

11th 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

2013 VDI-MEG
KTBL

11. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2013
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung



11. Tagung

Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

24.–26. September 2013 in Vechta

11th Conference

Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

September 24th–26th, 2013 in Vechta, Germany

Veranstalter / Presented by



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



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



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

Ausrichter / Local Arrangements



Georg-August-Universität Göttingen
Fakultät für Agrarwissenschaften - Außenstelle Vechta
Georg-August-University of Goettingen
Faculty of Agricultural Sciences, Vechta | Germany

Förderer / Financial Support



Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
(BMELV)
Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection
Bonn, Berlin | Germany

Programmausschuss

Scientific Committee

Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe | Georg-August-Universität Göttingen, Außenstelle Vechta, Vechta (Vorsitzender)

Prof. Dr. E. Hartung | Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel (stellv. Vorsitzender)

Prof. Dr. H. Bernhardt | Technische Universität München, TUM, München

Prof. Dr. R. Brunsch | Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., ATB, Potsdam

Prof. Dr. W. Büscher | Universität Bonn, Bonn

Dipl.-Ing. G. Franke | Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, LLH, Kassel

Prof. Dr. A. Gronauer | Universität für Bodenkultur, BOKU, Wien, Österreich

Prof. Dr. ir. P. Groot Koerkamp | Wageningen University, Wageningen, Niederlande

Prof. Dr. T. Jungbluth | Universität Hohenheim, Stuttgart

Prof. Dr. O. Kaufmann | Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

Ing. Agr. (ETH) R. Kaufmann | Agroscope Reckenholz-Tänikon, ART, Ettenhausen, Schweiz

Prof. Dr. ir. B. Sonck | Institute for Agricultural and Fisheries Research, ILVO, Merelbeke, Belgien

Dr. G. Wendl | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL, Freising

Prof. Dr. M. Ziron | Fachhochschule Südwestfalen, Soest

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

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

© 2013

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

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

Telefon: 06151 7001-0 | Fax: 06151 7001-123

E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

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

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Redaktion

Dr. Felix Garlipp, Maria Gerdes | Georg-August-Universität Göttingen

Lektorat

Monika Pikart-Müller, KTBL

Druck

Silber Druck | Niestetal

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

ISBN 978-3-941583-80-1

Vorwort

Die Nutztierhaltung gilt als jenes Feld in der aktuellen Agrar- und Ernährungswirtschaft, das von mehreren gesellschaftlich relevanten Interessen und Konflikten intensiv berührt wird. Zum einen werden alle Produktionssysteme der Nutztierhaltung immer massiver durch fortwährenden Kostendruck im globalen Wettbewerb geprägt und durch die vorgegebenen ökonomischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen in Richtung Intensivierung, Bestandserweiterungen und Industrialisierung gedrängt. Andererseits führen große bauliche Anlagen vor allem bei einer starken räumlichen Verdichtung zu massiven Umweltwirkungen und regionalen bzw. örtlichen Akzeptanzproblemen. Darüber hinaus beobachten viele tierschutzorientierte Verbraucher die Verfahren der modernen Nutztierhaltung allein auf Basis ihrer Gestaltung und Ausprägung als Produktionsmaschinen, in denen die Tiere ihr Dasein unter inakzeptablen Bedingungen fristen. Zumindest herrscht die Meinung, dass viele Haltungsformen nicht den artgemäßen Bedürfnissen der Tiere entsprechen. Verbraucher erwarten mehrheitlich hochwertige Produkte aus tierfreundlichen Systemen und zwar zu einem niedrigen Preis und ohne hohen Medikamenteneinsatz zur Gewährleistung der Tiergesundheit. In einem allumfassenden Sinne sollten die Verfahren auch den Kriterien einer nachhaltigen Produktion entsprechen oder sich zumindest in Richtung zu mehr Nachhaltigkeit weiterentwickeln. Dies heißt auch, hohe Effizienz der eingesetzten bzw. verbrauchten Ressourcen und eine hohe Wertschöpfung in der gesamten Produktionskette.

Die 11. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2013“ in Vechta bietet mit Blick auf die oben genannten Aktionsfelder eine Fülle von neuen wissenschaftlichen und empirischen Erkenntnissen, die sich schwerpunktmäßig mit der tiergerechten Modifizierung und Umgestaltung von Haltungssystemen und der Reduzierung der negativen Umweltwirkungen befassen. Die Nutztierhaltung wird auch in Zukunft in unserer Gesellschaft nicht gänzlich konfliktfrei gestaltet werden können, auch wenn die Entwicklungslinien zur Umgestaltung in Richtung zu mehr Tierwohl derzeit eine erhebliche Beschleunigung erfahren. Alle involvierten wissenschaftlichen Disziplinen werden diesen Prozess auch in absehbarer Zukunft begleiten und fördern können. Die Festlegung von neuen Standards, Grenzwerten bzw. die Begrenzung von Verdichtungen und Intensitätsstufen wird maßgeblich eine gesellschaftspolitische Frage bleiben. Deshalb sprechen wir mit der diesjährigen wissenschaftlichen Tagung nicht nur Kolleginnen und Kollegen aus wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Universitäten an. Explizit sind alle beteiligten Kreise aus der Wertschöpfungskette der tierischen Erzeugung aber auch Vertreter der einzelnen NGOs, Beratungsorganisationen, Ingenieurbüros, Politik und Administration zu einem konstruktiven Dialog in Vechta eingeladen, mit dem Ziel, an der Fortentwicklung und Umgestaltung mitzuwirken, um auch in Zukunft wettbewerbs- und marktfähig zu bleiben.

PROF. DR. IR. HERMAN VAN DEN WEGHE
Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft

Vechta, September 2013

Foreword

Within modern agriculture and food production the field of farm animal production is regarded as an area under intense pressure from a number of socially relevant interests and conflicts. On the one hand, all the relevant production systems are increasingly affected by rising costs through global competition and through existing economic and agro-political conditions, forcing the sector towards intensification, larger production units and industrialisation. On the other hand, establishment of large housing complexes, especially in areas where there's already intense production, leads to massive environmental effects and to regional or local acceptance problems. On top of this, many animal protection oriented consumers regard the process of modern animal farms, alone on the basis of their organisation and structure, as production machines wherein animals live out their lives under unacceptable conditions. At least the opinion reigns that many production systems fail to address the natural behavioural needs of the animals in question. Most consumers expect high quality products from animal welfare based systems, and at a low price, without high levels of veterinary medicines used in herd health support. Looking at the whole picture, the production system should also address criteria for sustainable production. Or at least be in the process of further developing in the direction of increased sustainability. This also means high efficiency in application or consumption of resources and high added value right along the entire production chain.

The 11th International Conference on "Construction, Technology and Environment in Farm Animal Husbandry 2013" in Vechta offers, with regard to the above-mentioned fields of action, an abundance of new scientific and empirical knowledge mainly concerning animal welfare based modification and restructuring of production systems and the reducing of negative environmental effects. The process of farm animal production will never entirely cease to cause conflict within our society, even when lines of development towards increased welfare have currently experienced considerable impetus. All scientific disciplines involved are ready to accompany and support this process in the foreseeable future. The establishment of new standards, threshold values or limits to stocking density and levels of intensity will all remain essentially a socio-political question. For this reason, at this year's scientific conference we will not only be addressing colleagues from scientific research facilities, colleges and universities. Explicitly invited, too, are all contributing groups within the added value chain of animal production as well as representatives of individual NGOs, advisory organisations, engineering offices and from politics and administration. The aim is a constructive dialogue in Vechta contributing towards further development and redesign so that in the future the sector remains competitive and acceptable in the market.

PROF. DR. IR. HERMAN VAN DEN WEGHE
Georg-August-University of Goettingen
Division Process Engineering

Vechta, September 2013

Inhalt/Contents

Tiergerechte Haltung – Schwein

Einfluss des Kupierens, der Haltungsbedingungen und Gegenmaßnahmen auf das Auftreten und die Entwicklung von Kannibalismus bei Aufzuchtferkeln im konventionellen Betrieb
Effects of tail docking, housing conditions and counteractions on the appearance and the development of cannibalism in weaners on a conventional farm

MIRIAM ABRIEL, CHRISTINA JAIS.17

Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs von ferkelführenden Sauen in der Welser Abferkelbucht
Determination of the working time requirements of suckling sows in the pen of Wels

ELISABETH QUENDLER, PAUL PÖTZ, WERNER HAGMÜLLER, JOSEF BOXBERGER. . . .23

Erfassung von tierbezogenen Indikatoren an Zuchtsauen und Saugferkeln für die Bewertung von Abferkelbuchten
Aggregation of animal-based indicators from breeding sows and suckling pigs for the assessment of farrowing pens

DIRK SCHÄFFER, EBERHARD VON BORELL29

Ebermast als Alternative zur Kastration
Fattening entire male pigs – an alternative to castration

BEATE BÜNGER, BERNHARD ZACHARIAS, HANSJÖRG SCHRADE35

Haltungsbedingte Einflüsse auf die Klauengesundheit bei Zuchtsauen
Influence of husbandry conditions on the claw health of sows

MARTIN ZIRON, KATHARINA GROHNE, CHRISTIN FECHLER41

Tiergerechte Haltung – Rind

Einfluss verschiedener Futtervorlagehäufigkeiten auf das Wiederkau- und Liegeverhalten von Milchkühen
Influence of different feeding frequencies on the rumination and lying behaviour of dairy cows

ANNE GROTHMANN, LARA MOSER, FRANZ NYDEGGER, ADRIAN STEINER, MICHAEL ZÄHNER.47

Untersuchungen zum Lernverhalten von Färsen am Beispiel des akustischen Aufrufens zum Besuch einer Kraftfutterstation
Investigations into the learning behaviour of heifers using the example of an acoustic call to visit a concentrate feeding station

JULIA WOODROW, KLAUS REITER, GEORG WENDL53

Vergleich verschiedener Verfahren zur automatisierten Erfassung des Verhaltens von Milchkühen bei Stallhaltung <i>Comparison of different technical approaches for automated recording of behaviour of dairy cows in a free stall barn</i> ROSEMARIE OBERSCHÄTZL, BERNHARD HaidN, JAN HarMS, RUDOLF PeIS, ISABELLA STITZELBERGER, TOBIAS ROSE, HEINZ BERNHARDT.	59
Untersuchungen zur Futterqualität und -hygiene bei automatischen Fütterungssystemen für Milchkühe <i>Investigations on forage quality and hygiene in automatic feeding systems for dairy cows</i> STEFANIE MAIER, JOHANNES OSTERTAG, BERNHARD HaidN	65
Interaktion zwischen Tier und Technik in Milchviehbetrieben mit Spaltenreinigungsrobotern <i>Interaction between animal and machine on dairy farms using scraper robots</i> RENATE LUISE DÖRFLER, HANNES PETERMEIER, HEINZ BERNHARDT	71
Untersuchung zur Wirksamkeit eines Biozidproduktes zur regelmäßigen Hygienisierung der Klauen <i>Study of the effectiveness of a biocidal product for regular sanitizing of the hooves</i> ANDREA FIEDLER, JOHANN MAIERL, SHUAI SHAO, HELMUT KÜCHENHOFF	77

Tiergerechte Haltung – Bodengestaltung

Kompostställe für die Milchviehhaltung – Beurteilung aus Sicht der Tiergerechtheit <i>Animal welfare of dairy cows in compost barns</i> ELFRIEDE OFNER-SCHRÖCK, MICHAEL ZÄHNER, GREGOR HUBER, KATHRIN GULDIMANN, THOMAS GUGGENBERGER, JOHANN GASTEINER	82
Alternative Einstreumaterialien (Komposte, separierte Gülle und Gärreste) in der Tierhaltung – Einfluss auf das Tierwohl und die Hygiene? <i>Alternative bedding materials (compost, separated manure and anaerobic residues) in animal husbandry – impact on animal welfare and hygiene?</i> WERNER PHILIPP, ANNUKA GEHRING, KAROLINE SCHWARZKOPF, LUDWIG E. HÖLZLE	88
Auswirkungen eines reduzierten Schlitzanteils bei funktionsoptimierten Spaltenböden für Mastschweine auf Stallhygiene, Stallklima sowie Fundament- und Klauengesundheit <i>Effect of a reduced slot percentage in optimized slatted floor in pig rearing on hygiene, indoor air quality and health of claws and legs</i> FELIX AUSTERMANN, RICHARD HÖLSCHER, WOLFGANG BÜSCHER	94

„PigComfort“ – Entwicklung von Komfortmatten für den Liege- und Laufbereich in der Sauenhaltung
'PigComfort' – Development of rubber mats for lying and locomotion areas in housing systems for sows
 STEFANIE BAUMANN, WILHELM PFLANZ, EVA GALLMANN, LARS SCHRADER 100

Geschlossene Gummimatten im Liegebereich tragender Sauen – Haltbarkeit und Einfluss auf Klauen, Gelenke und Sauberkeit
Non-perforated rubber mats in the lying area of pregnant sows – durability and impact on claws, joints and cleanness
 CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMANN, JOSEF SCHWANFELDER 106

Vergleich unterschiedlich perforierter Böden in der Kälbermast im Hinblick auf die Selbstreinigungsfähigkeit der Böden und auf das Verhalten der Tiere
Comparison of differently perforated floors for fattening calves in terms of floor cleanliness and the behavior of the calves
 MARTIN ZIRON, STEFANIE PECH 112

Tiergerechte Haltung – Datenmanagementsysteme

Smart Farm Assistant – A cloud based management tool for handling big data generated by PLF technologies
Smart Farm Assistant – Ein cloud-basiertes Managementprogramm für die Bearbeitung großer Datenmengen generiert mit der PLF Technologie
 KRISTOF MERTENS, BART KEMPS, WOUTER SAEYS, BART DE KETELAERE 118

Analyse des individuellen Aktivitäts- und Sozialverhaltens von Pferden in einem Aktivstall mit dem Real-Time-Location-System Ubisense Series 7000
Analysis of individual locomotion and social behaviour of horses in an 'Aktivstall' based on the real-time-location system Ubisense Series 7000
 URBAN HELLMUTH, TOBIAS ROSE, JANA GELDERMANN 124

Nutzung der elektronischen Abrufstation für Informationen zu Gesundheit und Leistungen von Sauen und Mastschweinen
Use of electronic feeding station for information on health and performance of sows and fattening pigs
 STEFFEN HOY, BIRGIT HINRICHS, SONJA SCHAMUN 130

ICT control system for cattle grazing in the mountain and foothill areas of Japan using a smartphone
ICT Kontrollsystem für Weidevieh in den Gebirgsregionen Japans mittels Smartphone
 T. GOTOH, H. TAKAHASHI, T. ETOH, Y. SHIOTSUKA, M. MAEDA, O. HIRANO, M. NISHIKI, T. FUJITA, T. SHIBATA, Y. TAKAYAMA, K. YOKOO, T. NISHIDOI, H. URABE, T. IKENOUCHI, T. NINOMIYA, M. YOSHIDA, J. SUGIYAMA, T. SASAKI, A. MURANISHI 136

Infrarotthermografie bei Kühen und Schweinen <i>Infrared thermography in cows and pigs</i> GUNDULA HOFFMANN, MARIANA SCHMIDT, ULRICH STRÖBEL, ONNO BURFEIND, KARL-HEINZ LAHRMANN, REINER BRUNSCH	142
Untersuchungen an vollmobilen Ställen für Legehennen <i>Investigations on mobile housing systems for laying hens</i> BERNHARD HÖRNING, GERRIET TREI	148

Lüftung und Emissionen

Modellierung und Messung von Ammoniakimmissionen in agrarischen Intensivgebieten <i>Modelling and measurements of ammonia pollution in agricultural intensively used areas</i> KARSTEN MOHR, ULRICH DÄMMGEN	154
Quantifizierung der Ammoniakemissionen aus einem standardmäßigen einstreulosen Abferkelstall bei Einsatz eines Erdwärmetauschers – Ein Beitrag zur Etablierung eines Emissionsfaktors <i>Quantification of the ammonia emission from a standard farrowing stall without bedding with geothermal heat exchanger – A contribution for the establishment of an emission factor</i> HERMAN F. A. VAN DEN WEGHE, MARIA GERDES, ENGEL F. HESSEL	160
Emissionsfaktoren alternativer Legehennenhaltung – Ergebnisse einer mehrjährigen Feldstudie <i>Emission factors from alternative laying hens keeping systems – results of a multi-year field study</i> TATJANA WINTER, TORSTEN HINZ, STEFAN LINKE, HANNES STOLZ, CHRISTOPHER ZIERKE	166
Bewertung von Zuluftführungs- und Kühlungssystemen in der Schweinemast <i>Evaluation of different air supply and cooling systems in pig fattening houses</i> JOACHIM THREM, EVA GALLMANN, WILHELM PFLANZ, THOMAS JUNGBLUTH	172
Beste Verfügbare Techniken (BVT) – Stand der Revision des BVT-Merkblattes für die Intensivtierhaltung <i>Best available techniques (BAT) – State of revision of the BAT-reference document for intensive rearing of poultry and pigs</i> EWALD GRIMM, HELMUT DÖHLER, BRIGITTE EURICH-MENDEN, GABRIELE WECHSUNG, MICHAEL SUHR	178

Emission antibiotikaresistenter Keime aus Schweine- und Geflügelhaltungen <i>Emission of antibiotic-resistant bacteria from pig and poultry farms</i> ANIKA FRIESE, JOCHEN SCHULZ, HENRIETTE LAUBE, CHRISTINA VON SALVIATI, JÖRG HARTUNG, UWE RÖSLER.	184
Der Modulstall mit Erdwärmetauscher: Zuluftkonditionierung mittels alternativen Gebäude- und Lüftungskonzeptes für zwangsbelüftete Tierställe <i>Modular house with geothermal heat exchanger: Supply air conditioning by an alternative building and ventilation concept for forced ventilated livestock buildings</i> MANUEL STEPHAN KROMMWEH, PETER RÖSMANN, WOLFGANG BÜSCHER.	88
Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft <i>Manual for the assessment of farm noise</i> MICHAEL KROPSCH, CHRISTOPH LECHNER, ELFRIEDE OFNER-SCHRÖCK	194
Simulation der Luftströmung in einem Mastschweinestall mit Unterflurzuluftführung <i>Simulation of airflow in a pig feeding house with underfloor air supply</i> FELIX ADRIAN, JOACHIM THREM, EVA GALLMANN, WILHELM PFLANZ, THOMAS JUNGBLUTH	200
Generierung partikulärer Emissionen aus Bodensubstraten für Reithallen <i>Generation of airborne particles from different types of substrates for riding halls</i> FELIX GARLIPP, SABRINA REEDER, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE.	206
Verlauf und Umfang von Spurengasemissionen aus der Geflügelhaltung als Grundlage zur Ableitung von Vermeidungs- und Minderungsstrategien <i>Course and range of trace gas emissions from poultry keeping as a basis for prevention and mitigation strategies</i> JOCHEN HAHNE	212
Messtechnische Begleitung einer Anlage zur Absenkung der Zulufttemperatur mittels Verdunstungskühlung <i>Monitoring of an evaporative cooling device for reduction of the temperature of incoming air</i> WOLFRAM BONKOSS, STEFAN NESER	218

Einfluss der Schieberfrequenz auf die Menge, den Trockensubstanz- und Nährstoffgehalt des Flüssigmistes sowie auf die Methan- und Ammoniakemissionen aus einem Milchviehstall <i>Effect of scraping frequency on amount, dry matter and nutrient content of liquid manure as well as methane and ammonia emissions from a dairy house</i>	
INGA SCHIEFLER, WOLFGANG BÜSCHER, ALEXANDER SCHMITHAUSEN	223
Optimierung einer Probenahmehaube für Bioaerosole mittels Numerischer Strömungssimulation <i>Optimizing of a sampling hood for bioaerosols by the use of computational fluid dynamics</i>	
HANNES STOLZ, STEFAN LINKE, MARCUS CLAUSS	229

Ventilation and emissions

A real-scale test facility for the study of ammonia emissions from a slurry pit – Effect of airflow rate and airflow direction at the slatted floor level <i>Eine Testanlage für Versuchsmessungen von Ammoniakemissionen aus einer Güllegrube – Auswirkung der Lüftungsrate und Lüftungsrichtung in Bodennähe</i>	
MERLIJN DE PAEPE, JAN G. PIETERS, BART MERCI, PETER DEMEYER	235
Impact assessment of particulate matter, ammonia and greenhouse gases in pig fattening facilities <i>Folgenabschätzung von Feinstaub, Ammoniak und Treibhausgasen in Schweinemastställen</i>	
NELE VAN RANSBEECK, HERMAN VAN LANGENHOVE, PETER DEMEYER	240
Development of a reference method for the measurement of the ventilation rate through rectangular ventilation openings using ultrasonic anemometers <i>Entwicklung einer Referenzmethode für die Messung der Luftwechselrate durch rechteckige Lüftungsöffnungen mittels Ultraschall-Anemometer</i>	
PHILIPPE VAN OVERBEKE, JAN G. PIETERS, GERLINDE DE VOGEELEER, PETER DEMEYER	246
Methods to reduce airborne dust in a floor-housing system for laying hens <i>Methoden zur Reduzierung von Schwebstaub bei der Bodenhaltung von Legehennen</i>	
GOSTA GUSTAFSSON, EVA VON WACHENFELT	252

Field test facility for the development of a reference method
for ventilation rate and emission measurements in naturally ventilated
pig houses
*Feld-Testanlage für die Entwicklung einer Referenzmethode
zur Messung von Luftwechselraten und Emissionen in frei belüfteten
Schweinställen*
GERLINDE D.J. DE VOGELEER, JAN G. PIETERS, PHILIPPE J.D. VAN OVERBEKE,
PETER DEMEYER258

A model approach to simulate the possible reflux of biofilter-related
microorganisms into the livestock building
*Ein Modellansatz zur Simulation von möglichen Rückströmungen
Biofilter-assoziiierter Mikroorganismen in den Stall*
JENS SEEDORF264

Rechnergestützte Systeme – Rind

Lahmheitsdetektion bei Milchkühen mithilfe von automatisch
erfassten Aktivitäts- und Liegeparametern
*Using automatically registered activity and lying behaviour
for lameness detection in dairy cows*
ENGEL F. HESSEL, SINA NORDHAUSEN, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE269

Automatische Vermessung der Körperkondition von Milchkühen
mit 3-D-Bildverarbeitungstechnik
*Automatic measurement of the body condition of dairy cows
with 3D picture processing technology*
STEFFEN PACHE, RICHARD HÖLSCHER, ILKA STEINHÖFEL, RALF FISCHER275

Methodik zur Analyse tierindividueller Verhaltensweisen
von Milchkühen auf Basis von Ortungsdaten des
Real Time Location Systems Ubisense Series 7000
*Methodology for analysis of individual behaviour of dairy cows based
on data of the real-time location system Ubisense Series 7000*
TOBIAS ROSE, URBAN HELLMUTH, HEIKO GEORG, JOACHIM KRIETER281

Mathematical modelling in silage mechanization
Mathematische Modellierung bei der Silagemechanisierung
MEHMET EVRENOSGLU, HAMDI BILGEN287

Einsatz eines Wiederkäusensors zur Erfassung von Temperatureinflüssen
auf die Wiederkäuaktivität von Milchkühen
*Application of a rumination sensor to detect the temperature influence
on the rumination activity of dairy cows*
KATHRIN HENDRIKSEN, WOLFGANG BÜSCHER, SUSANNE KILIAN294

Entwicklung einer automatischen Bremsdrucksteuerung für Siloschlauchpressen <i>Development of an automatic control brake system in case of bagging machines</i> MAREN HÖCKER, CHRISTIAN MAACK, WOLFGANG BÜSCHER	300
Validation and application of an indoor localization system for cattle <i>Validierung und Anwendung eines Innenraum-Lokalisationssystems für Rinder</i> BERT IPEMA, TOM VAN DE VEN, PIETER HOGEWERF	306
Anwendungsfelder passiver SAW-Transponder in der Nutztierhaltung <i>Fields of application for passive SAW-transponder in livestock farming</i> CAROLINE KLUTKE, PETER SCHNEIDER, STEFFEN ZIETZSCHMANN, THOMAS OSTERTAG, NIELS NEUMANN, STEFFEN PACHE	312
Untersuchung der Mischgenauigkeit und Futteraufnahme bei einem automatischen Fütterungssystem für Rindvieh unter Veränderung der Trockensubstanz in der Mischration <i>Evaluation of mixing accuracy and feed intake when varying dry matter content of the mixed ration in an automatic feeding system for cattle</i> JOHANN HINRICH LILIENTHAL, FRANZ NYDEGGER, ANNE GROTHMANN, ANGELIKA HAEUSSERMANN	318
Entwicklung und Vergleich eines Ortungssystems für Weidetiere auf Almen und Alpen basierend auf GPS- und GSM-Technologie <i>Development and comparison of a tracking system for grazing animals on alpine pastures using GPS and GSM technology</i> JAN MAXA, STEFAN THURNER, TIM-JULIAN HARTMANN, JULIAN HÖLSCHER, GEORG WENDL	324

Rechnergestützte Systeme – Schwein

Optimierung des Gesundheitsmanagements von tragenden Sauen auf Basis serieller Informationen <i>Optimization of health management of pregnant sows using serial data</i> SUSANNE KARSTEN, ECKHARD STAMER, KRISTINA HAGEMANN, FLORIAN NEWE, WOLFGANG AUER, JOACHIM KRIETER	330
Wasseraufnahmeverhalten als Indikator für das Gesundheitsmonitoring tragender Zuchtsauen <i>Water intake as an indicator for monitoring health in pregnant sows</i> MELANIE JUNGE, DAGMAR JEZIERNY, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH . . .	336

Temperaturabhängiges Wasseraufnahmeverhalten von Aufzuchtferkeln <i>Temperature-dependent water intake behaviour of weaned piglets</i> JULIA HOECK, WOLFGANG BÜSCHER	342
Untersuchungen zur Lesbarkeit von UHF-Transponderohrmarken auf einem Prüfstand und in der Praxis <i>Studies on readability of UHF-transponder ear tags on a test bench and in practice</i> NORA HAMMER, FELIX ADRIAN, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH	348

Bewertungsmethoden und Qualitätssicherung

Qualitätssichernde Methoden in der Arbeitswirtschaft <i>Quality assurance in working time measurements</i> CHRISTOPH HERZOG, MATTHIAS SCHICK	354
Die Beurteilung der Tiergerechtheit von intensiven Haltungssystemen durch die Bewertung nach Welfare Quality®: Die Mastschweinehaltung in Nordwestdeutschland <i>The application of animal welfare standards in intensive production systems using the assessment protocols of Welfare Quality®: Fattening pig husbandry in Northwest Germany</i> DENNIS OTTEN, ELISA ANNAS, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE	360
Messprotokoll zur Ermittlung repräsentativer Emissionsdaten aus offenen Stallanlagen – Ein Beitrag zur Qualitätssicherung <i>Test protocol for naturally ventilated housing systems to provide reliable and comparable emission data – A contribution to quality management</i> BRIGITTE EURICH-MENDEN, BARBARA AMON, WERNER BERG, EVA GALLMANN, EWALD GRIMM, HANS-DIETER HAENEL, EBERHARD HARTUNG, THOMAS HEIDENREICH, MARGRET KECK, STEFAN NESER, INGA SCHIEFLER, SABINE SCHRADER, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE	366
LfL-Modellbetrieb – Investitionsbedarf in der Ökosauenhaltung <i>LfL-model operation – Investment requirements for organic sow husbandry</i> JOCHEN SIMON, FRANK SCHNEIDER, CHRISTINA JAIS	372
Arbeitszeitanalyse ausgewählter Verfahren zum Einstreuen und Entmisten in der Milchviehhaltung <i>Work time analysis of selected techniques for bedding and manure removal in dairy farming</i> JULIANA MAČUHOVÁ, CHRISTOPH MANGOLD, BERNHARD HAJDIN	378
Planungsdaten für Raumprogramme in der Ferkelerzeugung <i>Planning data for space allocation plans in piglet production</i> FRANK SCHNEIDER, EVA-MARIA BRUNLEHNER, CHRISTINA JAIS, HEINZ BERNHARDT	384

Monitoring von landwirtschaftlichen Nutzgebäuden in Holzmastenbauart
gemäß DIN 18900

Monitoring of wooden pole farm buildings according to DIN 18900

JOCHEN SIMON, JOHANNES MAUTNER, WOLFGANG SCHÖN, PETER STÖTZEL,
JOHANNES ZAHNER390

Entwicklung einer Musteranlage für Aufzucht und Haltung
des Fohlens bis zur Remonte unter Berücksichtigung von
Tiergerechtheit, Bau- und Verfahrenstechnik sowie Wirtschaftlichkeit

*Design of a general concept for the further development
of a functional and constructional-technical housing and
nursing system for foals up to the age of two years*

NADJA WORSCHER, ENGEL F. HESSEL, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE396

Melken und Eutergesundheit

Entwicklung einer sehr exakt arbeitenden viertelindividuellen
Vakuumregelungseinheit für Melksysteme

*Developing a very precise working, quarter individual vacuum
control unit for milking systems*

ULRICH STRÖBEL, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER, REINER BRUNSCH402

Verfahrensbewertung automatischer und konventioneller Melksysteme
im Vergleich

Comparative review of automatic and conventional milking systems

RENÉ POMMER, INGO HEBER, ANNETT RINDFLEISCH, ALBRECHT BART408

Haptoglobin in Milch – Ein immunologischer Parameter zur
Gesundheitsüberwachung in der On-Farm-Analytik

*Haptoglobin in milk – Immunologic biomarker for monitoring
health status in dairy cows by on-farm analysis*

THERESA MÖLLMER, KATHARINA ZOLDAN, STEFFEN PACHE, RALF FISCHER414

Einflüsse der technischen und organisatorischen Ausgestaltung
des Melkprozesses auf die Arbeitsproduktivität

*Influence of technical and organizational aspects of the
milking process on the labour productivity*

HAUKE BRONSEMA, WINNIE SONNTAG, LUDWIG THEUVSEN420

Untersuchung des hydrostatischen Drucks beim Halten
eines Melkbechers

Study of the hydrostatic pressure while holding a teat cup

TONI LUHDO, ULRICH STRÖBEL, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER.426

PIGWISE-Workshop

- Accuracy of an innovative high-frequency RFID system for monitoring feeding behaviour of fattening pigs under practical conditions
Genauigkeit eines innovativen hochfrequenten RFID-Systems zur Erfassung des Fressverhaltens von Mastschweinen unter Praxisbedingungen
ENGEL F. HESSEL, ANNE HÖMMEN, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE 432
- Computer vision based monitoring of performance of an RFID based eating registration system
Bildanalyse zur Überwachung der Funktion eines RFID-basierten Futteraufnahme-Registrierungssystems
T. GREGERSEN, T. JENSEN, M.A. ANDERSEN, L. MORTENSEN,
J. MASELYNE, E. HESSEL 438
- An Internet of Thing-based approach for single animal monitoring in a distributed farms environment
Ein „Internet of Thing“-basierter Versuch zum Einzeltier-Monitoring in einer Umgebung mit dezentralisierten Farmen
A. SCALERA, D. CONZON, P. BRIZZI, R. TOMASI, A. M. SPIRITO, E. HESSEL . . . 444
- Individual pig health monitoring based on automated registration of feeding pigs and synergistic control
Individuelles Gesundheitsmonitoring von Schweinen basierend auf einer automatisierten Registrierung beim Fressen und synergistischer Kontrolle
JARISSA MASELYNE, ANNELIES VAN NUFFEL, BART DE KETELAERE,
KRISTOF MERTENS, BART SONCK, ENGEL HESSEL, WOUTER SAEYS 450

Anhang

- Anschriften der Autoren/*Addresses of authors* 456
- Autorenindex/*Index of authors* 469
- Schlüsselwörter 473
- Keywords* 477
- Chronik/*Chronicle* 481

Einfluss des Kupierens, der Haltungsbedingungen und Gegenmaßnahmen auf das Auftreten und die Entwicklung von Kannibalismus bei Aufzuchtferkeln im konventionellen Betrieb

Effects of tail docking, housing conditions and counteractions on the appearance and the development of cannibalism in weaners on a conventional farm

MIRIAM ABRIEL, CHRISTINA JAIS

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürnwächter-Platz 2, 85586 Poing-Grub

Schlüsselwörter: Schweine, Schwanzbeißen, Kannibalismus, Kupieren, Haltungsbedingungen, Buchtengestaltung

Keywords: pigs, tail biting, cannibalism, tail docking, housing conditions, enrichment

Zusammenfassung

In vier Durchgängen mit insgesamt rund 830 Ferkeln wurden Versuche durchgeführt, um den Einfluss des Kupierens bzw. Nichtkupierens sowie der Haltungsbedingungen auf das Auftreten von Schwanzbeißen bei Aufzuchtferkeln zu untersuchen. Außerdem sollten beim Auftreten von Kannibalismus Gegenmaßnahmen getestet werden.

Das Kupieren der Schwänze erwies sich als sicherstes Mittel gegen Schwanzbeißen; hier trat als einzige Versuchsvariante keinerlei Kannibalismus auf. In Standardbuchten mit unkupierten Ferkeln, war das Schwanzbeißen dagegen sehr stark ausgeprägt. In großzügiger ausgestalteten Buchten reduzierte sich das Schwanzbeißen bei den unkupierten Ferkeln deutlich, war jedoch nicht völlig zu unterdrücken. Gegenmaßnahmen im Falle eines Auftretens erwiesen sich als wirkungsvoll.

Summary

In four trial runs with a total of about 830 piglets, the influence of tail docking as well as housing conditions on the appearance of tail biting in weaners was examined. In addition, the effect of counteractions in case of the appearance of cannibalism should be tested.

Docking the tails was the most secure way to suppress tail biting. This was the only trial version in which no cannibalism appeared. In the conventional pens with undocked piglets, the tail biting was strongly pronounced. In the trial versions with enriched pens, tail biting was reduced clearly, but could not have been suppressed completely. Counteractions in case of tail biting proved to be effective.

1 Einleitung und Zielstellung

Die EU-Richtlinie von 2001 (Richtlinie 2001/93/EG) über die Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen schreibt vor, dass das Kupieren der Schwänze nicht routinemäßig durchgeführt werden darf. In der Regel besitzen konventionell wirtschaftende Betriebe in Deutschland jedoch eine Stellungnahme, die ihnen den Ausnahmefall bescheinigt, sodass nahezu alle konventionell erzeugten Ferkel in Deutschland kupiert werden (KNOOP 2010, COMPASSION IN WORLD FARMING 2008). Ein generelles Verbot des Schwänzekupierens kann in Deutschland in Zukunft nicht mehr ausgeschlossen werden (KNOOP und SCHRADER 2010). Ziel der Versuche war, einerseits das Risiko eines Verzichts auf das Kürzen der Schwänze in konventionellen Haltungssystemen abschätzen zu können. Andererseits sollten Möglichkeiten gefunden werden, Schwanzbeißen vorzubeugen, frühzeitig zu erkennen und zu verhindern.

2 Tiere, Material und Methoden

In vier Versuchsdurchgängen standen jeweils acht Aufzuchtbuchten zu 10 m² zur Verfügung. Die Buchten waren mit Kunststoffrosten, einer Liegefläche mit Bodenheizung, vier Fressplätzen an Breiautomaten, drei Tränkenippeln und einem Kunststoffball an einer Kette als Beschäftigungsobjekt ausgestattet.

In den Durchgängen 1 und 2 sollte der Einfluss des Kupierens ermittelt werden. Hierfür wurden in vier Buchten kupierte (2/3 des Schwanzes wurden kupiert) und in vier Buchten unkupierte Tiere unter gleichen Bedingungen (28 Tiere/Bucht = 0,35 m²/Tier, 1 Beschäftigungsobjekt) aufgestellt.

In den Durchgängen 3 und 4 stand der Einfluss der Haltungsbedingungen im Blickfeld. Es wurden alle Tiere unkupiert belassen und in vier Buchten die Besatzdichte reduziert (20 Tiere/Bucht = 0,5 m²/Tier), das Angebot an Beschäftigungsobjekten und -material ausgedehnt und eine zusätzliche offene Tränke installiert.

Die Ferkel wurden so auf die Buchten verteilt, dass Herkunft (Mütter), Gewicht und Geschlecht über alle Gruppen gleich verteilt war.

Die Datenerfassung erfolgte über Videokameras (Verhaltensauswertungen), zweimal wöchentliche Bonitur der Verletzungen auf Einzeltierbasis, Gewichtsentwicklung auf Einzeltierbasis, Futter- und Wasserverbrauch, sowie Temperatur in den Abteilen.

Tabelle 1 zeigt das Schema, nachdem die Verletzungen der Tiere bewertet wurden.

Tab. 1: Bewertungsschema der Schwanzverletzungen und Teilverluste

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

Schwanzverletzungen Tail lesions	Teilverluste Partial losses
0 keine Verletzung erkennbar	0 kein Teilverlust
1 Kratzer, leichte Bissspuren	1 bis zu 1/3 Teilverlust
2 kleinflächige Verletzungen	2 bis zu 2/3 Teilverlust
3 großflächige Verletzungen	3 mehr als 2/3 Teilverlust ¹⁾

¹⁾ Bei 2/3 kupierten Tieren ist ein Teilverlust immer Note 3.

3 Ergebnisse

3.1 Wirkung des Kupierverzichts

In den ersten beiden Durchgängen (DG) ergab sich ein erheblicher Unterschied zwischen den kupierten und den unkupierten Tieren (Chi-Quadrat-Test $p < 0,001$). Während die kupierten Tiere nahezu unverletzt blieben, waren bei allen unkupierten Ferkeln gravierende Schäden durch Schwanzbeißen zu verzeichnen.

Das Schwanzbeißen begann immer in der zweiten Woche nach dem Absetzen. Abbildung 1 zeigt den Verlauf der prozentualen Anteile der Boniturnoten bei den unkupierten Tieren aus beiden Durchgängen. Zu Beginn der zweiten Woche nach dem Absetzen traten die ersten Verletzungen auf und das Geschehen steigerte sich bis zum Ende der dritten Woche. Innerhalb der 3. Woche wurden verschiedene Gegenmaßnahmen ergriffen, woraufhin sich das Schwanzbeißen unterschiedlich schnell wieder beruhigte und die Verletzungen abheilten.

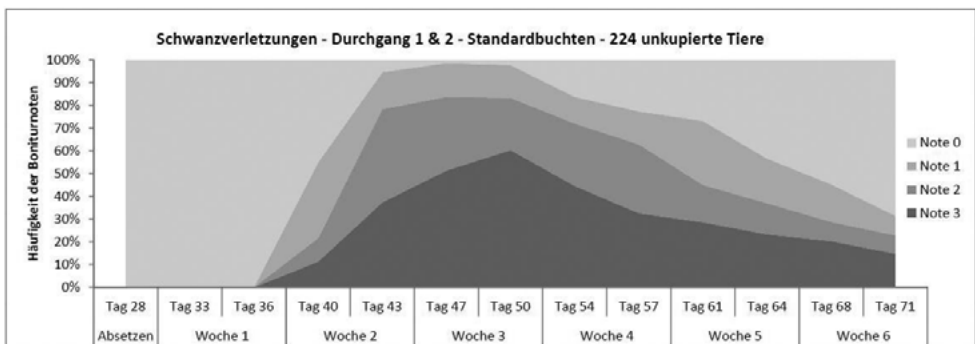


Abb. 1: Schwanzverletzungen von unkupierten Tieren in Standardbuchten (DG 1 & 2)

Fig. 1: Tail lesions of undocked weaners in conventional pens (trial run 1 & 2)

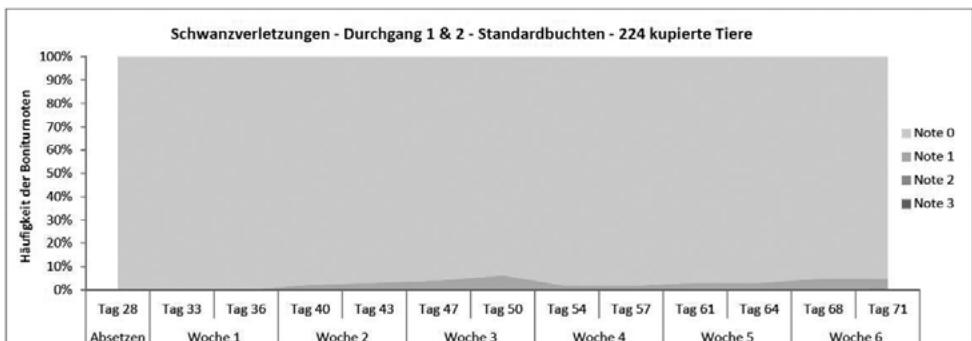


Abb. 2: Schwanzverletzungen von kupierten Tieren in Standardbuchten (DG 1 & 2)

Fig. 2: Tail lesions of docked weaners in conventional pens (trial run 1 & 2)

Abbildung 2 zeigt den prozentualen Verlauf der Verletzungen bei den kupierten Tieren. Hier zeigt sich, dass nur ein geringer Anteil der Tiere leichte Bissspuren (Note 1) aufwies, die ebenfalls hauptsächlich in der zweiten Woche nach dem Absetzen auftraten.

