1: Persönliche Eindrücke der Befragten nach dem Besuch

Fig. 1: Personal impressions of the interviewees after the farm visit

Keiner der Befragten, die angaben, nach der Stallführung auf Eier oder Fleisch verzichten zu wollen, waren im Vorfeld Vegetarier oder Veganer.

3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass es sich lohnt, mit dem Verbraucher und im Speziellen mit kritischen Meinungsführern in Dialog zu treten, denn das Meinungsbild änderte sich wesentlich nach der Vor-Ort-Erfahrung. Auch legen die Ergebnisse dar, dass bereits vor dem Stallbesuch die positiven Meinungen auf einem hohen Niveau lagen.

Ausblick

Da die Probanden nicht zufällig aus der Gesamtbevölkerung ausgewählt werden konnten, sondern die Besucher bereits eine Auswahl darstellten, ist hier ein methodischer Schwachpunkt zu sehen, da auch davon ausgegangen werden muss, dass unkritischere Personen eher zu den Hoföffnungen kamen als Kritiker. Auf Grundlage der bisherigen Auswertungen werden daher nun insbesondere kritische Gruppen eingeladen, damit sie sich ein eigenes Bild der modernen Geflügelhaltung machen können.

Einstellungen von Landwirten und Verbrauchern zu Technik in der Nutztierhaltung vor und nach gemeinsamen Gruppendiskussionen

Attitudes of farmers and consumers about technology in livestock farming before and after joint group discussions

CHRISTIANE WILDRAUT, MARCUS MERGENTHALER

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest, Lübecker Ring 2, 59494 Soest;
wildraut.christiane@fh-swf.de

Zusammenfassung

Intensive Verfahren der Nutztierhaltung stoßen in der Gesellschaft aufgrund des wahrgenommenen Mangels an Tierwohl auf wenig Akzeptanz. Der Einsatz von Technik fördert das Unbehagen bei Verbrauchern. Auf Basis gemeinsamer Gruppendiskussionen von Landwirten und Verbrauchern wurde die Einstellung beider Gruppen zu Haltungsbedingungen und zum Einsatz von Technik in der Nutztierhaltung analysiert. Eine standardisierte Abfrage von Statements vor und nach den Diskussionen zeigt, dass moderierte persönliche Begegnungen Einstellungsänderungen sowohl bei Verbrauchern wie auch bei Landwirten hervorrufen können. Nach den Diskussionen zeigen einerseits Verbraucher mehr Verständnis für die technisch geprägten Haltungsverfahren, auf der anderen Seite sehen Landwirte nach den Diskussionen Potenziale für eine Verbesserung der Haltungsbedingungen. Aufgrund des Informationsvorsprungs der Landwirte zeigen sich asymmetrische Kommunikationsstrukturen. Diese Strukturen zeigen die Grenzen einer aufklärenden Kommunikationsstrategie für eine nachhaltige Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz auf.

Summary

Intensive livestock farming receives low levels of acceptance in society due to the perceived lack of animal welfare. The use of technology promotes consumers' discomfort. On the basis of joint group discussions between farmers and consumers, attitudes of both groups on the conditions of animal husbandry systems and the use of technology in livestock farming were analyzed. A standardized survey of statements before and after the discussions shows that moderated personal encounters can induce attitudinal changes for both, consumers and farmers. After the discussions on the one hand consumers show more comprehension for technology oriented animal husbandry systems and on the other hand farmers realize potential for improvement in the conditions of husbandry systems after the discussions. Due to the fact that farmers have information advantages, asymmetric communication structures emerge. These structures show the limits of explanatory communication strategies for a sustainable improvement of societal acceptance.

1 Einleitung

Moderne Nutztierhaltungsverfahren sind zunehmend in das öffentliche Interesse gerückt und werden kritisiert (Vanhonacker et al. 2012). Die mangelnde gesellschaftliche Akzeptanz und der Vertrauensverlust stehen im Zusammenhang mit der Bewertung des Tierwohls (WBA 2015). Entwicklungen zu größeren Tierbeständen und eine damit einhergehende fortschreitende Technisierung der Verfahren mit wenig Einblickmöglichkeiten in die Tierhaltung fördern das Unbehagen bei Verbrauchern (Busch et al. 2013). Technik in der Tierhaltung ist für Verbraucher erklärungsbedürftig und wird zunächst nicht als Beitrag für mehr Tierwohl gesehen. Insgesamt sind sich Verbraucher unsicher, wann es Nutztieren tatsächlich gut geht. Ihre Kriterien zur Bewertung von Tierhaltungsverfahren sind störanfällig und durch Kommunikation beeinflussbar (Wildraut et al. 2015).

In der Weiterentwicklung von Tierhaltungsverfahren nimmt die Verbesserung des Tierwohls inzwischen einen wichtigen Stellenwert ein (Zapf et al. 2015). Für Landwirte sind dabei u.a. technische Lösungen im Tiergesundheitsmanagement und in der Haltungsumgebung der Tiere von Bedeutung. In die brancheninterne Diskussion zum Einsatz von Technik für Tierwohl werden Verbraucher bislang nicht strukturiert einbezogen. Dabei scheint es problematisch, wenn sich die Nutztierhaltung wenig am öffentlichen Diskurs beteiligt und stattdessen mit Rückzug oder Abschottung reagiert (WBA 2015). Anstelle von Aufklärungskonzepten seitens der Landwirtschaft wird von verschiedenen Seiten eine selbstkritische Reflexion über die moderne Tierhaltung mit Prozessen gegenseitigen Lernens gefordert, die eine Sensibilität der Branche für den gesellschaftlichen Wandel einbezieht (Spiller et al. 2016).