Das Ausmaß der Teilverluste der Schwänze am Ende der Ferkelaufzuchtperiode zeigt Tabelle 2. Hier ist zu sehen, dass bei nur 6,2 % der unkupierten Tiere die volle Länge des Schwanzes erhalten blieb. Dagegen war bei den kupierten Tieren kein Teilverlust durch Schwanzbeißen zu verzeichnen.

Tab. 2: Häufigkeiten der Tiere mit verschiedenen starken Teilverlusten (DG 1&2)

Tab. 2: Frequencies of piglets with different tail losses (trial run 1&2)

Behandlung Treatment	Note 0 Grade 0	Note 1 Grade 1	Note 2 Grade 2	Note 3 Grade 3
Kupiert ¹⁾ Docked ¹⁾	100 %	-	-	0,0 %
Unkupiert Non-docked	6,2 %	38,6 %	19,5 %	35,7 %

¹⁾ 2/3 kupierte Tiere konnten nur die Noten 0 (kein Teilverlust) oder 3 (> 2/3 Teilverlust) erhalten.

3.2 Einfluss der Haltungsbedingungen

In den Durchgängen 3 und 4 konnte ebenfalls ein deutlicher Unterschied zwischen den Behandlungen festgestellt werden (Chi-Quadrat-Test $p < 0,001$). Die Tiere in den Standardbuchten begannen wieder zwischen der ersten und zweiten Woche nach dem Absetzen mit starkem Schwanzbeißen. Hier wurde jedoch sofort (im Unterschied zu den Durchgängen 1 & 2) begonnen, den Tieren als Gegenmaßnahme Luzernehäcksel zu füttern, woraufhin sich das Geschehen schneller wieder beruhigte und die Schäden insgesamt geringer ausfielen (Abb. 3).

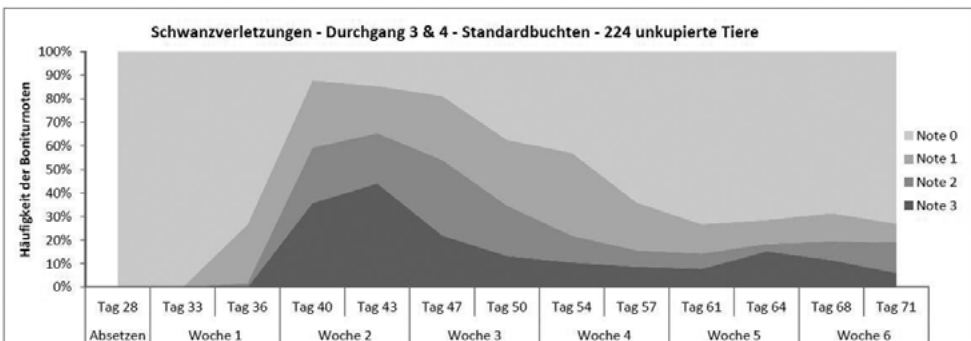


Abb. 3: Schwanzverletzungen von unkupierten Tieren in Standardbuchten (DG 3 & 4)

Fig. 3: Tail lesions of undocked weaners in conventional pens (trial run 3 & 4)

Die Tiere in den Tierwohlbuchten begannen zwar auch mit dem Schwanzbeißen, aber deutlich später und es waren erheblich weniger Tiere betroffen. Die Verletzungen waren weniger gravierend und es kam nicht zur Eskalation, obwohl keine weiteren Gegenmaßnahmen ergriffen wurden (Abb. 4).

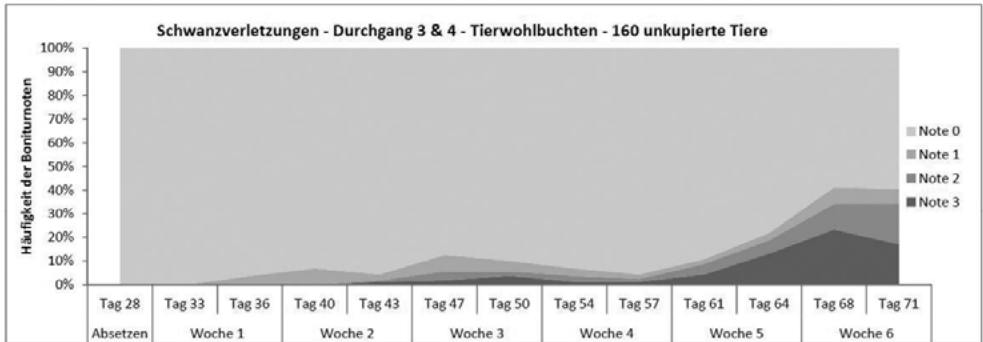


Abb. 4: Schwanzverletzungen von unkupierten Tieren in Tierwohlbuchten (DG 3 & 4)
 Fig. 4: Tail lesions of undocked weaners in enriched pens (trial run 3 & 4)

Tabelle 3 zeigt die prozentualen Anteile der Boniturnoten für die Teilverluste der Schwänze zum Ende der Aufzuchtperiode. Es wird deutlich, dass bei den Tieren in den Tierwohlbuchten deutlich weniger Teilverluste zu verzeichnen waren als in den Standardbuchten.

Tab. 3: Häufigkeiten der Tiere mit verschiedenen starken Teilverlusten (DG 3 & 4)
 Tab. 3: Frequencies of piglets with different degrees of tail losses (trial run 3 & 4)

Behandlung Treatment	Note 0 Grade 0	Note 1 Grade 1	Note 2 Grade 2	Note 3 Grade 3
Standard Standard	29,3 %	57,7 %	9,3 %	3,7 %
Tierwohl Welfare	76,6 %	19,0 %	4,4 %	0,0 %

3.3 Wirkung der Gegenmaßnahmen

In den Durchgängen 1 und 2 wurde etwa eine Woche nach Beginn des starken Schwanzbeißen (mehrere Tiere mit deutlich sichtbaren Verletzungen mit mindestens Boniturnote 2) mit Gegenmaßnahmen begonnen. Hierzu wurden zweimal täglich etwa 500 Gramm Stroh pro Bucht auf die Liegefläche geworfen. In den Durchgängen 3 und 4 dagegen wurde sofort bei Beginn des starken Schwanzbeißen mit einer zweimal täglichen Fütterung von 500 Gramm Luzernehäcksel pro Bucht begonnen. Aus den Videoaufnahmen wurden die Schwanzbeißaktionen in 24 Stunden gezählt (Event-Sampling). Es wurde zwischen leichtem Schwanzbeißen (ohne Schmerzäußerung des gebissenen Tieres) und starkem Schwanzbeißen (mit Schmerzäußerung des gebissenen Tieres) unterschieden. Die Reduzierung des Schwanzbeißen bereits innerhalb des ersten Tages nach der Gegenmaßnahme war in allen vier Gruppen klar erkenntlich (Tab. 4). Die Unterschiede in den Häufigkeiten der Beißaktionen vor und nach Beginn der Gegenmaßnahmen wurden mittels des Chi-Quadrat Tests auf Signifikanz getestet.

Tab. 4: Absolute Häufigkeiten der Schwanzbeißaktivitäten von 4 unkupierten Gruppen in Standardbuchten 3 Tage vor und nach Beginn der Gegenmaßnahmen

Tab. 4: Absolute frequencies of tail biting activities in 4 undocked groups in conventional pens 3 days before and after starting the counteraction

DG Trial run	Gruppe Group	Beißen Biting	Tag -3 Day -3	Tag -2 Day -2	Tag -1 Day -1	Tag 0 Day 0	Tag +1 Day +1	Tag +2 Day +2	Tag +3 Day +3	p-Werte p value
2 ¹⁾	Gruppe 1	leicht	585	798	828		480	174	219	<0,0001
		stark	45	42	45		48	51	48	0,9572
2 ¹⁾	Gruppe 2	leicht	1 146	1 170	1 686	Start der Gegenmaßnahme	564	552	450	<0,0001
		stark	366	186	210		54	57	45	<0,0001
3 ²⁾	Gruppe 3	leicht	72	189	705		186	213	51	<0,0001
		stark	0	12	174		12	33	0	<0,0001
3 ²⁾	Gruppe 4	leicht	102	225	396		147	66	30	<0,0001
		stark	0	39	333		33	0	0	<0,0001

¹⁾ Gegenmaßnahme 1 Woche nach ersten Verletzungen 2. Grades: 2 x täglich Stroh.

²⁾ Gegenmaßnahme sofort bei ersten Verletzungen 2. Grades: 2 x täglich Luzernehäcksel.

4 Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen ergaben, dass das vorbeugende Kupieren der Schwänze das sicherste Mittel ist, um Schwanzbeißen zu verhindern. Eine Anreicherung der Buchten mit diversen Beschäftigungsmöglichkeiten, einer offenen Tränke und reduzierter Besatzdichte konnte das Schwanzbeißgeschehen deutlich mindern und auch die ergriffenen Gegenmaßnahmen in den Standardbuchten waren wirkungsvoll.

Zukünftig sollen weitere Untersuchungen stattfinden, um die Bedeutung der einzelnen Faktoren der sogenannten Tierwohlbucht zu bewerten. Diese können grob gegliedert werden in die Faktoren Besatzdichte, Beschäftigung, struktur-/rohfaserreiches Futter und Wasserangebot.

Literatur

Compassion in World Farming (2008): Schweinehaltung in Europa: Ein Zustandsbericht

Knoop, S. (2010): Literaturoberblick zum Thema Schwanzbeißen/Schwänze kupieren. Landesanstalt für Schweinezucht – LSZ, Boxberg

Knoop, S.; Schrade, H. (2010): Problematik Schwanzbeißen/Schwänze kupieren bei Schweinen. Landesanstalt für Schweinezucht – LSZ, Boxberg

Richtlinie 93/EG (2001): Richtlinie 2001/93/EG der Kommission vom 9. November 2001 zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen

Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs von ferkelführenden Sauen in der Welser Abferkelbucht

Determination of the working time requirements of suckling sows in the pen of Wels

ELISABETH QUENDLER¹, PAUL PÖTZ¹, WERNER HAGMÜLLER², JOSEF BOXBERGER¹

¹ Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Str. 82, 1190 Wien, Österreich

² LFZ Raumberg-Gumpenstein, Austr. 10, 4601 Wels Thalheim

Schlüsselwörter: Ferkelproduktion, Welser Abferkelbucht, Arbeitszeitbedarf

Keywords: organic piglet production, farrowing pen of Wels, working time requirements

Zusammenfassung

Die neu entwickelte Welser Abferkelbucht zeichnet sich durch eine klare Trennung der Funktionsbereiche in Liege-, Kot- und Fressbereich aus. Die Sauen werden in der Welser Bucht über 21 Tage gehalten. Zur Modellierung des Arbeitszeitbedarfs wurden die Arbeitszeiten bei Welser Abferkelbuchten am LFZ Raumberg Gumpenstein nach der Arbeitselementmethode messtechnisch erfasst und statistisch ausgewertet. Der Arbeitszeitbedarf für die Routinearbeiten betrug 3,99 AKmin je Sau und Tag oder 83 AKmin je Durchgang. Für die Sonderarbeiten belief sich dieser bei zwölf Ferkeln, sechs davon männlich, auf 25,9 AKmin je Sau und Durchgang. Der gesamte Arbeitszeitbedarf betrug 1,82 AKh je Sau und Durchgang sowie 3,81 AKh je Sau und Jahr. Aufgrund des niedrigen Arbeitszeitbedarfs ist die Welser Abferkelbucht aus arbeitswirtschaftlicher Sicht eine gute Alternative zu herkömmlichen biotauglichen freien Abferkelsystemen.

Summary

The newly developed Wels farrowing pen is characterized by a clear separation of the functional areas lying, excretion and feeding. The sows are kept in the pen of Wels for 21 days. For modeling the working time requirement, the working times were measured in the pen of Wels in the research center Raumberg Gumpenstein according to the work element method and statistically evaluated. The labor input for the routine work was 3.99 MPmin per sow and day, or 83 MPmin per suckling cycle. The special work, related to twelve piglets, six of them male, required 25.9 MPmin per sow and suckling cycle. The total labor requirement was 1.82 MPh per suckling cycle and 3.81 per sow and year. Due to this low working time requirement, the farrowing pen of Wels is a good alternative to existing organic farrowing pens.

1 Problemstellung

Die biologische Ferkelproduktion steht momentan vor großen Herausforderungen. Konsumenten fordern ein Halten von Zuchtsauen und säugenden Ferkeln in tierfreundlichen Systemen. Sie forcieren den Tierschutz und kritisieren das Halten von säugenden Sauen in Kastenstandsystemen, da diese der Sau kaum Bewegungsmöglichkeit bieten und ihre natürlichen Grundbedürfnisse, wie das Nestbauverhalten, nicht ausführen lassen. Die unterschiedliche Ausgestaltung freier Abferkelsysteme führt auch zu Unterschieden im Arbeitszeitbedarf und folglich zu erheblichen Differenzen in den Produktionskosten (WEBER et al. 1996).

Tierfreundlichere Systeme gelten als kostenintensiver in der Errichtung und Bewirtschaftung als konventionelle Kastenstandsysteme, da ein höheres Platzangebot und mehr Einstreu erforderlich sind; sie bedingen einen höheren Ressourceneinsatz und oftmals höhere Saugferkelverluste (QUENDLER et al. 2010).

Konsequenzen sind Betriebsschließungen, vor allem bei kleineren Betrieben, oder das Streben nach rentablen Nischenprodukten und die Produktionskostenreduktion, um in Produktion bleiben zu können. Die Anzahl der Schweinehalter reduzierte sich beispielsweise seit 1995 um 74,2 % in Österreich; es gaben täglich etwa 15 Betriebe ihre Schweinehaltung auf (STATISTIK AUSTRIA 2012).

Die Produktionskostenreduktion kann über effizienteren Ressourcenmitteleinsatz, hohes Leistungsniveau und Wachstum erreicht werden (QUENDLER et al. 2010).

Zur Produktion von Bioferkeln wird derzeit überwiegend die FAT2-Bucht, die um 18,3 % höhere Vollkosten je Ferkel als konventionelle Kastenstandsysteme verursacht, gewählt (QUENDLER et al. 2010). Mit der Positionierung des Futtertroges in der Nähe des Liegeplatzes kommt es zur Ansammlung von Futterresten im Liegebereich. Die Sau nutzt den im Stallbereich angelegten Kotgang sowie den Auslauf als Kotbereich. Es ergeben sich hierdurch zusätzliche Reinigungstätigkeiten, die einen höheren Arbeitszeitbedarf bedingen. Eine Eliminierung dieser verfahrenstechnischen Schwäche wurde bei der Entwicklung der Welser Abferkelbucht für die Bioferkelproduktion angestrebt, die sich derzeit im Versuchsstadium befindet (HAGMÜLLER et al. 2010).

Bei der Konzeption der Welser Abferkelbucht wurde auf geringe Baukosten und das Erfüllen der ethologischen Ansprüche von Sauen geachtet.

Inwieweit eine Optimierung in dieser Hinsicht erzielt wurde, kann ausschließlich durch Vergleich von Kennzahlen belegt werden. Zur Erfüllung dieser Zielsetzungen müssen Zeitdaten arbeitselementbezogen verfügbar sein.

Aus diesem Grund wurde als Untersuchungsziel das Ermitteln des Arbeitszeitbedarfs auf Arbeitselementbasis für die Welser Abferkelbucht während der Abferkel- und Säugephase verfolgt.

2 Material und Methode

Die Welser Abferkelbucht (Abb. 1) wurde gemäß den Vorgaben der geltenden EU-Bio-Verordnung 834/2007 am Lehr- und Forschungszentrum Raumberg Gumpenstein entwickelt und perfektioniert (HAGMÜLLER et al. 2010). Sie besteht aus einer Betonplatte, auf

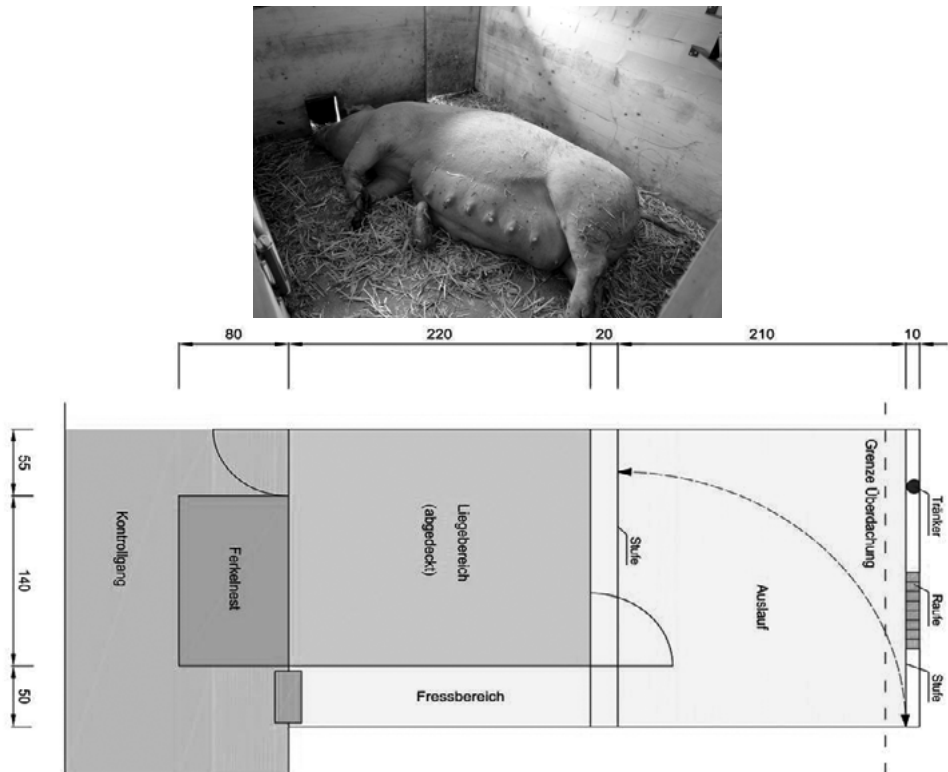


Abb. 1: Schematische Darstellung der Welscher Abferkelbucht
 Fig. 1: Schematic diagram of the Wels pen

welcher im Innenbereich Trennwände aus Dreischichtplatten (58 mm) und im Außen- und Fressbereich Trenngitter aus verzinktem Stahl und PVC-Panelen montiert sind. Der Liegebereich ist separat vom Auslauf-, Kot- und Fressbereich und kann mit einem isolierenden Deckel komplett verschlossen werden. Im Winter dient der Deckel der Aufrechterhaltung einer optimalen Temperatur der Liegefläche. Die Tür zum Auslauf verfügt über eine Federung, die nach dem Verlassen der Bucht automatisch schließt, damit die Temperatur im Liegebereich nicht zu stark absinkt.

Die Ferkel können die Bucht über den Ferkelschlupf verlassen und in den Auslauf gelangen. Das Ferkelnest hat eine Fläche von 1,1 m², wird im Kontrollgang mittels Schieber verriegelt, ist eingestreut und mit einer Wärmeplatte von oben beheizbar.

Der Auslauf, der teilweise überdacht und vollflächig eingestreut ist, kann von Sau und Ferkel ständig aufgesucht werden. Im Auslauf befindet sich eine Mutter-Kind-Tränke und die Heu- oder Grasraufe. Der Fressplatz ist nur über den Auslauf zu erreichen. Der Trog ist am Kontrollgang angeordnet.

Bei der angewandten Methode handelte es sich um den methodischen Ansatz zur Arbeitszeitanalyse nach AUERNHAMMER (1976). Mit diesem Ansatz wurden die Gesamtarbeit und die einzelnen Arbeitsabläufe der Ferkelproduktion in Arbeitsteilvorgänge und -elemente zerlegt und mit ihren Einflussgrößen bestimmt. Die kleinste Einheit stellte

das Arbeitselement dar. Zur Erfassung möglichst kleiner Zeiteinheiten durch einen Zeitnehmer eignen sich digitale Geräte wie ein Pocket PC mit der Zeiterfassungssoftware ORTIMb3. Beim Messen vor Ort wurden auch die zugehörigen Einflussgrößen wie Wegstrecken, Einstreu- und Futtermengen erfasst (RIEGEL et al. 2006).

Die Messergebnisse wurden auf Zufälligkeit, Normalverteilung, Ausreißer und über den Epsilon-Wert und Variationskoeffizienten auf Genauigkeit der Schätzung des Mittelwertes der Grundgesamtheit überprüft. Mit den ermittelten Planzeiten und Einflussgrößen wurde der Arbeitszeitbedarf nach Arbeitsvorgängen, je Durchgang und Jahr im Tabellenkalkulationsprogramm modelliert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Der Arbeitszeitbedarf wurde für Arbeitsvorgänge, -teilvergänge von Routine- und Sonderarbeiten der Abferkel- und Säugephase, die 21 Tage je Durchgang dauerte, ermittelt.

3.1 Routinearbeiten

Die Arbeitsvorgang Fütterung umfasste die Arbeitsteilvorgänge Futter holen und das Futter zuteilen. Für das Futter holen wurde ein Arbeitszeitbedarf von 0,17 AKmin je Bucht und Tag aufgewendet. Der Arbeitszeitbedarf für das Verteilen belief sich auf 0,46 AKmin pro Bucht und Tag. Für den Arbeitsvorgang Füttern machte der Arbeitszeitbedarf 0,63 AKmin pro Bucht und Tag aus. Bei anderen Systemen liegt ein ähnlicher Zeitbedarf vor (RIEGEL et al. 2006). Nur WEICHELBAUMER (1996) belegt einen etwas niedrigeren Wert für das Füttern (0,4 AKmin je Bucht und Tag). Dieser ist auf die kürzeren Transportwege und das Fehlen des Schutzgitters im Trogbereich zurückzuführen, das eine langsamere Zuteilung verlangt, um Futterverluste und Verschmutzung im Trogumfeld zu vermeiden.

Der Arbeitsvorgang Gesundheitskontrolle umfasste die tägliche Kontrolle der Sau in der Bucht und der Ferkel im Ferkelnest. Der Arbeitszeitbedarf hierfür belief sich auf 0,37 AKmin je Bucht und Tag, wobei der eigentliche Kontrollblick 4 AKcmin (2,4 AKsec) sowohl in die Sauenbucht als auch in das Ferkelnest dauerte.

Es handelt sich hierbei um einen Arbeitszeitbedarf, der konstruktionsbedingt und bei der FAT2 oder den Kastenstandsystemen nur teilweise vorhanden ist. Der erheblich höhere Arbeitszeitbedarf für den Kontrollblick gegenüber Kastenstandsystemen (2,81 AKcmin, 1,69 AKsec) ist auf die geringere Übersichtlichkeit der Bucht (hohe Wände, Buchtdeckel) zurückzuführen, die bei einem Halten ohne Fixierung und bei Außenklimabedingungen nicht zu vermeiden ist (QUENDLER et al. 2010).

Das Entmisten von Auslauf (= Mistgang) wurde unmittelbar nach der Fütterung erledigt und mit einem Hoftraktor durchgeführt. Der Arbeitszeitbedarf für das Ausmisten belief sich auf 1,02 AKmin pro Sau und Tag und ist ähnlich hoch wie in FAT2-Buchten (RIEGEL et al. 2006).

Die Liegefläche von Sau und Ferkel musste während eines Durchganges nie entmistet werden, da der Auslaufbereich als Kotbereich anerkannt war.

Das Einstreuen des Mistgangs und Auslaufs setzte sich aus den Arbeitsteilvorgängen Stroh holen, dem Einstreuen und Schließen der Mistganggitter zusammen. Der

Arbeitszeitbedarf für das Einstreuen betrug 1,47 AKmin je Bucht. Dieser liegt teils über dem Bedarf anderer Buchtensysteme, die eine kleinere Einstreufäche haben, auch nicht täglich eingestreut werden oder kürzere Wege zum Lager haben (WEICHELBAUMER 1996).

Das Versorgen der Sau mit Heu diente der Beschäftigung. Das Befüllen der Heuraufe bestand aus den Arbeitsteilvorgängen Heu holen und zuteilen. Für den Transport bestand ein Zeitbedarf von 36 AKmin (21,6 AKsec) und für das Heu zuteilen von 14,6 AKmin (8,75 AKsec). Optimierungen sind durch eine geringere Entfernung zum Heulager und den Transport eines Heuballens mit der letzten Strohlieferung möglich.

Der Arbeitszeitbedarf für die Routinearbeiten belief sich auf 3,99 AKmin je Tag und Bucht und 83 AKmin je Durchgang (21 Tage). RIEGEL et al. (2006) ermittelten einen Arbeitszeitbedarf von 3,3–4,9 AKmin je Bucht und Tag mit guter bis schlechter Mechanisierung für Gruppengrößen von 40 Tieren. Gemäß dieser vergleichenden Betrachtung ist der tägliche Arbeitszeitbedarf der Welser Abferkelbucht als gering einzustufen.

3.2 Sonderarbeiten

Zu den Sonderarbeiten zählten die Arbeitsvorgänge Ferkel impfen, Ohrmarke einziehen und Ferkel kastrieren, das Reinigen der Bucht und Vorbereiten dieser für die nächste Sauengruppe.

Das Impfen und Ohrmarken einziehen erfolgte bis zu zwei Tage nach der Geburt nach der Fütterung, da die Sau im Futtergang und die Ferkel im Nest gut erfassbar waren. Für die Arbeitsteilgänge Ferkelhandling belief sich der Arbeitszeitbedarf auf 120 AKmin, Behandeln auf 179 AKmin und Markieren auf 82 AKmin je Bucht. Für 12 Ferkel lag ein Arbeitszeitbedarf für Behandlung und Markierung von 3,81 AKmin vor, der ähnlich hoch wie in anderen Untersuchungen ist (RIEGEL et al. 2006). Die Optimierungsmöglichkeiten begrenzen sich auf die Bedienungselemente zum Öffnen und Fixieren des Ferkelnestdeckels.

Die Kastration umfasste die Arbeitsteilvorgänge Ferkelhandling (mit 120 AKmin), Schmerzmittel verabreichen (mit 33 AKmin) und die Kastration (mit 161 AKmin). Der Arbeitszeitbedarf belief sich auf 0,52 AKmin je Ferkel oder 3,14 AKmin je Bucht.

Das Reinigen der Bucht nach dem Ausstallen bestand aus den Arbeitsvorgängen Ausmisten und Waschen der Bucht. Der Arbeitszeitbedarf für das Auskehren von Bucht und Ferkelnest belief sich auf 46,4 AKmin (27,8 AKsec) je Quadratmeter oder 2,32 AKmin je Bucht. Für das Waschen von Bucht, Ferkelnest und Futtergang, die eine Fläche von 5,4 m² umfassten, entstand ein Zeitbedarf von 130 AKmin (78 AKsec) je Quadratmeter oder 7,02 AKmin je Bucht.

Das Reinigen des Mistganges umfasste die Arbeitsteilvorgänge Mistganggitter öffnen und Waschen des Außenbereiches. Der Arbeitszeitbedarf für die Buchtreinigung (Ausmisten und Waschen) belief sich auf 16,7 AKmin je Bucht und verursachte den größten arbeitsvorgangbezogenen Zeitbedarf. Der Zeitbedarf für das Auskehren je Quadratmeter Buchtfläche lag etwas über den Literaturangaben und wurde auf die kleine Ferkelnestöffnung, die dabei hinderlich ist, zurückgeführt. Der niedrigere Zeitbedarf für das Waschen von einem Quadratmeter Buchtfläche wurde mit dem niedrigeren Verschmutzungsgrad gegenüber anderen Systemen begründet (RIEGEL et al. 2006, QUENDLER et al. 2007).

Der Arbeitsvorgang Bucht für nächste Sau vorbereiten bestand aus den Teilvorgängen Stroh holen und Einstreuen. Das Strohholen beanspruchte 1,67 AKmin und das

Einstreuen 0,66 AKmin. Der Arbeitszeitbedarf für die Vorbereitung der Bucht belief sich auf 2,32 AKmin. Eine Reduktion des Zeitbedarfs wäre durch ein näheres Strohlager möglich.

3.3 Arbeitszeitbedarf der Welser Abferkelbucht

Der Arbeitszeitbedarf der Welser Bucht belief sich auf 109 AKmin je Durchgang, der drei Wochen entsprach. Dieser verteilte sich zu 76,1 % auf Routinearbeiten und 23,9 % auf Sonderarbeiten.

Bei 2,1 Würfen je Jahr ergab sich ein Arbeitszeitbedarf je Sau und Jahr von 3,81 AKh. RIEGEL et al. (2006) geben für ferkelführende Sauen und 4-wöchigen Produktionsrhythmus bei wenig Handarbeit einen Zeitbedarf von 4,9 AKh pro Sau und Jahr in der FAT2 Bucht bei einer Bestandsgröße von 30 Tieren an. Bei Bestandsgrößen mit 20 Tieren erhöhte sich der Arbeitszeitbedarf auf 5,9 AKh je Sau und Jahr. Dies würde bei selber Rhythmusdauer einem Arbeitszeitbedarf in der Welser Abferkelbucht von 4,79 AKh pro Sau und Jahr entsprechen. Nach QUENDLER et al. (2010) ergibt sich ein geringfügig höherer Arbeitszeitbedarf der Welser Abferkelbucht (+9,1 %) gegenüber der FAT2 Bucht bei hohem Zuchtsauenbestand (606 Zuchtsauen). Im Großbestand war aber die Fütterung automatisiert und der Auslauf, der bei biologischer Ferkelproduktion vorgeschrieben ist, fehlte, sodass der Mehrarbeitsaufwand für händisches Füttern und Arbeiten im Auslauf noch zu berücksichtigen ist.

Der geringe Arbeitszeitbedarf der Welser Abferkelbucht ist auf das nicht nötige Ausmisten und Einstreuen der Sauenbucht und des Ferkelnestes sowie auf das begrenzte maschinelle Ausmisten und Einstreuen des Auslaufes zurückzuführen.

Literatur

- Auernhammer, H. (1976): Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse. KTBL-Schrift 203. KTBL, Darmstadt, S. 95
- Hagmüller, W.; Preinerstorfer, A. (2010): Freies Abferkeln im Außenklimastall – ist das möglich? Der fortschrittliche Landwirt 24, S. 20–22
- Quendler, E.; Podiwinsky, C.; Martetschläger, R.; Helfensdörfer, V.; Baumgartner, J.; Winckler, C.; Boxbrger, J. (2010): Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Analyse verschiedener Abferkelsysteme. Die Bodenkultur 61(1), S. 29–36
- Riegel, M.; Schick, M. (2006): Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung in der Schweinehaltung – Ein Vergleich praxisüblicher Systeme in Zucht und Mast. FAT – Bericht Nr. 650. Tänikon, CH, S. 5, 8
- Statistik Austria (2011): http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/viehbestand_tierische_erzeugung/tierbestand/index.html#index2, Zugriff am 06.04.2013
- Weber, R.; Keil, N.; Fehr, M.; Horat, R. (2006): Ferkelverluste in Abferkelbuchten – Ein Vergleich zwischen Abferkelbuchten mit und ohne Kastenstand. FAT – Bericht Nr. 656. Tänikon, CH, S. 6
- Weichselbaumer, L. (1996): Ermittlung des Einstreu- und Arbeitszeitbedarfes von Einzel- und Gruppenhaltungssystemen für ferkelführende Sauen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, S. 45–75, 93–106

Erfassung von tierbezogenen Indikatoren an Zuchtsauen und Saugferkeln für die Bewertung von Abferkelbuchten

Aggregation of animal-based indicators from breeding sows and suckling pigs for the assessment of farrowing pens

DIRK SCHÄFFER, EBERHARD VON BORELL

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Theodor-Lieser-Str. 11, 06120 Halle (Saale)

Schlüsselwörter: Zuchtsauen, Saugferkel, Bewertung, Abferkelbucht, Indikatoren
Keywords: *breeding sows, suckling pigs, assessment, farrowing pens, indicators*

Zusammenfassung

Im nachfolgenden Beitrag werden Beispiele für tierbezogene Indikatoren vorgestellt, anhand derer technische Einwirkungen des Haltungsverfahrens direkt am Tier erhoben werden können. Im Rahmen einer mehrjährigen Projektstudie wurden dafür in 15 Ferkelerzeugerbetrieben einerseits definierte Jungsauengruppen bis zum Ausscheiden aus der Produktion über alle Haltungsstufen fortlaufend und andererseits Altsauengruppen und deren Nachkommen stichprobenartig bonitiert.

Bewertet wurden am Integument der Sauen feststellbare Verletzungen und Schäden, so vor allem an den Gliedmaßen (Klauen und Gelenke), dem Gesäuge und der Schulter. Bei den Saugferkeln erfolgte analog die Bewertung der Gliedmaßen.

Es war festzustellen, dass alle Befunde an Sauen und Ferkeln sowohl durch das Haltungsverfahren als auch durch Management und Stallklima direkt beeinflusst werden und damit für eine Bewertung im Rahmen von Label-Programmen hinzugezogen werden können.

Summary

The following paper exemplifies animal-based indicators that are directly influenced by technical installations of the housing systems. Groups of gilts, sows and their offspring were randomly scored during different production stages for several years.

Injuries of the sow's integument were assessed, especially damages of the limbs (claws and joints), udder and shoulder lesions. Piglet limbs were scored accordingly.

It was obvious that all diagnostic findings were directly influenced by the housing system, management as well as climatic factors and therefore suited for welfare label programs.

1 Einleitung und Zielsetzung

EKESBO (1981, 1984) stellte die Hypothese auf, Verletzungen am Tier als Indikatoren für beeinträchtigtes Wohlbefinden zu erfassen, um über festgestellte Veränderungen und Läsionen am Integument auf Ursachen in der Haltungsumwelt rückzuschließen.

Untersuchungen zu Gesäugeverletzungen wurden bisher in geringerer Anzahl als bei den anderen Integumentabschnitten durchgeführt.

MEYER (2006) fand einen kontinuierlichen Anstieg der Zitzenverletzungen bis zur 5./6. Zitze mit Rückgang der Verletzungen zu Zitze 7 und 8. BAUMGARTNER et al. (2005) stellten ähnliche Zitzenverletzungen (kontinuierlicher Anstieg zum 7. Zitzenpaar bis 20 %) für Abferkelbuchten mit Kastenstand fest. Die Autoren führen diese Ergebnisse auf Eigenverletzungen der Sauen mit den hinteren Klauen beim Positionswechsel im Kastenstand zurück. EDWARDS und LIGHTFOOT (1986) fanden vor allem Verletzungen am 5. bis 7. Zitzenpaar (um 30 %) und keine Verletzungen am 1. bis 3. Zitzenpaar.

Schulterläsionen beeinflussen das Wohlbefinden der betroffenen Sauen hochgradig, da sie bis zur tiefen flächigen Wunde ausgeprägt sind und dies auch zum Abgang der Sauen (KIRK et al. 2005, JENSEN et al. 2012) führen kann.

Erkrankungen des Bewegungsapparates sowie Haut- und Klauenverletzungen bilden hingegen bei Saugferkeln die hauptsächliche Krankheitsgruppe der primär nicht infektiösen Organveränderungen. Deshalb galten Verletzungen der Gliedmaßen schon frühzeitig als aussagefähige Indikatoren, um die Tiergerechtheit von Böden in Abferkelbuchten zu bewerten (VELLENGA et al. 1983, FURNISS et al. 1986, WECHSLER et al. 2001, LEWIS et al. 2005).

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) aus Mitteln der Landwirtschaftlichen Rentenbank geförderten Vorhabens sollte ein Bewertungssystem für Abferkelbuchten aufgestellt werden, das auf tierbezogenen Indikatoren basiert, mit deren Hilfe Haltungsverfahren verglichen werden können.

2 Methoden

Vorversuche in Form von Welfare-Quality®-Erhebungen und bereits gewonnene Erfahrungen bei der Bewertung von Haltungsverfahren zeigten die Notwendigkeit, für die Integumentbewertungen von Sauen und Ferkeln, entsprechend einheitliche Bonitursysteme für die einzelnen Indikatoren aufzustellen.

Für die Erhebung von Gesäugeschäden bei Sauen wurde deshalb ein eigener Bewertungsschlüssel aufgestellt (Tab. 1).

Tab. 1: Notenschema für die Erfassung von Gesäugeschäden

Tab. 1: Mark system for scoring teat damages

Note Mark	Gesäuge/Udder	
	Zitze/Teat	Komplex/Udder base
1	ohne Befund	ohne Befund
2	Schorf- /Krustenbildung	Schorf- /Krustenbildung
3	Schnittwunden bzw. Wunden	Wunden (Bissverletzungen/Kratzer)
4	Bissverletzungen	größere Wunden
5	die Zitzenspitze fehlt	Abszesse
6	eine komplette Zitze fehlt	Mastitis nachweisbar

Im Rahmen der Überprüfung von Bewertungsmethoden wurden die Schulterläsionen der Sauen auch über den Score nach Welfare Quality® (2009) erfasst (Tab. 2).

Tab. 2: Bewertung von Schulterläsionen nach Welfare Quality®

Tab. 2: *Shoulder score (Welfare Quality®)*

Note Score	Bewertung/Assessment
0	keine Läsion nachweisbar
1	oder - Nachweis von alten Läsionen oder - aktuell heilende Verletzung oder - rot gefärbte Fläche ohne Penetration des Gewebes
2	Läsion/offene Wunde

Die Datenerhebungen am Integument der Saugferkel in den Abferkelbuchten erfolgten nach festgelegtem Bewertungsschema jeweils für zehn oder acht zufällig ausgewählte Ferkel eines Wurfs. Alle Würfe waren im gleichen Lebensalter (± 1 Tag). Jedes Ferkel wurde durch eine Person gefangen und durch eine zweite Person visuell beurteilt. Tabelle 3 zeigt als Beispiel das Bewertungsschema für die Klauen der Saugferkel.

Tab. 3: Bewertungsschema für Saugferkelklauen

Tab. 3: *Mark system for scoring suckling pig claws*

Verletzungsbereich Area of injury	Bewertungsschema/Assessment scheme			
	1	2	3	4
Afterklauen	glatt; ohne Verletzung	Druckstelle; Delle	Bluterguss; blutunterlaufen	Risse; Abbrüche; Löcher
Wandhorn	glatt; ohne Verletzung	Druckstelle; Delle	Bluterguss; blutunterlaufen	Risse; Abbrüche; Löcher
Hautverletzungen im Kronsaum	keine Hautverletzungen	leichte Hautverletzungen: verschorfte Stellen	starke Hautverletzungen: Bluterguss	extreme Kronsaumentzündung; offene Wunden
Ballen	glatt; nicht geschwollen	geschwollen; spröde	Bluterguss; blutunterlaufen	blutig; Löcher; Risse; Ablösungen

3 Ergebnisse

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse zu einzelnen Indikatoren bei Sauen und Ferkeln betriebsvergleichend vorgestellt.

3.1 Zuchtsauen

Aus den Erhebungen in zwei Ferkelerzeugerbetrieben sind in Tabelle 4 die Zitzenverletzungen der Sauen in Form von punktförmigen Wunden und Krusten dargestellt. Auffallend ist der sehr geringe Anteil an Zitzenverletzungen an beiden Gesäugeseiten bei den Sauen mit hohem Wurfaller in Betrieb 1. Außerdem wiesen nur zwei Sauen eine

komplett abgerissene Zitze und eine Sau eine gespaltene Zitzenspitze auf. Bei keiner Sau fehlte eine Zitzenspitze. Im Betrieb 2 hingegen waren an allen Zitzen beider Gesäugeseiten der Sauen Verletzungen festzustellen, wobei Zitzenpaar 6 die höchsten Verletzungen aufwies (27,27 %). Allerdings fehlte nur bei einer Sau eine abgerissene Zitze, keine Zitzenspitze war gespalten und alle Zitzen waren intakt.

Tab. 4: Relativer Anteil der Zitzenverletzungen von Zuchtsauen unterschieden nach Gesäugeseiten (Betriebsvergleich)

Tab. 4: Teat damages of sows (left and right udder side) on two farms

Zitzen	Betrieb 1 50 % planbefestigt (Beton); 50 % perforiert (Kunststoff) 26 Altsauen (5.–11. Wurf)		Betrieb 2 Schulterplatte & Vollspalte (Kunststoff-Sauenrost MIK) 11 Altsauen (3. Wurf)	
	Zitzenverletzungen %		Zitzenverletzungen %	
	links	rechts	links	rechts
1	0	0	18,18	18,18
2	0	0	18,18	18,18
3	3,85	0	18,18	18,18
4	0	0	18,18	18,18
5	0	0	18,18	18,18
6	7,69	0	27,27	27,27
7	3,85	3,85	9,09	9,09
8	0	0	9,09	9,09

In Abbildung 1 wird der Anteil von Schulterläsionen (SL) bei Sauen unterschiedlichen Alters in Abferkelbuchten mit je 50 % planbefestigtem Boden (Fliesen) bzw. vollperforiert (Metall) dargestellt. Die Erfassung erfolgte nach Welfare Quality®, aber an beiden Schultern. Wie bisher bekannt, waren an der rechten Schulter der Sauen deutlich mehr SL feststellbar.

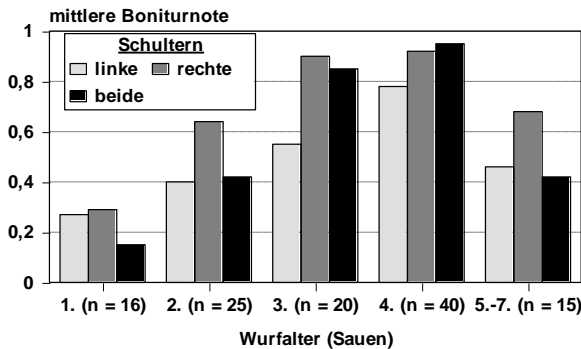


Abb. 1: Mittelwerte der Boniturnoten für Schulterläsionen bei Sauen (n = 116)

Fig. 1: Average marks of shoulder lesions (n = 116 sows)

Die Anzahl und der Schweregrad der SL stiegen mit zunehmendem Alter bzw. Anzahl der Würfe der Sauen bis zum 4. Wurf sprunghaft an. Ab dem 5. Wurf (bei geringerer Tierzahl) traten allerdings deutlich weniger SL auf, wobei der Seiteneffekt (rechts >> links) erhalten blieb.

3.2 Saugferkel

Beispielhaft werden Daten aus einem Betrieb mit kunststoffummanteltem Wabenprofil im Laufbereich der Ferkel (Fußboden der Abferkelbucht) vorgestellt (Tab. 5). Vor allem die Ballen der Ferkel wiesen an allen Gliedmaßen in Form von Blutergüssen, blutunterlaufenen Stellen, Schwellungen und teilweise bereits punktförmigen offenen Wunden die stärksten Veränderungen auf. Die Ballen der Hintergliedmaßen wurden bei fast allen Ferkeln bereits mit Note 3 bewertet. Unterschiede zwischen den Geschlechtern konnten nicht festgestellt werden.

Tab. 5: Mittlere Boniturnoten für Klauenmerkmale von Saugferkeln (n = 46, 6 Würfe)

Tab. 5: Average marks of claw characteristics from suckling pigs (n = 46, 6 litters)

Klauen Claws	Männliche Ferkel/male suckling pigs (n = 23)				Weibliche Ferkel/female suckling pigs (n = 23)			
	Boniturnoten für/examination grades for				Boniturnoten für/examination grades for			
	Ballen	After- klauen	Wand- horn	Kron- rand	Ballen	After- klauen	Wand- horn	Kron- rand
Vorn rechts	2,96	2,30	2,96	2,43	2,91	2,26	2,96	2,26
Vorn links	2,96	2,26	2,70	2,22	3,00	2,30	2,91	2,26
Hinten rechts	3,00	2,39	2,91	2,26	3,09	2,39	2,96	2,26
Hinten links	3,00	2,39	2,87	2,09	3,17	2,39	2,87	2,09

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse der Gesäugeverletzungen lassen erkennen, dass das Wurfbalter der Sauen und die Aufstallungsform der Sauen in der Abferkelbucht die Häufigkeit der Verletzungen beeinflussen. Der weitere Bedarf an Daten steht eindeutig im Vordergrund, und zwar sowohl an unterschiedlichen Sauengruppen (Wurfbalter) als auch in anderen Haltungsverfahren und in zeitlicher Abfolge.

Da Schulterläsionen bereits bei Jungsaunen in Quarantänehaltung festgestellt wurden und parallel dazu auch Fundamentschäden auftraten, muss der Selektion auf Zuchttauglichkeit mehr Aufmerksamkeit entgegengebracht werden. In weiteren Untersuchungen soll geklärt werden, ob Sauen mit SL auch vermehrt andere Integumentschäden aufweisen und daher auch „anfälliger“ für die Ausbildung von SL sind. Zudem sollten mehr Altsauen mit hoher Parität und weitere Haltungsverfahren bewertet werden.

Vor allem die Klauen- und Gelenkbewertung an den Saugferkeln zeigen, dass die Böden in beiden untersuchten Abferkelbuchten keine idealen Systeme darstellen. Es ist daher notwendig, die Datenerfassung in weiteren Abferkelbuchten mit anderen Bodentypen durchzuführen und dabei auch Managementmaßnahmen, das Wachstum der Tiere und den Wechsel der Produktionsstufen zu berücksichtigen.

Literatur

- Baumgartner, J.; Verhovsek, D.; Troxler, J. (2005): Verhalten, haltungsbedingte Schäden und biologische Leistungen von Sauen in drei Typen von Abferkelbuchten. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift 441, S. 265–273
- Edwards, S.A.; Lightfoot, A.L. (1986): The effect of floor type in farrowing pens on pig injury. II. Leg and teat damage of sows. *Br. Vet. J.* 142, pp. 141–45
- Ekesbo, I. (1981): Methods for the assessment of the environment from the point of view of animal welfare. 32nd Annual Meeting of the EAAP. Zagreb (Yugoslavia), August 31 – September 3, 1981, pp. 318–391
- Ekesbo, I. (1984): Methoden der Beurteilung von Umwelteinflüssen auf Nutztiere unter besonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit und des Tierschutzes. *Wien. tierärztl. Mschr.* 71, S. 186–190
- Furniss, S.J.; Edwards, S.A.; Lightfoot, A.L.; Spechter, H.H. (1986): Effect of floor type in farrowing pens on pig injury. I Leg and teat damage of suckling piglets. *Br. Vet. J.* 142, pp. 434–40
- Jensen, T.B.; Toft, N.M.; Bonde, K.; Kongsted, A.G.; Kristensen, A.R.; Sørensen, J.T. (2012): Herd and sow-related risk factors for mortality in sows in group-housed systems. *Prev. Vet. Med.* 103, pp. 31–37
- Kirk, R.K.; Svensmark, B.; Ellegaard, L.P.; Jensen, H.E. (2005): Locomotive disorders associated with sow mortality in Danish pig herds. *J. Vet. Med. A* 52, pp. 423–428
- Lewis, E.; Boyle, L.A.; O'Doherty, J.V.; Brophy, P.; Lynch, P.B. (2005): The effect of floor type in farrowing crates on piglet welfare. *Irish Journal of Agriculture and Food Research* 44, pp. 69–81
- Meyer, E. (2006): Aufstallungsform und Fußbodengestaltung im Ferkelschutzkorb und deren möglicher Einfluss auf Verletzungen des Gesäuges und Saugferkelverluste. Infodienst der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 6, S. 68–76
- Vellenga, L.; Van Veen, H.; Hoogerbrugge, A. (1983): Mortality, morbidity, and external injuries in piglets housed in two different housing systems. I. Farrowing house. *Quarterly* 5(3), pp. 101–6
- Wechsler, B.; Keil, N.M.; Beyer, S. (2001): Einfluss der Spaltenweite bei teilperforierten Böden in Abferkelbuchten auf die Klauengesundheit der Ferkel. 15. IGN-Tagung Tierschutz und Nutztierhaltung. Halle-Kröllwitz, 04.–06.11.2001, S. 71–74
- Welfare Quality® (2009): Welfare Quality® applied to sows and piglets. In: Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets growing and finishing pigs). Lelystad, Netherlands, Welfare Quality® Consortium, pp. 29–47

Ebermast als Alternative zur Kastration

Fattening entire male pigs – an alternative to castration

BEATE BÜNGER¹, BERNHARD ZACHARIAS², HANSJÖRG SCHRADER²

¹ Institut für Tierschutz und Tierhaltung (FLI), Dörnbergstr. 25/27, 29223 Celle,

² Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg (LSZ), Seehöfer Str. 50, 97944 Boxberg-Windischbuch

Schlüsselwörter: Ebermast, Zucht, Fütterung, Verhalten, agonistische Interaktionen (AI), Futteraufnahmeverhalten

Keywords: *fattening entire male pigs, breeding, feeding, behaviour, agonistic interactions (AI), feeding behaviour*

Zusammenfassung

Um Alternativen zur Ferkelkastration zu finden und zu bewerten, wurde einerseits geprüft, ob bei der Mast von Ebern tierschutzrelevante Verhaltensprobleme auftreten. Zum anderen wurde untersucht, ob durch den Einsatz von Besamungsebern, die anhand ihrer Zuchtwerte in „Positiv“ und „Negativ“ (niedrige bzw. hohe Androstenonwerte) eingestuft wurden, eine Reduzierung der geruchsauffälligen Tiere bei den Nachkommen der „Positiv“- gegenüber der „Negativ“-Gruppe möglich ist.

Unter den gegebenen Bedingungen konnten Unterschiede im agonistischen Verhalten und bei der Futteraufnahme nachgewiesen werden, tierschutzrelevante Situationen traten jedoch nicht auf. Der Einsatz von Besamungsebern mit positiven bzw. negativen Zuchtwerten für das Merkmal Androstenon im Fett (ng/g) führte bei deren Nachkommen zu signifikanten Unterschieden der Anzahl der geruchsauffälligen Schlachtkörper und der mittleren Androstenon- und Skatolwerte im Fett.

Summary

In order to test alternatives to surgical castration, we investigated whether fattening of entire male pigs may result impair the pigs' welfare due to an increased agonistic behaviour of boars. In addition, boars selected divergent for androstenone (high = negative; low = positive) levels were used for reproduction to test the possibility to reduce the number of intact male pigs with boar taint.

In our study we found differences in the number of agonistic interactions and in feeding behaviour. However, at least under the housing conditions tested in our study these differences did not result in welfare problems. The use of selected boars (positively breeding values of androstenone (ng/g) in fat) for reproduction significantly reduced the number of carcasses with boar taint and decreased the level of androstenone and scatole in fat.

1 Hintergrund und Fragestellung

Nach der „Brüsseler Erklärung zu Alternativen für die chirurgische Kastration von Schweinen“ ist vorgesehen, ab 2018 die Kastration von Ferkeln in allen Staaten der Europäischen Union bis auf regionale Ausnahmen abzuschaffen. Zu den vereinbarten Voraussetzungen dafür gehört jedoch, dass eine Verminderung der für den Ebergeruch verantwortlichen chemischen Verbindungen durch Züchtung und/oder Haltung und Fütterung möglich ist und dass eventuell auftretende Verhaltensprobleme bei der Ebermast auf ein Mindestmaß reduziert werden können.

Deshalb wurden im Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg (LSZ) verschiedene Versuchsserien zur Ebermast durchgeführt (SCHRABE 2010, BÜNGER et al. 2011, 2012), um zu klären,

- ob bei Nachkommen von auf Ebergeruch divergent selektierten Pietrain-Besamungsebern in einem Mastversuch Unterschiede auftreten,
- welche Auswirkungen eine veränderte Futterzusammensetzung hat und
- ob sich Eber bei agonistischen Interaktionen (AI) und im Futteraufnahmeverhalten von Kastraten und weiblichen Masttieren unterscheiden.

2 Tiere, Haltung und Methoden

Zuchteinfluss im Rahmen eines Forschungsprojektes unter der Leitung der Universität Bonn wurde eine Leistungsprüfung und Zuchtwertschätzung zur Reduktion von Ebergeruch entwickelt. Auf Basis dieser Zuchtwerte wurden an der LSZ Boxberg Anpaarungen von auf Ebergeruch positiv und negativ selektierten Pietrain-Besamungsebern an die German-Hybrid Sauenherde durchgeführt und die Nachkommen in einem Mastversuch vergleichend geprüft. In einem Mastabteil mit 100 Plätzen (10 Buchten x 10 Tiere) wurden jeweils 4 Buchten mit Nachkommen von auf Ebergeruch negativ bzw. positiv selektierten Ebern aufgestellt. In zwei weiteren Buchten wurden Kastraten gehalten. Die Fütterung erfolgte 3-phasig (30–60, 60–90, 90–120 kg) nach DLG-Standard für Eber. Es wurden die Parameter der Mast- und Schlachtleistung erfasst. Begleitend wurden Bonituren des Integumentes an 5 verschiedenen Körperregionen durchgeführt.

Fütterungseinfluss

In einem Mastabteil mit 100 Plätzen (10 Buchten x 10 Tiere) wurden 90 Eber und 10 Kastraten gehalten. Jeweils 30 Eber erhielten eine von drei für den Versuch konzipierten Futterzusammensetzungen, die sich in allen 3 Mastabschnitten (Vormast – VM, Mittelmast – MM, Endmast – EM) hinsichtlich der Versorgung mit der Aminosäure Lysin* (g Lysin/MJ ME) und im Rohproteingehalt** (%) unterschieden:

- | | | | |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| • Gruppe 1: | VM: 0,79* & 19,3** | MM: 0,75* & 18,8** | EM: 0,71* & 18,0** |
| • Gruppe 2: | VM: 0,90* & 19,9** | MM: 0,76* & 22,8** | EM: 0,65* & 17,4** |
| • Gruppe 3: | VM: 0,90* & 20,0** | MM: 0,64* & 18,1** | EM: 0,51* & 16,4** |

Es wurden Parameter der Mast- und Schlachtleistung erfasst.

Agonistische Interaktionen und Futteraufnahmeverhalten

In 3 Versuchsdurchgängen wurden insgesamt 216 Eber (E), 108 Kastraten (K) und 108 weibliche Tiere (W) bei getrennt geschlechtlicher und zeitgleicher Aufstallung untersucht. Alle Tiere stammten aus jeweils denselben Würfen. Die Fütterung erfolgte nach bundeseinheitlicher Norm (LPA-Standard), einphasig, ad libitum mit pelletiertem Futter bei einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 12:1 und einzeltierbezogener Futtermengen-erfassung. Für alle 3 Gruppen galten gleiche Umweltbedingungen (12 Tiere/Bucht; 1,2 m²/Tier, Vollspaltenboden).

Jeweils 24 Stunden vor und nach dem Rausschlachten von 6 der 12 Tiere wurde anhand von Videos das agonistische Verhalten (Verdrängen, Beißen, Stoßen, Kämpfen und Aufreiten) durch „continuous sampling“ von sämtlichen Tieren ausgewertet. Die Bonitur des Integumentes erfolgte, um Häufigkeit und Schweregrad von Verletzungen zu erfassen und Zusammenhänge zum Verhalten zu prüfen.

Statistik

Die statistische Auswertung der metrischen Daten erfolgte jeweils mit einem linearen gemischten Modell. Für die Analyse der kategorialen Daten wurde ein generalisiertes lineares gemischtes Modell (Schwellenwertmodell) eingesetzt.

3 Ergebnisse

Zuchteinfluss

Aus diesem Versuch konnten folgende Ergebnisse abgeleitet werden (Tab. 1):

- Bei der Geruchsprüfung konnten deutliche Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens geruchsauffälliger Tiere zwischen den beiden Ebergruppen festgestellt werden. Die Eber der „Positiv-Gruppe“ hatten im Fettgewebe sowohl bei Androstenon als auch bei Skatol signifikant niedrigere Werte als die Tiere der „Negativ-Gruppe“.
- Bei den Masttags- und Lebenstagszunahmen traten weder zwischen den Ebergruppen noch zwischen Ebern und Kastraten Unterschiede auf. Dem gegenüber schnitten beide Ebergruppen bei der Futtermittelverwertung deutlich besser ab.
- Bei der Schlachtleistung unterschieden sich beide Ebergruppen signifikant von den Kastraten durch einen höheren Muskelfleischanteil. Die Unterschiede beruhten auf den geringeren Speckmaßen der Eber bei vergleichbaren Fleischmaßen.
- Die Tiere aller 3 Versuchsgruppen zeichneten sich durch eine gute Fleischqualität aus und unterschieden sich in keinem der dazu untersuchten Parameter.
- Bei der Bonitur der Hautverletzungen traten zwischen der „Positiv“- und der „Negativ“-Gruppe keine Unterschiede auf. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Auswirkungen der AI in beiden Ebergruppen gleich waren.

Tab. 1: Mast- und Schlachtleistung, Fleischqualität und Parameter für Ebergeruch von Nachkommen der durch Selektion beeinflussten Gruppen und der Kontrollgruppe

Tab. 1: *Body weight gain during fattening and carcass characteristics of entire males selected against boar taint in comparison to castrates*

	Selektion gegen Ebergeruch Selection against boar taint		Kontrollgruppe Control group
	Negativ-Gruppe	Positiv-Gruppe	Kastraten
Mastleistung			
Einstallmasse [kg]	34,8 ± 3,3	34,5 ± 3,7	33,0 ± 3,1
Endmasse [kg]	123,8 ± 4,9	123,5 ± 5,8	119,7 ± 4,1
Masttagszunahme [g]	877 ± 84	908 ± 98	860 ± 104
Lebenstagszunahme [g]	687 ± 47	703 ± 56	660 ± 58
Futterverwertung (1:)	2,72	2,67	3,06
Schlachtleistung			
Schlachtmasse [kg]	97,4 ± 4,2	96,7 ± 4,4	94,8 ± 2,8
MF FORM [%]	58,1 ± 2,2 a	59,6 ± 2,2 a	56,6 ± 2,2 b
Speckmaß [mm]	14,8 ± 2,2 a	13,6 ± 2,3 a	17,4 ± 2,2 b
Fleischmaß [mm]	59,9 ± 6,5	62,6 ± 6,2	63,9 ± 7,0
Ausschlachtung [%]	78,7 ± 1,5	78,3 ± 1,2	79,2 ± 1,6
Länge [cm]	103,9 ± 2,8	103,6 ± 2,9	100,8 ± 2,1
Fleischqualität			
pH 1 Kotelett ¹⁾	6,4 ± 0,3	6,3 ± 0,3	6,3 ± 0,2
pH 1 Schinken ¹⁾	6,4 ± 0,3	6,4 ± 0,3	6,4 ± 0,2
pH 2 Kotelett ²⁾	5,3 ± 0,1	5,4 ± 0,1	5,3 ± 0,1
pH 2 Schinken ²⁾	5,5 ± 0,2	5,5 ± 0,2	5,4 ± 0,1
Leitfähigkeit ²⁾	4,4 ± 2,5	4,3 ± 2,4	4,0 ± 1,7
Ebergeruch			
Geruchsauffällige Tiere [%]	55 a	12 b	
Androstenon [ng/g Fett]	684 ± 761 a	208 ± 148 b	
Skatol [ng/g Fett]	121 ± 143 a	69 ± 60 b	

¹⁾ Der pH 1-Wert wurde 45 min nach der Schlachtung gemessen. ²⁾ pH 2-Wert sowie Leitfähigkeit wurde 24 h nach der Schlachtung gemessen. a, b: Mittelwerte (LS Means ± SE) bzw. Häufigkeiten mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant.

Fütterungseinfluss

Bei den 3 eingesetzten Futterrationen konnte keine Auswirkung auf die Mastendmasse, die Mastdauer bzw. das Speckmaß nachgewiesen werden. Der Magerfleischanteil (MFA) nach der Bonner Formel (%) war bei den Tieren der Gruppe 2 signifikant höher als bei der Gruppe 3 (61,3 vs. 59,9; $p = 0,02$), während der MFA der Eber der Gruppe 1 mit 60,5 zwischen diesen Werten lag und sich von beiden nicht unterschied. Beim Fleischmaß (mm) unterschieden sich die Tiere der Gruppe 1 und 2 jeweils signifikant von denen der Gruppe 3 (56,5 bzw. 57,2 vs. 52,9; $p = 0,04$), aber nicht voneinander. Zwischen Gruppe 1 (Standardfutter Boxberg) und Gruppe 2 (DLG-Empfehlung für Eber) konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Der niedrige MFA und das geringere Fleischmaß bei

den Tieren der Gruppe 3 sind auf den deutlich geringeren Anteil von Lysin während der Endmast zurückzuführen.

Der Anteil der geruchsabweichenden Tiere war in allen Gruppen < 4 %.

Agonistische Interaktionen (AI) und Futteraufnahmeverhalten

Der Vergleich der AI zwischen den Geschlechtergruppen E, K und W bei einer Lebendmasse von durchschnittlich 115 kg (entspricht einer Schlachtkörpermasse von 95 kg) vor und nach dem Rausschlachten von 6 der 12 Tiere ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Eber unterschieden sich von K und W in der Gesamtanzahl der AI pro Bucht als auch bei 4 (vor) bzw. 3 Verhaltensweisen (nach dem Rausschlachten). Auf das Einzeltier bezogen bedeutet das, dass bei E durchschnittlich 14, bei K und W 5 Interaktionen in den 24 h vor dem Rausschlachten aufgetreten sind. Nach der Reduzierung der Tieranzahl von 12 auf 6 lagen die Werte pro Tier in 24 h auf vergleichbarem Niveau. Die Eber hatten 10 AI in 24 h, K und W jeweils 4 AI. Diese Ergebnisse zeigen, dass durch das Herausschlachten die AI nicht anstiegen.

Tab. 2: Einfluss des Geschlechtes auf die agonistischen Interaktionen (AI) pro Bucht innerhalb von 24 Stunden vor und nach dem Rausschlachten

Tab. 2: *Effect of gender on agonistic interactions (AI) per pen in 24 h before and after slaughtering*

Vor Before	Eber Boar		Kastraten Castrates		Weibliche Tiere Females		P
Verdrängen	6,6	2,54	7,0	2,67	9,2	2,67	0,696
Stoßen	45,9 a	5,49	15,6 b	5,67	18,1 b	5,67	0,0001
Beißen	33,4 a	3,40	20,1 b	3,61	21,0 ab	3,61	0,021
Aufreiten	52,9 a	7,95	5,6 b	8,23	3,7 b	8,23	0,0001
Kämpfen	2,7 a	0,56	0,4 b	0,59	0,1 b	0,59	0,006
AI gesamt	141,6 a	14,8	48,7 b	15,0	52,2 b	15,0	0,0001
Nach After	Eber		Kastraten		Weibliche Tiere		p
Verdrängen	6,4	3,30	10,1	3,40	9,5	3,40	0,479
Stoßen	19,7 a	3,05	4,6 b	3,17	4,7 b	3,17	0,0001
Beißen	13,4	2,81	9,2	2,96	6,6	2,96	0,219
Aufreiten	17,0 a	2,83	3,0 b	3,00	1,8 b	3,00	0,002
Kämpfen	4,4 a	1,31	0,1 b	1,36	0,2 b	1,36	0,011
AI gesamt	61,0 a	5,67	27,4 b	6,02	23,1 b	6,02	0,0001

LS-Means \pm SE mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Zeile unterscheiden sich signifikant.

Zur Bewertung der AI und deren Tierschutzrelevanz wurde bei allen Tieren vor und nach den Videoaufnahmen eine Bonitur des Integuments durchgeführt (Tab. 3). Dabei wurden die Regionen Ohren/Hals, Schulter, Flanke, Rücken und Schinken bewertet. Ursprünglich waren für die Boniturergebnisse 4 Kategorien (0 bis 3) vorgesehen, die Kategorie 3 (tiefe Verletzungen, offene Stellen, Geschwüre oder blutende Wunden) trat jedoch niemals auf und auch keine Beinschäden, wie von anderen Autoren berichtet (RYDHMER et al. 2006, MEYER 2011). Der Boniturwert 3 konnte daher bei der Ergebnisdarstellung unberücksichtigt bleiben.

Gesicherte Korrelationen zwischen Verhaltensmerkmalen und Boniturwerten konnten für „Beißen“ und Verletzungen der „Ohr/Halsregion“ sowie für „Aufreiten“ und Verletzungen an der „Schinkenregion“ gefunden werden. Somit reicht für eine Einschätzung des Auftretens dieser beiden Verhaltensparameter die Bonitur der entsprechenden Körperregionen, sodass Aussagen eher und mit bedeutend weniger Zeitaufwand gemacht werden können als mit der differenzierteren, aber sehr arbeitsaufwendigen Videoauswertung durch „continuous sampling“.

Tab. 3: Einfluss des Geschlechtes auf die die Verletzungshäufigkeit vor dem Rausschlachten
 Tab. 3: Effect of gender on the frequency of skin lesions before slaughtering

Vor Before	Geschlecht Gender	1)	Boniturwert	Boniturwert	Boniturwert
			Examination value %	Examination value %	Examination value %
			0	1	2
Ohr/Hals p = 0,0102	Eber*	a	70,6	28,6	0,8
	Kastraten	b	86,3	13,7	0,0
	weibliche Tiere	b	85,3	14,7	0,0
Schulter p = 0,1167	Eber*		68,8	29,5	1,63
	Kastraten		81,8	1,8	0,0
	weibliche Tiere		83,8	16,2	0,0
Flanke p = 0,1836	Eber*		85,2	13,2	1,6
	Kastraten		94,0	6,0	0,0
	weibliche Tiere		85,3	13,2	1,5
Rücken p = 0,05	Eber*		72,1	25,4	2,5
	Kastraten		81,8	18,2	0,0
	weibliche Tiere		63,2	33,8	3,0
Schinken p = 0,0005	Eber*	a	73,0	26,2	0,8
	Kastraten	b	95,5	4,5	0,0
	weibliche Tiere	b	89,7	10,3	0,0

¹⁾ Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zur *Referenzkategorie (Eber).

Nach dem Rausschlachten unterschieden sich die Eber nur in der Region „Schulter“ signifikant von K und W ($p < 0,0001$). Das ist auf erneute Rangauseinandersetzungen in einer einzigen Bucht zurückzuführen.

Beim Futteraufnahmeverhalten konnten zwischen Ebern und Kastraten signifikante Unterschiede nachgewiesen werden:

- Verdrängungshäufigkeit von der Futterstation: $E < K$
- Häufigkeit der Stationsbesuche: $E = K$
- Dauer der einzelnen Futteraufnahme: $E < K$
- verbrauchte Futtermenge/Futteraufnahme: $E < K$
- Gesamtdauer der Futteraufnahme/Bucht und Tag: $E < K$

Literatur

Die Literatur ist bei den Autoren zu erfragen.

Haltungsbedingte Einflüsse auf die Klauengesundheit bei Zuchtsauen

Influence of husbandry conditions on the claw health of sows

MARTIN ZIRON¹, KATHARINA GROHNE¹, CHRISTIN FECHLER²

¹ FH-SWF, Agrarwirtschaft Soest Fachgebiet Tierproduktion, Lübecker Ring 2, 59494 Soest

² Erzeugerring Westfalen e.G., Am Dorn 10, 48308 Senden

Schlüsselwörter: Klauengesundheit, Sauen, Klauenverletzungen, Lahmheit

Keywords: claw health, sows, claw injuries, lameness

Zusammenfassung

Klauenverletzungen bei Zuchtsauen stellen aktuell für viele Ferkelerzeuger ein beträchtliches Problem dar. Sie haben verschiedene Ursachen und bergen wirtschaftliche und gesundheitliche Risiken. Die Lahmheit von Sauen hat einen hohen Einfluss auf die Höhe der Remontierung. In Anbetracht der hohen Bedeutung von Klauenverletzungen, liegen zurzeit noch sehr wenig praxisrelevante Untersuchungen vor. Ziel der Untersuchungen war es, den Status quo zur Klauengesundheit zu erfassen und haltungsbedingte Einflussfaktoren zu ermitteln. Die durchgeführten Untersuchungen verdeutlichen, dass den Klauenerkrankungen zu wenig Beachtung geschenkt wird, obwohl sie die Gesundheit und damit auch das Leistungspotenzial der Tiere maßgeblich einschränken. Die Klauenbonitur hat bewiesen, dass viele unterschiedliche Faktoren die Klauengesundheit beeinflussen können.

Summary

Claw injuries in breeding sows represent a considerable problem for pig-breeders. They have various causes and carry further economic risks. Lameness is also an important reason for the premature sow removals. Despite its seriousness, studies on claw injuries on pigs are limited. The aim of the investigation was to analyse the status quo of claw health and to ascertain the influence of the housing systems. Results of studies carried out show that claw illnesses receive scant attention in agricultural practice, despite restricting the health and thereby the capacity of the animals. The investigation demonstrates that many different factors can influence claw health.

1 Einleitung

Klauenverletzungen oder -veränderungen bei Zuchtsauen haben verschiedene Ursachen und bergen gesundheitliche und wirtschaftliche Risiken. Klauenverletzungen bei Sauen nehmen weltweit zu. Länderübergreifend sind Wucherungen am Ballenhorn die am häufigsten gefundenen Verletzungen (SCHÜTTERT 2008). Länderübergreifende Erhebungen deuten an, dass länderspezifisch unterschiedliche Klauenprobleme auftreten. Die Haltungform spielt anscheinend dabei eine wichtige Rolle. In Ländern, in denen die Sauen überwiegend in Kastenständen gehalten werden, kommt es häufiger zu Rissen im Wandhorn und in den Ländern mit zunehmender Gruppenhaltung im Wartebereich zeigen sich vermehrt Probleme mit Wucherungen im Ballenbereich (ROWLS 2001). Klauenprobleme haben massive Auswirkungen auf den allgemeinen Gesundheitszustand und daraus resultierend auf die biologischen Leistungen von Sauen bis hin zum Abgang. Die Remontierungsquote steigt verbunden mit höheren Remontierungskosten. Der Schaden steigt weiter, wenn die Sauen hochtragend gemerzt werden müssen. Es gehen dann bis zu 600 € pro Sau verloren (GRANDJOT 2008). Die Probleme treten vermehrt nach dem Umstellen der Sauen in die Gruppenhaltung im Wartebereich durch Rangkämpfe hervorgerufen auf. Neben der Bodengestaltung hat auch die Fütterungsart einen Einfluss auf die Häufigkeit von Abgängen aufgrund von Klauenproblemen, die durch Rangkämpfe hervorgerufen werden. Bei rationiert mit Rohrbreiautomaten gefütterten Sauen zeigen sich signifikant weniger Abgänge als bei einer ad libitum Versorgung der Tiere (ZIRON 2006). Sauen mit massiven Klauenproblemen sind ungeeignet für eine Gruppenhaltung, sie haben Probleme die Wege zur Fütterungsstation und zurück zum Liegebereich zu bewältigen. Diese Tiere müssen mit erheblichem Zusatzaufwand repariert und behandelt werden (DEEN 2008). Im Zuge der Umstellung auf die Gruppenhaltung im Vergleich zur Einzelhaltung (Kastenstände) wird es deutlich häufiger zu Klauenverletzungen bei der Sauenhaltung kommen (ANIL et al. 2007). Die Beschaffenheit des Fußbodens spielt dabei eine wichtige Rolle; gerade bei Neubauten muss verstärkt auf die Qualität der Spaltenböden geachtet werden und auch bei Bedarf nachgearbeitet werden (HOY 2001).

2 Material und Methoden

Im Rahmen der Untersuchungen wurden in Nordrhein-Westfalen knapp 4000 Sauen (einzeltierbezogen) auf Klauenveränderungen an den Hinterextremitäten untersucht. Die Beurteilung der Sauen fand auf 30 Betrieben jeweils im Abferkelstall statt. Es wurden grundsätzlich beide Hinterbeinklauen einzeln begutachtet. Die Klauen wurden visuell nach einem Boniturschema bewertet und zusätzlich intensiv abgetastet, um Verhornungen, Risse, Wucherungen und schmerzhafte Verletzungen zu ermitteln. Einteilt wurden die Klauenverletzungen bzw. -veränderungen in vier verschiedene Kategorien von 1 bis 4:

- Note 1 → keine erkennbaren Schäden/Veränderungen
- Note 2 → leichte Verletzung/Veränderungen
- Note 3 → mittelschwere bis schwere Verletzung/Veränderungen
- Note 4 → sehr schwere Verletzung/extreme Anomalien

Optisch und taktil beurteilt wurden die Bereiche Ballen, Wandhorn, Innen- und Außenklaue, „Weiße Linie“, Afterklaue und Kronsaum. Zusätzlich wurden die Halteverfahren und der Zustand dieser erfasst. Ein besonderer Schwerpunkt war dabei die Bodenbeschaffenheit (Fußbodenart, -qualität und -zustand).

Ziel der Untersuchungen war es, den Status quo zur Klauengesundheit zu erfassen sowie mögliche Zusammenhänge zwischen den Halte- bzw. Fütterungsbedingungen und den Klauenverletzungen festzustellen.

3 Ergebnisse

Die betrachteten Betriebe zeigten erhöhte Auffälligkeiten (Note 3 und 4) bei den Veränderungen an den Ballen und am Wandhorn (Abb. 1).

Die anderen betrachteten Klauenparameter traten nicht auffällig in Erscheinung, nur in einzelnen Fällen wurden diesbezüglich mittlere oder schwere Verletzungen/Veränderungen festgestellt. Lediglich bei der Bewertung der Afterklauen wurden häufiger mittlere und schwere Anomalien festgestellt (unter 10 %). Da die Einzelergebnisse der rechten und linken Hinterklaue sehr ähnlich waren und keine signifikanten Unterschiede aufwiesen, wurden die Werte für die weiteren Ergebnisdarstellungen gemittelt zusammengefasst ($n = 3987$).

Die Sauen zeigten vor allem Auffälligkeiten an den Ballen. Knapp die Hälfte aller Tiere fiel durch mittlere bis schwere Veränderungen des Ballens in Form von Verhornungen oder Wucherungen auf, jede siebte Sau durch Risse oder Blutergüsse im Wandhorn. Bei fast jeder zwölften Sau wurden überlange, selten abgerissene Afterklauen gefunden. Die

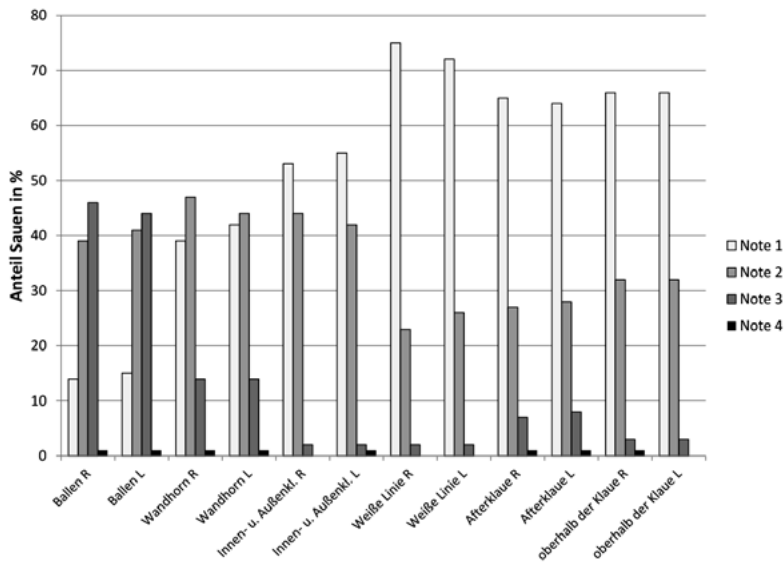


Abb. 1: Ergebnisse der Klauenbonitur unterschieden nach rechter und linker Klaue
 Fig. 1: Results of the claw investigation distinguished by right and left claw

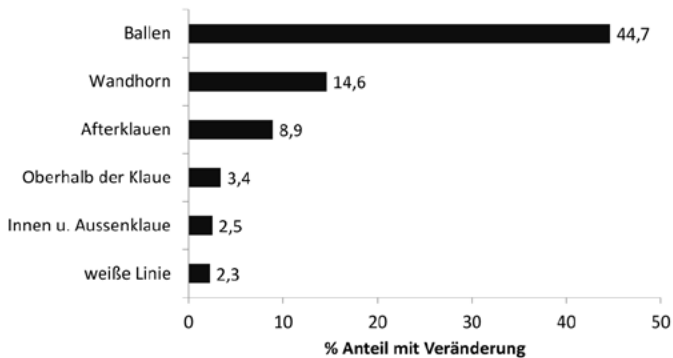


Abb. 2: Häufigkeit mittlere bis schwere Klauenveränderungen in Prozent (n = 3987)
 Fig. 2: Frequency of medium to serious claw alterations in percent (n = 3987)

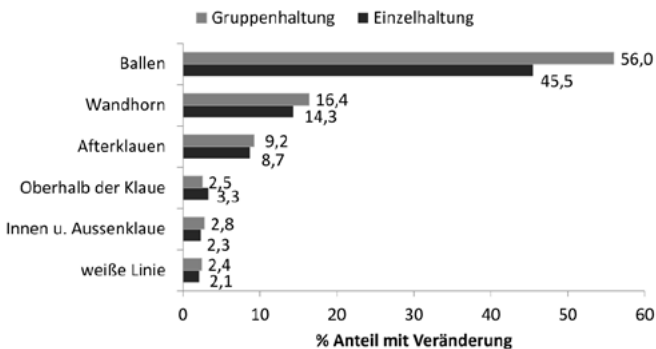


Abb. 3: Einfluss des Haltungssystems während der Trächtigkeit auf die Klauengesundheit, mittel- bis schwere Veränderungen zusammengefasst (n = 3987)
 Fig. 3: Influence of the husbandry system during pregnancy on claw health, medium to serious alterations summarized (n = 3987)

anderen betrachteten Klauenparameter traten weniger häufig in Erscheinung und lagen bei 2,3 und 3,4 % (Abb. 2).

3.1 Einfluss der Einzelhaltung und Gruppenhaltung

Bei der Betrachtung der Aufstallung im Wartebereich (Einzel- oder Gruppenhaltung) fielen Unterschiede bei den Ballen- und Wandhornveränderungen auf (Abb. 3).

Sauen, die in Gruppen im Wartebereich aufgestellt waren zeigten signifikant 10 % mehr mittel- bis schwere Veränderungen an den Ballen als Sauen in Einzelhaltung und doppelt so häufig sehr schwere Verletzungen (Note 4).

3.2 Einfluss der Fußbodenqualität auf die Klauengesundheit

Zusätzlich zur Erfassung des Haltungssystems wurde der Zustand des Bodens bewertet und unterschieden, ob der Boden zu rau, zu glatt, zu scharfkantig war oder zu weite Spalten aufwies. Bei etwa 70 % der Betriebe gab es keine Beanstandungen bezüglich Bodenqualität.

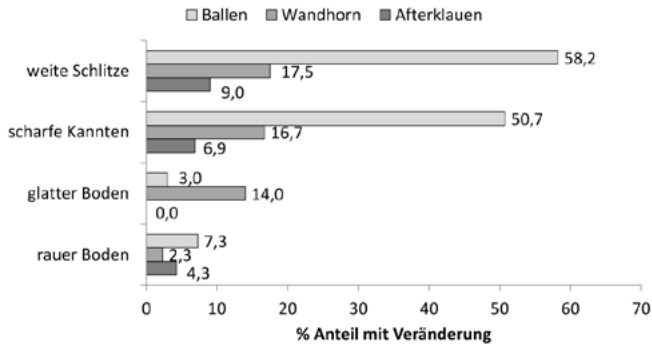


Abb. 4: Einfluss der Fußbodenqualität auf die Klauengesundheit, mittel- bis schwere Veränderungen zusammengefasst (n = 1 250)

Fig. 4: Influence of ground quality on claw health, medium to serious alterations summarized (n = 1 250)

Besonders bei scharfkantigen oder zu weiten Spalten konnten Klauenprobleme an den Ballen und am Wandhorn beobachtet werden. Abbildung 4 zeigt den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Klauengesundheit.