Bisher ist wenig bekannt darüber, wie sich die Einstellungen von Verbrauchern und von Tierhaltern darstellen, wenn eine persönliche, direkte Begegnung und ein gegenseitiger Meinungs- und Informationsaustausch erfolgen. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es vor diesem Hintergrund, die Einstellungen zur Nutztierhaltung und zum Einsatz von Technik in der Nutztierhaltung vor und nach gemeinsamen Gruppendiskussionen von Verbrauchern und Tierhaltern zu analysieren.

2 Material und Methoden

Im Rahmen eines qualitativen Untersuchungsdesigns wurden im März/April 2016 in sechs unterschiedlichen Schwerpunktregionen der Tierhaltung in Deutschland gemeinsame Gruppendiskussionen mit Verbrauchern und Landwirten zu aktuellen Tierhaltungsverfahren durchgeführt. Jeweils zwei der Diskussionsrunden bezogen sich auf die Tierarten Schwein (Nordrhein-Westfalen und Mecklenburg-Vorpommern), Rind (Schleswig-Holstein und Bayern) und Geflügel (Niedersachsen und Sachsen-Anhalt).

Die Rekrutierung der Landwirte erfolgte über die berufsständische Vertretung auf der jeweiligen Landesebene. Die Verbraucher wurden über ein Marktforschungsinstitut rekrutiert. Jede Fokusgruppe bestand aus vier bis sechs Landwirten und einer entsprechenden Anzahl von Verbrauchern. Quotierungsvorgabe für die Auswahl der Landwirte war

eine Einbeziehung verschiedener Produktionssysteme und die Teilnahme mindestens einer Frau. Die Verbraucherstichprobe wurde nach Alter, Geschlecht und Erwerbstätigkeit quotiert, um eine breite Datengrundlage zu erreichen.

Als Leitfaden für die moderierte, offene Diskussion mit den Teilnehmern dienten Statements, die im Rahmen einer Vorstudie als konfliktbehaftete Thesen zur Tierhaltung abgeleitet worden waren und seitens der Moderation in die Gruppe gegeben wurden (Tab. 1).

Tab. 1: Eingesetzte Statements vor und nach gemeinsamen Gruppendiskussionen mit Tierhaltern und Verbrauchern

Tab. 1: Statements before and after joint group discussions with farmers and consumers

Statements

Nutztiere sollten bessere Haltungsbedingungen bekommen.

Farm animals should get better husbandry conditions.

Heutige Tierställe sind sehr technisiert und automatisiert.

Today's livestock pens are very technologized and automatized.

Die Arbeit für Tierhalter wird durch Technik leichter und die Nutztiere können besser versorgt werden.

Technology makes farmers' work easier and farm animals can be better observed.

Vor und nach den Diskussionen wurde die Zustimmung aller Teilnehmer zu diesen Statements anonym und standardisiert anhand einer Skala abgefragt. In der Auswertung wurde die Gruppe der Tierhalter der Gruppe der Verbraucher gegenübergestellt. Die Bewertungen der Statements vor und nach den Diskussionen wurden mit dem nicht parametrischen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test auf signifikante Unterschiede getestet, der auch in kleineren Stichproben robuste Ergebnisse liefert.

Alle Gruppendiskussionen wurden als Audioaufnahmen aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die Transkriptionen wurden in das Analyseprogramm MAXQDA 12 übertragen und anhand eines dafür entwickelten Kategoriensystems systematisiert. Dazu wurden Codes zur Kennzeichnung und Klassifizierung von Textstellen definiert und zugeordnet, z.B. bezogen auf inhaltliche Aspekte oder auf Kommunikationsmuster der Teilnehmer. Die strukturierten Texte wurden qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet (basierend auf Mayring 2002).

3 Ergebnisse

Vor und nach gemeinsamen Gruppendiskussionen bewerten sowohl Verbraucher als auch Tierhalter die drei Statements (Abb. 1). Zum Statement „Haltungsbedingungen“ liegt der Grad der Zustimmung zwischen Verbrauchern und Tierhaltern vor der gemeinsamen Diskussion im Mittel deutlich auseinander. Verbraucher stimmen der Aussage, dass sich die Haltungsbedingungen für die Tiere verbessern sollten, vor der Diskussion sehr deutlich zu. Landwirte lehnen die Aussage durchschnittlich eher ab. Nach der Diskussion kommt es zu einer Annäherung der Einschätzungen. Die Verbraucher zeigen im Diskus-

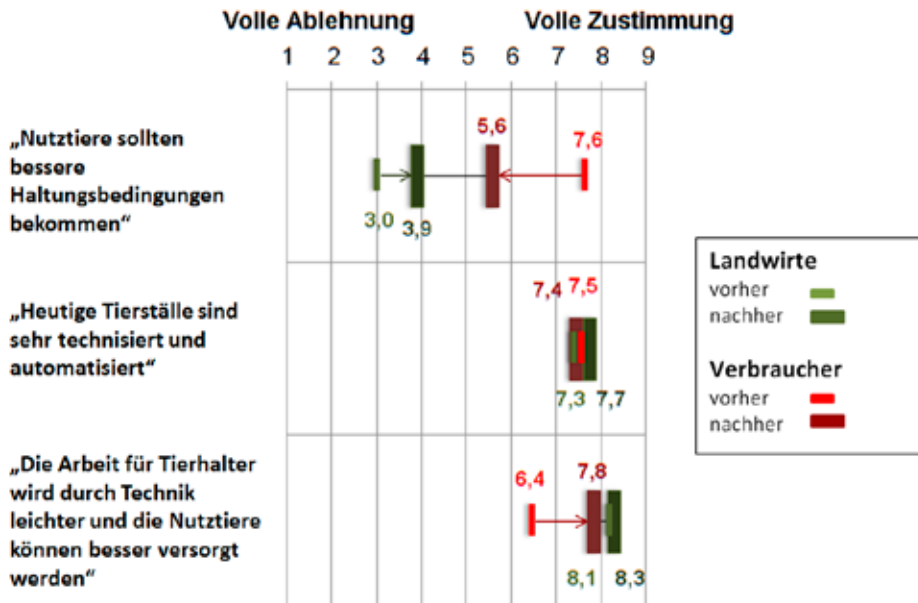


Abb. 1: Grad der Zustimmung durch Landwirte und Verbraucher zu abgefragten Statements vor und nach den gemeinsamen Gruppendiskussionen