3.3 Einfluss der Wurfnummer auf die Klauengesundheit

Bei der Bonitur der Sauen wurde auch die Wurfnummer mit erfasst. Erwartungsgemäß traten bei den Jungsaunen weniger Veränderungen auf, als bei den Altsaunen. Auffallend war jedoch der hohe Anteil an Ballenveränderung von 30 % nach dem ersten Wurf (Jungsaunen = 1. Wurf und Altsaunen = 2. bis 12. Wurf).

Über 50 % der Jungsaunen wiesen keine Veränderungen am Wandhorn auf. Im Vergleich zeigten sich bei 36 % der beurteilten Altsaunen keine Veränderungen. Mittlere bis schwere Wandhornveränderungen konnten bei 29 % der Jungsaunen gefunden werden und bei den Altsaunen waren es > 50 %. Abbildung 5 veranschaulicht den Einfluss der Wurfnummer auf die Klauengesundheit.

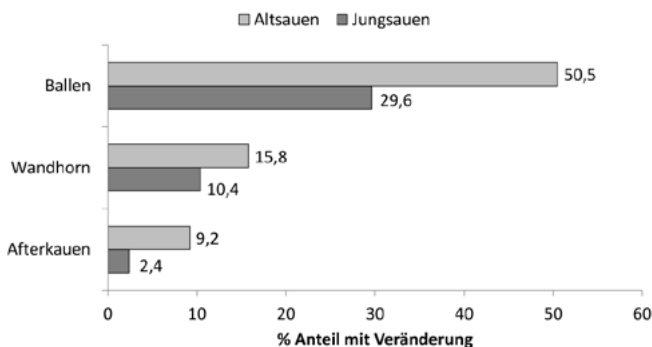


Abb. 5: Einfluss der Wurfnummer auf die Klauengesundheit, mittel- bis schwere Veränderungen zusammengefasst (n = 3 987)

Fig. 5: Influence of the brood number on claw health, medium to serious alterations summarized (n = 1 250)

Literatur

- Anil, S. S.; Anil, L.; Deen, J.; Baidoo, K.; Walker, R. (2007): Factors associated with claw lesions in gestating sows. In: *Journal of Swine Health and Production* 3/4, pp. 78–83
- Hoy, St. (2001): Tierschutzrelevante Aspekte bei der Haltung und Fütterung tragender Sauen in Gruppen. In: *Der praktische Tierarzt* 82(8), S. 595–602
- Deen, J. (2008): Claw lesions and sow lameness. *Vet-MedReport*. In: 20. Kongress der International Pig Veterinary Society, 22.–26.06.2008 in Durban, South Africa
- Grandjot, G. (2008): Klauenprobleme sind teuer. In: *SUS-Spezial Gesunde Klauen*, Münster, Landwirtschaftsverlag
- Schuttert, M. (2008): Klauenprobleme. In: *SUS-Spezial Gesunde Klauen*, Münster, Landwirtschaftsverlag
- Rowles, C. (2001): Sow lameness. In: *Journal of Swine Health and Production* 5/6, pp. 130–131
- Ziron, M. (2005): Einfluss der ad libitum bzw. rationierten Fütterung von Sauen über mehrere Trächtigkeiten hinweg auf unterschiedliche Verhaltens- und Leistungsparameter. Habilitation. Justus-Liebig-Universität Gießen

Förderhinweis

Das Projekt Klauenprobleme bei Zuchtsauen wurde finanziell gefördert durch das MUNELV.

Einfluss verschiedener Futtervorlagehäufigkeiten auf das Wiederkau- und Liegeverhalten von Milchkühen

Influence of different feeding frequencies on the rumination and lying behaviour of dairy cows

ANNE GROTHMANN¹, LARA MOSER², FRANZ NYDEGGER¹, ADRIAN STEINER²,
MICHAEL ZÄHNER¹

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, 8356 Ettenhausen, Schweiz

² Wiederkäuerklinik, Vetsuisse-Fakultät Universität Bern, 3012 Bern, Schweiz

Schlüsselwörter: Fütterung, Futteraufnahme, Fressverhalten

Keywords: feeding, feed intake, feeding behaviour

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss der höheren Fütterungshäufigkeit mit automatischen Fütterungssystemen (AFS) auf Futteraufnahme sowie Futteraufnahmeverhalten, Wiederkauaktivität, Liegezeiten und -dauer einordnen zu können. Die Versuche fanden im Versuchsstall der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon, Schweiz, statt. Es wurden sechs verschiedene Fütterungshäufigkeiten mit einer automatischen Fütterung der Firma Pellon Group, Finnland, auf ihren Einfluss auf das Tierverhalten untersucht.

Dabei wies auch eine hohe Anzahl Futtervorlagen keinen wesentlichen Einfluss auf die Futteraufnahme, das Fress- und Wiederkauverhalten und das Liegeverhalten von Milchkühen auf.

Summary

The aim of the experiment was to assess the influence of the higher feeding frequency with automatic feeding systems (AFS) on feed intake as well as on feed-intake behaviour, ruminant activity, lying times and duration. The trials took place at the experimental farm at the research station Agroscope in Tänikon, Switzerland. Six different feeding frequencies were examined for their influence on animal behavior with an automatic feeding of the company Pellon Group, Finland.

A high feeding frequency had no significant effects on feed intake, eating and rumination behavior and lying behavior of dairy cows.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die automatische Fütterung von aufgewerteten Mischrationen und Totalmischrationen gewinnt in der Milchviehhaltung immer mehr an Bedeutung. Dieses Fütterungsverfahren ermöglicht eine vollautomatische Vorlage der Grundfütterration oder einer Mischration aus Grund- und Kraftfutter mithilfe von Futterbändern, schienengeführten oder selbstfahrenden Fütterungsrobotern. Somit sind verschiedene Rationen und häufigere Futtervorlagen ohne erhöhten Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung möglich. Eine häufigere Futtervorlage soll darüber hinaus das natürliche Fressverhalten der Tiere gewährleisten und somit die Tiergesundheit unterstützen.

Ziel des Versuches ist es, den Einfluss der höheren Fütterungshäufigkeit auf Futteraufnahme sowie das Futteraufnahmeverhalten, Wiederkauaktivität, Liegezeiten und -dauer einordnen zu können.

2 Material und Methoden

Es wurden in zwei Versuchsdurchgängen die Fütterungshäufigkeiten ein-, zwei-, sechs-, acht-, zehn- und zwölfmal täglich verglichen. Die einmalige und zweimalige Fütterung (FF1 und FF2) entspricht der Fütterung mit Futtermischwagen und diente als Referenz. Die zwölfmalige Fütterung (FF12) entspricht etwa der höchsten, die sechs- (FF6) und achtmalige Fütterung (FF8) die in der Praxis am häufigsten genutzten Fütterungshäufigkeiten (GROTHMANN und NYDEGGER 2009). Bei der zehnmaligen Futtervorlage (FF10) wurde jeweils nach dem Melken eine größere Futtermenge vorgelegt. Dies entspricht dem Futteraufnahmeverhalten, das Kühe nach bisherigen Erhebungen im Stall bei ad libitum Fütterung zeigen (SAMBRAUS 1978).

Es wurden Versuchstiergruppen erstellt, die in Bezug auf die mittlere Laktationsnummer und den Laktationstag sowie der Milchleistung vergleichbar waren. Der Versuch fand im „crossover design“ statt. Jeder Versuchsblock startete mit einer Einführungswoche, um die Tiere an die veränderte Futtervorlage zu gewöhnen. Der Versuch 1 mit zwei-, sechs- und achtmaliger Fütterung fand im Oktober und November 2010 und Versuch 2 mit ein-, zehn- und zwölfmaliger Fütterung im Februar und März 2011 statt.

Zur Bestimmung der Futteraufnahme wurden alle 24 Stunden die Futterreste der aufgewerteten Mischration gewogen. Die Menge des vorgelegten Futters konnte über automatisch erstellte Listen im Fütterungssystem ermittelt werden. Zusammen mit täglichen Trockensubstanzproben der Einzelkomponenten, der Mischration und der Futterreste konnte die tägliche Futteraufnahme berechnet werden. Des Weiteren wurde bei jeder Melkung tierindividuell die Milchleistung aufgezeichnet. An zwei Tagen je Versuchsblock wurde von den Versuchstieren Milchproben zur Bestimmung der Milch-inhaltsstoffe genommen.

Um den Einfluss der Fütterungshäufigkeiten auf das Fressverhalten und die Wiederkauaktivität erfassen zu können, wurde der ART-MSR-Nasenbandsensor eingesetzt (Abb. 1). Bei diesem Sensor entsteht durch die Kieferbewegung der Kuh eine Druckänderung in einem Silikonschlauch, welche auf einem Logger mit einer Frequenz von 10 Hz aufgezeichnet wird (NYDEGGER et al. 2011). Dadurch konnte neben der Wiederkau- und



Abb. 1: Kuh mit ART-MSR-Nasenbandsensor (links) und Lagesensor (rechts)
 Fig. 1: Cow with ART-MSR-noseband sensor (left) and position sensor (right)

Fressdauer auch die Anzahl Kauschläge pro Boli erfasst werden. Die Auswertung und Klassifizierung der Sensordruckdaten erfolgte durch den Algorithmus des RumiWatch-Systems.

Für die Erhebung des Liegeverhaltens trugen die Kühe einen MSR-Logger als Lagesensor. Die Logger wurden mit selbsthaftenden Bandagen am Röhrbein eines Hinterbeins befestigt (Abb. 1). Als Messgröße diente die 3-Achsen-Beschleunigung. In Intervallen von 30 Sekunden bestimmte der Logger seine Position im dreidimensionalen Raum. In einer Auswerteroutine wurden aus den Einzelwerten Stehen und Liegen berechnet. Auf diese Weise konnten Informationen über die Gesamtliegedauer, die Anzahl und den Startzeitpunkten der Liegeperioden und deren Dauer gewonnen werden.

3 Ergebnisse

Bei FF2 wurden 16.6 kg TS/(Tier·d) verzehrt. Die Fütterungshäufigkeit FF6 ergab eine Futteraufnahme von 17.0 kg TS je Tier und Tag und bei FF8 wurde 17.2 kg TS je Tier und Tag verzehrt. Der Unterschied der Futteraufnahme war mit erhöhter Anzahl Futtervorlagen 600 g TS höher, dieser war jedoch nicht signifikant.

Bei einmaliger Fütterung verzehrten die Tiere 20.0 kg TS/(Tier·d) von der Mischration. Bei zehnmaliger Fütterung betrug der Verzehr pro Tier und Tag 20.8 kg TS, bei zwölfmaliger Fütterung 20.7 kg. Der Einfluss der Fütterungshäufigkeit auf die Futteraufnahme war nicht signifikant. Es lässt sich jedoch eine Tendenz zu einer höheren Trockenmassaufnahme bei den höheren Fütterungshäufigkeiten erkennen. Der Unterschied zwischen dem Verzehr bei einmaliger und zwölfmaliger Futtervorlage beträgt 800 g TS/(Tier·d).

Die durchschnittliche Fress- und Wiederkaudauer für die verschiedenen Fütterungshäufigkeiten ist in Tabelle 1 ersichtlich. Die Fütterungshäufigkeit hatte weder einen wesentlichen Einfluss auf die Fressdauer noch auf die Wiederkaudauer. Jedoch war die Fressdauer bei den höheren Fütterungshäufigkeiten eher verlängert, während die Wie-

derkaudauer meist abnahm. Ausnahme ist hier die FF1. Insgesamt waren die Unterschiede aber gering. Die längste Fressdauer wurde hier bei der FF10 beobachtet, die längste Wiederkaudauer bei der FF6.

Tab. 1: Fress- und Wiederkaudauer

Tab. 1: *Eating and rumiation time*

Fütterungshäufigkeit Feeding frequency	Fressdauer Feeding time min	Wiederkaudauer Rumination time min	Kauschläge/Bolus Chewing/bolus n
FF2	396.1 ± 76.9	486.5 ± 117.1	54.1 ± 6.4
FF6	402.7 ± 65.9	508.4 ± 94.4	56.3 ± 5.5
FF8	386.1 ± 67.6	473.8 ± 84.9	54.1 ± 7.7
FF1	398.2 ± 60.7	469.8 ± 92.4	54.2 ± 7.4
FF10	416.8 ± 88.9	478.5 ± 89.5	55.3 ± 7.3
FF12	424.1 ± 63.3	465.2 ± 68.7	54.1 ± 6.7

Die Anzahl getätigter Kauschläge und die Anzahl Kauschläge pro Bolus verhielten sich ähnlich wie die Fress- und Wiederkaudauer. Auch hier waren die Unterschiede nicht signifikant. Die Fütterungshäufigkeit zeigte einen Einfluss auf die Gesamtliegедauer pro 24 Stunden (Tab. 2). Im Versuch 1 lagen die Tiere mit 733.4 min 21 Minuten länger als bei der FF8. Die Liegedauer pro Periode war bei der FF6 mit 90.3 min am höchsten und mit 78.0 min bei der FF8 am geringsten.

Die Tiere lagen im zweiten Versuch bei der FF10 mit 692.5 min am längsten. Bei der einmaligen Fütterung lagen die Tiere im Mittel 676.9 min, bei der FF12 verringerte sich die Liegedauer auf 656.3 min pro Tag. Ebenso war die Liegedauer je Periode bei der FF10 am längsten und bei der FF1 am kürzesten.

Tab. 2: Ruheverhalten

Tab. 2: *Resting behaviour*

Fütterungshäufigkeit Feeding frequency	Liegedauer Lying time min	Liegeperioden Lying periods n	Liegedauer/Periode Lying time/period min
FF2	733.4 ± 107.0	9.4 ± 2.7	84.2 ± 24.9
FF6	729.0 ± 91.8	8.4 ± 1.7	90.3 ± 18.9
FF8	712.0 ± 201.67	10.0 ± 4.3	78.0 ± 25.5
FF1	676.9 ± 125.4	9.3 ± 2.7	79.1 ± 25.7
FF10	692.5 ± 128.9	8.7 ± 2.5	85.8 ± 28.2
FF12	656.3 ± 126.2	8.7 ± 2.9	81.9 ± 26.8

Die Anzahl der einzelnen Liegeperioden veränderte sich kaum, sie war bei der einmaligen Fütterung am höchsten und bei den höheren Frequenzen etwas kleiner.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass eine massive Erhöhung der Fütterungshäufigkeit von einmal auf zwölfmal täglich insgesamt keinen wesentlichen Einfluss auf die Futteraufnahme und das Verhalten der Kühe hatte. Unterschiedlich war nur die Liegedauer über 24 h, die in beiden Versuchen bei den Fütterungshäufigkeiten FF8 und FF12 am kürzesten und bei der FF10 am längsten war. Die Anzahl Liegeperioden waren bei der FF8 mit zehn Liegeperioden je Tag am höchsten. Dabei wurden aber in anderen Versuchen häufig sechs bis elf Liegeperioden pro Tag bei Milchkühen beobachtet (DEVRIES et al. 2011, FRIEND et al. 1977, MATTACHINI et al. 2011, SAMBRAUS 1978). Die Liegedauer bei den verschiedenen Fütterungshäufigkeiten variierte zwischen 78.0 min bei FF8 und 90.3 min bei FF6 um maximal 12.3 Minuten. Versuche von DEVRIES et al. (2011), FRIEND et al. (1977) und ITO et al. (2009) ergaben Liegezeiten pro Liegeperioden von 80.1–88.0 min. Somit sind die aktuellen Ergebnisse vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Studien zum Liegeverhalten. Auch der Einfluss auf die Fress- und Wiederkaudauer war nur gering. Zahlreiche Versuche zur Fress- und Wiederkauzeit bei Milchkühen ergaben Fressdauern von 299,4–330 min und Wiederkauzeiten von 413–511 min pro Tag (DADO und ALLEN 1993, FRIEND et al. 1977, HANCOCK 1954, MATTACHINI et al. 2011, METZ 1975). Die Anzahl der Kauschläge pro Bolus zwischen den Fütterungshäufigkeiten variierte nur minimal.

Somit ist festzustellen, dass eine Erhöhung der Fütterungshäufigkeit mit automatischen Fütterungssystemen zu keiner akuten Beeinflussung des Tierverhaltens führt.

Literatur

- Dado, R. G.; Allen, M. S. (1993): Continuous Computer Acquisition of Feed and Water Intakes, Chewing, Reticular Motility, and Ruminant pH of Cattle. *Journal of Dairy Science* 76, pp. 1589–1600
- DeVries, T. J.; Deming, J. A.; Rodenburg, J.; Seguin, G.; Leslie, K. E.; Barkema, H. W. (2011): Association of standing and lying behavior patterns and incidence of intramammary infection in dairy cows milked with an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 94(8), pp. 3845–3855
- Friend, T. H.; Polan, C. E.; McGilliard, M. L. (1977): Free Stall and Feed Bunk Requirements Relative to Behavior, Production and Individual Feed Intake in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 60(1), pp. 108–116
- Grothmann, A.; Nydegger, F. (2009): Automatische Fütterung von Rindvieh - Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik. 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2009, 21.–23.09.2009, Berlin, KTBL, S. 280–285
- Hancock, J. (1954): Studies of grazing behaviour in relation to grassland management. 1. Variation in grazing habits of dairy cattle. *J. Agric. Sci., Cambridge* 44, pp. 420–433

- Ito, K.; Weary, D.M.; von Keyserlingk, M.A.G. (2009): Lying behavior: Assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92(9), pp. 4412–4420
- Mattachini, G.; Riva, E.; Provolo, G. (2011): The lying and standing activity indices of dairy cows in free-stall housing. *Applied Animal Behaviour Science* 129(1), pp. 18–27
- Metz, J.H.M. (1975): Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle. Dissertation, Wageningen, Veenman
- Nydegger, F.; Keller, M.; Gygax, L.; Egli, W. (2011): Wiederkausensor für Milchkühe. Automatisches Erfassen der Kau- und Fressaktivität zur Gesundheitsüberwachung. ART-Bericht 748. S. 1–8
- Samraus, H.H. (1978): *Nutztierethologie*. Berlin, Verlag Paul Parey

Untersuchungen zum Lernverhalten von Färsen am Beispiel des akustischen Aufrufens zum Besuch einer Kraftfutterstation

Investigations into the learning behaviour of heifers using the example of an acoustic call to visit a concentrate feeding station

JULIA WOODROW, KLAUS REITER, GEORG WENDL

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

Schlüsselwörter: Rinder, Aufruf, Lernverhalten, Konditionierung
Keywords: cattle, acoustic call, learning behaviour, conditioning

Zusammenfassung

Haltungsbedingungen mit automatisierten Systemen stellen hohe Anforderungen an das Lernvermögen von Rindern, weshalb genaue Kenntnisse zum Lernverhalten notwendig sind. In diesen Untersuchungen wurde geprüft, ob Färsen im Einzeltraining auf den Ruf eines dreisilbigen Namens konditioniert werden können und sie als Folge des Aufrufs eine Kraftfutterstation aufsuchen lernen. Weiterhin wurde untersucht, ob die Färsen ihren eigenen von fremden Namen unterscheiden können und sich nach einer 4-wöchigen Trainingspause an das Erlernte erinnern.

Die Färsen lernten, ihren Namen mit einer Belohnung an einer Kraftfutterstation zu verknüpfen und diese nach einem Aufruf zu besuchen. Der mittlere Lernerfolg stieg in der Phase des Differenzierungslernens von 60 % auf 92 % an und betrug beim Erinnerungstest 93 %. Die Ergebnisse zeigen, dass Rinder lernen eine Kraftfutterstation nach einem individuellen Signal aufzusuchen und das erlernte Verhalten auch beibehalten.

Summary

Housing conditions with automated systems place high demands on the learning ability of cattle. Therefore precise knowledge of the learning behaviour is necessary. In these studies was examined whether individual trained heifers could be conditioned to the calling of a three-syllable name and if they can learn to visit a concentrate feeding station after the call. It was also investigated whether the heifers learned to differentiate their individual name from other unfamiliar names and if they can recall the learned behaviour after a four-week break in training.

The heifers associated their name with a food reward at a concentrate feeding station and visited it following an acoustic call. The average learning success increased in the phase of differential learning from 60 % to 92 % and was still at 93 % at the recollection test. The results show that cattle learn to visit a concentrate feeding station after an individual signal and that they can recall the learned behaviour.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Einsatz von erlernten Signalen könnte zur Steuerung des Verhaltens in automatisierten Haltungssystemen genutzt werden. Somit könnte der Kuhverkehr im Stall optimiert und Wartezeiten bzw. Auseinandersetzungen zwischen den Tieren vor Kraftfutterstationen bzw. automatischen Melksystemen gesenkt werden. Untersuchungen zum Lernen gewinnen auch bei Nutztieren eine immer größere Bedeutung. In Lernexperimenten gelang es, trächtige Sauen in Gruppenhaltung auf einen individuellen dreisilbigen Namen zu konditionieren und sie damit zu einer Aufruffütterungsstation zu rufen (KIRCHNER et al. 2010, MANTEUFFEL et al. 2010). In anderen Untersuchungen wurden Rinder auf Töne konditioniert, um sie mit diesem Signal an eine Futterstation bzw. an ein automatisches Melksystem zu rufen (WREDLE et al. 2004, WREDLE et al. 2006).

Die Zielsetzung dieser Untersuchungen war es, Erkenntnisse zum Lernverhalten von Rindern zu erhalten. Es wurde geprüft, ob Färsen auf den Ruf eines individuellen dreisilbigen Namens konditioniert werden können und ob sie als Folge des Aufrufs lernen, eine Kraftfutterstation aufzusuchen. Weiterhin wurde untersucht, ob Färsen ihren eigenen Namen von einem fremden Namen differenzieren können und ob sie sich nach einer 4-wöchigen Trainingspause an das Erlernte erinnern.

2 Material und Methoden

2.1 Tiere und Haltung

Die Untersuchungen wurden in einem Stall des Versuchsbetriebs der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub durchgeführt. Sechs Färsen der Rasse Fleckvieh, die zu Versuchsbeginn ein Alter von 27–31 Monaten hatten, standen zur Verfügung. Die Eingliederung der sechs Färsen in eine bestehende Gruppe aus Trockenstehern und Färsen erfolgte eine Woche vor Versuchsbeginn. Im Stall befanden sich während des Versuchszeitraums 23 Tiere. Die sechs Färsen wurden zur besseren Unterscheidung an der Hinterhand mit einem Farbspray markiert.

Die Trockensteher und Färsen bekamen eine totale Mischration, die einmal täglich nach dem morgendlichen Training vorgelegt wurde. Die sechs Versuchstiere erhielten zusätzlich ein pelletiertes Kraftfutter als Belohnung beim Training.

2.2 Kraftfutterstation mit akustischem Aufruf

Für die Dauer des Einzeltiertrainings wurde der Stall in zwei Bereiche aufgeteilt. Auf der einen Seite wurden die Versuchstiere einzeln trainiert, währenddessen sich der Rest der Gruppe im anderen Stallteil aufhielt. Die Kraftfutterstation mit akustischem Aufruf setzte sich aus einem ferngesteuerten Kraftfutterdosierer mit Rotationsschnecke, einem Futtertrog mit Auswurfschacht und einem PC mit Lautsprechern zum Abspielen der akustischen Aufrufe zusammen (Abb. 1). Der Kraftfutterdosierer und die zur Apparatur gehörende Technik wurden hinter einer Holzwand, außer Reichweite der Tiere angebracht. Das Kraftfutter wurde vom Dosierer über einen Auswurfschacht in den Futtertrog gefüllt, wobei die ausdosierten Kraftfuttermengen über die Rotationsdauer der Dosierschnecke gesteuert und eingestellt werden konnten. Die Aktivierung des Dosiervorgangs



Abb. 1: Kraftfutterstation mit akustischem Aufruf bestehend aus einem fernbedienten Dosierer, einem PC mit Lautsprechern und einem Futtertrog

Fig. 1: Concentrate feeding station with acoustic call consisting of a remotely controlled dispenser, a PC with loudspeakers and a feeding trough

erfolgte über eine Funkfernbedienung. Je Belohnungsvorgang wurde maximal 200 g Kraftfutter gegeben, wobei jede Färse pro Tag eine maximale Kraftfuttermenge von 1000 g erhielt.

Als akustisches Aufrufsignal wurden dreisilbige Namen gewählt, die sich in ihrem Anfangsbuchstaben sowie der Vokalkombination unterschieden. Die sechs Namen Marion, Hermine, Franziska, Leonor, Stefanie und Annabell wurden den Färsen zufällig zugeordnet. In der Differenzierungsphase wurden zusätzlich zum eigenen noch fünf fremde Namen vorgespielt, die sich nach den gleichen Kriterien unterschieden.

Die Aufzeichnung der dreisilbigen Namen erfolgte mit einem Audiorecorder auf dem PC. Die Namen wurden mit einem Audio-Programm bearbeitet und in der Tonhöhe und dem Tempo verändert. Der Aufruf der Namen erfolgte über zwei Lautsprecher, die im Bereich der Kraftfutterstation platziert wurden. Lautstärkemessungen wurden mit einem Schallpegelmessgerät durchgeführt und ergaben Werte von 70 bis 76 dB im Bereich um die Kraftfutterstation.

2.3 Datenerhebung und Auswertung

Die Datenerhebungen erstreckten sich über einen Zeitraum von 32 Tagen zwischen Oktober und Dezember 2012. Es wurden 36 Trainingsabschnitte durchgeführt, wobei jede Färse insgesamt 208 Trainingseinheiten (Trainingswiederholungen in den Trainingsabschnitten) erhielt. In den ersten vier Trainingstagen wurden täglich zwei und danach ein Trainingsabschnitt pro Tag durchgeführt. In Anlehnung an andere Untersuchungen wurde eine Lernmethode bestehend aus klassischer und operanter Konditionierung verwendet. Das Training der Färsen gliederte sich in fünf Lernphasen und ist in Tabelle 1 beschrieben.

In Phase I wurden die Tiere vier Tage an die Futtergabe über die Kraftfutterstation gewöhnt, wobei noch kein akustischer Aufruf erfolgte. Im Anschluss lernten die Färsen bei der klassischen Konditionierung in Phase II über acht Tage ihren Namensruf mit einer Futtergabe an der Kraftfutterstation zu verknüpfen. Dabei wurde den Färsen während der Futteraufnahme der individuelle Name alle fünf Sekunden vorgespielt. Nach Abschluss der klassischen Konditionierung wurden die Färsen in der Phase III der ope-

ranten Konditionierung acht Tage lang mit ihrem Namen zur Kraftfutterstation gerufen, wobei sie lernten, dass eine Kraftfuttermenge nur nach einem maximal dreimaligen Aufruf erfolgte. In der Phase IV (Differenzierungslernen) wurden neben dem eigenen Namen noch fünf für die Tiere unbekannte Namen zufällig abwechselnd gerufen. Das Ziel war es, dass die Färsen nur auf den Ruf ihres eigenen Namens die Kraftfutterstation besuchten. Nach der 4-wöchigen Trainingspause wurde der Erinnerungstest in Phase V analog zur Phase IV an vier Tagen durchgeführt.

Tab. 1: Beschreibung der fünf Lernphasen

Tab. 1: Description of the five phases of learning

Phase	Beschreibung	Tage n	Trainings- abschnitte n	Trainings- einheiten n
I	Gewöhnung an die Kraftfuttermenge	4	8	16
II	klassische Konditionierung auf den eigenen Namen	8	8	32
III	operante Konditionierung mit dem eigenen Namen	8	8	40
IV	Differenzierungslernen mit dem eigenen und den fremden Namen	8	8	80
V	Erinnerungstest	4	4	40

Das Verhalten der Färsen wurde während des Trainings kontinuierlich mit Direktbeobachtungen und mit Videoaufnahmen erfasst. Der Kraftfuttermisierer und die Audioanlage wurden mit einer Funkfernbedienung bzw. einer Funktastatur bedient. Für die statistische Auswertung wurden die Häufigkeiten der Besuche an der Kraftfutterstation nach dem Ruf des eigenen bzw. der fremden Namen für die letzten vier Tage des Differenzierungslernens verglichen und mit Chi-Quadrat-Tests in Kontingenztafeln untersucht.

3 Ergebnisse

Die Untersuchungen zeigten, dass die Färsen lernten ihren Namen mit der Belohnung an einer örtlich gebundenen Futterquelle zu verknüpfen. In Abbildung 2 sind die Häufigkeiten der erfolgreichen Besuche an der Kraftfutterstation nach dem Ruf des eigenen bzw. der fremden Namen in den letzten vier Tagen des Differenzierungslernens für alle sechs Färsen dargestellt. Jedes Tier wurde jeweils 20-mal mit seinem eigenen und mit den fremden Namen gerufen.

Alle Färsen besuchten die Kraftfutterstation signifikant häufiger, wenn ihr eigener und nicht ein fremder Name gerufen wurde ($p < 0,001$). Die Färse „Hermine“ besuchte nur zweimalig nach dem Ruf mit den fremden Namen die Kraftfutterstation. Sie zeigte aber auch nur 18 erfolgreiche Besuche, wenn sie mit ihrem eigenen Namen gerufen wurde. Im Vergleich dazu reagierten die anderen Färsen auf alle Rufe mit dem eigenen Namen richtig. Das Tier „Stefanie“ besuchte 8-mal nach dem Ruf der fremden Namen die Kraftfutterstation und hatte somit die meisten fehlerhaften Besuche.

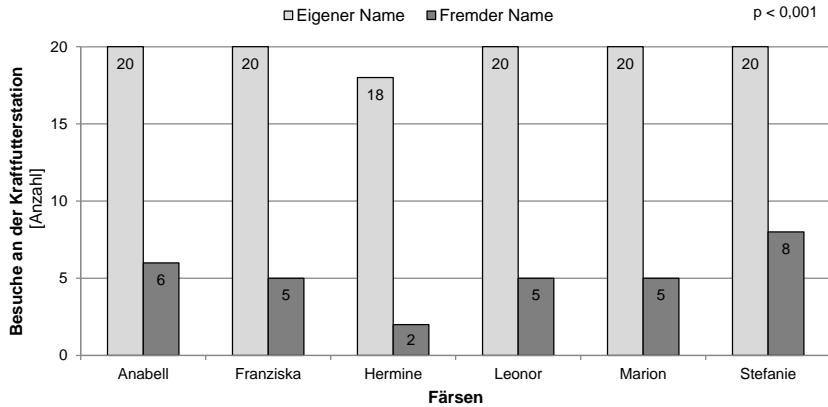


Abb. 2: Anzahl der Besuche an der Kraftfutterstation nach dem Ruf der eigenen bzw. fremden Namen (je 20 Rufe) in den letzten vier Tagen der Differenzierungsphase

Fig. 2: Number of visits to the concentrate feeding station after the call with their own or unknown names (20 calls each) in the last four days of the differential phase

In den acht Tagen des Differenzierens reagierten die Färsen im Mittel auf 97 % der Aufrufe des eigenen Namens mit einem Besuch an der Kraftfutterstation. Die Besuche der Färsen an der Kraftfutterstation nach dem Ruf der fremden Namen sanken in dieser Phase von 73 % (Tag 21) auf 17 % (Tag 28). Abbildung 3 zeigt den mittleren täglichen Lernerfolg (richtige Reaktionen relativ zu allen Rufen) der Färsen in der Differenzierungsphase und dem Erinnerungstest. Der Lernerfolg stieg in der Differenzierungsphase von 60 % (Tag 21) auf 92 % (Tag 28) an. Nach der 4-wöchigen Trainingspause lag der Lernerfolg im Erinnerungstest bei durchschnittlich 93 %.

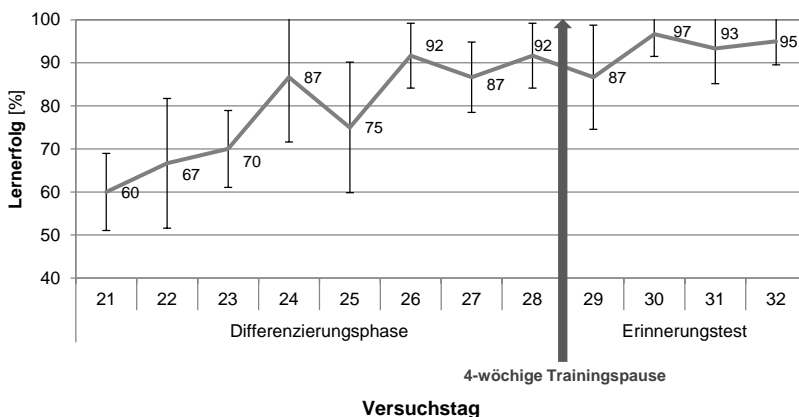


Abb. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen des Lernerfolgs (in Prozent) in der Differenzierungsphase und dem Erinnerungstest

Fig. 3: Means and standard deviations of learning success (in percent) in the differential phase and the recollection test

4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen zeigten, dass Rinder lernen, nach einem individuellen akustischen Signal eine Kraftfutterstation aufzusuchen. Auch nach einer 4-wöchigen Trainingspause konnten sich die Tiere an ihren Namen erinnern und das erlernte Verhalten abrufen.

Der Lernerfolg wurde in diesen Untersuchungen durch ein Einzeltiertraining erreicht. Weitere Lernversuche sollten durchgeführt werden, um den Aufruf von Einzeltieren in der Gruppe zu untersuchen.

Literatur

- Kirchner, J.; Manteuffel, G.; Schrader, L. (2010): Können mit einer Aufrufstation für Wartesauen agonistische Interaktionen gesenkt werden? In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2010. KTBL-Schrift 482. Darmstadt, S. 127–136
- Manteuffel, G.; Mannewitz, A.; Manteuffel, C.; Tuchscherer, A.; Schrader, L. (2010): Social hierarchy affects the adaption of pregnant sows to a call feeding learning paradigm. *Applied Animal Behaviour Science* 128, pp. 30–36
- Wredle, E.; Rushen, J.; de Passillé, A.M.; Munksgaard, L. (2004): Training cattle to approach a feed source in response to auditory signals. *Canadian Journal of Animal Science* 84, pp. 567–572
- Wredle, E.; Munksgaard, L.; Spörndly, E. (2006): Training cows to approach the milking unit in response to acoustic signals in an automatic milking system during the grazing season. *Applied Animal Behaviour Science* 101, pp. 27–39

Vergleich verschiedener Verfahren zur automatisierten Erfassung des Verhaltens von Milchkühen bei Stallhaltung

Comparison of different technical approaches for automated recording of behaviour of dairy cows in a free stall barn

ROSEMARIE OBERSCHÄTZL¹, BERNHARD HAIDN¹, JAN HARMS¹, RUDOLF PEIS¹, ISABELLA STITZELBERGER², TOBIAS ROSE³, HEINZ BERNHARDT⁴

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwächter-Platz 2, 85586 Poing-Grub

² Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Am Hofgarten 4, 85354 Freising-Weihenstephan

³ Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld

⁴ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan

Schlüsselwörter: Milchkühe, Tierverhalten, Ortungssystem, Videotechnik

Keywords: dairy cows, animal behaviour, local positioning system, video technology

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war es, verschiedene technische Ansätze zur einzeltier- und herdenbasierten Erfassung des Verhaltens von Milchkühen (Videotechnik, Ortungssystem, ALT-Pedometer, Wiederkausensoren, RFID) hinsichtlich ihrer Qualität, Leistung und Handhabung zu vergleichen und zu bewerten. Damit sollte die Grundlage für weiterführende Untersuchungen zum Tierverhalten geschaffen werden.

Die Ortung ermöglichte den Videoaussagen vergleichbare Ergebnisse zum Herdenverhalten. Beim Einzeltiervergleich dieser beiden Techniken wurden jedoch in bestimmten Stallbereichen Abweichungen aufgrund von Signalabschirmungen festgestellt. Verfahren wie ALT-Pedometer und Wiederkausensoren lieferten zu den durch Ortung und RFID lokalisierten Aufenthaltsbereichen der Tiere zusätzliche Informationen über Funktionskreise.

Summary

The aim of the investigations was to compare and evaluate several technical approaches for recording individual animal as well as herd behaviour of dairy cows (video technology, local positioning system, ALT-pedometers, rumination sensors, RFID) concerning to their quality, their performance and their handling. The basis for further investigations of animal behaviour should be provided.

The local positioning system gave results of herd behaviour similar to the video technology. Concerning the behaviour of individual cows greater differences in certain areas were detected because of signal shielding. The used ALT-pedometers and rumination sensors delivered additional information about behaviour patterns performed in certain areas assigned by the positioning system or the RFID.

1 Einleitung und Zielstellung

Mit zunehmender Bestandsgröße ist eine tierindividuelle Überwachung von Milchkühen erschwert, sodass entweder nur die Herde beobachtet werden kann oder ein erhöhter Arbeitszeitaufwand für eine individuelle Tierkontrolle erforderlich ist. Dies gilt für den Praxisbetrieb aber insbesondere auch für wissenschaftliche Erhebungen, welche oftmals eine Vorreiterstellung einnehmen. Bisher erfolgte die wissenschaftliche Datengewinnung meist über Direkt- und/oder Videobeobachtung. Diese beiden Verfahren beanspruchen jedoch einen hohen zeitlichen Aufwand und unterliegen einer starken Subjektivität der Beobachtungsperson (BRANDL 2006, HOY 2009). Aus diesen Gründen werden im Sinne des „Precision Livestock Farmings“ tierindividuelle und automatisierte Datenerfassungsverfahren immer wichtiger. Im Zusammenhang mit verschiedenen Melk- und Umtriebsverfahren sowie Aktivitätsmessungen finden bereits elektronische Tieridentifikationssysteme (RFID-Technik), Pedometer, Ortungssysteme und Sensoren zur Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens Einsatz in den Milchviehställen (HARMS und WENDL 2009).

Um wesentliche Voraussetzungen für Erhebungen zum Tierverhalten zu schaffen und Optimierungspotenziale der Versuchsanstellungen ableiten zu können, sollten im Rahmen der Untersuchungen der LfL in Zusammenarbeit mit der TU München, der HSWT, der FH Kiel und der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz Tänikon (Schweiz) verschiedene technische Ansätze zur einzeltier- und herdenbasierten Erfassung des Tierverhaltens hinsichtlich ihrer Qualität, Leistung und ihrer Handhabung verglichen und bewertet werden.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden auf einem Praxisbetrieb mit 120 Milchkühen in zwei Leistungsgruppen, zwei automatischen Melksystemen, einem „Feed-First“-Umtriebssystem und einem automatischen Fütterungssystem im Ostallgäu durchgeführt. In zwei Versuchsphasen (1. Phase: 1.12.–21.12.2011; 2. Phase: 6.02.–6.03.2012) wurden mithilfe folgender technischer Ansätze verschiedene ethologische Parameter erfasst (Abb. 1):

- **Videotechnik** (Mobotix; 6 Kameras): Ruhe- und Aktivitätsverhalten, Ernährungsverhalten, Melkverhalten, Bereichszuordnung
- **Ortungssystem** (Ubisense Series 7000; 111 Identifikationseinheiten 14 Sensoren): Ruhe- und Aktivitätsverhalten, Ernährungsverhalten, Melkverhalten, Bereichszuordnung
- **Wiederkausensoren** (RumiWatch Messhalter der ITIN & Hoch GmbH, 6 Kühe der Niederleistungsgruppe): Fress- und Wiederkauverhalten
- **ALT-Pedometer** (Hersteller Holz, 15 Fokuskühe je Leistungsgruppe): Ruhe- und Aktivitätsverhalten
- **RFID-Technologie der AMS** (DeLaval): Melkverhalten, Bereichszuordnung

Die Digitalisierung des Bildmaterials der Videotechnik erfolgte mit dem Programm Image J (Version IJ 1.45m, National Institutes of Health) nach dem Time-Sampling-Verfahren, wobei für die herdenbasierten Auswertungen ein 5-min-Raster und für

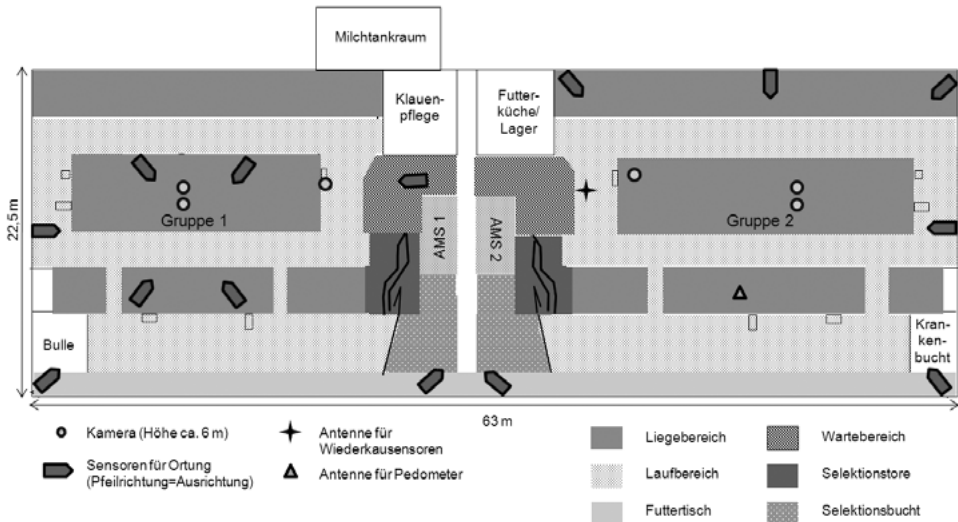


Abb. 1: Aufbau des Versuchsstalls und Positionierung der Erfassungstechnik
 Fig. 1: Design of the experimental barn and positioning of the acquisition technique

die Einzeltierauswertungen ein 1-min-Raster gewählt wurde. Die Ortungskoordinaten wurden nach einer minimalen Aufenthaltsdauer der Tiere in einem Stallbereich von 5 s aufbereitet, um Schwankungen zu vermeiden. Alle gewonnenen Daten wurden mithilfe einer PostgreSQL-Datenbank verarbeitet.