Fig. 1: Level of agreement by farmers and consumers about statements before and after joint group discussions

sionsverlauf ein hohes Maß an Verständnis für die Tierhalter, für die aktuellen Tierhaltungsverfahren und für den dazugehörigen Technikeinsatz. Gleichzeitig zeigen sie in den Diskussionen ein Unbehagen mit Blick auf das Tierwohl, das sich auf eigene Bedürfnisse oder auf die Bedürfnisse von Haustieren stützt. *Verbraucher*: „Wenn ich die ganze Zeit - Wochen, Monate - in einem klimatisierten Raum wäre, [...] du wirst mausetotkrank.“ Da nicht alle Bedenken der Verbraucher aufgelöst werden und die derzeitigen Verfahren von den Landwirten als alternativlos dargestellt werden, bleiben teilweise verbraucherseitige Zweifel und Unsicherheiten bestehen. *Verbraucher*: „Gibt es keine Alternative dazu?“ Diese Diskrepanz wird auch daran deutlich, dass trotz der Annäherung nach der Diskussion ein deutlicher Abstand zwischen der mittleren Bewertung des Statements von Verbrauchern und Landwirten liegt.

Von beiden Gruppen sehr ähnlich und mit relativ wenig Veränderung durch die Diskussion wird das Statement „Umfang der Technik“ im Mittel bewertet: Sowohl Verbraucher als auch Landwirte nehmen ein hohes Maß an Technisierung in den Ställen wahr. Bei den Landwirten verstärkt sich der Eindruck einer hohen Technisierung während der Diskussion leicht. Die Verbraucher nehmen dagegen keine Veränderung der durchschnittlichen Bewertung vor. Gleichwohl fehlen ihnen sichere Einschätzungen. *Verbraucher*: „Ich hab überhaupt keine Vorstellung, wie so ein Schweinestall aussieht.“ - *Verbraucher*: „Das scheint mir dann ja sehr automatisiert zu laufen.“

Zum Statement „Wirkung der Technik“ liegt die mittlere Zustimmung der Verbraucher vor der Diskussion niedriger als die der Landwirte. Die durchschnittliche Einschätzung der Landwirte ändert sich im Diskussionsverlauf wenig. In die Diskussion bringen sie Vergleiche aus anderen Branchen ein, um den Einsatz der Technik auch in der Tierhaltung zu rechtfertigen. *Landwirt: „Also es gibt in jeder Branche Arbeitsteilung, Technisierung, eine Automatisierung und warum sollte das vor der Landwirtschaft haltmachen?“* Gleichzeitig festigt sich bei den Landwirten die Einstellung der Sinnhaftigkeit des Technikeinsatzes. *Landwirt: „Das ist eine Erleichterung für mich und es ist viel besser für die Verdauung der Kuh“*, die von den Verbrauchern nachvollzogen werden kann. *Verbraucher: „Es wäre dumm, keine Technik zu benutzen.“* Nach der Diskussion bewerten die Verbraucher den Einsatz von Technik im Mittel deutlich positiver.

Insgesamt zeigt sich bei den Verbrauchern eine höhere Einstellungsänderung gegenüber den abgefragten Statements als bei den Landwirten (Tab. 2). Die Landwirte nutzen die Diskussion, um den Verbrauchern ihre Produktionsverfahren und den Einsatz von Technik zu erklären. Dabei setzen sie ihren Kenntnisvorsprung in technischem Detailwissen ein, um offene Fragen der Verbraucher zu beantworten.

Tab. 2: Änderung der Bewertung von Statements durch Verbraucher und Landwirte nach gemeinsamen Gruppendiskussionen

Tab. 2: *Changes of the valuation of statements by farmers and consumers before and after joint group discussions*

Statements	Verbraucher		Landwirte	
	Δ	sig	Δ	sig
Nutztiere sollten bessere Haltungsbedingungen bekommen	2,0↓	0,00	0,9↑	0,01
Heutige Tierställe sind sehr technisiert und automatisiert	0,1↓	0,56	0,4↑	0,04
Die Arbeit für Tierhalter wird durch Technik leichter und die Nutztiere können besser versorgt werden	1,4↑	0,01	0,2↑	0,55

Anmerkung: Die Tabelle zeigt Änderungen der Mittelwerte (Δ) der Bewertungen (1 = volle Ablehnung, 9 = volle Zustimmung) vor und nach gemeinsamen Gruppendiskussionen und entsprechende exakte 2-seitige Signifikanzniveaus (sign.) nach dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

4 Diskussion

Eine Annäherung zwischen Landwirten und Verbrauchern zum Verbesserungsbedarf in der Tierhaltung und zur Wirkung von Technik auf Tierwohl scheint möglich zu sein. Durch die Diskussionen gelangen Verbraucher zu einer positiveren Einstellung zur Technik in der Tierhaltung und zu den Haltungsbedingungen insgesamt. Auch Landwirte ändern ihre Einstellung und sehen nach den Diskussionen eine größere Notwendigkeit, Haltungsbedingungen für die Nutztiere zu verbessern.

Im direkten Kontakt zwischen Landwirten und Verbrauchern nutzen beide Gruppen die Möglichkeit, anhand konkreter Beispiele die Sichtweise der anderen Gruppe zu erfassen. Es wird aber auch deutlich, dass Landwirte ihren Wissensvorsprung zu technischen Details nutzen und sich asymmetrische Kommunikationsstrukturen mit Aufklärungs- und Erklärungsmustern entwickeln. Die Argumente der Landwirte können seitens der Verbraucher zunächst nicht überprüft werden. Ob verbraucherseitige Einstellungsänderungen nachhaltig sind, ist daher fraglich. Offen bleibt auch, ob eine Diskussionsrunde mit besser informierten oder meinungsstärkeren Verbrauchern und weniger argumentationsstarken Landwirten zu einem ähnlichen Ergebnis führen würde.

Aus Sicht der Landwirte ist die gesellschaftliche Diskussion zur Tierhaltung vielfach unsachlich und unfair. Die von ihnen empfundene und demonstrierte fachliche und argumentative Überlegenheit ist möglicherweise als Reaktion darauf einzuordnen. Für einen breiten gesellschaftlichen Konsens zur Weiterentwicklung der Tierhaltung dürften asymmetrische Kommunikationsstrukturen jedoch nicht ausreichen. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, welche weiteren Formen moderierter Begegnungen auf verschiedenen Skalierungsniveaus eine beidseitige Aufeinander-Zu-Bewegung von Gesellschaft und Landwirtschaft unterstützen könnten.

Literatur

- Busch, G., Kayser, M. und Spiller, A. (2013): „Massentierhaltung“ aus VerbraucherInnen-sicht – Assoziationen und Einstellungen. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, 22 (1), S. 61–70
- Mayring, P. (2002): Einführung in die Qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. Weinheim und Basel
- Spiller, A., von Meyer-Höfer, M., Sonntag, W. (2016): Gibt es eine Zukunft für die moderne konventionelle Tierhaltung in Nordwesteuropa? Diskussionsbeitrag 1608, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Universität Göttingen
- Vanhonacker, F., Verbeke, W., van Poucke, E., Pieniak, Z., Nijs, G. and Tuytens, F. (2012): The Concept of Farm Animal Welfare: Citizen Perceptions and Stakeholder Opinion in Flanders, Belgium. J. of Agricultural and Environm. Ethics. 25 (1), S. 79–101
- WBA Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Berlin
- Wildraut, C., Plesch, G., Härten, I., Simons, J., Hartmann, M., Ziron, M. und M. Mergenthaler (2015): Multimethodische Bewertung von Schweinehaltungsverfahren durch Verbraucher anhand von Videos aus realen Schweineställen. Forschungsberichte des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest, Nr. 36
- Zapf, R., Schultheiß, U., Achilles, W., Schrader, L., Knierim, U., Herrmann, H. J., Brinkmann, J. und Winckler, C. (2015): Tierschutzindikatoren: Vorschläge für die betriebliche Eigenkontrolle. Darmstadt, KTBL-Schrift 507

Bewertung von Zielkonflikten in der Schweinehaltung durch Verbraucher

Evaluation of trade-offs in pig production by German citizens

WINNIE ISABEL SONNTAG, MARIE VON MEYER-HÖFER, LISA MARIE LUDOLPH,
ACHIM SPILLER

Georg-August Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und RURale Entwicklung, Marketing für Lebensmittel und Agrarprodukte, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen;
winnie.sonntag@agr.uni-goettingen.de

Zusammenfassung

Die konventionelle Schweinehaltung gerät zusehends in die Kritik, insbesondere in Hinblick auf das Tierwohl. Allerdings ist bislang unklar, wie Verbraucher reagieren, wenn sie mit möglichen Zielkonflikten in der Schweinehaltung (Ferkelschutzkorb, Auslaufhaltung) konfrontiert werden. Deshalb wurde eine Online-Umfrage mit 1.298 deutschen Bürgern durchgeführt. Im Fragebogen wurden die Probanden zunächst ungestützt gefragt, wie sie den Ferkelschutzkorb und die Auslaufhaltung von Mastschweinen bewerten. Danach wurden die Teilnehmer mit Zielkonflikten der beiden Systeme konfrontiert und gebeten diese erneut zu bewerten. Zur Verdeutlichung und Demonstration der Zielkonflikte wurde neutrales und balanciertes, weder geschöntes noch besonders skandalöses Informationsmaterial in Form von Bildern und Texten eingesetzt.

Summary

Especially for pig production, animal welfare is probably one of the most discussed public issues. However, it is widely unknown how people react and deal with trade-offs in conventional pig farming systems (farrowing crates and outdoor access). Against this background, an online-survey with 1,298 German citizens was conducted. In the online questionnaire citizens were asked first to evaluate piglet farrowing crates and outdoor access without giving them any previous information. After that, the participants were confronted with trade-offs in both systems and were asked to evaluate the systems for a second time. In this study neutral and balanced pictures and texts were used to provide the participants with information about real trade-offs in modern pig-farming systems.

1 Einleitung

Die Nutztierhaltung und insbesondere die Schweinehaltung rückt zusehends in den Fokus der breiten Öffentlichkeit und wird teilweise kritisch hinterfragt (Busch et al., 2013; Kanis et al., 2003; Vanhonacker und Verbeke, 2014). Alle Akteure der Veredelungsbranche, aber vor allem die einzelnen Landwirte, spüren die Kritik in Form von wachsenden Forderungen an die Tierhaltung (Kayser et al., 2012). Hauptanliegen von Verbrauchern sind meist naturnahe Haltungssysteme und die Möglichkeit für die Tiere, ihr arteigenes Verhalten ausleben zu können. Dazu wird häufig der Wunsch nach Einstreu mit Stroh, Außenklimareizen und mehr Platz für die Schweine geäußert (Spooner et al., 2014; Vanhonacker und Verbeke, 2014). Die Umsetzung der Forderungen hat allerdings in der Regel auch negative Nebeneffekte bzw. ist aus fachlicher Sicht oft nicht konfliktfrei (Wildraut et al., 2015). Darüber machen sich Verbraucher bislang wenig Gedanken (Zander et al., 2013). Es entstehen also klassische Zielkonflikte. Darunter versteht man die Unvereinbarkeit von mehreren Zielen, die nicht alle vollständig und gleichzeitig zu erreichen sind. Das heißt, es muss zwischen den unterschiedlichen Optionen abgewogen und eine Priorisierung vorgenommen werden (Jungermann et al., 2010). Allerdings ist bislang kaum untersucht worden, wie Verbraucher bei Konfrontation mit möglichen Nachteilen ihrer Ansprüche an artgerechte Tierhaltung reagieren bzw. in welcher Form sie Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen.