Die herdenbezogene Gegenüberstellung der Videotechnik (Referenzsystem) und des Ortungssystems fand in der Niederleistungsgruppe an jeweils einem Tag der beiden Versuchsphasen statt. Da aufgrund begrenzter Kapazitäten des Systems nur 37 bzw. 50 Tiere mit einem aktiven Ortungstag ausgestattet waren, wurde diese Anzahl auf die gesamte Tierzahl in der Gruppe je Tag von $n = 60$ bzw. $n = 65$ hochgerechnet.

Der einzeltierbezogene Vergleich der Videotechnik und des Ortungssystems basierte auf der Auswertung von vier Fokuskühen an zwei ausgewählten Tagen je Versuchsphase.

Für den Vergleich aller eingesetzten Techniken auf Einzeltierbasis wurde der Tagesverlauf einer Kuh exemplarisch dargestellt. Hierfür wurden die Aufenthaltsbereiche nach Video, Ortung und RFID sowie die durch Pedometer und Wiederkausensor detektierten Zustände zeitlich synchronisiert gegenübergestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Das Herdenverhalten der Tiere konnte sowohl durch die Video- als auch die Ortungstechnik in ähnlicher Weise abgebildet werden. Doch lagen in den einzelnen Funktionsbereichen und Tagesintervallen unterschiedliche Abweichungen vor. Tabelle 1 zeigt die durchschnittlichen anzahlmäßigen und relativen Abweichungen und die Anteile der negativen und positiven Abweichungen der mithilfe des Ortungssystems in den drei

Funktionsbereichen ermittelten Herdenanteile von jenen der Videotechnik. Die Berechnungen erfolgten im Mittel zweier Versuchstage und in Bezug auf die in den Bereichen maximal mögliche Tierzahl. Die Angaben über die Anteile negativer und positiver Abweichungen basieren auf der Gesamtanzahl erfasster Unterschiede ($n = 1556$). Die überwiegend negativen Abweichungen der durch Ortung und Video detektierten Herdenanteile im Fressbereich sind durch schlechte Lichtverhältnisse und Bildverzerrungen des Videomaterials zu erklären.

Tab. 1: Durchschnittliche Abweichungen der mithilfe des Ortungssystems in den Funktionsbereichen ermittelten Herdenanteile von jenen der Videotechnik im Mittel zweier Versuchstage

Tab. 1: Average deviations of the obtained proportions of the number of cows in the functional areas detected by the local positioning system from those of the video technology in average of two days

Funktionsbereich	Tagesintervall h	Abweichung der Ortung von Video ¹⁾				
		Anzahl der Abweichungen ²⁾	Durchschnitt absolute Anzahl ³⁾	Durchschnitt rel. Anzahl ⁴⁾ %	Anteil negativer Werte %	Anteil positiver Werte %
Liegebereich	6 bis 18	273	3,3	5,3	4,2	13,3
	18 bis 6	264	2,5	4,0	7,0	10,0
Fressbereich	6 bis 18	267	2,8	4,5	14,3	2,9
	18 bis 6	261	2,9	4,6	12,4	4,4
Warteraum	6 bis 18	225	1,8	13,1	2,0	15,1
	18 bis 6	266	1,4	10,6	2,1	12,4
Σ		1556			41,9	58,1

¹⁾ Differenz der Anzahl Tiere in den Funktionsbereichen nach Video und Ortung.

²⁾ Anzahl Datensätze mit unterschiedlichen Tierzahlen nach Video und Ortung.

³⁾ Durchschnittliche Differenz (absoluter Betrag) der Anzahl Tiere aller Datensätze ermittelt über Video und Ortung.

⁴⁾ Rel. Anteil der durchschnittlichen Differenzen (absoluter Betrag) an den in den Funktionsbereichen maximal möglichen Tierzahlen.

Die Ergebnisse über das Herdenverhalten lassen sich im Wesentlichen durch den einzeltierbasierten Vergleich der Videotechnik und des Ortungssystems ($n = 4$ Tiere, $n = 4$ Tage) bestätigen. Dieser zeigte, dass 57 % der zum jeweiligen Zeitpunkt ermittelten Aufenthaltsorte (z.B. einzelne Liegebox) der Fokuskühe bei beiden Techniken übereinstimmten. Zu den besonders auffälligen Funktionsbereichen zählte – ähnlich der in Tabelle 1 gezeigten Ergebnisse – der Warteraum vor den beiden AMS, in dem eine mittlere Abweichung von mehr als 30 % auftrat. Dagegen kamen in den Liegebuchten Abweichungen von im Mittel 0–10 % vor. Der Hauptgrund hierfür liegt in der wesentlich schlechteren Ortungsgenauigkeit im Wartebereich. Bestätigt wird diese Aussage dadurch, dass in AMS-nahen Liegebuchten ebenfalls Abweichungen in der Größenordnung von etwa 30 % ermittelt werden konnten (STITZELBERGER 2012).

Um die Möglichkeiten und Grenzen der fünf eingesetzten Techniken zur Erfassung von Tierverhaltenskenngößen parallel zu zeigen, werden diese in Abbildung 2 exemplarisch anhand des Tagesverlaufs eines Einzeltieres dargestellt.

Die qualitative Gegenüberstellung der Verläufe der RumiWatch- und Pedometer-Werte sowie der Bereichszuordnungen durch das Ortungssystem, die Videotechnik und die in der Milchviehhaltung bereits verbreitete RFID-Technologie lässt eine übereinstimmende Abfolge von Ruhe- und Aktivitätsphasen im Tagesverlauf erkennen.

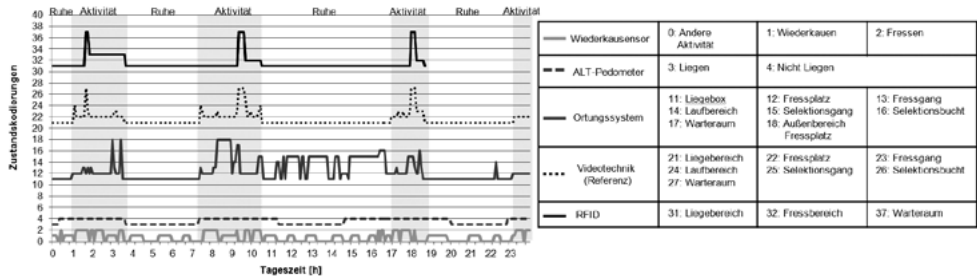


Abb. 2: Einzeltierbasierter Vergleich der Techniken zur automatisierten Erfassung von Verhaltensdaten (Kuh 38 aus Gruppe 2, 18.12.2011)

Fig. 2: Individual cow based comparison of techniques for automated detection of behaviour characteristics (cow 38 of group 2, 18.12.2011)

Bedeutende Abweichungen ergaben sich jedoch beim Ortungssystem aufgrund von Signalstörungen in der Nähe des Selektions- und Wartebereichs vor dem AMS. Beispielsweise wurde Kuh 38 im Zeitraum von 11:15 bis 14:30 Uhr abwechselnd in der Liegebucht (11), im Selektionsgang (15) und im Laufbereich (14) geortet, während die anderen Systeme eine durchgehende Ruhephase anzeigten. Die nachfolgende Aktivitätsphase (Wechsel des Tieres in den Fressbereich) wurde mit Ausnahme der RFID-Technik durch alle Verfahren angezeigt, da auf dem untersuchten Betrieb am Übergang zum Fressbereich keine RFID-Erkennung installiert war. Die Kuh wurde daher erst wieder bei ihrem nächsten Besuch der Selektionseinrichtung erfasst.

Ausgehend von den Erhebungen sind als Hauptgründe für die Abweichungen der Ortungs- und Videotechnik die Beeinträchtigung des Videomaterials durch schlechte Lichtverhältnisse (Sonneneinstrahlung, Dunkelheit), die Abschirmung und -ablenkung der Ortungssignale durch Stalleinrichtungen und geringe Tierzahlen in den einzelnen Bereichen zu sehen.

Die Wiederkausensoren und deren Erkennungsalgorithmus ermöglichten - abgesehen von Problemen in der Handhabung und Funktionssicherheit - eine mit den Angaben der anderen Techniken übereinstimmende Bestimmung der Fress- und Wiederkauphasen des betrachteten Einzeltieres. Auch die ALT-Pedometer erwiesen sich als funktionssichere Technik zur Detektion des Ruhe- und Aktivitätsverhaltens von Einzelkühen. Die Untersuchung zeigte, dass für die Bewertung der eingesetzten Techniken je nach Zielsetzung verschiedene Kriterien zu berücksichtigen sind (Tab. 2).

4 Schlussfolgerungen

Während die Videotechnik aufgrund ihres hohen Digitalisierungsaufwands mehr zur Onlineüberwachung des Betriebsgeschehens geeignet und als Referenzsystem zu sehen ist, erlauben Ortungssysteme und die RFID-Technik eine automatisierte Lokalisierung von Einzeltieren in den Bereichen und die Erfassung des Herdenverhaltens. Stalleinbauten können die Positionsbestimmung durch die Ortungstechnik jedoch erheblich beein-

trächtigen. Für Fragestellungen nach genauen Bereichszuordnungen von Einzeltieren ist somit insbesondere in aufgrund der Signalabschirmungen kritischen Bereichen ein ausreichend dichtes Netz an Sensoren erforderlich.

Verfahren wie ALT-Pedometer und Wiederkausensoren liefern zusätzliche Informationen über die in den detektierten Funktionsbereichen stattfindenden Verhaltensweisen. Doch sind die Überprüfung der Eignung und Anpassung der Systemeinstellungen aller eingesetzten Techniken an die baulichen Gegebenheiten vor Versuchsbeginn ausschlaggebend für die Qualität des Datenmaterials.

Eine Verknüpfung der untersuchten technischen Ansätze ermöglicht eine detaillierte und plausible Erfassung der Verhaltenskenndaten von Milchkühen und stellt sowohl für Forschungszwecke als auch in der Praxis einen vielversprechenden Ansatz zur Tierkontrolle und zur Sicherstellung des Tierwohls dar.

Tab. 2: Bewertung der eingesetzten Techniken

Tab. 2: *Evaluation of techniques used*

Parameter	Video-technik	Ortungssystem	ALT-Pedometer	Wiederkausensor	RFID
Handling					
Handhabung und Funktionssicherheit	++	+	++	-	+
Sicherheit der Bedienungsperson	++	-	-	0	++
Zeitlicher Aufwand	--	0	++	+	++
Aufzeichnungsqualität					
Beeinflussung durch Aufstallung	+	-	++	++	++
Beeinflussung durch Lichtverhältnisse	-	++	++	++	++
Informationsgewinn					
Tierindividuell	-	++	++	++	++
Herdenbasiert	++	+	0	0	+

+ +: äußerst positiv; +: positiv; 0: neutral; -: negativ; --: äußerst negativ.

Literatur

- Brandl, N. (2006): Measuring pig travel by image analysis. Danish Institute of Animal Science, Department of Animal Health and Welfare. <http://nabilnabil.homestead.com/files/movtrack.htm>, Zugriff am 6.05.2013
- Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhaltung, In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern. LfL-Schriftenreihe Nr. 14, S. 16–35. http://www.lfl.bayern.de/itt/forschung/38119/2009_lflschrift_14.pdf. Zugriff am 10.05.2013
- Hoy, S. (2009): Methoden der Nutztierethologie. In: Hoy, S. (2009): Nutztierethologie. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, S. 48–51
- Stitzelberger, I. (2012): Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung des Annäherungsverhaltens von Einzelkühen an automatische Melksysteme – Vergleich von Video- und Ortungstechnik. Diplomarbeit. Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Institut für Landtechnik und Tierhaltung)

Untersuchungen zur Futterqualität und –hygiene bei automatischen Fütterungssystemen für Milchkühe

Investigations on forage quality and hygiene in automatic feeding systems for dairy cows

STEFANIE MAIER¹, JOHANNES OSTERTAG², BERNHARD HAIDN¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing-Grub

Schlüsselwörter: automatisches Fütterungssystem, Futterqualität, aerobe Stabilität, Keimgehalt, Nacherwärmung

Keywords: automatic feeding system, forage quality, aerobic stability, germ count, reheating

Zusammenfassung

Automatische Fütterungssysteme (AFS) für Rinder gewinnen unter anderem aufgrund ihres Potenzials zur Arbeitszeiteinsparung und Arbeitserleichterung mehr und mehr an Bedeutung. Die mit AFS verbundene aerobe Zwischenlagerung von Silagen bzw. Mischrationen birgt jedoch das Risiko der Nacherwärmung. An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wurden daher 2012 und 2013 Untersuchungen zur Veränderung der Futterqualität bei automatischer Futtevorlage durchgeführt. Die Zwischenlagerung Totaler Mischrationen (TMR), hohe Umgebungstemperaturen und hohe Ausgangskeimgehalte wirkten sich negativ auf die aerobe Stabilität des Futters aus. In den Sommermonaten sollte daher von einer aeroben Zwischenlagerung der Futtermittel länger als 24 h abgesehen werden, während dies bei niedrigen Umgebungstemperaturen durchaus akzeptabel ist.

Summary

Automatic feeding systems (AFS), amongst other reasons, gain more and more importance due to their potential of saving labour and reducing workload in dairy farming. However the storage of forage under aerobic conditions in AFS runs the risk of reheating of silages. Therefore in 2012 and 2013 investigations concerning the changes of forage quality in AFS were conducted at the Bavarian State Research Center for Agriculture. The storage of total mixed rations (TMR), high ambient temperatures as well as high initial germ contents influenced the aerobic stability of the TMR negatively. Consequently in the summertime during high ambient temperatures a feed storage under aerobic conditions longer than 24 h should be avoided, however it seems to be harmless in the wintertime during low ambient temperatures.

1 Einleitung und Zielstellung

Aufgrund struktureller Veränderungen hin zu größeren Viehbeständen bei gleich bleibender oder sogar rückläufiger Arbeitskapazität drängen Milchviehbetriebe immer stärker zur Mechanisierung und Automatisierung verschiedener Arbeitsgänge. Nach dem Melken und der Versorgung der Nachzucht nimmt das Füttern in bayerischen Milchviehbetrieben mit 16 % des Arbeitszeitbedarfes den drittgrößten Arbeitsblock ein (HAIDN und MACUHOVA 2009). Somit birgt die Automatisierung der Fütterung ein weiteres großes Potential hinsichtlich der Einsparung von Arbeitszeit (HARMS und WENDL 2009). Automatische Fütterungssysteme (AFS) gewinnen deshalb insbesondere unter dem Aspekt der Arbeitserleichterung, -flexibilisierung und -einsparung mehr und mehr an Bedeutung. Neben den arbeitswirtschaftlichen Aspekten sollen AFS Futterverluste minimieren und die Futterhygiene verbessern. Die Lagerung von Futtermitteln, im Besonderen Silagen, über einen längeren Zeitraum unter Lufteinfluss wird in der Literatur jedoch als problematisch im Hinblick auf die Nacherwärmung der Silagen beschrieben (GROTHMANN et al. 2012, SEPPÄLÄ et al. 2012, KUNG 2010).

GROTHMANN et al. stellten 2012 erste Ergebnisse zum Einfluss der Außentemperatur auf die maximale Lagerdauer von Maissilage bei AFS vor. Bei Außentemperaturen von max. 25°C zeigten erste Untersuchungen, dass sich Maissilage aus einem Hochsilo (locker gelagert) schon nach ca. sechs Stunden um ca. fünf Kelvin erwärmte, während Maissilage in Ballen über mehr als 20 Stunden auf dem Niveau der Ausgangstemperatur blieb. SEPPÄLÄ et al. (2012) untersuchten grasbasierte TMR verschiedener Qualität im Hinblick auf die aerobe Stabilität (Zeitraum, bis sich die TMR um 2 Kelvin gegenüber der Raumtemperatur erhöht). Bei Einsatz stabiler Grassilage lag die aerobe Stabilität der TMR bei 54,7 h. Bei Einsatz instabiler Grassilage hingegen verringerte sich die aerobe Stabilität auf nur mehr 5,8 h. In einem weiteren Versuch wurden vier verschiedene grasbasierte TMR mit unterschiedlichen Komponenten (stabile Grassilage, instabile Grassilage, Biertreber) im Hinblick auf Nacherwärmung untersucht. Dabei konnte eine negative Korrelation zwischen dem Ausgangshefegehalt und der aeroben Stabilität der TMR festgestellt werden. Zu diesem Ergebnis kam auch KUNG 2010 bei Untersuchungen von TMR aus Praxisbetrieben.

Allerdings ist nicht nur der Hefegehalt der Silagen verantwortlich für die Nacherwärmung, sondern weitere Einflussfaktoren, wie weitere Mikroorganismen, die Umgebungstemperatur, der Trockenmassegehalt und die Konzentration verschiedener Säuren in den Silagen (KUNG 2010, OUDE ELFERINK et al. 1999). So ist neben einer hohen Konzentration an Milchsäure auch ein ausreichender Anteil an Essigsäure und sogar Buttersäure aufgrund ihrer antimykotischen Eigenschaften in der Silage erwünscht (FILYA 2003, KUNG 2010).

Für bayerische Milchviehbetriebe liegen bisher nur unzureichende Informationen zur Auswirkung einer mehrmals täglichen Futtervorlage bei aerober Lagerung der Futtermittel auf die Futterqualität vor. Aus diesem Grund fanden diesbezüglich 2012 und 2013 an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft verschiedene Untersuchungen statt.

2 Material und Methoden

Zunächst wurden Vorversuche zur Einschätzung der mikrobiologischen Aktivität in den zur Verfügung stehenden Futtermittel durchgeführt, welchen sich mehrere Versuche mit Einsatz oder Simulation eines AFS anschlossen. Eine Übersicht der durchgeführten und noch geplanten Versuche ist in Tabelle 1 zu sehen.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten und geplanten Versuche zur Futterqualität
 Tab. 1: Overview of the realized and planned experiments of feed quality

Untersuchungsparameter	Lagerung der Futtermittel	Futtermvorlage	Jahreszeit	Datenerhebung
Vorversuch 1 (VV1)	einzel	keine	Sommer 2012	Temperatur Keimgehalt
Vorversuch 2 (VV2)	als Mischung	keine	Sommer 2012	
Versuch 1 (V1)	als Mischung im FMW ¹⁾	Simulation eines AFS	Sommer 2012	Nährstoffgehalt, Gärparameter, Temperatur, Keimgehalt
Versuch 2 (V2)	einzel in Vorratsbehältern	AFS der Firma Wasserbauer	Winter 2012	
Versuch 3 (V3)	als Mischung im FMW ¹⁾	Simulation eines AFS	Winter 2012	
Versuch 4 (V4)	als Mischung im FMW ¹⁾	Simulation eines AFS	Sommer 2012	
Versuch 5 (V5)	einzel in Vorratsbehältern	AFS der Firma Wasserbauer	Sommer 2012	

¹⁾ Futtermischwagen.

In Vorversuch 1 (VV1) wurden die zur Verfügung stehenden Silagen nach Aussehen und Geruch in stabil und instabil eingeteilt. Bei den als stabil eingestuften Silagen erfolgte nur die Bestimmung des Ausgangskeimgehalts, während je ca. 20 kg der instabilen Silagen zusätzlich über 24 h aerob gelagert, der Temperaturverlauf gemessen und der Keimgehalt nach 24 h bestimmt wurde. In Vorversuch 2 (VV2) wurden vier verschiedene TMR aus den in VV1 getesteten Futtermitteln erstellt. Die TMR unterschieden sich ausschließlich im Einsatz stabiler/instabiler Silagen. Alle anderen Komponenten sowie das Mischungsverhältnis wurden gleich gehalten. Ca. 200 kg jeder Mischration wurden über 24 h unter Lufteinfluss gelagert und deren Temperaturverlauf und Keimgehalt bestimmt. In Versuch 1 (V1) und Versuch 3 (V3) wurde ein AFS mit stationärem Mischer ohne Vorratsbehälter simuliert. Die Mischung der TMR wurde einmal täglich morgens in einem 9 m³ Futtermischwagen mit horizontalen Mischschnecken erstellt und dort bis zum letzten Verteiltermin über maximal 24 h gelagert. Das Verteilen erfolgte an zwei Tiergruppen entweder einmal täglich morgens unmittelbar nach dem Mischen oder sechsmal im Laufe des Tages. Versuch 4 wird im Sommer 2013 analog dazu stattfinden. Versuch 2 (V2) fand bei Einsatz eines AFS der Firma Wasserbauer mit Vorratsbehältern und Misch- und Verteilwagen an den Landwirtschaftlichen Lehranstalten (LLA) in Triesdorf statt. Hierbei wurden ebenfalls zwei an einem Futtertisch gegenüber liegende Tiergruppen entweder einmal täglich morgens oder sechsmal im Tagesverlauf gefüttert. Die Ration für die mehrmals tägliche Fütterung wurde jedoch ebenso wie die einmal täglich gefütterte Ration unmittelbar vor dem Verteilen gemischt. Versuch 5 ist analog

dazu für Sommer 2013 geplant. In Tabelle 2 sind die in den verschiedenen Mischrationen eingesetzten Futtermittel in den bereits durchgeführten Versuchen dargestellt. In allen Versuchen wurden die Temperaturen der Futtermischungen abhängig vom jeweiligen Temperaturerfassungssystem in unterschiedlichen Intervallen an den verschiedenen Lagerorten gemessen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Temperaturmessung in den Versuchen.

Tab. 2: Eingesetzte Futtermittel in den untersuchten Totalen Mischrationen
 Tab. 2: *Ingredients of the tested total mixed rations*

Futtermittel	Anteil der Futtermittel [g/kg FM]									
	Vorversuch 2				Versuch 1		Versuch 2		Versuch 3	
	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4	stabil	instabil	stabil	instabil	stabil	instabil
Kraftfuttermischung	94	94	94	94	100	100	65	65	98	98
Rapsextraktionsschrot							51	51		
Grassilage stabil	141	141			356		348		138	
Grassilage instabil			141	141		356		348		138
Maissilage stabil	470		470		451		501		459	
Maissilage instabil		470		470		451		501		459
Luzernesilage stabil	188	188	188	188					207	207
Heu	19	19	19	19	17	17				
Luzerneheu							17	17		
Stroh	21	21	21	21	9	9	17	17	30	30
Maiskornsilage	59	59	59	59	59	59			64	64
Melasse	8	8	8	8	8	8			5	5

Tab. 3: Überblick über die eingesetzten Temperaturerfassungssysteme
 Tab. 3: *Overview of the temperature measurement systems*

Temperaturmessung	Vorversuche 1 und 2	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Futtertisch		Temperaturmesssonde ³⁾	Temperaturmesssonde ³⁾	Temperaturmesssonde ³⁾
Futtermischwagen		Stechlanze ⁴⁾		Stechlanze ⁴⁾
Vorratsbehälter	Temperaturdatalogger ¹⁾		Temperaturmesssonde ³⁾	
Umgebung	Temperatur- und Luftfeuchtedatalogger ²⁾	Temperatur- und Luftfeuchtedatalogger ²⁾	Wetterstation Triesdorf des Agrar-meteorologischen Messnetzes Bayern	Temperaturdatalogger ¹⁾⁵⁾

¹⁾ Ebro Elektronik GmbH (Messung im 5-Minuten-Takt). ²⁾ Rotronic Hygrolog (Messung im Minuten-Takt). ³⁾ Greisinger electronic (Messung zu den Fütterungszeitpunkten). ⁴⁾ Eigenkonstruktion, 16 pt100 Temperatursensoren, Loggerfunktion (Messung im Minuten-Takt). ⁵⁾ Imec Messtechnik GmbH (Messung im 5-Minuten-Takt).

Die chemische Analyse der Futtermittel (Nährstoffgehalte, pH-Wert, Gärparameter) übernahm die Abteilung für Qualitätssicherung und Untersuchungswesen der LfL in Grub (akkreditiert nach DIN EN/IEC 17025). Die mikrobiologische Probenanalyse (Laktobazillen, Gesamtkeimzahl, Hefen, Schimmelpilze) erfolgte im Labor des Tiergesundheitsdienstes in Grub (akkreditiert nach DIN EN/IEC 17025).

3 Ergebnisse und Diskussion

In VV1 spiegelte sich die Einteilung nach sensorischen Kriterien in stabile und instabile Silagen sowohl im Temperaturverlauf als auch in den Hefegehalten wider. Die instabile Maissilage wies die höchsten Ausgangshefegehalte (8,20 log KbE/g FM) auf und erwärmte sich am schnellsten. Sie stieg innerhalb von 24 h von 26,1 °C auf 47,9 °C an. Die Luzernesilage mit den niedrigsten Ausgangshefegehalten (4,83 log KbE/g FM) blieb über 24 h auf einem weitgehend gleichbleibenden Temperaturniveau zwischen 23 °C und 26 °C. Der Ausgangshefegehalt der Grassilage lag bei 5,71 log KbE/g FM und die Temperatur stieg von 26,7 °C auf 42,4 °C an. Dieses Ergebnis deckt sich mit der bei KUNG (2010) und SEPPÄLÄ (2012) beobachteten negativen Korrelation zwischen Hefegehalt und aerober Stabilität von Silagen. In den Ergebnissen von VV2 wird deutlich, dass neben dem Hefegehalt weitere Faktoren, wie die Konzentration verschiedener Säuren oder die Gehalte weiterer Mikroorganismen (*Acetobacter*) in den Silagen die Nacherwärmung von TMR beeinflussen (KUNG 2010, OUDE ELFERINK et al. 1999). Die Ausgangshefegehalte der vier verschiedenen TMR lagen trotz Einsatz unterschiedlicher Silagequalitäten auf einem ähnlichen Niveau und erhöhten sich in 24 h nur geringfügig in ähnlichem Maße. Die Temperatur der TMR hingegen entwickelte sich unterschiedlich.

Tabelle 4 stellt die Temperaturen und den Hefegehalt in den Versuchen 1 bis 3 dar. Eine Erwärmung der TMR nach 20 h konnte nur in V1 (Sommer) bei Einsatz instabiler Silage und sechsmal täglicher Fütterung festgestellt werden, was sich mit dem bei GROTHMANN et al. (2012) und KUNG (2010) beschriebenen Einfluss der Umgebungstemperatur deckt.

In V1 erhöhten sich die Hefegehalte bei beiden Fütterungsfrequenzen nach 24 h auf 7,75 log KbE/g FM, die Temperatur der Silage erhöhte sich jedoch nur bei sechsmaliger Fütterung im Futtermischwagen und war in der Folge auch am Futtertisch erhöht. Durch die Ablage der TMR als Schwad konnte das Futter bei einmal täglicher Fütterung aufgrund der größeren Oberfläche ständig abkühlen, so dass die Temperatur auf konstantem Niveau blieb, während bei der dichten Lagerung des Futters im Futtermischwagen kaum Luftaustausch mit entsprechender Wärmekonvektion stattfinden konnte. Die durch das mikrobielle Wachstum produzierte Wärme konnte deshalb nicht in ähnlicher Größenordnung abgeführt werden, so dass die Temperatur anstieg. In allen anderen Versuchen blieben die Temperaturen der Futtermischungen stabil und die Hefegehalte tendenziell auf einem ähnlichen Niveau. Dies ist hauptsächlich auf die niedrigeren Ausgangshefegehalte und Umgebungstemperaturen zurückzuführen.

Tab. 4: Temperatur und Hefegehalt der TMR in den Versuchen 1 bis 3

Tab. 4: Temperature and yeast content of the TMR in the experiments 1 to 3

	Ø Aussen- temperatur T_a [°C]	TMR- Temperatur nach Mischen T_0 [°C]	TMR- Temperatur nach 20 h T_{20} [°C]	TMR- Hefegehalt nach Mischen H_0 [log KbE/g FM]	TMR Hefegehalt nach 24 h H_{24} [log KbE/g FM]
Instabile Silage (V1)					
Futtermischwagen	19,9	22,7	34,0		
Futtertisch 1x Füttern	min. 9,7	23,3	22,9	6,52	7,74
Futtertisch 6x Füttern	max. 32,7	23,0	32,9	7,08	7,75
Stabile Silage (V1)					
Futtermischwagen	16,5	19,6	20,1		
Futtertisch 1x Füttern	min. 9,5	21,1	18,6	5,62	5,56
Futtertisch 6x Füttern	max. 25,5	21,0	19,9	5,95	6,48
Instabile Silage (V2)					
	4,6				
Futtertisch 1x Füttern	min. 1,0	8,8	7,9	6,54	6,86
Futtertisch 6x Füttern	max. 9,8	9,5	10,0	6,21	6,19
Stabile Silage (V2)					
	7,0				
Futtertisch 1x Füttern	min. 1,7	12,3	9,9	5,51	6,25
Futtertisch 6x Füttern	max. 9,9	14,3	11,6	5,34	5,45
Instabile Silage (V3)					
Futtermischwagen	-1,7	3,6	1,9		
Futtertisch 1x Füttern	min. -5,9	2,4	-1,9	5,55	5,36
Futtertisch 6x Füttern	max. 2,0	3,6	-1,5	5,82	5,44
Stabile Silage (V3)					
Futtermischwagen	1,05	3,8	3,0		
Futtertisch 1x Füttern	min. -3,3	2,1	1,3	5,32	5,26
Futtertisch 6x Füttern	max. 2,7	1,2	1,9	5,29	5,17

4 Schlussfolgerung

Aus den bisherigen Versuchen ist festzuhalten, dass bei Einsatz von AFS vor allem hohe Umgebungstemperaturen, hohe Ausgangskeimgehalte in den Futtermittel und die Lagerung der Futtermittel als Mischung eine Nacherwärmung begünstigen. Eine Zwischenlagerung der Futtermittel länger als 24 h ist in den Sommermonaten somit nicht zu empfehlen, wohingegen dies in den Wintermonaten durchaus akzeptabel ist.

Literatur

Die Literatur ist bei den Autoren zu erfragen.

Interaktion zwischen Tier und Technik in Milchviehbetrieben mit Spaltenreinigungsrobotern

Interaction between animal and machine on dairy farms using scraper robots

RENATE LUISE DÖRFLER¹, HANNES PETERMEIER², HEINZ BERNHARDT¹

¹ Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

² Technische Universität München, Zentrum Mathematik, Lehrstuhl für Mathematische Statistik, Fachgebiet Biostatistik, Maximus-von-Imhof-Forum 2, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Tier-Technik-Interaktion, Spaltenreinigungsroboter, Milchviehhaltung
Keywords: *animal-machine interaction, scraper robot, dairy farming*

Zusammenfassung

Beim Einsatz von Spaltenreinigungsrobotern hat die Tier-Technik-Interaktion große Bedeutung. Die Zielsetzung der Untersuchung bestand deshalb darin, die Qualität der Interaktion zwischen Milchkühen und Spaltenreinigungsrobotern zu analysieren. In der Eingewöhnungsphase zeigen die Kühe ein ausgeprägtes Erkundungsverhalten verbunden mit olfaktorischer Kommunikation. Am Fressplatz befindliche Kühe können den von hinten an sie heranfahrenden Roboter nicht visuell wahrnehmen, da sich das Gerät außerhalb ihres Blickfeldes befindet. Die Übermittlung von Informationen vom Tier zum Roboter erfolgt ausschließlich über taktile Kommunikation. Der Spaltenreinigungsroboter detektiert eine Kuh durch eine erhöhte Stromaufnahme des Motors, die beim Kontakt des fahrenden Roboters mit dem Tier wirksam wird. Eine stärkere Berücksichtigung der Informationsübermittlung vom Tier zur Technik ist eine wichtige Voraussetzung für einen sicheren, tiergerechten und leistungsfähigen Betrieb des Spaltenreinigungsroboters.

Summary

Animal machine interaction is of great importance when using scraper robots. Therefore, the aim of the investigation was to analyze the interaction between dairy cows and the scraper robot. During the familiarization phase the cows show a pronounced exploratory behavior combined with olfactory communication. Cows at the feeding place cannot perceive the robot approaching them from behind, because the device is located outside their field of vision. The transfer of information from the animal to the robot takes place exclusively by tactile communication. The scraper robot detects a cow due to an increased power consumption of the motor that only becomes effective when the moving robot comes into contact with the animal. A stronger consideration of the information transfer from the animal to the machine is an important prerequisite for a safe, animal-friendly and efficient operation of the scraper robot.

1 Einleitung

In der Milchviehhaltung ersetzen Roboter bei Routinearbeiten zunehmend die menschliche Arbeitskraft. Traditionell nimmt der Mensch beim Melken oder Entmisten Kontakt zum Tier auf und kommuniziert mit ihm. Heute tritt die Technik immer stärker an die Stelle des Menschen. Während die Interaktion zwischen Tier und Technik eine lange Geschichte hat, hat die Interaktion mit autonomen, mobilen Robotern eine neue Qualität.

Zur Entwicklung intelligenter Maschinen und Geräte, die dem Tierwohl Rechnung tragen, sind Informationen zur Interaktion und Kommunikation zwischen Tier und Technik von großem Interesse. Daher ist es das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Qualität der Tier-Technik-Interaktion beim Einsatz von Spaltenreinigungsrobotern in Milchviehhaltungen zu analysieren.

2 Theoretischer Hintergrund

Die Interaktion von Tier und Technik ist durch einen zielgerichteten, wechselseitigen Informationsaustausch gekennzeichnet. Unter Nutzung unterschiedlicher Medien übermittelt dabei einerseits die Technik dem Tier Informationen, andererseits nimmt die Technik Informationen über das Tier auf.

Bisher erfolgte die Übertragung von Informationen überwiegend von der Technik zum Tier. In diesem Kommunikationsmodell werden Signale vom Sender (Technik) mittels eines Übertragungskanalns an den Empfänger (Tier) übermittelt. Voraussetzung für die Übertragung ist eine gemeinsame Codierung.

Mithilfe intelligenter Systeme, insbesondere im Bereich der Sensortechnik, kann dieser Informationsaustausch wechselseitig gestaltet werden. Die Technik fungiert als Empfänger und Informationen werden vom Tier an die Maschine übermittelt. Durch diesen entscheidenden Schritt entsteht aus der einfachen, einseitigen Kommunikation zwischen Technik und Tier ein komplexes kybernetisches System (WIENER 1992). Die wechselseitige Interaktion zwischen Tier und Maschine kann visuell, olfaktorisch, taktil und auditiv erfolgen (Abb. 1).

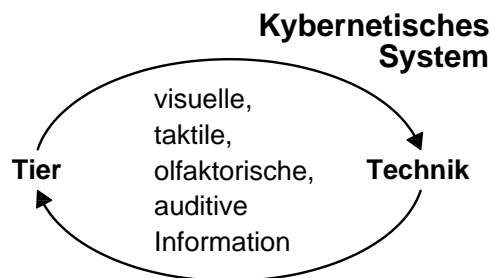


Abb. 1: Modell der wechselseitigen Kommunikation zwischen Tier und Technik
 Fig. 1: Model of mutual communication between animal and machine

3 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchung wurde im Januar und Februar 2013 in der Versuchsstation Veitshof der Technischen Universität München durchgeführt. In dem Liegeboxenlaufstall mit Spaltenboden wurden 55 Braunviehkühe gehalten. Zur Reinigung der Laufflächen wurde ein Spaltenroboter (RS420S DeLaval) eingesetzt. Mit Videokameras (Mobotix) wurde die Interaktion zwischen Tier und Technik über einen Zeitraum von drei Wochen aufgezeichnet. Die Daten wurden qualitativ ausgewertet.

Bei der Datenanalyse wurden verschiedene Standorte der Tiere berücksichtigt:

1. Laufgang
2. Fressplatz
3. Liegebox

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Visuelle Kommunikation

Die Sinnesleistungen spielen in der Kommunikation von Milchkühen eine wichtige Rolle. Beim Rind findet die bedeutendste Form der Kommunikation auf der visuellen Ebene statt (BOUISSOU et al. 2001). Durch ihre seitlich am Kopf anliegenden Augen haben Rinder ein Blickfeld von 330 Grad (SCHRADER und MAYER 2005). Lediglich einen Bereich von 30 Grad hinter ihrem Körper können sie nicht sehen ohne den Kopf zu drehen. Entsprechend können Kühe nur Objekte visuell wahrnehmen, die sich in ihrem Blickfeld befinden.

Die Analysen der Videoaufzeichnungen haben gezeigt, dass Kühe, die dem fahrenden Spaltenreinigungsroboter frontal begegnen, ausweichen und es in der Regel zu keinem taktilen Kontakt kommt (Abb. 2). Kühe, die sich am Fressplatz befinden während der Spaltenreinigungsroboter seitlich an sie heranfährt, treten erst kurz vor oder bei der Berührung durch das Gerät aus dem Fressgitter heraus und entfernen sich dann vom Fressplatz. Eine ungestörte Futteraufnahme und damit eine ausreichende Nährstoffzufuhr der Kühe kann unterstützt werden, indem während der Futtervorlage und in Zeiten hoher Frequentierung der Fressplätze keine Fahrten am Fressgang durchgeführt werden.

Die Milchkuh am Fressplatz ist nicht in der Lage, den von hinten heranfahrenden Roboter zu sehen, da er sich außerhalb ihres Blickfeldes befindet. Das Tier wird erst durch die Berührung ihrer Hinterbeine auf das Gerät aufmerksam. Das Heraustreten aus dem Fressgitter nach hinten ist durch den Spaltenreinigungsroboter erschwert. Bei Belegung der benachbarten Fressplätze ist es äußerst schwierig für das Tier auszuweichen. Dieser Zusammenhang kann ebenfalls bei der Routenplanung des Roboters durch den Stall berücksichtigt werden.



Abb. 2: Visuelle Kommunikation zwischen Tier und Technik
 Fig. 2: *Visual communication between animal and machine*

4.2 Taktile Kommunikation

Umgekehrt – vom Tier zum Roboter – erfolgt keine optische Informationsübermittlung, denn der Spaltenreinigungsroboter verfügt über keine Sensorik, um visuelle Informationen zu verarbeiten. Dem Roboter werden Signale über eine auf dem Fahrweg befindliche Kuh ausschließlich auf dem Weg der taktilen Kommunikation übermittelt. Da beim Rind Berührungsrezeptoren in der Haut vorliegen (McFARLAND 1989, SJAASTAD et al. 2003), ist davon auszugehen, dass das Tier beim Kontakt mit dem Spaltenreinigungsroboter eine Druckbelastung wahrnimmt.

Bei solchen taktilen Interaktionen wird die Antriebskraft des Geräts gegenüber dem Tier wirksam. Durch den Widerstand, welchen die Kuh dem Roboter durch ihr Gewicht entgegensezt, erhöht sich die Stromaufnahme des Motors. Steigt diese über eine vorgegebene Grenze an, wird im Gerät eine Umfahrung des Hindernisses ausgelöst. Kommt es nach mehreren Umfahrungsversuchen nochmals zu einer erhöhten Stromaufnahme infolge eines Kontaktes, kommt das Gerät vollständig zum Stillstand.

Aus den Videoaufnahmen geht ferner hervor, dass Berührungen durch den Spaltenreinigungsroboter im Klauen- und Beinbereich bei stehenden oder gehenden Kühen in der Eingewöhnungsphase oft plötzliche, manchmal heftige, Ausweichbewegungen hervorrufen. Beim liegenden Tier wurde in einigen Fällen beobachtet, dass aus der Liegebox herausragende Beine vom Roboter erfasst und mitgezogen werden. Aufgrund des geringen Widerstands, den das Bein einer Kuh bietet, wird der Umfahrungsmechanismus nicht ausgelöst. Hilfe könnte hier eine angepasste Regelung am Spaltenreinigungsroboter bieten.

4.3 Olfaktorische Kommunikation

Der Geruchssinn spielt eine wichtige Rolle bei der Futterwahl (SAMBRAUS 1978) und beim Kontakt mit fremden Artgenossen oder Objekten. Die olfaktorische Kommunikation dient bei der Interaktion zwischen den Kühen dem individuellen Erkennen (SCHRADER und MAYER 2005). Kommt eine Kuh neu in eine bestehende Gruppe, erfolgt in der Regel eine naso-nasale Kontaktaufnahme zu den anderen Tieren. Kühe nutzen olfaktorische Informationsquellen bei der Erkundung. Das Tier nähert sich dem neuen Objekt und richtet seine Sinne und Aufmerksamkeit auf das Objekt. Im nächsten Schritt erfolgt dann die geruchliche Kontaktaufnahme zum Gegenstand mit vorgestrecktem Kopf (BOGNER und GRAUVOGL 1984).

Die Auswertung der Bilddaten hat ergeben, dass die Kühe in den ersten Tagen nach der Einführung des Spaltenreinigungsroboters in den Stall ein ausgeprägtes Erkundungsverhalten gegenüber dem Gerät zeigen. Sie nehmen dabei eine geruchliche Prüfung des Spaltenreinigungsroboters vor (Abb. 3).

Wird schon vor dem Betrieb des Roboters eine olfaktorische Kommunikation zugelassen, kann die Gewöhnung der Tiere an das Gerät unterstützt werden. Dies kann geschehen, indem der Spaltenreinigungsroboter schon einige Tage vor Betriebsstart in der Ladestation steht.



Abb. 3: Olfaktorische Kommunikation zwischen Tier und Technik
Fig. 3: Olfactory communication between animal and machine

5 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Untersuchung haben gezeigt, dass die Tier-Technik-Interaktion in Milchviehbetrieben mit Spaltenreinigungsroboter stärker durch eine einseitige als durch eine wechselseitige Kommunikation geprägt ist. Die Übermittlung von Informationen vom Tier an den Roboter erfolgt bisher nur auf taktile Weise. Aufgrund des beobachteten raschen Zurückweichens der Tiere ist anzunehmen, dass solche taktilen Kontakte für das Tier mit negativen Erfahrungen verbunden sind.

Eine Erweiterung der Informationsübertragung vom Tier zum Roboter ist erforderlich, um unmittelbar vor dem Spaltenreinigungsroboter befindliche Tiere zu detektieren. Dadurch können Kontakte im Klauen- und Beinbereich der Tiere mit dem Roboter minimiert werden. Weiterentwicklungen im Bereich des „smart livestock farming“ bieten das Potenzial, die Technik stärker auf die Bedürfnisse der Tiere abzustimmen und damit ihre Funktionsfähigkeit zu erhöhen. Zentral ist dabei das kybernetische System.

Die wechselseitige Interaktion ist ein Schlüsselfaktor dafür, dass die Milchkühe nicht in ihren Aktivitäten gestört werden, keine Verletzungsgefahr vom Gerät ausgeht und Unterbrechungen im Betrieb des Spaltenreinigungsroboters vermieden werden. Mithilfe intelligenter Technik kann der Betrieb des Roboters im Stall sicherer, tiergerechter und leistungsfähiger gemacht werden. Eine stärkere Berücksichtigung der Kommunikation vom Tier zur Technik ist eine wesentliche Voraussetzung dafür.

Literatur

- Bogner, H.; Grauvogl, A. (1984): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
- Bouissou, M.F.; Boissy, A.; Le Neindre, P.; Veissier, I. (2001): The social behaviour of cattle. In: Social Behaviour in Farm Animals, Hg. Keeling L.J.; Gonyou, H.W., Wallingford, CAB International
- McFarland, D. (1989): Biologie des Verhaltens: Evolution, Physiologie, Psychobiologie, Weinheim, VCH
- Samraus, H.H. (1978): Rind. In: Nutztierethologie, Hg. Samraus, H.H., Berlin, Verlag Paul Parey
- Schrader, L.; Mayer, C. (2005): Verhalten, http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/bitv/zi038397.pdf. Zugang: Mai 2013
- Sjaastad, O.V.; Hove, K.; Sand, O. (2003): Physiology of Domestic Animals, Oslo, Scandinavian Veterinary Press
- Wiener, N. (1992): Kybernetik: Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine, Düsseldorf, Econ

Untersuchung zur Wirksamkeit eines Biozidproduktes zur regelmäßigen Hygienisierung der Klauen

Study of the effectiveness of a biocidal product for regular sanitizing of the hooves

ANDREA FIEDLER¹, JOHANN MAIERL², SHUAI SHAO³, HELMUT KÜCHENHOFF³

¹ Tierarztpraxis Dr. Andrea Fiedler, Heerstr. 3, 81247 München

² Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie, Tierärztliche Fakultät der LMU München, Veterinärstr. 13, 80539 München

³ Statistisches Beratungslabor, Institut für Statistik der LMU München, Akademiestr. 1, 80799 München

Schlüsselwörter: Klauenkrankheit, Dermatitis, Klauenbad, Formalin

Keywords: hoof disease, digital dermatitis, foot bath, formalin

Zusammenfassung

Digitale Dermatitis (Mortellarosche Krankheit) hat als weitverbreitete Klauenkrankheit einen hohen Stellenwert hinsichtlich der Tiergesundheit und verursacht erhebliche wirtschaftliche Verluste. Neben der lokalen Behandlung der typischen Läsionen werden unter großem Aufwand Klauenbäder angewendet, um die Krankheit zu kontrollieren. In diesem Zusammenhang eingesetzte Biozidprodukte sollen die Gesamtkeimzahl an der Kuh beim Durchschreiten des Bades reduzieren.

Auf einem Milchviehbetrieb wurde in zwei Tiergruppen eine handelsübliche Klauenbadlösung (4Hooves, DeLaval, Schweden) getestet: Zuerst in einem direkten Vergleich zu einer Gruppe mit Formalinbad, anschließend im Vergleich zu einer negative Kontrollgruppe. Das Biozidprodukt kontrollierte die Prävalenzen der digitalen Dermatitis erfolgreich im Vergleich mit Formalin.

Summary

Digital dermatitis as a common claw disease has a high impact on animal welfare and causes appreciable financial losses. In addition to topical treatment of the typical lesions there is a high effort to control the hoof disease using hoof baths. Biocidal products applied in this context should reduce the total bacteria count when the cow passes a foot bath.

In a dairy farm a commercial foot bath solution (4Hooves, DeLaval, Tumba, Sweden) was tested in two groups: first in comparison to a formalin group and second to a negative control group. The biocidal product succeeded in controlling prevalences of digital dermatitis compared to formalin.

1 Einführung

Die Adaptionsfähigkeit der Klauen wird im Sinne tiergerechter Haltungsformen oftmals überfordert (BYSTRON et al. 2012). Vor allem die Klauenhaut wird durch unhygienische Umgebungsbedingungen übermäßigen chemischen und mikrobiologischen Belastungen unterworfen. Nachfolgend können wirtschaftlich relevante Erkrankungen entstehen (BRUJINIS et al. 2010). Dem soll mit Klauenbädern begegnet werden (TEIXEIRA 2010). Klauenbäder dienen in dieser Anwendung der allgemeinen Keimreduktion, nicht der Behandlung, und unterliegen der Biozid-Verordnung (KLEIMINGER 2012). Somit können nur Biozidprodukte, die eine Registrierung durch das Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin durchlaufen haben, zur Anwendung kommen (Richtlinie 98/8/EG 2002).

Ziel der Untersuchung war es, das Klauenbad 4Hooves (DeLaval, Schweden) mit einem herkömmlichen Bad (Formalin) in seiner Hygienewirkung zu vergleichen.

2 Material

In einem Milchviehbetrieb mit 1500 Milchkühen wurden drei Hochleistungsgruppen zu je 90 Tieren (randomisiert zusammengestellt) in den Versuch einbezogen. Die Tiere wurden vor Beginn der Studie einer Klauenpflege unterzogen; Kühe mit sichtbaren Läsionen im Sinne der Dermatitis digitalis (Mortellarosche Krankheit, DD) wurden lokal unter Verband behandelt (Novaderma, WDT, Deutschland). Nach Verbandsabnahme – fünf Tage später – wurde mit den Klauenbädern begonnen.

Zwei Gruppen (1 und 2) durchliefen über einen Zeitraum von insgesamt 130 Tagen mehrmals wöchentlich (Tab. 1) zunächst ein Vorreinigungsbad (HC40, DeLaval, Schweden) und im Anschluss das eigentliche Klauenbad mit einem handelsüblichen Biozidprodukt (4Hooves, DeLaval, Schweden). Die Kontrollgruppe (Gruppe 3) durchlief in den ersten 65 Tagen der Studie nach einem Vorreinigungsbad mit Wasser ein Formalin enthaltendes Klauenbad (BAuA-Registrierung). Im zweiten Teil der Studie blieb diese Gruppe gänzlich ohne Klauenbad (Tab. 1).

3 Methode

Im Klauenstand wurden Klauenbefunde insgesamt dreimal erhoben (Tag -5, 65, 130). Zudem wurde im Melkkarussell am Tag 0, vor Beginn der Klauenbäder, eine Untersuchung an den Klauen durchgeführt, um den Erfolg der Behandlung zu dokumentieren (Abb. 1). Abhängig von Größe und Schweregrad der Mortellaroschen Krankheit wurde ein Scoringssystem angewendet (modifiziert nach DÖPFER 1994); Abhängig von Schweregrad und Größe der DD Läsionen wurden steigende Punktzahlen dokumentiert: Läsionen, die verdachtsweise DD darstellen (1–3 Punkte), heilende DD Läsionen (4–6 Punkte), chronische DD Läsionen (15–17 Punkte), akute, schmerzhafte DD Läsionen (30, 40, 60 Punkte).

Tab. 1: Studiendesign: Anwendung der Fußbäder während der Untersuchung

Tab. 1: Study design: usage of footbaths during trial

Gruppe (je 90 Tiere)	Behandlung erkrankter Tiere Tag -5 bis Tag 0	Untersuchungszeitraum 1 (Tag 1-65)	Untersuchungszeitraum 2 (Tag 66-130)
Gruppe 1	Klauenpflege 5 Tage vor Versuchsbeginn	2-mal wöchentlich: Vorreinigung mit HC40-Bad + 1%iges 4Hooves-Bad	
Gruppe 2	Dokumentation des Status der DD	5-mal wöchentlich: Vorreinigung mit HC40-Bad + 1%iges 4Hooves-Bad	
Gruppe 3 (Kontrolle)	Behandlung akuter Stadien bis Tag 0	2-mal wöchentlich: Vorreinigung mit Wasser + Klauenbad mit Formalin (5 %)	keine Vorreinigung kein Klauenbad



Abb. 1: Untersuchung im Melkstand

Fig. 1: Parlor examination

4 Ergebnis

Die Prävalenz akuter Läsionen der Mortellaroschen Krankheit lag zum Zeitpunkt der Klauenpflege (Tag -5) gruppenabhängig zwischen 7 % und 20 % (Abb. 2); akute Läsionen wurden entsprechend fünf Tage vor Beginn der Fußbäder behandelt. Die Nachkontrolle am Tag 0 im Melkstand ergab bei keinem behandelten Tier verbleibende akute Läsionen. Im Laufe der Studie wurde die Entwicklung der Dermatitis digitalis anhand von Punktzahlen für die unterschiedlichen Klauenbadregime in den Gruppen ausgewertet. Die Punktzahlen schwankten im Untersuchungszeitraum in allen drei Gruppen.

Für die statistische Auswertung hinsichtlich des Einsatzes von Klauenbädern wurde das Linear Mixed Model herangezogen. Für die beiden Studienabschnitte (Tag 1–65, Tag 66–130) wurden die individuellen Effekte der Gruppen berücksichtigt. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0.05$. Statistisch konnte hinsichtlich der Prävalenz von akuten Läsionen kein Unterschied zwischen Formalinbad und 4Hooves nachgewiesen werden.

Während der Klauenbäder blieb die Prävalenz der akuten Dermatitis digitalis zwischen 11 und 14 %. Lediglich in der Kontrollgruppe C stieg ohne Klauenbad in der zweiten Studienhälfte die Anzahl akuter Läsionen nicht signifikant an (Abb. 2).

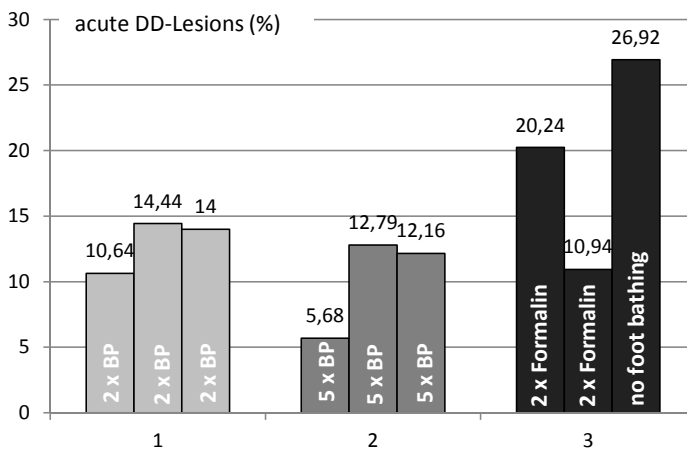


Abb. 2: Prävalenzen akuter DD-Läsionen innerhalb der Gruppen 1, 2 und 3 (Klauenstanduntersuchungen an Tag -5, 65 und 130); 2xBP: Biozidprodukt 2-mal/Woche; 5xBP: Biozidprodukt 5-mal/Woche; 2xFormalin: 2-mal/Woche

Fig. 2: Prevalences of acute DD-lesions in groups 1, 2 and 3 on day -5, after first part of study (day 65) and after second part of study (day 130) (examination in trimming chute); 2xBP: biocidal product twice weekly; 5xBP: biocidal product five times weekly; 2xFormalin: twice weekly

5 Diskussion

Die Verwendung von Biozidprodukten zur Klauenpflege dient der allgemeinen Klauenhigiene, keinesfalls jedoch der Behandlung. Grundsätzlich müssen Klauen regelmäßig gepflegt und Krankheiten gezielt behandelt werden. Zwischen den Klauenpflegeterminen kann insbesondere die Mortellarosche Krankheit stark zunehmen. Die zu den Untersuchungszeitpunkten abhängig vom Untersuchungsbefund vergebenen Punktzahlen schwankten im Untersuchungszeitraum in allen drei Gruppen und erschienen abhängig vom zeitlichen Abstand zur letzten Klauenpflege und zur letzten Behandlung.

Der Schwerpunkt der Untersuchung lag auf der Darstellung von signifikanten bzw. nicht signifikanten Unterschieden zwischen Klauenbädern mit 4Hooves (Vorreinigung HC40) oder Formalin (Vorreinigung Wasser). Es konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. In der vorliegenden Studie war 4Hooves (1 %ig) mit einer Vorreinigung in der Lage, die Prävalenz der akuten Dermatitis digitalis (Mortellarosche Krankheit) auf einem niedrigen Niveau stabil zu halten.

Literatur

- Brujinis, M. R. H.; Hogeveen, H.; Stassen, E. N. (2010): Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. In: *J. Dairy Sci.* 93(6), pp. 2419–2432
- Bystron, S.; Fiedler, A.; Hagen, J.; Mülling, C. (2012): Klauenerkrankungen beim Rind. In: *Der Praktische Tierarzt* 93 (Suppl. 1)
- Doepfer, D. (1994): Epidemiological investigations of digital dermatitis on two dairy farms. Thesis, University of Hannover, Germany
- Richtlinie 98/8/EG (2002): Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 98/8/EG der Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten
- Kleiminger, E. (2012): Klauenbaeder unter rechtlichen Aspekten. In: *Tieraerztl. Prax. (G)* 40, pp. 119–125
- Teixeira, A. G. V.; Machado, V. S.; Caixeta, L. S.; Pereira, R. V.; Bicalho, R. C. (2010): The efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. In: *J. Dairy Sci.* 93, pp. 3628–3634

Kompostställe für die Milchviehhaltung – Beurteilung aus Sicht der Tiergerechtigkeit

Animal welfare of dairy cows in compost barns

ELFRIEDE OFNER-SCHRÖCK¹, MICHAEL ZÄHNER², GREGOR HUBER¹, KATHRIN GULDIMANN², THOMAS GUGGENBERGER¹, JOHANN GASTEINER¹

¹ Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein (LFZ), Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit, 8952 Irdning, Österreich

² Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Gruppe Bau, Tier und Arbeit, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Kompoststall, Rind, Verhalten, Sauberkeit, Lahmheit
 Keywords: *compost barn, cattle, behaviour, cleanliness, lameness*

Zusammenfassung

In einem gemeinsam Forschungsprojekt zwischen dem Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein (LFZ) und der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) wurden die Themen Technopathien, Tierverschmutzung, Liegeverhalten und die Lahmheitssituation in Kompostställen beleuchtet. Die Kühe zeigten keine Verhaltensänderung beim Liegen bei unterschiedlichen Tageszeiten oder Temperaturen. Die Tierverschmutzung lag im Durchschnitt bei 0,44, wobei das Euter am saubersten und der Unterschenkelbereich am schmutzigsten war. Die Veränderungen an Karpal- und Tarsalgelenken waren sehr gering. Die Lahmheitsbeurteilungen ergaben einen Anteil von 25 % lahmer Kühe. Dieser Prozentsatz liegt deutlich unter den Prozentzahlen (31–46 %), die in Liegeboxenlaufställen ermittelt wurden und ist als sehr positiv zu bewerten. Aus den vorliegenden Ergebnissen kann der Kompoststall als tiergerechtes System bezeichnet werden. Weitere Untersuchungen sind anzustreben.

Summary

In a joint research project between the Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein (AREC) and the Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), the topics skin lesions, cleanliness, lying behaviour and lameness situation of animals in compost barns were analyzed. Concerning lying behaviour cows showed no differences between times of day and temperatures. The dirtiness of animals averaged 0.44, whereas the udder was the cleanest and the lower leg the dirtiest area. Only a few lesions in carpal and tarsal joints could be found. In lameness assessments 25 % of cows were scored to be lame in compost barns. This percentage is significantly lower than a series of results on cubicle housing systems (31–46 %). From the present results, the compost barn can be seen as an animal-friendly system. Further investigations are desirable.

1 Einleitung und Problemstellung

Kompostställe für Milchvieh erfreuen sich auch in Mitteleuropa immer größerer Beliebtheit. In Israel und Amerika werden Kompostställe bereits seit längerer Zeit erfolgreich gebaut und betrieben. Aus Amerika – insbesondere Minnesota – stammen auch ein Großteil der derzeit vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu diesem Stallsystem (BARBERG et al. 2007a, BARBERG et al. 2007b, ENDRES und BARBERG 2007, ESPEJO et al. 2006, JANNI et al. 2007).

Ein Kompoststall wird zumeist als Zweiflächenbucht mit eingestreuter Liegefläche und befestigtem Fressgang betrieben. Der Fressgang kann entweder planbefestigt oder mit Spaltenboden ausgestattet sein. Hinsichtlich des Einstreumaterials liegen in Österreich derzeit insbesondere mit Säge- und Hobelspänen gute Erfahrungen vor. Zu Beginn wird mit einer etwa 25 bis 30 cm hohen Einstreumatratze gestartet, auf die alle 2 bis 7 Wochen eine Einstreumenge von zirka 0,4 bis 1,3 m³/Tier nachgestreut wird (10–15 m³/(Tier · a)). Das Liegeflächenmaterial wird ein- bis zweimal täglich mit einem Grubber oder Kultivator bis zu einer Tiefe von 20 bis 25 cm gelockert und der anfallende Kot und Harn eingearbeitet. So gelangt Luft in die Matratze, sodass das Gemisch mithilfe aerober Mikroorganismen verrotten kann (HOLZEDER 2011). Es ergibt sich ein locker-krümeliges Liegeflächenmaterial. Zweimal im Jahr (Frühjahr und Herbst), wenn die Kompostmatratze etwa eine Dicke von 50 bis 60 cm erreicht hat, wird entmistet.

2 Tiere, Material und Methode

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt zwischen dem Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein (LFZ) und der Eidgenössischen Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) wurden die Rahmenbedingungen zum Bau und Betrieb von Kompostställen für die Milchviehhaltung analysiert. Dabei wurden unter anderem die Themenbereiche Technopathien, Tierverschmutzung, Liegeverhalten und die aktuelle Lahmheitssituation beleuchtet. Die Erhebungen fanden auf fünf österreichischen Kompoststallbetrieben in den Bundesländern Oberösterreich und Steiermark statt. Die Untersuchungen wurden an insgesamt 138 Kühen durchgeführt. Die Herdengröße der Betriebe bewegte sich zwischen 18 und 35 Kühen.

Tierverhalten. Die Liege- und Stehplatzwahl der Tiere wurde durch Direktbeobachtung erhoben. Auf jedem Betrieb wurde an zwei Tagen das Verhalten von 10 Fokustieren zwischen 10:30 und 12:30 Uhr sowie 14:00 und 16:00 Uhr im 5-Minuten-Intervall erfasst. Es wurde unterschieden, ob und wo die Tiere liegen – am Rand (Nähe Außenwand, Nähe Innenwand), im Zentrum oder außerhalb der Liegefläche. Außerdem wurden die zum jeweiligen Zeitpunkt aufgesuchten Orte für das Stehen dokumentiert.

Tiersauberkeit. Die Sauberkeit der Tiere wurde nach dem Schema von FAYE und BARNOUN (1985) an allen Tieren der Herde bewertet. Diese Schema beurteilt die Tiere an fünf Körperregionen (Zonen) nach fünf Noten (0 = keine Verschmutzung bis 2 = total verschmutzt oder mit dicken Krusten bedeckt).

Veränderungen am Tier (Technopathien). Die Veränderungen am Tier wurden ebenfalls bei allen Tieren der Herde nach dem System EKESBO (1984) bewertet. Die Beurtei-

lung beschränkte sich auf Carpus, Tarsus und Tarsalgelenkshöcker. Es wurden haarlose Stellen, trockene Krusten und offene Wunden jeweils nach Größe sowie Schwellungen erfasst.

Lahmheiten. Im vorliegenden Projekt wurden die Tiere nach einem von WINCKLER und WILLEN (2001) entwickelten Schema beurteilt, bei dem der Grad der Lahmheit nach fünf Scores (Werten) eingestuft wird (1 = normaler Gang bis 5 = hochgradig lahm). Vor der Lahmheitsbeurteilung wurden die Tiere im Fressgitter fixiert, dann einzeln abgelassen und beim Gehen am Fressgang beurteilt.

Statistische Datenauswertung. Die Datenauswertung erfolgte mit Microsoft Excel und den Statistik-Softwarepaketen R und Statgraphics Centurion.

3 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse des Forschungsprojekts „Rahmenbedingungen für den Einsatz von Kompostställen in der Milchviehhaltung“ vorgestellt. Eine Gesamtdarstellung aller Ergebnisse gibt der Abschlussbericht zu diesem Projekt (OFNER-SCHRÖCK et al. 2013, www.raumberg-gumpenstein.at).

3.1 Tierverhalten

Die Anteile an stehenden und liegenden Kühen zeigen, dass neben den Unterschieden zwischen Vormittag und Nachmittag vor allem sehr große Unterschiede zwischen den Betrieben bestehen (Tab. 1). Im vorliegenden Temperaturbereich konnte kein Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Anteil liegender Kühe beobachtet werden. Auch bei höheren Temperaturen war kein Meiden der Liegefläche erkennbar. Des Weiteren standen nur sehr selten und nur wenige Tiere auf der Liegefläche. Hinsichtlich des Liegeortes gab es keine Unterschiede zwischen Vormittag und Nachmittag.

3.2 Tiersauberkeit

Tabelle 2 stellt die Ergebnisse zur Tiersauberkeit zusammenfassend dar. Der Gesamtschnitt über alle Zonen lag bei 0,44. Die am stärksten verschmutzte Körperregion war die Zone 3 (Unterschenkel, Fläche Tarsus bis Afterklaue) mit einer Durchschnittsnote von 0,80; die geringste Verschmutzung lag in der Zone 4 (Euter seitlich betrachtet) mit einer Durchschnittsnote von 0,19 vor. Die Sauberkeit der Tiere ist mit anderen Haltungssystemen vergleichbar (KECK et al. 2004, ZÄHNER et al. 2009). HÖRNING (2003) fand in Liegeboxenlaufställen eine durchschnittliche Verschmutzung von 0,40 (54 Betriebe), in Tiefstreuställen 0,59 (30 Betriebe) und in Tretmistställen 0,77 (29 Betriebe), betonte jedoch die hohen Schwankungen innerhalb eines Systems.

Tab. 1: Anteil stehender und liegender Kühe im Vergleich zur Stalltemperatur
 Tab. 1: Proportion of standing and lying cows in comparison to stable temperature

Periode	Betrieb	Anteil stehender Tiere [%]			Anteil liegender Tiere [%]			Temperatur [°C]		
		Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.
Vormittag	1	76,4	46,4	100,0	23,6	0,0	53,6	16,5	16,1	16,9
	2	45,3	13,0	100,0	54,7	0,0	87,0	15,4	12,9	18,5
	3	51,8	31,3	78,8	48,2	21,2	68,8	19,8	17,0	22,4
	4	42,8	10,0	90,0	57,2	10,0	90,0	20,9	19,6	25,0
	5	59,8	10,0	100,0	40,2	0,0	90,0	20,4	19,1	26,0
Nachmittag	1	36,5	10,7	64,3	63,5	35,7	89,3	19,0	17,5	21,3
	2	22,6	0,0	100,0	77,4	0,0	100,0	17,6	13,9	22,2
	3	69,6	33,3	100,0	30,4	0,0	66,7	21,1	18,8	23,9
	4	55,5	30,0	80,0	44,5	20,0	70,0	22,5	21,2	24,0
	5	71,5	40,0	100,0	28,5	0,0	60,0	21,7	20,7	22,6

Tab. 2: Tierverschmutzung gegliedert nach Betrieben und Zonen (Körperregionen)
 Tab. 2: Dirtiness of animals divided into farms and body regions

Betrieb	Tierzahl	Mittelwerte Verschmutzung					Mittelwert aller Zonen	Summe der Zonen (Index)
		Zone						
		Schwanzansatz	Euter hinten	Unterschenkel	Euter seitlich	Oberschenkel		
1	27	0,70	0,26	1,26	0,26	0,81	0,66	3,29
2	23	0,72	0,41	1,04	0,30	0,37	0,57	2,84
3	32	0,50	0,25	0,56	0,14	0,14	0,32	1,59
4	18	0,21	0,16	0,26	0,08	0,21	0,18	0,92
5	35	0,51	0,29	0,79	0,19	0,41	0,44	2,19
Mittelwert aller Kühe	n = 135	0,54	0,28	0,80	0,19	0,39	0,44	2,17

3.3 Veränderungen am Tier (Technopathien)

In den untersuchten Kompoststallbetrieben lagen hinsichtlich Technopathien nur geringe Veränderungen an den Tieren ($n = 135$) vor. Haarlose Stellen < 2 cm wiesen im Mittel 9,6 % aller Kühe (max. 25,9 %; min. 2,2 %) auf. Haarlose Stellen > 2 cm waren im Mittel an 2,2 % aller Kühe (max. 12,6 %; min. 0 %) zu finden. Trockene Krusten < 2 cm zeigten im Mittel 0,7 % aller Kühe (max. 4,4 %; min. 0 %). Eine Schwellung lag nur bei einer einzigen Kuh vor und offene Wunden waren an keinem Tier feststellbar (Abb. 1). Vergleicht man den Anteil an Tieren mit intaktem Haarkleid an den Gelenken (82,6 %) mit Werten aus anderen Haltungssystemen (ZÄHNER et al. 2009, BUCHWALDER 1999, SCHAUB et al. 1999), so ergibt sich ein vergleichbarer Wert zum Liegeboxenlaufstall mit Stroh-Mist-Matratze (86,2 %).

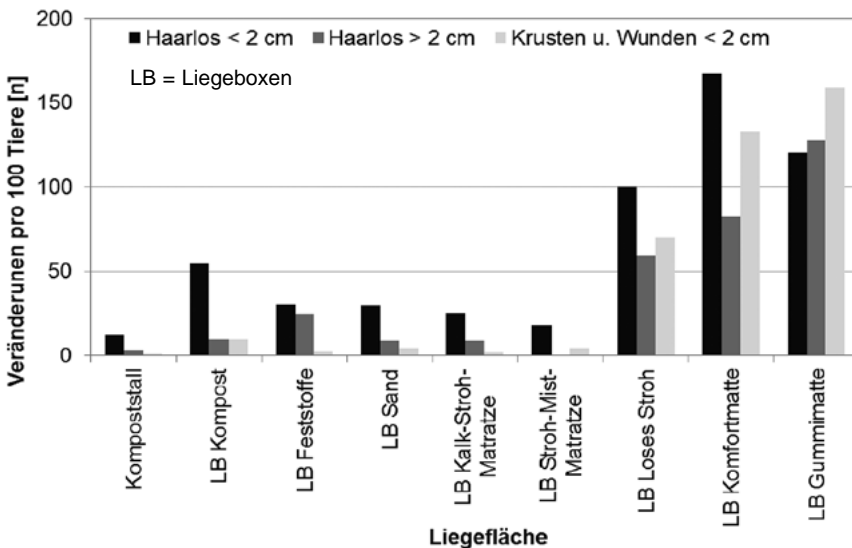


Abb. 1: Tiere mit Veränderungen an den Gelenken in unterschiedlichen Haltungssystemen (Vergleichswerte zum Kompoststall aus ZÄHNER et al. 2009, BUCHWALDER 1999, SCHAUB et al. 1999)
 Fig. 1: Animals with joint lesions in different housing systems

3.4 Lahmheiten

Betrachtet man die Gesamtheit der beurteilten Kühe ($n = 138$), so wiesen 42,0 % einen Wert von 1; 31,9 % einen Wert von 2; 16,7 % einen Wert von 3; 6,5 % einen Wert von 4 und 2,2 % einen Wert von 5 auf (Abb. 2). Bei der weiteren Auswertung wurden zur besseren Übersicht und Vergleichbarkeit mit Literaturangaben die Werte 3 + 4 + 5 als „lahm“ und 1 + 2 als „nicht lahm“ zusammengefasst. In der Gesamtheit aller beurteilten Kühe ($n = 138$) waren somit 73,9 % als „nicht lahm“ und 25,4 % als „lahm“ einzustufen. Als Vergleich dazu werden Werte aus Lahmheitsbeurteilungen herange-

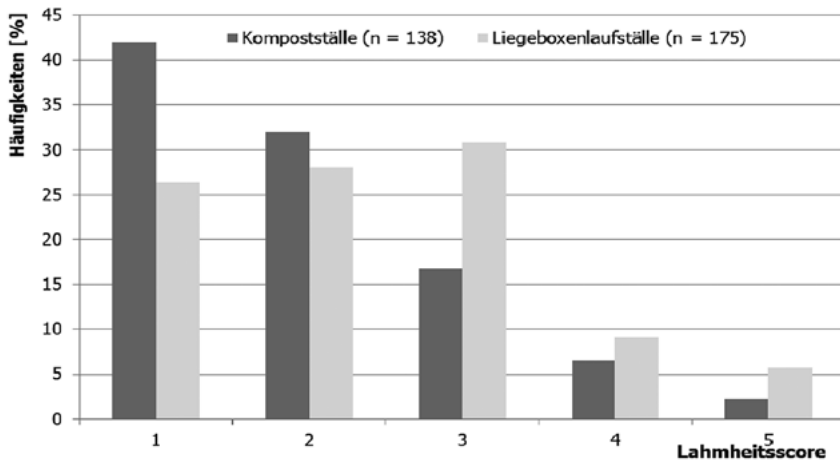


Abb. 2: Lahmheitsgrade aller Kühe (n = 138) der untersuchten Kompoststallbetriebe im Vergleich zu den Lahmheitsgraden aller Kühe (n = 175) der untersuchten Liegeboxenlaufstallbetriebe nach OFNER-SCHRÖCK et al. (2009)

Fig. 2: Lameness scores of cows in compost barns compared with lameness scores of cows in cubicle housing systems

zogen, die nach völlig gleicher Methodik auf zehn Liegeboxenlaufstallbetrieben in der Steiermark durchgeführt wurden (OFNER-SCHRÖCK et al. 2009). In der Gesamtheit aller dabei beurteilten Kühe (n = 175) waren 54,3 % als „nicht lahm“ und 45,7 % als „lahm“ einzustufen (Abb. 2). Vergleicht man die Beurteilungsergebnisse auf den fünf Kompoststallbetrieben und den zehn Liegeboxenlaufstallbetrieben, so zeigen sich signifikante Unterschiede in der Anzahl lahmer Kühe ($p < 0,001$). Untersuchungen anderer Autoren auf österreichischen Liegeboxenlaufstallbetrieben zeigten einen Anteil von 31 % (Stichprobengröße = 30 Betriebe, DIPPEL et al. 2009) bzw. 36 % lahmer Tiere (Stichprobengröße = 80 Betriebe, MÜLLEDER et al. 2004). Fortführende Untersuchungen zur Analyse weiterer Einflussfaktoren (z.B. Fütterung, Klauenpflege) und zur Vergrößerung der Stichprobe sind anzustreben.

Literatur

Die Literaturliste ist bei den Autoren erhältlich.

Alternative Einstreumaterialien (Komposte, separierte Gülle und Gärreste) in der Tierhaltung – Einfluss auf das Tierwohl und die Hygiene?

Alternative bedding materials (compost, separated manure and anaerobic residues) in animal husbandry – impact on animal welfare and hygiene?

WERNER PHILIPP, ANNUKA GEHRING, KAROLINE SCHWARZKOPF, LUDWIG E. HÖZLE

Institut für Umwelt- und Tierhygiene der Universität Hohenheim, Garbenstr. 30, 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Einstreumaterialien, Hygiene, Krankheiten

Keywords: litter materials, hygienic aspects, diseases

Zusammenfassung

Aus seuchenhygienischer Sicht sollten nur Substrate als Einstreu verwendet werden, die keine Krankheitserreger (z.B. Salmonellen, Mycobakterien, Mycoplasmen, MRSA- und ESBL-Erreger) enthalten und nur einen geringen Gehalt an Fäkalkeimen aufweisen. Sehr kritisch zu sehen sind separierte Güllefeststoffe und separierte Gärreste aus mesophil betriebenen Biogasanlagen. Dies gilt insbesondere beim Verkauf von Gärresten zu Einstreuzwecken, da dann getrennte Betriebskreisläufe verbunden bzw. epidemiologische Einheiten überschritten werden.

Summary

From the hygienic point of view it is allowed to use only substrates which do not contain pathogens (e.g. Salmonella, Mycobacterium spp., Mycoplasma, MRSA and ESBL) and contain only a small amount of fecal bacteria as bedding materials. Very critical are separated manure and separated digestates from biogas plants, which are running at mesophilic temperatures. They are considered as very critical; especially when digestates are sold for bedding purposes. Thereby, separated operating cycles or epidemiological units are connected and exceeded, respectively.

1 Einleitung und Problemstellung

Das Wohlbefinden der Tiere wird – außer durch stallklimatische Faktoren – durch freie Liegeflächen mit entsprechenden Einstreumaterialien erhöht. In Deutschland werden traditionell in der Rinderhaltung meist Stroh und Stroh-Kalk-Gemische als Einstreu benutzt; Stroh wird immer mehr energetisch verwertet und dadurch teurer. Als Alternativen gelten Komposte, Gärreste oder Säge- und Hobelspäne.

Das Einstreumaterial wird in den Buchten mit Kot, Urin und Milch kontaminiert. In Kombination mit der Erwärmung durch die Tiere, stellen sie ein optimales Nährmedium für Mikroorganismen und Krankheitserreger dar. Viele Mastitiden sind auf umweltassoziierte Infektionserreger zurückzuführen. So lösen *E. coli* und coliforme Keime häufig schwere akute Mastitiden aus, die mit hochgradigen Entzündungserscheinungen, gestörtem Allgemeinbefinden und Fieber einhergehen (BfT 2013). Auch Streptokokken, wie *Streptococcus uberis*, Enterokokken, *Klebsiella spp.* und *Enterobacter spp.* spielen eine wichtige Rolle (KRÖMKER 2007).

Daher muss das frische, unbenutzte Einstreumaterial eine geringe Keimbelastung aufweisen und darf keinesfalls pathogene Erreger wie z.B. Salmonellen, antibiotikaresistente Staphylokokken und Enterokokken sowie Mycobakterien enthalten.

Mit 14,3 % sind Eutererkrankungen die zweithäufigste Abgangsursache für Milchkühe.

Bei der Einstreu von Gärresten aus mesophil betriebenen Biogasanlagen und den Feststoffen aus separierter unbehandelter Gülle liegen dazu noch wenige Erfahrungen vor, wobei in den Niederlanden inzwischen in 500 Betrieben separierte Gülle als Einstreu in Liegeboxen verwendet wird (ANONYM 2013). Damit sich die Einstreuarten nicht zu einem Ausbreitungsherd von Bestands- und Eutererkrankungen entwickeln, müssen sie seuchenhygienisch unbedenklich sein.

2 Hygiene der Einstreumaterialien

Fertigkomposte, die nach den Vorgaben der BioAbfV hergestellt wurden und ein Qualitäts- oder Gütezeichen tragen, sind seuchenhygienisch unbedenklich.

Grundsätzlich ist der Besatz mit coliformen Keimen, Klebsiellen und Streptokokken in organischen Einstreumaterialien deutlich höher als in anorganischen Materialien (HOGAN et al. 1989). Dabei fördern Holzprodukte das Bakterienwachstum weniger stark als Strohprodukte (SCHWARZKOPF 2012).

Weichhölzer wie Kiefer (*Pinus*) und Zeder (*Cedrus*) fördern das Bakterienwachstum aufgrund der Harzsäure, einiger Fette, Terpene und phenolischen Verbindungen nicht so stark wie Harthölzer. Andere Studien stellen sogar eine Reduktion der Bakterienzahlen in Sägemehl aus Weichhölzern fest (ZEHNER et al. 1986). In Sand ist der Ausgangskeimgehalt deutlich unter dem der organischen Materialien, das Bakterienwachstum wird auch weniger gefördert (GODDEN et al. 2008). KRÖMKER und GRABOWSKI (2002) legen empirische Risikogrenzwerte bei Gesamtkeimzahlen von 10^6 KBE/g in Sägespänen und -mehl und 7×10^8 KBE/g in Stroh fest. Diese Werte beziehen sich auf die frische Einstreu, die noch nicht mit tierischen Exkrementen verunreinigt wurde.

Bei den Güllefeststoffen treten hinsichtlich des Gehaltes an coliformen Keimen im Vergleich von Rohgülle und Güllefeststoffen Unterschiede im Bereich einer Zehnerpotenz bei Werten zwischen 10^4 und 10^5 KBE/g Substrat auf. Bei Enterokokken wurden Gehalte um 10^4 KBE/g festgestellt (GEHRING 2013). In unbenutzten Güllefeststoffen sind die Werte der Gesamtkeimgehalte im Vergleich zu Sägemehl und Stroh höher – vergleichbar mit den Werten von Komposten (ANONYM 2013).