Zielsetzung der folgenden Studie ist damit die Analyse möglicher Reaktionsmuster von Bürgern, wenn sie mit Zielkonflikten in der Schweinehaltung konfrontiert werden. Die Frage, wie Verbraucher bei Zielkonflikten agieren, ist wichtig für die Entwicklung zukunftsfähiger Tierhaltungssysteme (Ryan et al., 2015).

2 Material und Methoden

Anhand einer Online-Umfrage mit insgesamt 1.298 Verbrauchern wurde im April 2016 untersucht, wie die Teilnehmer den Ferkelschuttkorb (als kritisch bewertetes System) sowie die Außenhaltung von Mastschweinen (als positiv bewertetes System) einschätzen und bewerten, wenn sie sich Zielkonflikten der beiden Systeme gegenüber sehen. Dabei wurden sie mit realistischen Bildern sowie mit Vor- und Nachteilen der Systeme konfrontiert, die zuvor von Experten auf ihre Neutralität geprüft wurden. Die Stichprobe ist für die deutsche Bevölkerungsstruktur annähernd repräsentativ. Im Fragebogen sollten die Teilnehmer nach einem allgemeinen Teil mit Einstellungsfragen den Ferkelschuttkorb sowie die Außenhaltung zunächst ohne zusätzliche Informationen (ungestützt) bewerten. Anschließend wurden den Teilnehmern ausbalancierte, neutrale Bilder sowie Informationstexte gezeigt. Danach sollten sie auf einer Skala von „stimme voll und ganz zu“ bis „stimme ganz und gar nicht zu“ einzelne Zielkonflikte beurteilen. Abschließend sollten das Wohlbefinden der Sau in diesem Haltungssystem und letztlich erneut der Ferkelschuttkorb bzw. die Außenhaltung bewertet werden.

3 Ergebnisse

Bei der Beurteilung des Ferkelschutzkorbes ohne Informationen gaben zunächst 56 % der Befragten an, keine Bewertung vornehmen zu können, da sie über zu wenig Wissen verfügten. Lediglich 9 % fanden das System vor Informationsgabe akzeptabel, danach bewerteten 59 % das Haltungssystem als nicht akzeptabel (Tab. 1).

Tab. 1: Bewertung der beiden Systeme vor und nach Informationsgabe

Tab. 1: Evaluation of both systems – before and after giving information

	Vorher				Nachher			
	+1)	teils/ teils	–2)	keine Bewertung möglich ³⁾	+1)	teils/ teils	–2)	keine Bewertung möglich ³⁾
Ferkelschutzkorb	9 %	15 %	18 %	58 %	23 %	18 %	59 %	0 %
Außenhaltung	35 %	16 %	24 %	25 %	78 %	14 %	7 %	0 %

1) Zusammenfassung von „sehr akzeptabel“ und „akzeptabel“.

2) Zusammenfassung von „weniger akzeptabel“ und „ganz und gar nicht akzeptabel“.

3) Keine Bewertung aufgrund zu geringen Wissens möglich; n = 1.298.

Quelle: Eigene Erhebung

Dem Statement (Tab. 2), dass die Einschränkung der Bewegung der Sau akzeptabel sei, wenn dadurch Ferkel vor dem Erdrücken geschützt werden, stimmten 41 % der Probanden zu. 24 % akzeptieren den Ferkelschutzkorb, wenn dadurch die Arbeitssicherheit für den Landwirt steigt, 28 %, wenn Hygienemaßnahmen leichter durchzuführen sind. Die Einschränkung des Mutterinstinktes der Sau bewerteten 36 % der Teilnehmer als akzeptabel, wenn dadurch die Ferkel vor dem Erdrücken geschützt werden (Tab. 2). Wurden die Verbraucher gefragt, wie sie das Wohlbefinden der Sau in diesem System einschätzen, so gaben 70 % an, dass sich die Sau „unwohl“ oder „sehr unwohl“ fühlt. Insgesamt wurde das System, trotz Information auch über potenzielle Vorteile, mehrheitlich abgelehnt. Lediglich das Argument Ferkel vor Erdrücken zu schützen, war für die Teilnehmer eine mögliche Rechtfertigung, allerdings wurde das System in der Gesamtbewertung nach Informationsgabe von 59 % abgelehnt.

Die Beurteilung der Auslaufhaltung für Mastschweine fiel den Probanden ohne Informationsgabe leichter. Hier konnten lediglich 25 % keine Bewertung aufgrund fehlenden Wissens vornehmen. 35 % fanden das System akzeptabel. Letztlich wurde die Außenhaltung von Mastschweinen von 78 % als akzeptabel bewertet (Tab. 1).

Tab. 2: Bewertung des Zielkonfliktes zum Ferkelschutzkorb
 Tab. 2: Evaluation of the trade-off concerning the farrowing crate

Zielkonflikt Ferkelschutzkorb	Stimme voll und ganz zu und stimme zu	Teils/teils	Stimme nicht zu und stimme ganz und gar nicht zu
Die Einschränkung der Bewegung der Sau ist akzeptabel, ...			
wenn dadurch Ferkel vor dem Erdrücken geschützt werden.	41%	31 %	28 %
wenn die Arbeitssicherheit für den Landwirt steigt.	24 %	32 %	44 %
wenn die Hygienemaßnahmen leichter durchzuführen sind.	28 %	32 %	41 %
Die Einschränkung des Mutterinstinktes der Sau ist akzeptabel, ...			
wenn dadurch Ferkel vor dem Erdrücken geschützt werden.	36 %	29 %	35 %
wenn die Arbeitssicherheit für den Landwirt steigt.	22 %	33 %	45 %
wenn die Hygienemaßnahmen leichter durchzuführen sind.	23 %	29 %	48 %
Die Einschränkung des arttypischen Verhaltens der Sau ist akzeptabel, ...			
wenn dadurch Ferkel vor dem Erdrücken geschützt werden.	34 %	30 %	36 %
wenn die Arbeitssicherheit für den Landwirt steigt.	22 %	32 %	47 %
wenn die Hygienemaßnahmen leichter durchzuführen sind.	2 %	32 %	47 %

Quelle: Eigene Erhebung; n = 1.298

Eine Erhöhung von Lärm und Geruchsbelastung fanden die Probanden größtenteils akzeptabel, wenn dadurch die Thermoregulation der Tiere verbessert wird (74 %), das Platzangebot sowie die Bewegungsfreiheit erhöht wird (80 %) und den Tieren mehr Luft und Licht zur Verfügung steht (80 %). Auch eine Erhöhung des Krankheitsrisikos nahmen die Probanden in Kauf, wenn die Tiere mehr Platz, Licht und Luft zur Verfügung haben (Tab. 3). Eine Erhöhung des Aufwandes und der Kosten war kein Argument gegen die Auslaufhaltung. Ein Aufzeigen der Nachteile führte in dieser Untersuchung nicht zu Einbußen des positiven Images der Auslaufhaltung – im Gegenteil, das Bild der Außenhaltung verbesserte sich im Laufe der Befragung.

Tab. 3: Bewertung der Zielkonflikte zur Außenhaltung von Mastschweinen

Tab. 3: Evalutaion of the trade-off concerning the outdoor access for fattening pigs

Zielkonflikt Auslaufhaltung	Stimme voll und ganz zu und stimme zu	Teils/teils	Stimme nicht zu und stimme ganz und gar nicht zu
Eine Erhöhung der Emissionen wie der Zunahme von Lärm und Gerüchen ist akzeptabel, ...			
wenn die Thermoregulation der Tiere verbessert wird.	74 %	21 %	5 %
wenn das Platzangebot der Tiere und die Bewegungsfreiheit erhöht wird.	80 %	16 %	4 %
wenn den Tieren mehr Luft und Licht zur Verfügung steht.	80 %	16 %	4 %
Die Erhöhung des Krankheitsrisikos (Tierseuchen, Klauenprobleme) ist akzeptabel, ...			
wenn die Thermoregulation der Tiere verbessert wird.	50 %	35 %	15 %
wenn das Platzangebot der Tiere und die Bewegungsfreiheit erhöht wird.	56 %	31 %	13 %
wenn den Tieren mehr Luft und Licht zur Verfügung steht.	56 %	32 %	13 %
Die Erhöhung des Arbeitsaufwandes und der Kosten ist akzeptabel, ...			
wenn die Thermoregulation der Tiere verbessert wird.	72 %	22 %	6 %
wenn das Platzangebot der Tiere und die Bewegungsfreiheit erhöht wird.	77 %	18 %	5 %
wenn den Tieren mehr Luft und Licht zur Verfügung steht.	78 %	17 %	4 %

Quelle: Eigene Erhebung; n = 1.298

4 Schlussfolgerungen

Die Tatsache, dass der Ferkelschutzkorb dazu beiträgt, die Zahl der erdrückten Ferkel zu reduzieren, wurde von den Probanden zwar z. T. anerkannt, dennoch überwog insgesamt die Sorge um das Muttertier. Die Außenhaltung von Mastschweinen wurde insgesamt als sehr positiv bewertet. Die Nachteile der Außenhaltung (wie Emissionen, Wurmbefall etc.) wurden als wenig beachtenswert eingestuft. Zwar lässt sich bei der Bewertung dieser Zielkonflikte eine gewisse Unsicherheit beobachten, die Argumente der Befürworter der heute dominierenden Haltungssysteme greifen aber nur bei einem kleineren Teil der Probanden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Haltung von Sauen und Ferkeln im Ferkelschutzkorb schwer zu vermitteln ist. Ein Aufzeigen möglicher Nachteile führte in dieser Untersuchung nicht zu Einbußen des positiven Images der Auslaufhaltung. Insgesamt macht die Untersuchung deutlich, dass Verbraucher Tierwohlaspekte höher bewerten als ökonomische, technische und tierhygienische Vorzüge gängiger Systeme in der Schweinehaltung. Für die gesellschaftliche Auseinandersetzung um zukünftige Systeme der Tierhaltung deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Verfechter der üblichen Haltungssysteme vor großen Herausforderungen stehen.