Bei Gärresten aus mesophil betriebenen Biogasanlagen liegen die Gehalte an Fäkalkeimen in der Regel in der Größenordnung von 10^3 KBE/g Material. Die Frage ist, ob die Ausgangsstoffe (z. B. Rinder- und Schweinegülle) Salmonellen und andere Krankheitserreger enthalten. Krankheitserreger werden in mesophilen Temperaturbereichen nicht abgetötet, bestenfalls etwas reduziert.

3 Untersuchungsdesign

Auf fünf Praxisbetrieben wurde Einstreu mikrobiologisch untersucht. In zwei Kompostställen in Österreich wurden jeweils 10 Sammelmischproben (je 5 Einzelproben) von der Oberfläche und in etwa 40 cm Tiefe entnommen. Ein Betrieb nutzt Hackschnitzel, der andere Betrieb verwendet Sägespäne. Die Gärreste stammen von einer thermophil betriebenen Kofermentationsanlage. Die kompostierten Gärreste sind aus einem Liegeboxenstall in der Schweiz, auch das kompostierte Garten- und Baumschnittmaterial stammt aus der Schweiz. Die separierten Güllefeststoffe stammen aus einem Milchviehbetrieb in Baden-Württemberg. Der Kompost wurde vor dem Einstreuen mit Futterkalk vermischt.

Die Proben wurden auf coliforme Keime, Enterokokken, Salmonellen, Staphylokokken und Streptokokken untersucht. Die Nachweismethoden sind in der Arbeit von SCHWARZKOPF (2012) beschrieben.

4 Ergebnisse

4.1 Kompostställe

Der durchschnittliche *E.-coli*-Gehalt der Einstreu liegt in dem Kompoststall mit eingestreuten Sägespänen bei $4,4 \times 10^6$ KBE/g an der Oberfläche und $2,0 \times 10^6$ KBE/g in 40 cm Tiefe. Damit ist der *E.-coli*-Gehalt hier etwas höher als in dem mit Hackschnitzeln eingestreuten Kompoststall mit $1,0 \times 10^6$ KBE/g an der Oberfläche und $5,1 \times 10^5$ KBE/g in 40 cm Tiefe (Tab. 1). Der Gehalt an Enterokokken liegt insgesamt etwas niedriger (Tab. 1). Salmonellen konnten in keiner Probe nachgewiesen werden. Staphylokokken konnten nur in zwei Oberflächenproben und einer Probe aus 40 cm Tiefe nachgewiesen werden. Streptokokken wurden nicht nachgewiesen.

Tab. 1: Gehalt von *E. coli* und Enterokokken in der Einstreu von Kompostställen (KBE/g), n = 10
 Tab. 1: Amount of *E. coli* and enterococci in litter from the compost barns (cfu/g), n = 10

Einstreumaterial Bedding material		Durchschnitt Average	Minimum Minimum	Maximum Maximum	Median Median
E. coli					
Hackschnitzel	Oberfläche	1,0 x 10 ⁶	2,4 x 10 ⁴	9,3 x 10 ⁶	4,3 x 10 ⁴
	40 cm Tiefe	5,1 x 10 ⁵	2,4 x 10 ³	4,3 x 10 ⁶	2,4 x 10 ⁴
Sägespäne	Oberfläche	4,4 x 10 ⁶	3,8 x 10 ⁵	1,5 x 10 ⁷	2,4 x 10 ⁶
	40 cm Tiefe	2,0 x 10 ⁶	2,4 x 10 ⁴	1,5 x 10 ⁷	4,3 x 10 ⁵
Enterokokken					
Hackschnitzel	Oberfläche	1,6 x 10 ⁴	1,5 x 10 ²	7,5 x 10 ⁴	6,4 x 10 ³
	40 cm Tiefe	8,5 x 10 ³	2,3 x 10 ¹	4,3 x 10 ⁴	6,4 x 10 ³
Sägespäne	Oberfläche	3,2 x 10 ⁵	2,3 x 10 ¹	1,1 x 10 ⁶	1,9 x 10 ⁵
	40 cm Tiefe	6,5 x 10 ⁴	9,3 x 10 ³	2,1 x 10 ⁵	3,3 x 10 ⁴

4.2 Güllefeststoffe

Coliforme Keimen und *E. coli* sind in den separierten Feststoffen in den Größenordnungen zwischen 10⁴ KBE/g und 1,4 x 10⁵ KBE/g nachweisbar.

Werden diese Feststoffe in Boxen eingestreut und nach zwei Tagen Proben zur mikrobiologischen Untersuchung entnommen, dann steigen die Werte der coliformen Keime um 2 Zehnerpotenzen an, wie aus der Abbildung 1 erkennbar wird.

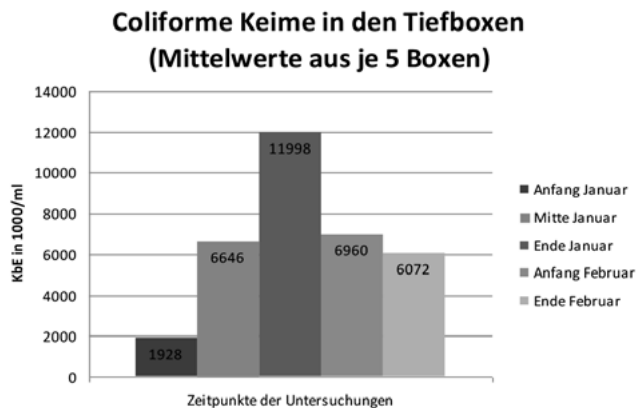


Abb. 1: Gehalt an coliformen Bakterien in separierten Feststoffen nach zweitägiger Einstreu in Liegeboxen (GEHRING 2013)

Fig. 1: Content of coliform bacteria in separated solids for bedding after two days in the boxes (GEHRING 2013)

4.3 Gärreste

Die Ergebnisse der untersuchten Gärreste sind in Tabelle 2 dargestellt. Sie stammten aus einer thermophil betriebenen Biogasanlage. Im frischen Gärrest waren keine *E. coli* nachweisbar und Enterokokken bis zu $2,4 \times 10^2$ KBE/g. Nach dem Trocknen stiegen diese Werte an.

Tab. 2: Gehalt von *E. coli* und Enterokokken in Gärrestproben (KBE/g) (n = 5)

Tab. 2: Content of *E. coli* and enterococci in anaerobic residues (CFU/g) (n = 5)

	Durchschnitt Average	Minimum Minimum	Maximum Maximum	Median Median
E. coli				
Frischmaterial	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Getrocknet	$1,4 \times 10^0$	n. n.	$3,6 \times 10^0$	n. n.
Enterokokken				
Frischmaterial	$5,1 \times 10^1$	n. n.	$2,4 \times 10^2$	$3,6 \times 10^0$
Getrocknet	$5,0 \times 10^4$	$4,3 \times 10^2$	$2,4 \times 10^5$	$4,3 \times 10^3$

Tabelle 3 stellt die Ergebnisse der kompostierten Grüngut- und Holzabfälle dar. Im kompostierten aber noch nicht eingestreuten Material wurden *E.-coli*-Gehalte zwischen $9,2 \times 10^0$ KBE/g und $4,3 \times 10^1$ KBE/g nachgewiesen. Im eingestreuten Material lag der Gehalt durchschnittlich bei $2,8 \times 10^5$ KBE/g. Der Gehalt an Enterokokken lag im frischen Kompost bei durchschnittlich $2,2 \times 10^2$ KBE/g und im eingestreuten Kompost bei $8,8 \times 10^5$ KBE/g.

Tab. 3: Gehalt an *E. coli* und Enterokokken in Grüngut- und Holzabfällen (KBE/g)

Tab. 3: Content of *E. coli* and enterococci in green and in wood waste (CFU/g)

	Durchschnitt Average	Minimum Minimum	Maximum Maximum	Median Median
E. coli				
Kompost vor Eisntreu (n = 3)	$2,5 \times 10^1$	$9,2 \times 10^0$	$4,3 \times 10^1$	$2,3 \times 10^1$
Kompost nach Einstreu (n = 5)	$2,8 \times 10^5$	$1,5 \times 10^3$	$9,3 \times 10^5$	$4,3 \times 10^4$
Enterokokken				
Kompost vor Einstreu (n = 3)	$2,2 \times 10^2$	$9,2 \times 10^1$	$4,3 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$
Kompost nach Einstreu (n = 5)	$8,85 \times 10^5$	$4,3 \times 10^3$	$4,3 \times 10^6$	$4,6 \times 10^4$

5 Schlussbetrachtung

Die Gehalte an Enterokokken und *E. coli* in den untersuchten Kompostställen sind hoch. Dies liegt daran, dass das Material im Stall nicht ausreichend kompostiert und damit keine Hygienisierung des Materials zustande kommt, wobei im Stall mit Hackschnitzzelestreu in 40 cm Tiefe Temperaturen um 43 °C gemessen wurden. Im Kompoststall mit Sägespänen stiegen die Temperaturen kaum über 26 °C. Nach KRISTULA et al. (2005) sind im Einstreumaterial Gehalte an coliformen Keimen über 10⁶ KBE/g als risikoreich zu bewerten. Damit liegen beide Kompostställe im Durchschnitt an dieser Grenze, einzelne Sammelmischproben liegen bereits darüber.

Als positiv kann bewertet werden, dass in keinem dieser Ställe Salmonellen und Streptokokken nachgewiesen werden konnten. Staphylokokken (*Staphylococcus aureus*) kamen nur vereinzelt vor.

Die Einstreu mit separierten Güllefeststoffen ist als äußerst kritisch zu betrachten, insbesondere vor dem Hintergrund des möglichen Eintrages der Fäkalkeimflora, die in der Ausgangsgülle und damit auch in den frisch separierten Feststoffen vorhanden ist. Im Hinblick auf die sich ausdehnende Paratuberkulose muss beachtet werden, dass mit dem Erreger belastete Gülle nicht wieder auf direktem Wege in Kontakt mit den Tieren gelangt.

Die Infektionsgefahr egalisiert die Vorteile, die organische Materialien hinsichtlich erhöhten Tierwohls mit sich bringen. Maßnahmen zu einer ökonomisch vertretbaren Hygienisierung und damit Inaktivierung von Krankheitserregern in separierten Güllefeststoffe sind in Erprobung (GEHRING 2013).

Stammen Gärreste aus thermophilen Anlagen oder sind Kosubstrate vor der anaeroben Verwertung entsprechend den Vorgaben der Bioabfallverordnung (BioAbfV) behandelt, ist aus seuchen- und tierhygienischer Sicht nichts gegen die Verwendung der getrockneten Gärreste als Einstreu in Milchviehhaltungen einzuwenden.

Die für die Gärreste gemachten Aussagen treffen auch für die Komposte zu. Bei einer korrekt verlaufenden Kompostierung wird eine Hygienisierung erreicht. Probleme könnten allerdings für die Milchkühe in Sommermonaten durch die starke Wärmeentwicklung entstehen. Die Tiere meiden dann die bequemen Liegeflächen und suchen sich nasse, verschmutzte Betonflächen, was wiederum eine hohe Verschmutzungsgefahr der Milchkühe und deren Euter zur Folge hat. Aus den Niederlanden wird berichtet, dass thermophile Bakterien aus dem Kompost ins Euter gelangen können.

Grundsätzlich gleicht sich der Gehalt an Fäkalkeimen in den organischen Materialien nach der Einstreu in die Liegeboxen dem „Keimniveau“ des Kotes der Rinder an. Entscheidend ist jedoch das ursprüngliche Ausgangsmaterial; dieses muss frei sein von klassischen Krankheitserregern und sollte einen geringen Gehalt an kultivierbaren, coliformen Keimen und *E. coli* aufweisen.

Literatur

Die Literatur ist bei den Autoren zu erfragen.

Auswirkungen eines reduzierten Schlitzanteils bei funktionsoptimierten Spaltenböden für Mastschweine auf Stallhygiene, Stallklima sowie Fundament- und Klauengesundheit

Effect of a reduced slot percentage in optimized slatted floor in pig rearing on hygiene, indoor air quality and health of claws and legs

FELIX AUSTERMANN¹, RICHARD HÖLSCHER², WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Institut für Landtechnik – Sektion Technik Tierhaltung Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn

² Hölscher & Leuschner, Stallbau & Stalltechnik, Siemensstr. 15, 48488 Emsbüren

Schlüsselwörter: Mastschweine, Spaltenboden, Haltungsverfahren, Emissionen, Ammoniak

Keywords: fattening pigs, slatted floor, animal welfare, emissions, ammonia

Zusammenfassung

Die Bodengestaltung in Schweineställen und vor allem der Spaltenboden führen fortwährend zu einem gesellschaftspolitischen Diskurs. In den Untersuchungen wurden Strukturspaltenböden (dreidimensionale Oberfläche) mit unterschiedlichen Schlitzanteilen vergleichend mit konventionellen Spaltenböden untersucht. Die Erhebungen befassten sich zum einen mit der Erfassung der Sauberkeit von Buchten und Tieren, zum anderen wurde die Fundament- und Klauengesundheit in Abhängigkeit von den Schlitzanteilen ermittelt. Mit Bezug zur Verschmutzung in den Ställen wurden die Konzentrationen der Schadgase gemessen und zusammen mit den Luftvolumenströmen die Emissionswerte ermittelt. Der Fokus dieser Messungen lag vor allem auf Ammoniak (NH₃).

Summary

Slatted floors are well established in the housing systems of pig production. The slot percentage of slatted floor is discussed controversially in Germany for reasons of animal welfare. A novel design of slatted floor surface with a reduced slot percentage was investigated comparatively to the common slatted floor. The objective of this study was to assess the novel slatted floor concerning the health of claws and limbs, the cleanliness of the barn and animals and whether it leads to a reduction or increase of emissions particularly of ammonia (NH₃).

1 Einleitung und Zielsetzung

Spaltenböden sind die vorherrschende Form der Bodengestaltung in der Schweinehaltung. Die grundlegenden Aufgaben der Spaltenböden sind zum einen das kontrollierte Ableiten von Exkrementen in die unter dem Spaltenboden befindlichen Güllekanäle. Zum anderen dienen sie den Tieren als Liege- und Bewegungsfläche. Der Einsatz von Spaltenböden wird derzeit sowohl politisch als auch tierschutzrechtlich kontrovers diskutiert. Besonders der Schlitzanteil und die Schlitzbreite stehen im Fokus. Die Schlitzbreite bei Mastschweinen (max. 18 mm) und der Perforationsanteil (Vollspalten max. 15 %) sind in der Tierschutznutztierhaltungsverordnung sowie in der DIN EN 12737 festgelegt. Alle bisweilen kommerziell erhältlichen Spaltenböden für die Mastschweinehaltung weisen eine 100 % ebene Oberfläche auf. Durch die neuartige Formgebung der Oberfläche des opti-Floor-Spaltenbodens bzw. comfi-Floor-Spaltenbodens (Fa. Hölscher & Leuschner) mit gleichmäßig verteilten Gefällestrecken (keine plane Oberfläche) soll ein optimales Abfließen des ausgeschiedenen Urins, bei verringertem Schlitzanteil, realisiert werden. Trockenere Spalten und geringere Urinmengen auf der Oberfläche sollen die Ammonifikation und die Ammoniakemissionen des Stalles mindern (SIEBER et al. 2003). Dem Effekt der sich selbst versiegelnden Schlitzlöcher wird durch die Trapezform der Oberfläche entgegengewirkt (Abb. 1). Dadurch bedingt, treten die Tiere den ausgeschiedenen Kot in Richtung der Schlitzlöcher. Eine gute Stallhygiene soll somit trotz Minderung des Schlitzanteils erhalten bleiben. Darüber hinaus sollen der verringerte Schlitzanteil und die optimierte Oberfläche eine Verbesserung der Tiergerechtigkeit, in Bezug auf die Klauen- und Fundamentgesundheit, zur Folge haben.

Struktur-Spalten „opti FLOOR“



Abb. 1: Merkmale des opti-Floor-Spaltenbodens
 Fig. 1: Characteristics of the concrete slatted opti-Floor

2 Material und Methoden

Die Versuche wurden von September 2011 bis August 2013 auf dem Lehr- und Versuchsgut Haus Düsse/Mastanlage Süßholz der Landwirtschaftskammer NRW durchgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen soll die Bewertung des Spaltenbodens in Bezug auf Tiergerechtheit, Raumluftqualität im Stall und Umweltrelevanz hinsichtlich der Emissionen ermöglicht werden.

In fünf Mastdurchgängen wurden unterschiedliche Varianten des opti-Floor-Spaltenbodens (Beton) und des Kunststoffspaltenbodens (comfi-Floor) untersucht. Als Referenz diente während der Versuche fortlaufend ein Abteil, das ausschließlich mit konventionellem Spaltenboden (100 % plane Oberfläche, 15 % Schlitzanteil) ausgestattet war (Tab. 1). Je Abteil wurden 96 Schweine gemästet. Der Erfassungszeitraum für die Emissionsmessungen war auf 105 Tage je Mastdurchgang standardisiert.

Tab. 1: Übersicht für die einzelnen Versuche gestaffelt nach Spaltenboden und Abteil

Tab. 1: Overview of the different trials according to floor type and barn compartment

Versuchsabteil	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5
Abteil 1 (Referenz)	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %
Abteil 2	6 % opti-Floor	6 % opti-Floor	6 % opti-Floor	4,5 % opti-Floor	-
Abteil 3	3 % opti-Floor	6 % und 3 % opti-Floor ¹⁾	6 % und 3 % opti-Floor ¹⁾	3,76 % comfi-Floor (Kunststoff)	3,76 % comfi-Floor (Kunststoff)

¹⁾ In jeder Bucht wurde mittig 3 % opti-Floor verlegt (Insel) und außen von 6 % opti-Floor eingerahmt.

Während der Versuchszeiträume wurden die Innenraumkonzentrationen von Ammoniak (NH₃), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), Kohlendioxid (CO₂) in einem Stallabteil mit konventionellen Spalten und zwei weiteren Stallabteilen mit opti-Floor Spalten (jeweils 3 % und 6 % Schlitzanteil) je Mastperiode gemessen. Die Gaskonzentrationen in den jeweiligen Abteilen wurden quasikontinuierlich nach der Methode der photoakustischen Spektroskopie mithilfe eines Multigasmonitors (Fa. LumaSense Technologies, Modell 1412, bestückt mit optischen Filtern) bestimmt. Zwecks Bestimmung der Emissionen in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Bodentypen wurden neben den Schadgaskonzentrationen die Luftvolumenströme durch Messventilatoren erfasst. Begleitend wurden die Temperaturen in den Stallabteilen kontinuierlich aufgezeichnet.

Hinsichtlich der Aussage über eine ausreichende Drainagefunktion der Spaltenböden mit reduziertem Schlitzanteil wurde vergleichend die Verschmutzung des Bodens in den Buchten sowie die Verschmutzung der Tiere bonitiert. Als weiterer Schwerpunkt sollte die vergleichende Fundament- und Klauenbeurteilung zwischen den auf konventionellen und Strukturspaltenboden gehaltenen Tieren Aufschluss über eine verbesserte Tiergerechtheit geben. Die Bonituren der Extremitäten erfolgte nach dem Boniturschema von ROESICKE et al. (2011). Anhand dieser Abstufungen konnte der Schweregrad der Beeinträchtigung für die einzelnen Merkmale erfasst und bewertet werden. Darüber hin-

aus ist die dreidimensionale Oberfläche des Strukturspaltenbodens (Gefälle) hinsichtlich des Gangbildes der Tiere von Interesse. Hierfür wurden Videosequenzen in den Aktivitätszeiträumen der Fokustiere analysiert. Vor allem die Quantifizierung des Ausrutschens und Ausgrätschens stand hier im Vordergrund.

3 Ergebnisse

Die Versuche zeigten, dass die Reduzierung von Ammoniakemissionen bedingt durch die dreidimensionale Oberflächenstruktur der opti-Floor-Spaltenböden im Falle der 3 % Spaltenböden nicht erreicht werden konnte. Mit $89,43 (\pm 20,37)$ g $\text{NH}_3/(\text{GV}\cdot\text{d})$ hatte der 3-%-Spaltenboden die mit Abstand höchsten Emissionswerte für Ammoniak, während der konventionelle (15 %) und der 6-%-Spaltenboden mit $70,29 (\pm 15,55)$ und $71,46 (\pm 17,88)$ g $\text{NH}_3/(\text{GV}\cdot\text{d})$ auf gleichem Niveau lagen und sich nicht signifikant unterschieden. Der Trend, dass die NH_3 -Emissionen bei stark reduziertem Schlitzanteil ansteigen, setzte sich auch in den folgenden Versuchen fort. Die Ausnahme bildete hier der Kunststoffboden comfi-Floor, da die NH_3 -Emissionen vergleichsweise niedrig waren.

Die Verschmutzung der Buchten erwies sich bei den 3-%-Böden als problematisch, kam der Drainageeffekt doch teilweise völlig zum Erliegen. Der konventionelle und der 6-%-Boden waren größtenteils trocken und sauber, wohingegen der 6-%-Boden stärker verschmutzt war als der konventionelle Boden. Sowohl bei der Kombinationslösung aus 3 % und 6 % Schlitzanteil als auch bei den Böden mit 4,5 % Schlitzanteil war die Sauberkeit nicht zufriedenstellend; nur der Kunststoffspaltenboden mit 3,76 % Schlitzanteil wies im Vergleich eine zufriedenstellende Sauberkeit auf. Generell konnte festgehalten werden, dass sich bei stärkerer Verschmutzung die Raumluftqualität verschlechterte. Dies äußerte sich vor allem durch den starken Anstieg der NH_3 -Innenraumkonzentrationen.

Bezüglich der Klauen- und Fundamentgesundheit stellte sich nach ersten Versuchen heraus, dass der Perforationsgrad der Spaltenböden die Gesundheit der Gliedmaßen beeinflusst. Die Schwerpunkte lagen hier vor allem auf Sohlen- und Ballenveränderungen sowie Lederhautblutungen. Auffällig war hier, dass sich der 3-%-Spaltenboden gefolgt von dem mit 6 % Schlitzanteil und dem konventionellen Spaltenboden als vorteilhaft für die Klauengesundheit der Tiere erwies. Auch der 4,5-%-Spaltenboden und der Kunststoffboden erwiesen sich als günstig bezüglich Klauengesundheit.

Hinsichtlich des Gangbildes bzw. der Inzidenz für das Ausrutschen und Ausgrätschen der Tiere ist die dreidimensionale Oberfläche der Strukturspalten jedoch als nachteilig zu erachten. Eine vergleichende Bewertung der einzelnen Bodentypen mit Bezug zu den unterschiedlichen Untersuchungsschwerpunkten ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Vergleichende Bewertung der untersuchten Spaltenböden
 Tab. 2: Comparative evaluation of the different slatted floors

Bodentyp	NH ₃ -Emissionen	Raumluft- qualität	Ver- schmutzung	Fundament und Klauen	Gangbild
15 % Referenz	+	+	+	-	+
6 % opti-Floor	+	+	+	+	-
3 % opti-Floor	--	--	--	++	--
3,76 % comfi-Floor (Kunststoff)	+	+	+	+	-
4,5 % opti-Floor	-	-	-	+	--

++ sehr gut, + gut, - schlecht, -- sehr schlecht (Notengebung bezieht sich nur auf die vergleichende Bewertung innerhalb dieser Untersuchung).

4 Diskussion und Ausblick

Nach ersten Ergebnissen erweist sich der opti-Floor-Spaltenboden mit 6 % Schlitzanteil hinsichtlich Sauberkeit, Emissionen sowie Klauen- und Fundamentgesundheit als vorteilhaft. Der 3%-Boden zeigte sich als hygienisch ungeeignet; für die Gesundheit der Klauen war der Boden jedoch tendenziell besser. Auch die Kombinationslösung – Schlitzanteil von 3 % und 6 % – war aufgrund des Verschmutzungsgrades nicht geeignet. Der opti-Floor-Spaltenboden mit 4,5 % Schlitzanteil zeigte in Bezug zur Klauen- und Fundamentgesundheit Vorteile, war aber ebenfalls aus stallhygienischen Aspekten schlechter. Der 3,76%-Kunststoffspaltenboden schnitt in der Gesamtbewertung überraschend gut ab. So zeigte dieser eine respektable Sauberkeit, vergleichsweise gute Emissionswerte und auch bezüglich der Klauen- und Fundamentgesundheit gute Ergebnisse.

Übergreifend war für die Strukturspalten zu beobachten, dass das Gefälle auf der Oberfläche vermehrt zum Ausgleiten der Tiere führte. Vor allem bei zunehmender Verschmutzung wurde dies zum Problem. Der konventionelle Spaltenboden schnitt lediglich in Bezug auf die Beeinträchtigungen der Klauen und Fundamente der Tiere schlechter ab als die Strukturspaltenböden.

In weiterführenden Versuchen soll in Großgruppen (> 350 Tiere) das Präferenzverhalten der Tiere untersucht und der Einfluss der Strukturspalten auf die Ausbildung von Funktionsbereichen überprüft werden. Ergänzend werden hier Punktmessungen zur Bestimmung der NH₃-Konzentration durchgeführt.

Der Tierschutzgedanke in der Gesellschaft und die zunehmende Involvierung der Politik in das Thema Bodengestaltung, im speziellen Spaltenböden und Schlitzanteil in der Schweinehaltung, erfordert eine adäquate Reaktion seitens der Landwirtschaft und der entsprechenden vor- und nachgelagerten Industriezweige. Der Forderung nach verringertem Schlitzanteil in Spaltenböden, ohne die wesentliche Funktionalität des

Abführens der Exkreme einzubüßen, entsprechen der opti-Floor-Spaltenboden mit 6 % Schlitzanteil und der Kunststoffspaltenboden comfi-Floor mit 3,76 % Schlitzanteil.

Literatur

DIN EN (2007): DIN EN 12737 Betonfertigteile – Spaltenböden für die Tierhaltung;
Deutsche Fassung EN 12737:2004+A1:2007

Roesicke, E. (2011); Klauengesundheit beim Schwein. Infodienst Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz e.V., AID-Heft 1581

Sieber, E. (2003): Quantifizierung von Geruchs-, Spurengas- und Staubemissionen und deren Emissionsquellen im Stall als Grundlage für den Einsatz emissionsmindernder Maßnahmen. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, VDI-MEG-Schrift 417

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt 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 313-06.01-28-1-37.025-10.

Die Durchführung des Projektes erfolgt mit dem Wirtschaftspartner Hölscher & Leuschner Agrartechnik und in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer NRW.

„PigComfort“ – Entwicklung von Komfortmatten für den Liege- und Laufbereich in der Sauenhaltung

'PigComfort' – Development of rubber mats for lying and locomotion areas in housing systems for sows

STEFANIE BAUMANN¹, WILHELM PFLANZ¹, EVA GALLMANN², LARS SCHRADER³

¹ Bildungs- und Wissenszentrum, Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ), 97944 Boxberg

² Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, 70599 Stuttgart

³ Bundesforschungsinstitut für Tierhaltung (FLI), Institut für Tierschutz und Tierhaltung, 29233 Celle

Schlüsselwörter: Gummimatten, Verhalten, Wohlbefinden, Sauen

Keywords: rubber mat, behaviour, welfare, sows

Zusammenfassung

Das Projekt „PigComfort“ beschäftigte sich mit der Entwicklung und Erprobung von Gummimatten für den Liege- und Laufbereich in der Sauenhaltung. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, unter Zuhilfenahme von Verhaltensbeobachtungen (Präferenztests), das Liege- und Laufverhalten der Sauen auf unterschiedlichen Bodenbelägen zu analysieren. Beim Wahlversuch zum Laufverhalten konnten die Sauen im Aktivitätsbereich zwischen Betonspaltenboden und Gummimatten wählen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die Sauen Laufwege aus Gummimatten zur Fortbewegung bevorzugten (Beton vs. Matte: $p < 0,0001$). In der Analyse zum Liegeverhalten konnten die Sauen zwischen Liegekojen mit Betonboden sowie harter oder weicher Gummimatte wählen. Die Sauen bevorzugten zu 53,6 % die weiche Gummimatte gegenüber der harten Gummimatte (38,1 %) und dem Betonboden (8,3 %). Die Unterschiede sind signifikant ($p < 0,0001$).

Summary

The project 'PigComfort' deals with the development and test of rubber mats for lying and locomotion areas inside housing systems for sows. The aim of this study was to analyse the lying and locomotion behaviour of sows on different floors with the help of video observations and preference tests. To investigate the locomotion behaviour, sows had the choice to walk on concrete slatted floor or a rubber mat pathway. The results show that sows preferred the rubber mat pathway for locomotion (slatted floor vs. rubber mat: $p < 0.0001$). For the analysis of the lying behaviour, sows could choose between lying areas out of concrete floor, hard rubber mat or soft rubber mat. The sows preferred the soft rubber mat with 53.6 % opposite the hard one (38.1 %) and concrete floor (8.3 %). The differences are significant ($p < 0.0001$).

1 Einleitung und Zielsetzung

Gummimatten haben ähnliche Komforteigenschaften wie Stroheinstreu. Sie bieten den Tieren eine verformbare, weiche Unterlage. Gelenke und Klauen werden geschont. Läsionen der Haut und Verletzungen an den Klauen, welche als Eintrittspforten für Krankheitserreger fungieren, können vermieden werden.

Das Projekt „PigComfort“ hatte zum Ziel, praxistaugliche Liege- und Laufmatten zur Verbesserung des Tierwohlbefindens und der Klauengesundheit von Sauen in der Gruppenhaltung zu entwickeln und zu testen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, unter Zuhilfenahme von Verhaltensbeobachtungen (Präferenztests), das Liege- und Laufverhalten der Sauen auf unterschiedlichen Bodenbelägen zu analysieren.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen zum Präferenzverhalten wurden am Bildungs- und Wissenszentrum, Landesanstalt für Schweinezucht und Schweinehaltung (LSZ), Boxberg durchgeführt. Untersucht wurden das Liege- und das Laufverhalten von Sauen unter Berücksichtigung der Wahlmöglichkeit für verschiedene Bodenbeläge.

2.1 Laufverhalten

In der Gruppenhaltung für Wartesauen (dynamische Gruppe, ca. 60 Sauen) wurden im Aktivitätsbereich Laufwege aus Gummimatten (Breite 60 cm) verlegt. Das Abteil besteht aus acht Liegekojen mit Gummimatten, einem Aktivitätsbereich aus Betonspaltenboden und einem Auslauf. Es ist mit zwei Abrufstationen ausgestattet. Untersucht wurde das Laufverhalten der Sauen in drei Varianten:

- Betonspaltenboden (Nullvariante)
- Betonspaltenboden mit einem Laufweg aus Gummimatten (Variante I)
- Betonspaltenboden mit zwei Laufwegen aus Gummimatten (Variante II)

Die Untersuchungen zum Wahlverhalten fanden in Variante I und II statt. Pro Variante wurden vier Durchgänge à drei Wochen analysiert. Die ersten beiden Wochen dienten als Eingewöhnungsphase, die letzte Woche war die Versuchsphase. Während der Versuchsphase fanden die Verhaltensbeobachtungen mittels Videotechnik statt. Mit einer auszuwertenden Gesamtgröße des Aktivitätsbereichs von 52,8 m² wurden vier Kameras an der Decke zur Beobachtung benötigt. Für die Auswertung der Videos bekam jede Kamera eine Position zugeordnet (1–4). Diese wurden wiederum in mehrere Raster unterteilt. Gewertet wurde ein zielgerichtetes Laufen der Sauen ausgehend von den Liegekojen in Richtung Abrufstation bzw. Auslauf und/oder in die entgegengesetzte Richtung zurück zu den Liegekojen. Die Sauen wurden nur dann gewertet, wenn sie eine (Kamera-)Position in mindestens drei Rastern zügig durchlaufen hatten (Anzahl Sauen/Raster). Langes Stehen (> 7 Sekunden) wurde als Unentschlossenheit interpretiert und ging nicht in die Wertung ein. Die statistische Datenauswertung erfolgte anhand eines gemischten linearen Modells mit der Software SPSS (Version 19).

2.2 Liegeverhalten

Die Untersuchungen zum Wahl- und Liegeverhalten der Sauen fanden in einem Abteil in der Gruppenhaltung für Wartesauen (statische Gruppe) statt. In diesem Abteil befindet sich eine Abrufstation. Der Liegebereich besteht aus sechs gleichgroßen Liegekojen mit planbefestigtem Boden (3 % Gefälle). Während der Versuchsphase konnten die Sauen zwischen zwei Betonliegekojen, zwei Kojen mit harter Gummimatte und zwei Kojen mit weicher Gummimatte wählen. Die Zuordnung der Bodenbeläge auf die Liegekojen wurde nach drei Durchgängen randomisiert (drei Durchgänge entsprechen einer Variante). Insgesamt wurden 18 Durchgänge durchgeführt (sechs Varianten). Damit eine freie Wahlmöglichkeit aller Sauen gegeben war, wurden lediglich acht Sauen (vier Sauen/Koje) in das Abteil eingestallt und mit schwarzem Viehzeichenstift individuell markiert. Mithilfe von Videoaufzeichnungen wurde das Wahlverhalten der Sauen sieben Tage lang beobachtet (eine Kamera/Liegekoje). Die Videos wurden mit der Scan-Sampling-Methode (15-Minuten-Takt) ausgewertet. Aufgezeichnet wurde die Uhrzeit, Nummer der Bucht und der darin befindliche Bodenbelag, Saunummer und Position (Seitenlage, Halbseitenlage, Bauchlage) der jeweiligen Sau. Zusätzlich wurde die Buchtenverschmutzung bonitiert und die Temperatur im Abteil und Außenbereich gemessen. Die statistische Datenauswertung erfolgte anhand eines gemischten linearen Modells mit der Software SPSS (Version 19).

3 Ergebnisse

3.1 Laufverhalten

Die Ergebnisse zeigen die Häufigkeit der Tierbewegungen. Gewertet wurde eine zielgerichtete Laufrichtung von den Liegekojen zur Abrufstation bzw. zum Auslauf und/oder in die entgegengesetzte Richtung zurück zu den Liegekojen. Bestand die gesamte Fläche des Aktivitätsbereichs aus Betonspaltenboden (Nullvariante), liefen die Sauen auf der linken Abteilseite zu 36 % und rechts zu 34 %. 30 % der Sauen bewegten sich in der Mitte des Abteils fort ($n = 2418$ Tierbewegungen). Nach der Befestigung eines Laufweges aus Gummimatten in der Mitte des Aktivitätsbereichs (Variante I), bevorzugten die Sauen diesen zur Fortbewegung (Abb. 1). 45 % der Sauen liefen auf dem Spaltenboden durch das Abteil und 55 % der Sauen bewegten sich auf der nur 60 cm breiten Gummimatte fort ($n = 2280$ Tierbewegungen). Mit nur 1/6 Gummifläche zur Gesamtfläche, wählten demnach deutlich mehr Tiere die Gummimatte zur Fortbewegung. Die Ergebnisse zeigen höchst signifikante Unterschiede zwischen den beiden Bodenbelägen (Beton vs. Matte: $p < 0,0001$).

In Variante II konnten die Sauen zwischen Betonspaltenboden und zwei Laufwegen aus Gummimatten entscheiden. Die Laufwege wurden auf der linken bzw. rechten Seite des Aktivitätsbereichs montiert (1/3 Gummimatte zur Gesamtfläche). Die restliche Fläche bestand weiterhin aus Betonspaltenboden. In Variante II wählten die Sauen zu 37 % die linke Matte und zu 34 % die rechte Matte. Insgesamt wählten somit 71 % der Sauen die Gummimatte zur Fortbewegung ($n = 1973$ Tierbewegungen). Folglich fanden 29 % der Bewegungen auf dem Betonspaltenboden statt (Abb. 2). Die Ergebnisse zeigen höchst signifikante Unterschiede (Beton vs. Matte: $p < 0,0001$).



Abb. 1: Sauen nutzen den 60 cm breiten Laufweg aus Gummimatten zur Fortbewegung (Variante I). Sau im Vordergrund bewegt sich in Richtung Abrufstation/Auslauf.

Fig. 1: Sows use for locomotion a 60 cm wide pathway with rubber mats (variant I). The sow in front moves in direction feeding station/outdoor exercise yard.

Beobachteter Aktivitätsbereich Breite 400 cm					
Spalten 73 cm	Matte 60 cm	Spalten 133 cm	Matte 60 cm	Spalten 73 cm	
1,25%	3,59%	1,67%	2,10%	1,13%	
0,83%	4,58%	2,10%	3,67%	1,27%	
0,62%	4,31%	1,51%	3,86%	1,05%	
0,78%	4,28%	1,28%	4,15%	1,07%	
0,53%	3,93%	1,09%	4,12%	0,76%	
0,51%	3,87%	0,94%	3,71%	0,75%	
0,87%	3,50%	0,82%	3,46%	0,84%	
0,53%	2,90%	1,00%	2,92%	0,57%	
0,30%	2,80%	0,54%	2,50%	0,59%	
0,70%	2,13%	0,53%	2,09%	0,60%	
0,39%	1,39%	0,75%	1,58%	0,38%	
Gesamt	7,30%	37,29%	12,24%	34,16%	9,01%

Beobachteter Aktivitätsbereich Länge 1320 cm

↑ Hinweg Abrufstation
↓ Rückweg Liegekoben

Abb. 2: Zwei Laufwege aus Gummimatten (links und rechts – Variante II). Gesamthäufigkeit der Tierbewegungen [%] sowie prozentuale Häufigkeit pro Beobachtungsraster (n = 1973 Tierbewegungen).

Fig. 2: Pathway with two rubber mats (left and right – variant II). Frequency of occurrence of all locomotions [%] respectively per observation grid (n = 1973 observations).

3.2 Liegeverhalten

Die Ergebnisse des Wahlversuchs zeigen (Abb. 3), dass die Sauen einen weichen Untergrund zum Liegen bevorzugten. Die Betonfläche wurde mit 8,3 % nur selten genutzt. Die weiche Matte wurde mit 53,6 % im Vergleich zur harten Matte (38,1 %) präferiert. Die Unterschiede zwischen den drei Bodenbelägen sind höchst signifikant ($p < 0,0001$). Die Uhrzeit sowie die Abteilterperatur haben keinen signifikanten Einfluss auf die Wahl des Bodenbelags. Zwischen den Liegepositionen und den unterschiedlichen Bodenbelägen konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden ($p < 0,0001$). Die Sauen lagen vergleichsweise häufiger in Seitenlage auf der weichen und harten Matte als auf dem Betonboden. Unabhängig von den Bodenbelägen haben die Abteilterperatur und die Tageszeit jedoch einen Einfluss auf die Liegepositionen. Bei höheren Temperaturen konnte die Position „Seitenlage“ häufiger beobachtet werden. Ebenso lagen die Sauen am Abend und in der Nacht überwiegend auf der Seite, während sie am Tag häufiger in Bauch- und Halbseitenlage ruhten.

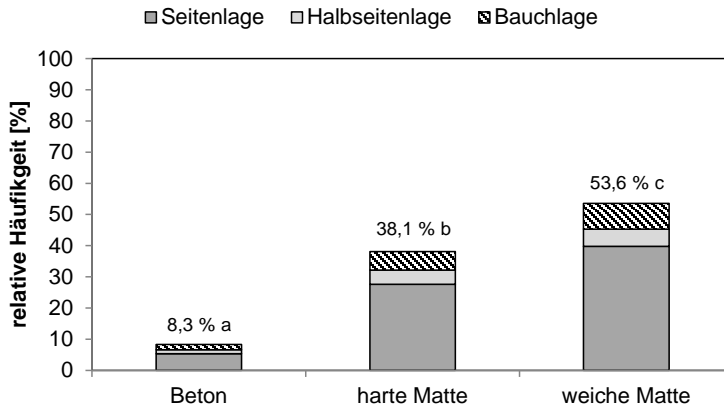


Abb. 3: Präferenz der Bodenbeläge im Liegebereich sowie die Verteilung der Liegepositionen (Bauchlage, Seitenlage, Halbseitenlage). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($n = 144$ Sauen).

Fig. 3: Preferred flooring materials of the lying area and preferred lying posture (sternal, half recumbent, lateral recumbent). Different letters signify significant differences ($n = 144$ sows).