Literatur

- Busch, G.; Kayser, M.; Spiller, A. (2013): „Massentierhaltung“ aus VerbraucherInnensicht – Assoziationen und Einstellungen. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie 22 (1), pp. 61–70
- Jungermann, H.; Pfister, H.-R.; Fischer, K. (2010): Die Psychologie der Entscheidung. Eine Einführung. 3. Auflage. Spektrum München
- Kanis, E.; Groen, A. F.; de Greef, K. H. (2003): Societal concerns about pork and pork production and their relationships to the production system. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 16, pp. 137–162
- Kayser, M.; Schlieker, K.; Spiller, A. (2012): Die Wahrnehmung des Begriffs „Massentierhaltung“ aus Sicht der Gesellschaft. Berichte über Landwirtschaft 90 (3), pp. 331–508
- Ryan, E. B.; Fraser, D.; Weary, D.M. (2015): Public Attitudes to Housing Systems for Pregnant Pigs. PLoS ONE 10 (11), e0141878. doi:10.1371/journal.pone.0141878
- Spooner, J. M.; Schuppli, C. A.; Fraser, D. (2014): Attitudes of Canadian citizens toward farm animal welfare: A qualitative study. Livestock Science 163, pp. 150–158
- Vanhonacker, F.; Verbeke, W. (2014): Public and consumer policies for higher welfare food products: Challenges and opportunities. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 27, pp. 153–171
- Wildraut, C.; Plesch, G.; Ziron, M.; Mergenthaler, M.; Härten, I.; Simons, J.; Hartmann, M. (2015): Multimethodische Bewertung von Schweinehaltungsverfahren durch Verbraucher anhand von Videos aus realen Schweineställen. Forschungsberichte des Fachbereichs Agrarwissenschaft Soest, Nr. 36
- Zander, K.; Isermeyer, F.; Bürgelt, D.; Christoph-Schulz, I.; Salamon, P.; Weible, D. (2013): Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft. Gutachten im Auftrag der Stiftung Westfälische Landschaft. vTI, Braunschweig

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens (Projektverbund SocialLab) 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.

Autorenindex / Index of authors**A**

Abriel, M. 52, 134
 Adamsen, A.P.S. 411
 Adrion, F. 17, 210, 276, 322
 Aleali, K. 76
 Allerkamp, M. 70
 Alsaad, M. 463
 Ammon, C. 64, 182, 334
 Amon, B. 182
 Amon, T. 64, 182, 416
 Anker, A.C. 118
 Austermann, F. 46

B

Bauhofer, B. 112
 Beckert, I. 411
 Beer, G. 463
 Benz, B. 106
 Berckmans, D. 445
 Bernhardt, H. 17, 118, 164, 240, 246
 Bielfeldt, N. 310
 Bilgen, H. 193
 Bill, J. 76
 Bollmeier, T. 164
 Bonkoß, K. 416
 Braun, L. 106
 Brede, W. 40, 282
 Brown-Brandl, T.M. 288
 Brundisch, J. 334
 Bühler, M. 17
 Burla, J.-B. 23
 Büscher, W. 46, 158, 170, 187, 234, 316, 322,
 400, 406, 439
 Büttner, K. 204

C

Claußen, G. 299
 Cross, A.J. 288
 Czycholl, I. 467

D

Demeyer, P. 411
 Demmers, T. 445
 Diekmann, B. 406
 Dietz, V. 100
 Doerfler, R.L. 164
 Donicht, S. 310
 Döpfer, D. 228

E

Ebertseder, F. 428
 Ebertz, P. 46, 170
 Eckert, F. 276
 Eilers, U. 17
 Elkmann, A. 82
 Englisch, A. 64
 Eurich-Menden, B. 394
 Eveslage-Rüter, B.F. 299
 Evrenosoglu, M. 193

F

Falke, A. 94
 Fels, M. 76
 Fiene, J. 305
 Fischer, N. 146
 Friedli, K. 94
 Früh, D. 216

G

Gäckler, S. 322
 Gain, A. 258
 Gallmann, E. 100, 210, 276, 322, 328, 394,
 411
 Gerster, E. 252
 Giersberg, M.F. 473
 Gieseke, K. 146
 Gloy, M. 328
 Gobor, Z. 258
 Görtz, E.M. 140

Grimm, E. 411
 Groot Koerkamp, P. 346, 352
 Große-Brinkhaus, M. 187
 Gygas, L. 23, 58, 94

H

Hagenkamp-Korth, F. 376
 Hahne, J. 382
 Haidn, B. 228, 240, 246, 294
 Halewat, H. 70, 88, 176, 433
 Harth, J. 282
 Hartung, E. 198, 376, 411
 Häussermann, A. 376
 Heijne, D. 479
 Heinicke, J. 64, 182
 Hellmuth, U. 310
 Hempel, S. 64, 182, 411
 Henken, M. 82
 Herd, D. 100
 Herrmann, H.-J. 146
 Hessel, E.F. 70, 82, 88, 176, 299, 433
 Hickl, E. 40
 Hillmann, E. 58
 Hinrichs, B. 282
 Höckesfeld, M.P. 158
 Hoffmann, G. 64, 182, 198
 Hohmann, C. 240
 Hölscher, R. 170
 Horstmann, H. 40
 Hoy, S. 40, 122, 146, 282

I

Iwersen, M. 264

J

Jahn, S. 334
 Jais, C. 52, 128, 134
 Jans-Wenstrup, I. 122
 Jezierny, D. 100
 Jilg, T. 252
 Jungbluth, T. 210, 276

K

Kai, P. 411
 Kapun, A. 210, 276
 Käss, M. 222
 Kauffholz, T. 204
 Keck, M. 364
 Keil, N.M. 58
 Kempa, M. 334
 Kemper, N. 76, 473
 Klingenstein, M. 252
 Kohler, P. 463
 König, M. 416
 Krämer, M. 187
 Krause, M. 17
 Krieter, J. 204, 467
 Krommweh, M.S. 439
 Künnen, S. 406
 Küver, A. 322

L

Landwehr, M. 17
 Leicher, C. 294
 Leso, L. 270
 Lichti, F. 428
 Linke, S. 358
 Lücking, W. 388
 Ludolph, L.M. 491
 Lüthje, F. 76

M

Mahler, T. 388
 Mandtler, L. 187
 Manig, S. 334
 Manteuffel, C. 198
 Martin, L. 316
 Maxa, J. 222
 Mergenthaler, M. 485
 Merz, L. 17
 Meyer-Höfer, M. von 491
 Meyer, K. 388
 Meyer, R. 40
 Mohn, J. 364, 370
 Mosquera, J. 411

Mozes, S. 252
 Müller-Graf, C. 204
 Müller, H. 463
 Müller, Maike 29
 Müller, Martina 322
 Müller, U. 187, 316
 Muth, J. 146

N

Neiber, J. 457
 Naser, S. 416, 457
 Norton, T. 445

O

Oberhardt, F. 112
 Oberschätzl-Kopp, R. 246
 O'Brien, B. 270
 Ogink, N. 346, 352, 411
 Oppermann, P. 52, 134
 Ordemann, S. 176
 Oskamp, M. 158
 Otting, M. 52

P

Pache, S. 118
 Peis, R. 246
 Pelzer, A. 158
 Peña Fernández, A. 445
 Pinto, S. 64, 182
 Plattes, S. 234
 Plümer, L. 187
 Pöllinger, A. 152
 Pöllinger-Zierler, B. 152
 Pönisch, R. 388
 Poteko, J. 364, 370

Q

Quanz, G. 40

R

Reiter, K. 29, 246
 Robin, P. 411
 Rodehutschord, M. 252
 Rohrer, G.A. 288

S

Savary, P. 328
 Schick, M. 270, 328
 Schimmang, A. 334
 Schindhelm, K. 228
 Schmidt Bjerg, B. 411
 Schmidt, M. 198
 Schmithausen, A.J. 158, 400
 Schneider, F. 128
 Scholz, J.-T. 35
 Schön, P.C. 198
 Schrader, H. 140
 Schrader, S. 364, 370
 Schrefl, M. 264
 Schuepbach-Regula, G. 463
 Schulte-Sutrum, R. 35, 46
 Schwanfelder, J. 134
 Schwenzfeier-Hellkamp, E. 29
 Seiferth, B. 258
 Selhorst, T. 204
 Sidler, X. 94
 Siebenhaar, M. 23
 Siemens, T. 182
 Siemers, V. 422
 Simon, J. 112, 451
 Snoek, D. 352
 Sojer, D. 118
 Sonntag, W.I. 491
 Spiller, A. 491
 Spindler, B. 473
 Stachowicz, J. 58
 Starke, A. 463
 Steiner, A. 463
 Steinhöfel, I. 118

Stöcker, C. 316
 Stoetzel, P. 451
 Strauß, C. 240
 Stribl, M. 118
 Ströbel, U. 334
 Strohmaier, C. 406
 Stülpner, A. 294
 Stumpenhorst, A.-K. 46
 Sturm, V. 264

T

Teepker, J.G. 88
 Theobald, P. 252
 Thurner, S. 222, 258
 Tomalla, M. 210
 Tomic, D. 264
 Tong, Q. 445
 Tremblay, M. 228
 Trimborn, M. 158, 400
 Tücking, N. 234
 Tummers, J. 346

U

Umstätter, C. 216, 270
 Unangst, B. 140

W

Wagner, L. 100
 Weber, M. 340
 Weber, R. 94
 Wechsler, B. 23, 58, 94
 Weirich, C. 282
 Wendl, G. 222
 Werner, D. 29
 Werner, J. 270
 Wiedemann, M. 340
 Wildraut, C. 485
 Will, M.K. 204
 Winter, T. 358
 Wischenbart, M. 264
 Wolf, U. 394
 Wolter †, W. 146

Y

Youssef, A. 445

Z

Zähner, M. 23, 370
 Zeyer, K. 364, 370
 Zillner, J. 234
 Zinsel, D. 106
 Ziron, M. 305

Chronik / Chronicle

Internationale Tagungen „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“

Nr.	Veranstalter	Vorträge	Ort und Termin
1	Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landtechnik	23 Vorträge einzügige Veranstaltung 126 Teilnehmer	Gießen 15.03. Exkursion 16./17.03.1993
2	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für angewandte Nutztierwissenschaften	49 Vorträge zweizügige Veranstaltung 180 Teilnehmer	Potsdam 13.03. Exkursion 14./15.03.1995
3	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	68 Vorträge dreizügige Veranstaltung 225 Teilnehmer	Kiel 11./12.03.1997
4	Technische Universität München, Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan	70 Vorträge 25 Poster dreizügige Veranstaltung 315 Teilnehmer	Freising 09./10.03.1999
5	Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik	65 Vorträge 40 Poster dreizügige Veranstaltung 331 Teilnehmer	Hohenheim 06./07.03.2001
6	Georg-August Universität Göttingen, Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems	63 Vorträge 42 Poster dreizügige Veranstaltung 348 Teilnehmer	Vechta 25.03. Exkursion 26./27.03.2003
7	Bundesforschungsanstalt für Land- wirtschaft, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung	65 Vorträge 50 Poster dreizügige Veranstaltung 350 Teilnehmer	Braunschweig 01.03. Exkursion 02./03.03.2005
8	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik	52 Vorträge 24 Poster dreizügige Veranstaltung	Bonn 08.10. Exkursion 09./10.10.2007

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Nr.	Veranstalter	Vorträge	Ort und Termin
9	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät	44 Vorträge 33 Poster dreizügige Veranstaltung	Berlin 21.09. Exkursion 22./23.09.2009
10	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	36 Vorträge 36 Poster zwei-/dreizügige Veranstaltung	Kiel 27.09. Exkursion 28./29.09.2011
11	Georg-August-Universität Göttingen, Außenstelle Vechta	45 Vorträge 29 Poster dreizügige Veranstaltung	Vechta 24.09. Exkursion 25./26.09.2013
12	Bayerische Landesanstalt für Landwirt- schaft, Institut für Landtechnik und Tier- haltung Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik	42 Vorträge 38 Poster dreizügige Veranstaltung	Freising 08.09. Exkursion 09./10.09.2015
13	Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme	42 Vorträge 40 Poster dreizügige Veranstaltung	Stuttgart- Hohenheim 18.09. Exkursion 19./20.09.2017

www.ktbl.de € 35 [D]
ISBN 978-3-945088-46-3