4 Schlussfolgerungen

Das Projekt „PigComfort“ hatte zum Ziel, praxistaugliche Liege- und Laufmatten zur Verbesserung des Wohlbefindens und der Klauengesundheit von Sauen in der Gruppenhaltung zu entwickeln und zu testen. Die in diesem Beitrag dargestellten Ergebnisse der Präferenztests zeigen, dass die Mehrzahl der Sauen sich für Gummimatten im Liegebereich und als Laufuntergrund entschied. Der Einsatz von Gummimatten lässt eine Verbesserung des Tierwohlbefindens erwarten.

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Geschlossene Gummimatten im Liegebereich tragender Sauen – Haltbarkeit und Einfluss auf Klauen, Gelenke und Sauberkeit

Non-perforated rubber mats in the lying area of pregnant sows – durability and impact on claws, joints and cleanness

CHRISTINA JAIS¹, PETER OPPERMANN¹, JOSEF SCHWANFELDER²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing/Grub

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung Schwarzenau, Stadtschwarzacherstr. 18, 97359 Schwarzach am Main

Schlüsselwörter: Sauen, Gummimatten, Klauen, Gelenke
Keywords: sows, rubber mats, claws, joints

Zusammenfassung

Während einer zweijährigen Versuchsdauer wurde die Wirkung von geschlossenen Gummimatten im Liegebereich tragender Sauen auf Klauen, Gelenke und Gangweise der Tiere erfasst. Darüber hinaus wurde die Haltbarkeit der Matten sowie die Sauberkeit von Bucht und Tieren beurteilt. Als Vergleich diente eine Bucht mit Lochspaltenboden aus Beton im Liegebereich. Der Versuch umfasste 174 Sauen mit 469 Trächtigkeiten.

Die Haltbarkeit der Matten war gut. Sie führten jedoch zu einer deutlich stärkeren Verschmutzung und zur Bildung von Harnpfützen auf den Matten. Um Letzteres zu vermeiden, müssen sie mit 2–4 % Gefälle eingebaut werden.

Nur im Liegebereich montiert, führten Gummimatten nicht zu längeren Klauen, verringerten aber die Abschürfungen am Wandhorn. Die übrigen Merkmale an Klauen, Gelenken und Gangweise wurden im Vergleich zu Betonboden nicht verbessert.

Summary

During a two-year study, the impact of rubber mats in the lying area of pregnant sows on claws, joints and movement of the animals was noted. Additionally, durability of the mats as well as cleanness of pen and animals were judged. A pen with slatted concrete floor in the lying area served as comparison. The study comprised 174 sows with 469 pregnancies.

Durability of the mats was good. But they caused a clearly higher soiling and the accumulation of urine on the mats. To avoid the latter, mats must be installed with 2–4 % slope.

Installed only in the lying area, mats did not cause longer claws but reduced the abrasion of the claw's horn. The other characteristics of claws, joints and move were not improved when compared to concrete floor.

1 Problemstellung und Versuchsziel

Während Gummimatten in Rinderställen weit verbreitet sind, werden sie in Schweineställen bisher nicht eingesetzt. Das dürfte wesentlich auf die in der Vergangenheit beobachtete völlig ungenügende Haltbarkeit von Gummimatten in Schweinestallungen zurückzuführen sein. Die Matten wurden oft binnen weniger Wochen völlig zerbissen (BIRKENFELD et al. 2008).

Nachdem ein neuer Typ Gummimatten (Fa. Kraiburg) mit modifizierter, verstärkter Oberflächen- und Kantenbeschaffenheit entwickelt worden war, bot sich die Möglichkeit, diese im Liegebereich von tragenden Sauen einzusetzen und sowohl die Haltbarkeit der Matten als auch deren Sauberhaltung und Wirkung auf die Sauen in einem Langzeitversuch zu prüfen.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsstall und Tiere

Der Versuch fand in den Stallungen des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Schwarzenau statt. Hier standen zwei baugleiche Gruppenbuchten für jeweils bis zu 40 Sauen zur Verfügung. Jede Bucht war mit einer Abrufstation ausgestattet. Die Liegebereiche befanden sich in je sechs Liegekojen. Bei den in die Versuchsbucht eingebrachten Gummimatten handelte es sich um neu entwickelte Produkte mit verbissoptimierter Oberfläche. Sie wiesen keinerlei Perforation auf und wurden gefällefrei auf den Lochspaltenboden aus Beton verlegt. Der Laufbereich war mit Betonspaltenboden mit 2 cm Schlitzweite ausgestattet.

Die Sauen wurden nach dem ersten Abferkeln mit Beginn der zweiten Trächtigkeit in den Versuch aufgenommen und absolvierten dort, je nach Versuchseintritt und Nutzungsdauer, 1–5 weitere Trächtigkeiten. Als Vergleich zur Bucht mit Gummimatten stand eine baugleiche Bucht mit Lochspaltenboden aus Beton im Liegebereich zur Verfügung. Versuchs- und Kontrollbucht wurden zeitgleich mit einer annähernd gleichen Anzahl an Sauen beschickt. Sauen, die einmal in die Bucht mit Gummimatten eingestallt worden waren, wurden immer wieder in diese eingestallt, Sauen der Kontrollbucht immer wieder in die Kontrollbucht.

2.2 Beurteilung von Haltbarkeit und Sauberkeit

Die Beurteilung der Haltbarkeit der Matten und der Sauberkeit von Bucht und Sauen erfolgte kontinuierlich. Die Sauberkeit wurde etwa 14-tägig, getrennt für mehrere Liege- und Laufzonen, in drei Notenstufen erfasst: sauber und trocken (Note 1), mittlere Verschmutzung (Note 2), starke Verschmutzung/Kothaufen sichtbar (Note 3).

2.3 Beurteilung von Klauen, Gelenken und Gangweise

Die Außenklauen der Hintergliedmaßen der Sauen wurden einzeln zu drei Zeitpunkten beurteilt: (1) vor dem Einstellen in den Wartestall im Deckzentrum, (2) in der Gruppenbucht eine Woche nach dem Einstellen in den Wartestall, im Anschluss an die Phase der Rangkämpfe, und (3) am Ende der Trächtigkeit, eine Woche nach dem Abferkeln

im Ferkelschutzkorb. Die Bewertung erfolgte für die Merkmale Ballenveränderungen, Wandhornrisse, Hautverletzungen im Kronsaumbereich, Vergleich der Länge von Innen- und Außenklaue sowie Afterklauenlänge in vier Notenstufen in Anlehnung an ein durch das niederländische Bauern-Netzwerk für Gruppenhaltung entwickeltes Schema (ARDEN 2006). Dieses Schema wurde ergänzt um das Merkmal Abschürfungen am seitlichen Wandhorn.

Zeitgleich mit den Klauen wurden die Fessel- und Sprunggelenke der Hintergliedmaßen beurteilt und in einem gemeinsamen Wert festgehalten.

Die Messung der Länge der Außenklauen erfolgte einmal je Trächtigkeit im Abferkelstall.

Die Gangweise wurde jedes Mal beim Umstallen der Tiere vom Deck- in den Wartebereich und Abferkelbereich bewertet und zusätzlich eine Woche nach dem Einstellen in den Wartebereich.

2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SAS Enterprise Guide 4.3. Die Daten der Klauenlänge wurden mittels Varianzanalyse auf Effekte der Bodengestaltung geprüft. Die Häufigkeit der Boniturnoten für Klauen, Gelenke, Gangweise und Sauberkeit in Abhängigkeit von der Bodengestaltung wurden mittels Chi-Quadrat-Test auf signifikante Unterschiede getestet. Das Signifikanzniveau lag bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit.

3 Ergebnisse

Über einen Zeitraum von zwei Jahren wurden insgesamt 174 Sauen mit 469 Trächtigkeiten erfasst. Je nach Merkmal und Auswertung wurden Tiere bzw. Trächtigkeiten mit unvollständigem Datensatz ausgeschlossen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse zu den Bereichen Haltbarkeit, Sauberkeit und Wirkungen auf die Tiere präsentiert.

3.1 Haltbarkeit

Die Haltbarkeit der Matten erwies sich während der zweijährigen Einsatzzeit als sehr gut. Zum Ende der Versuchsdauer waren nur wenige, oberflächliche Beschädigungen zu verzeichnen, welche die Funktionsfähigkeit der Gummimatten nicht beeinträchtigten.

3.2 Sauberkeit von Bucht und Tieren

Die Sauberhaltung der Matten war jedoch problematisch. Im Laufe des Versuchs bildeten sich Mulden auf den Matten, in denen sich beträchtlich Harn sammelte. Dadurch waren Bucht und Tiere der Versuchsbucht mit Gummimatten deutlich stärker verschmutzt als die Kontrollbucht mit Lochspaltenboden und Tiere aus dieser. Die Harnpfützen konnten durch nachträglich eingebrachte Abflusslöcher nicht beseitigt werden, da die Bohrlöcher schnell verstopften. Deswegen ist beim Einsatz von geschlossenen Gummimatten ein Gefälle des Bodens von 2–4 % zu empfehlen.

3.3 Bewertung von Klauen und Gelenken

Die nachfolgend aufgeführten Prozentangaben zur Häufigkeit der Boniturnoten beruhen auf einer Auswertung, bei der je Zuchtsau von den beiden gleichzeitig beurteilten Hintergliedmaßen jeweils nur der schlechtere der beiden Einzelwerte berücksichtigt wurde. Die Zahlen beinhalten alle auswertbaren, d. h., vollständigen Trächtigkeiten, sodass die einzelnen Sauen mit 1–5 Trächtigkeiten eingehen.

Grundsätzlich ergaben beide Betrachtungsweisen, Berücksichtigung aller Einzelfüße und Berücksichtigung nur eines, des schlechteren Werts je Tier, die gleiche Einschätzung bezüglich der Wirkung der Gummimatten.

Um einen etwaigen Alterseffekt auszuschließen, wurden die Daten für die statistische Prüfung getrennt nach dem Alter der Sauen ausgewertet. Ergänzend wurden in einem weiteren Vergleich nur jene Tiere berücksichtigt, die mindestens drei oder vier Trächtigkeiten im Versuch absolviert hatten. Auf diese Weise sollte ein möglicher Langzeiteffekt erfasst werden.

Bei allen Betrachtungsweisen ergab sich übereinstimmend, dass für die Merkmale Ballenveränderungen, Wandhornrisse, Hautverletzungen im Kronsaumbereich, Längenvergleich Innen-Außenklaue und Afterklauenlänge kein signifikanter Unterschied zwischen Gummimatten und Betonboden festgestellt werden konnte.

Am Ende der Trächtigkeit war bei 34 % der insgesamt 399 Bewertungen keine Veränderung am Ballen festzustellen, bei 56 % Wucherungen, bei 9 % Wucherungen und Rissbildung und bei 1 % ausgeprägte Wucherungen und Rissbildungen. Zum gleichen Zeitpunkt lagen bei 423 Beurteilungen bei 44 % keine Risse im Wandhorn vor, bei 42 % leichte, bei 13 % größere und bei 1 % extreme Risse. Keine Hautverletzungen im Kronsaumbereich wurden zu 36 %, leichte Verletzungen zu 61 % und größere Verletzungen zu 2 % festgestellt. Innen- und Außenklaue waren in 59 % der Fälle gleichmäßig entwickelt, zu 37 % wurden bis zu 15 mm Längenunterschied festgestellt, zu 3 % Längenunterschiede zwischen 15 und 30 mm und nur 2 Bewertungen mit mehr als 30 mm Unterschied. Am ungünstigsten wurde die Länge der Afterklauen bewertet. Nur 17 % der Bewertungen entfiel auf die Kategorie „in Ordnung“, 49 % auf „etwas zu lang“ und 30 % auf „viel zu lang“. Bei 4 % der Fälle wurde ein Afterklauenabriss notiert.

Anders präsentierte sich die Situation bezüglich der seitlichen Abschürfungen des Wandhorns. Diese entstehen im Liegen durch rudernde Bewegungen der Sauen mit den Füßen und reichen in ihrer Schwere von leichten, oberflächlichen Abschürfungen bis hin zu hochgradigen Abschürfungen, bei denen das Klauenhorn im Einzelfall nur noch hauchdünn und schon transparent war. Sowohl die Häufigkeit als auch die Schwere dieser Abschürfungen wurden durch den Einsatz der Gummimatten im Liegebereich signifikant verringert, was durch deren im Vergleich zum Lochspaltenboden geringere Rauigkeit zu erklären ist. Von insgesamt 218 Bewertungen bei auf Gummimatten gehaltenen Sauen wurden am Ende der Trächtigkeit zu 72 % keine Abschürfungen, zu 24 % leichte und zu 4 % mittelgradige Abschürfungen gefunden. Die 205 Bewertungen in der Kontrollbucht auf Lochspaltenboden entfielen dagegen nur zu 49 % auf „keine Abschürfungen“, aber zu 40 % auf leichte, zu 10 % auf mittelgradige und zu 1 % auf hochgradige Abschürfungen.

Obwohl grundsätzlich auch für die erfassten Merkmale im Bereich von Fessel- und Sprunggelenken ein Einfluss der Liegeflächengestaltung denkbar ist, konnte in vorlie-

gender Erhebung kein Unterschied zwischen Gummimatten und Betonboden festgestellt werden. In 35 % der Fälle waren keine Veränderungen zu sehen, in 60 % haarlose Stellen und Rötungen, in 4 % leichte Schwellungen und in 1 % starke Schwellungen, Entzündungen oder die Bildung von Schleimbeuteln.

3.4 Entwicklung der Klauenlänge

Die Entwicklung der Klauenlänge wurde durch die Gummimatten im Liegebereich nicht beeinflusst. Das ergab sowohl die Auswertung aller Daten getrennt nach dem Alter der Sauen wie auch der Vergleich von Tieren mit mindest drei bzw. vier Trächtigkeiten.

Bei insgesamt 53 Sauen, die mindestens vier Trächtigkeiten im Versuch hatten, nahm die Länge der hinteren Außenklauen im Verlauf dieser vier Trächtigkeiten bei den auf Gummimatten gehaltenen 29 Tieren von $45,7 \pm 2,5$ mm auf $53,0 \pm 7,4$ mm ($7,3 \pm 6,7$ mm) zu. Bei den auf Betonboden gehaltenen 24 Sauen nahm die Länge der hinteren Außenklauen von $46,4 \pm 3,6$ mm auf $51,9 \pm 4,2$ mm ($5,5 \pm 4,1$ mm) zu. Der Unterschied war nicht signifikant. Beide Behandlungen zusammengefasst, stieg die Klauenlänge von der ersten bis zur fünften Abferkelung von durchschnittlich 46,0 mm auf 52,5 mm, nahm also um 6,5 mm zu.

3.5 Gangweise

Die Gangweise, die unauffällige bzw. die mehr oder minder schwer beeinträchtigte Art der Sauen zu gehen, sollte zu einem gewissen Ausmaß Auskunft darüber geben, inwieweit die Tiere unter dem Zustand ihrer Klauen und Gelenke litten.

Trotz der Unterschiede beim Merkmal Wandhornabschürfungen gaben die Sauen der Gummimatten- und der Betonbucht ein einheitliches Bild ab. Dies sowohl bei Betrachtung aller Daten getrennt nach dem Alter der Sauen als auch im Vergleich von Tieren mit mindestens drei oder vier Trächtigkeiten.

Auffallend war jedoch die deutlich schlechtere Bewertung der Gangweise zum Zeitpunkt 7 Tage nach dem Einstellen in den Wartebereich. Während vor der Einstellung in die Gruppenbucht 26 % der Sauen unauffällig liefen, 53 % leicht beeinträchtigt waren und nur 20 % der Sauen erheblich beeinträchtigt bzw. nur 2 % der Sauen sehr schwer beeinträchtigt waren, betrug nach 7 Tagen Aufenthalt im Wartestall 8 %, 49 %, 36 % und 7 %. Die Rangkämpfe zeigten hier also ihre Spuren! Im weiteren Verlauf der Trächtigkeit nahmen die Lahmheiten wieder ab.

4 Diskussion

Die in dieser Untersuchung erzielten Ergebnisse zur Wirkung von Gummimatten auf die Klauen tragender Sauen stimmen mit den Beobachtungen von BAUMANN et al. (2012) überein.

Die Entwicklung der Klauenlänge wurde durch die Gummimatten im Liegebereich nicht beeinflusst. Der verbleibende Anteil an Betonspaltenboden im Laufbereich, der einschließlich eines befestigten und überdachten Auslaufbereichs etwa 2/3 der Buchtenfläche betrug, war offenbar ausreichend für einen entsprechenden Klauenabrieb.

Eine signifikante Verbesserung wurde im Hinblick auf die seitlichen Abschürfungen des Wandhorns erzielt. Deren Bedeutung für etwaige Schmerzen des Tieres kann aus vorliegender Arbeit nicht beurteilt werden. Hochgradige Abschürfungen, die eine Instabilität des Wandhorns und eine Beeinträchtigung des darunterliegenden Gewebes vermuten lassen, kamen nur ausnahmsweise vor.

Die Häufigkeit des Auftretens von leichteren bis hochgradigen Lahmheiten wurde durch die Gummimatten nicht reduziert. Dies stimmt überein mit den größtenteils nicht realisierten Verbesserungen des Zustands von Klauen und Gelenken und deutet auf keine allzu große Relevanz der Befunde beim Merkmal Wandhornabschürfungen hin.

Auswirkungen auf die Nutzungsdauer der Sauen konnten wegen der begrenzten Versuchsdauer nicht geprüft werden. Die Ergebnisse der Klauen- und Gelenkbewertung sowie zur Gangweise dämpfen jedoch die Erwartungen bezüglich positiver Effekte von nur im Liegebereich platzierten Gummimatten.

Literatur

- Birkenfeld, C.; Oppermann, P.; Jais, C. (2008): Perforierte Gummimatten für tragende Sauen. www.LfL.bayern.de/itt/tierhaltung/schweine/31561/, Zugriff am 21.5.2012
- Arden, M. (2006): SUS-Aktion: Machen Sie den Klauen-Check! SUS 6, S. 34–36
- Baumann, S.; Pflanz, W., Gallmann, E.; Schrader, L. (2012): Beurteilung der Klauengesundheit von Sauen in unterschiedlichen Haltungsverfahren. Landtechnik 67(6), S. 413–416

Vergleich unterschiedlich perforierter Böden in der Kälbermast im Hinblick auf die Selbstreinigungsfähigkeit der Böden und auf das Verhalten der Tiere

Comparison of differently perforated floors for fattening calves in terms of floor cleanliness and the behavior of the calves

MARTIN ZIRON, STEFANIE PECH

FH-SWF, Agrarwirtschaft Soest Fachgebiet Tierproduktion, Lübecker Ring 2, 59494 Soest

Schlüsselwörter: Kälbermast, Böden, Sauberkeit, Verhaltensparameter

Keywords: *fattening calves, floors, cleanness, animal behavior*

Zusammenfassung

Es wurde der Fragestellung nachgegangen, welchen Einfluss die Bodengestaltung auf die Sauberkeit des Bodens, der Kälber sowie das Liege- und Aktivitätsverhalten der Tiere hat. Verglichen wurden vier verschiedene perforierte Böden in der Kälbermast.

Die Untersuchungen zeigen, dass alle vier verglichenen Bodenvarianten die Bedingungen für eine tiergerechte Haltung bei einem guten Betriebsmanagement grundsätzlich erfüllen können. Je nach Beobachtungskriterium gibt es aber doch Unterschiede mit Vor- und Nachteilen der einzelnen Varianten sowohl bei der Sauberkeit als auch bei den untersuchten Verhaltensparametern.

Summary

The question of the investigation was to examine the influence of different kinds of slatted floors on cleanliness and animal welfare for fattening calves. Four different slatted floors were compared.

The investigations showed that all compared systems could fulfill the conditions for good animal husbandry if the management was good. There are of course, depending on observational criteria, differences, with pros and cons of each of the systems, as well as cleanliness and animal behavior.

1 Einleitung

Die Bodengestaltung in der Kälbermast steht aktuell im Fokus der Diskussion rund um den Tierschutz. Rechtlich greift die Tierschutznutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV 2006), in der es für die Kälberhaltung einen gesonderten Teil mit Angaben zur Fußbodengestaltung gibt. Dieser bezieht sich zwar in erster Linie auf die Kälberaufzucht, muss aber auch den Bereich der Kälbermast mit abdecken. Die Kälbermast findet fütterungsbedingt fast ausschließlich auf perforierten Böden statt. Eine Herausforderung stellt die mengenmäßige Zuteilung der Milchtränke dar (WEISS et al. 2005). Von den rund 300 Kälbermastern in Deutschland ist der größte Anteil an bestehenden Mastställen mit Bongossi-Holzspalten ausgestattet (BDK 2012). Betonspaltenböden sind für die Kälbermast eher ungeeignet (SCHÄFFER et al. 2007).

Aktuell sind perforierte „harte“ Böden mit einem Spaltenmaß von 2,5 cm und elastisch ummantelten Balken oder Balken mit elastischen Auflagen mit höchstens 3 cm Spaltenbreite bei Auftrittsweiten von 8 cm zugelassen. Rostböden werden in der TierSchNutzV (2006) für die Kälberhaltung momentan nicht detailliert für die Kälberaufzucht und -mast berücksichtigt. Für Neubauten gibt es regional unterschiedliche Anforderungen, um eine Baugenehmigung zu erhalten. Seitens der Veterinärbehörden werden Bodenvarianten mit elastischer Oberfläche bevorzugt. Ziel der Untersuchungen war es herauszufinden, welchen Einfluss die Bodengestaltung auf die Sauberkeit des Bodens und der Kälber sowie das Liege- und Aktivitätsverhalten der Tiere hat.

2 Material und Methoden

Im Rahmen eines gemeinschaftlichen Projektes des Bundesverbandes der Kälbermäster, der LWK NRW (Referat 34 – Tiergesundheitsdienste) und der FH-SWF Agrarwirtschaft Soest konnten auf einem Praxisbetrieb in NRW vier unterschiedliche Bodenvarianten zeitgleich über ein halbes Jahr verglichen werden. Es handelte sich dabei um Bongossi-Holzspalten, elastisch ummantelte Spalten (ICE), Kunststoffrostböden (MIK) und eine Gummiauflage (Kraiburg) auf Spalten.

Wie in der Kälbermast üblich, wurden die Tiere mit 14 Tagen eingestallt und bis zur 9. Lebenswoche in Einzelboxen gehalten, danach erfolgte eine Gruppenhaltung mit jeweils sechs Tieren in einer Bucht bis zum Mastende (26 Wochen). Es fand sowohl bei der Einzel- als auch Gruppenhaltung eine tägliche Bonitur der Buchten und der Tiere statt. Unterteilt wurde in drei Kategorien (sauber, leicht verschmutzt und stark verschmutzt). Zusätzlich wurden acht IR-Kameras im Stall montiert und regelmäßig Aufzeichnungen über jeweils 24 Stunden erstellt. Diese wurden dann mithilfe des Computers und einer speziellen Software (Mangold INTERACT) ausgewertet. Im Fokus stand dabei das Liege- und Aktivitätsverhalten der Mastkälber.

3 Ergebnisse

Die Untersuchungen zeigen, dass alle vier verglichenen Bodenvarianten die Bedingungen für eine tiergerechte Haltung bei einem guten Betriebsmanagement grundsätzlich erfüllen können. Je nach Beobachtungskriterium gibt es aber doch Unterschiede mit Vor- und Nachteilen der einzelnen Varianten.

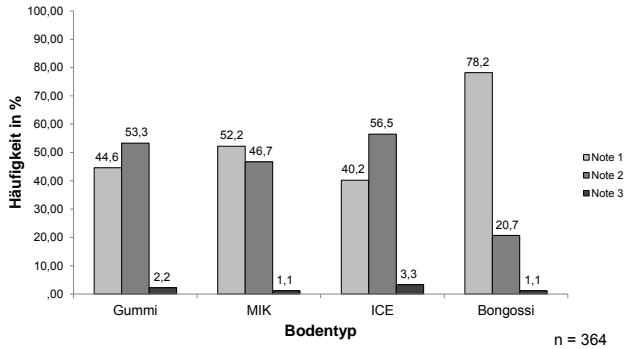


Abb. 1: Boxenbonitur Wochen, 9. bis 26. LW)
 Fig. 1: Evaluation of the boxes (16 week time period, 9th to 26th week of life)

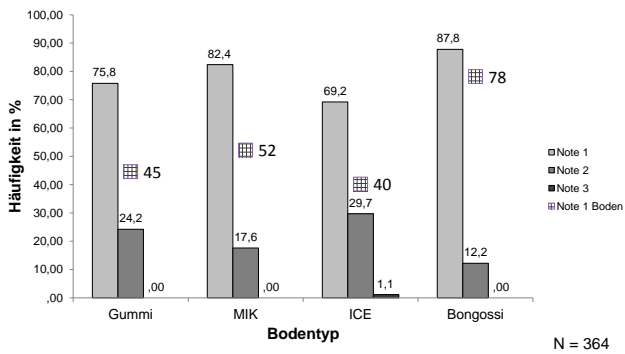


Abb. 2: Kälberbonitur (Zeitraum: 16 (Zeitraum: 16 Wochen, 9. bis 26. LW)
 Fig. 2: Examination of the calves (9th to 26th week of life)

3.1 Ergebnisse der Boxen- und Kälberbonitur in 6er Gruppenboxen

Die Bodenvarianten MIK und Bongossi erwiesen sich als besonders sauber. ICE und Gummi hingegen weisen im Durchschnitt höhere Verschmutzungsgrade auf (Abb. 1). Dies resultiert aus dem unterschiedlichen Perforationsgrad der Böden. Beim ICE-Boden ist die Auftrittsbreite mit 12 cm deutlich größer als bei den Vergleichsvarianten. Die Gummimatten mit 3 cm Spaltenweite lagen auf Bongossiholzspalten mit 2,5 cm breiten Spalten, sodass der Kot nicht optimal durchgetreten werden konnte. Bei Neubauten muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die Unterkonstruktion gleich große oder auch größere Spaltenmaße hat.

Die beiden Bodensysteme, die durch hohe Sauberkeit (Note 1) auffielen, zeigten auch zu einem sehr hohen Anteil saubere Kälber (Abb. 2). Auch bei dem Gummiboden waren die Kälber ähnlich oft sauber, obwohl dieser nur zu 55 % als sauber eingestuft wurde. Der ICE-Boden hatte mit knapp 20 % leicht verschmutzter Kälber den höchsten Verschmutzungsgrad. Dies kann durch die breite Auftrittsfläche begründet sein, da Kotreste einen längeren Weg haben, bis sie zu den Spalten gelangen. Durch die Wölbung fließt Urin gut ab und der Boden kann schneller trocknen.

3.2 Ergebnisse zum Liegeverhalten in 6er Gruppenboxen

Beobachtet wurde die Anzahl gleichzeitig liegender Kälber. Um eine Aussage zur Gruppendynamik machen zu können, erfolgt eine zusammenfassende Darstellung, wie häufig drei und mehr Tiere gleichzeitig gelegen haben und wann keine Tiere lagen (Abb. 3).

Bei der ICE- und Bongossi-Variante lagen zu über 70 % der beobachteten Zeit mehr als drei Tiere. Die anderen Böden wiesen eine Liegedauer knapp unter 70 % auf, wobei die Kälber auf dem Kunststoffrostboden (MIK) am wenigsten lagen (61 %). Bei dieser Bodenvariante war auffällig, dass dort zu 26 % der Beobachtungszeit kein Tier lag.

Die Gründe für das längere Liegen können unterschiedlich sein. Längere Liegezeiten können aus einem besonderen Liegekomfort resultieren aber auch Hinweise dafür sein, dass der Boden zu glatt ist und die Tiere beim Aufsteh- und Abliegevorgang ausrutschen. Die Tiere bleiben dann länger liegen, um Verletzungen vorzubeugen. Die Mastkälber stehen nur auf, wenn es nötig ist. Diese Erfahrungen können mit denen aus der Milchviehhaltung im Boxenlaufstall verglichen werden.

3.3 Ergebnisse zum Aktivitätsverhalten in 6er Gruppenboxen

Um Aussagen zum Bodenbelag hinsichtlich der Trittsicherheit machen zu können, wurde das Aktivitätsverhalten der Mastkälber bei unterschiedlichem Bodenzustand ausgewertet. Die Fragestellung war dabei, wie häufig kommt es zum Spielverhalten der Tiere und wie trittsicher ist der Boden bei unterschiedlichem Verschmutzungsgrad? Hierzu wurden das Verhalten der Tiere bei sauberem Bodenzustand (Boniturnote 1) und bei stark verschmutztem Boden (Note 3) beobachtet und ausgewertet.

Auf dem sauberen ICE-Boden verhielten sich die Kälber – im Vergleich zu den Kälbern auf den anderen Bodensystemen – relativ ruhig. Im Vergleich zur geringen Aktivität der Kälber ist die Anzahl der beobachteten Ausrutscher allerdings verhältnismäßig hoch. So lag das Verhältnis von Ausrutschen zu Aktivität bei 1:3. Es liegt die Vermutung nahe, dass sich die Tiere auf dem Boden unsicher fühlen und demzufolge weniger spielerische Aktivitäten zeigen.

Auf dem sauberen Bongossiboden konnte ein Verhältnis zwischen Ausrutschen und spielerischen Aktivitäten von etwa 2:1 beobachtet werden. Die Tiere rutschen demnach fast doppelt so häufig aus, wie sie überhaupt eine spielerische Aktivität zeigten.

Bei den auf sauberem Gummiboden aufgestellten Kälbern konnte beobachtet werden, dass die Kälber bei etwas weniger als der Hälfte ihrer spielerischen Aktivitäten ins Rutschen kamen. Auf dem MIK-System zeigten die Tiere die höchste Anzahl spielerischer Aktivitäten mit der geringsten Anzahl an Ausrutschern. (Verhältnis Spielen zu Ausrutschen = 9,25 : 1). Auf diesem Boden scheinen sich – bei sauberem Zustand – die Tiere am wenigsten in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt zu fühlen (Abb. 4).

Ist der Boxenboden verschmutzt, zeigt sich auf den jeweiligen Bodensystemen ein deutlich verändertes Verhältnis zwischen spielerischen Aktivitäten und Ausrutschen. Bei den Bodensystemen: Bongossi, MIK und ICE sind kaum spielerische Aktivitäten zu beobachten. Trotz der sehr geringen Anzahl spielerischer Aktivitäten zeigen die Verhaltensbeobachtungen eine stark gestiegene Anzahl von Ausrutschern auf den verschmutzten Boxenböden. Lediglich der Gummiboden scheint den Kälbern – auch bei verschmutztem Untergrund – noch ausreichend „grip“ zu bieten, da sich die Anzahl an spielerischen Aktivitäten sogar gesteigert hat. Das Verhältnis zwischen spielerischer Aktivität und

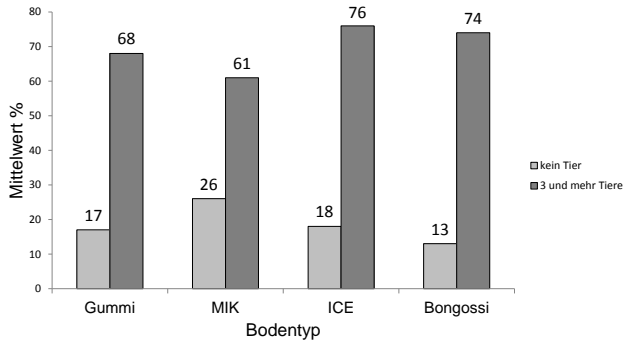


Abb. 3: Prozentualer Anteil gleichzeitig liegender Tiere über 24 h, aufgeteilt in: kein Tier liegend; drei und mehr Tiere liegend (Beobachtungszeitraum: 6 x 24 h)

Fig. 3: Percentage of simultaneous lying calves over 24 h, divided into: no calves lying, three and more lying calves (observation period: 6 x 24 h)

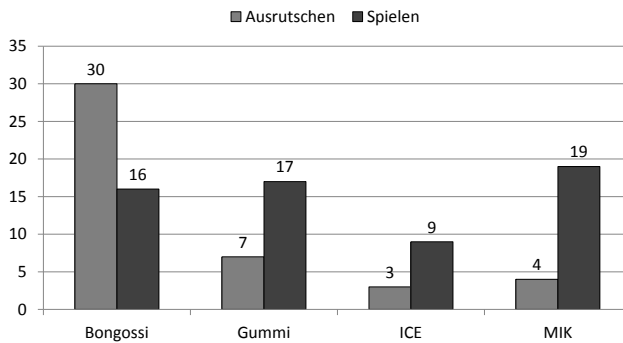


Abb. 4: Häufigkeit von Ausrutschen und Spielen auf sauberem Boden (Note = 1)

Fig. 4: Frequency of slipping and playing on clean floor (examination grade = 1)

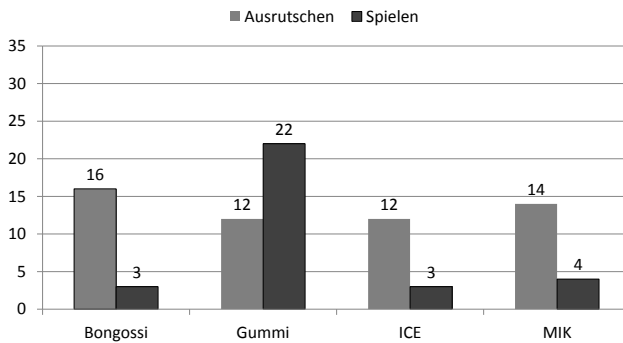


Abb. 5: Häufigkeit von Ausrutschen und Spielen auf verunreinigtem Boden (Note = 3)

Fig. 5: Frequency of slipping and playing on dirty floor (examination grade = 3)

Ausrutschen blieb bei dem Gummiboden gleich, egal ob die Bucht als sauber oder stark verschmutzt bonitiert wurde (Abb. 5).

Bei den Erhebungen fiel der große Einfluss der Fütterung (Flüssigkomponente) auf das Ausscheidungsverhalten und die Konsistenz und damit verbunden auch auf die Buchtensauberkeit auf. Der Managementeinfluss auf die Sauberkeit der Buchten ist besonders bedeutend. Durch die kontinuierliche Steigerung der Flüssigkomponente bis zum Mastende verlangt es vom Mäster viel Fingerspitzengefühl die Tiere optimal zu mästen. Wenn die Tiere fütterungsbedingt dünneren Kot aufweisen, sind alle Bodensysteme stark verschmutzt und kommen an die Grenzen der Selbstreinigung.

4 Aktuelle Entwicklungen bei Kälbermastböden

Bei den verglichenen Böden sind die Hersteller bemüht die Bodensysteme optimal weiter zu entwickeln. Diese Untersuchungen haben dazu beigetragen. Aktuell ist ein neuer schmalerer ICE-Boden mit einer Auftrittsbreite von nun 10 anstatt der im Versuch eingesetzten 12 cm bei der Kälbermast im Angebot. Bei den Gummimatten gibt es seit kurzem Matten einen höheren Perforationsgrad auf die Gesamtfläche bezogen (auch bei 3 cm Spaltenbreite) und es werden die Schlitze in den Matten an die Unterkonstruktion angepasst, um für bessere Sauberkeit zu sorgen. Bei Neubauten muss unbedingt darauf geachtet werden, dass bei Gummiauflagen die Unterkonstruktion gleich große oder auch größere Spaltenmaße aufweist (3,5 cm). Die Lage der Stege muss bei der Anfertigung der Schlitze in den Matten berücksichtigt werden, damit es nicht zur Brückenbildung (Kot) kommen kann. Der Kunststoffrostboden (MIK), welcher aktuell nicht von der Tier-SchNutzV mit berücksichtigt wird, fällt positiv durch die hohe Sauberkeit auf. Aufgrund des beobachteten Aktivitätsverhaltens bietet er durch die vorhandenen Mulden sowohl im sauberen als auch im verschmutzten Zustand ausreichend Trittsicherheit. Der Bongossiboden zeigt seine Stärken in der Sauberkeit hat aber klare Defizite im Vergleich zu den anderen betrachteten Bodenvarianten was die Verhaltensparameter der Tiere betrifft.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es durchaus noch einen hohen Forschungsbedarf im Hinblick auf die Bodengestaltung in der Kälbermast gibt. Besonders bei den durchgeführten Veränderungen stellt sich die Frage, wie groß die Verbesserungen für die Praxis sind. Letztendlich müssen den Landwirten Bodenvarianten zur Verfügung stehen, mit denen sie tiergerecht und erfolgreich qualitativ hochwertige Lebensmittel für den Verbraucher produzieren können.

Literatur

- BDK (2012): Mitgliederversammlung des Bundesverbandes Deutscher Kälbermäster. Saerbeck (NRW), 06.12.2012
- Schäffer, D.; von Borell, E.; Richter, T.(2007): Kritische Kontrollpunkte (CCP) in der Kälberhaltung. In: Züchtungskunde 79(5), S. 363-393
- Weiß, J.; Pabst, W.; Strack, K.E.; Granz, S. (2005): Rinderproduktion, Tierproduktion. Stuttgart, Parey Verlag

Smart Farm Assistant – A cloud based management tool for handling big data generated by PLF technologies

Smart Farm Assistant – Ein cloud-basiertes Managementprogramm für die Bearbeitung großer Datenmengen generiert mit der PLF Technologie

KRISTOF MERTENS¹, BART KEMPS¹, WOUTER SAEYS², BART DE KETELAERE²

¹ Porphyrio BVBA, Leopold Beosierlaan 68, 3010 Leuven, Belgium

² KU Leuven, Department of Biosystems, Division of Mechatronics, Biostatistics & Sensors (MeBioS), Kasteelpark Arenberg 30, box 2456, 3001 Leuven, Belgium

Keywords: synergistic control, early warning system, management support, cloud, ICT

Schlüsselwörter: Synergistische Kontrolle, Frühwarnsystem, Managementsupport, Cloud, ICT

Summary

The livestock farmer is drowning in information but starved for knowledge. Technology present in modern livestock production enables regular recording of the most important production and quality parameters. But now there is a need for robust solutions that enable the full exploitation of the information confound in these parameters. Recently, development of methods and concepts for turning the sensor data into information and knowledge had gained more interest, one example being the synergistic control. The next challenge have gained is bringing these innovative data mining concepts to practice for the livestock farmers to use them. The “cloud” and related SaaS solutions provide a perfect opportunity to realize this. In the concept of what we call the Smart Farm Assistant, user and knowledge centric design are crucial aspects. These technologies can reduce the barrier for farmers worldwide to use precision livestock solutions.

Zusammenfassung

Landwirte in der Nutztierhaltung werden mit einer Fülle von Informationen überschwemmt, aber es mangelt an Erkenntnissen. Die Technologie in der modernen Nutztierhaltung ermöglicht die Erfassung der wichtigsten Produktions- und Qualitätsparameter. Nun sind verlässliche Lösungen für die vollständige Nutzung dieser Parameter gefragt. Die Entwicklung von Methoden zur Verarbeitung von Sensordaten in Informationen gewinnt an Bedeutung, so z. B. die synergistische Kontrolle. Die nächste Herausforderung ist, diese innovativen Datenerhebungskonzepte in die Praxis umzusetzen. Hierfür eignen sich Cloud- und SaaS-Lösungen. In dem als „Smart Farm Assistant“ bezeichneten Konzept sind der Benutzer und das auf Erkenntnisse zentrierte Design die entscheidenden Aspekte. Diese Technologien werden eine Erleichterung für Farmer weltweit darstellen, die „Precision Livestock Solutions“ zu nutzen.

1 Introduction

Precision livestock farming has realized the development of technologies and sensors that allow quantification and recording of the most important livestock production and product quality parameters, e.g. feed consumption, water consumption, body weight, egg production, egg weight, milk yield, density, activity (FROST et al. 1997, BANHAZI et al. 2007, WATHES et al. 2008).

However, the steep increase in novel technologies for recording has not been followed by parallel development of concepts or procedures that can deal with the growing amounts of data. As a result, the livestock farmer is drowning more and more in data, but starved for knowledge. So there is a need for robust integrated systems that enable full exploitation of the information confound in the sensor data (WATHES et al. 2008, MERTENS et al. 2011). These systems need to provide the information that is needed for the farmer in his daily management. Skimmed down to the essential information, not more, not less.

Because of the large amounts of data and their complexity, the next challenge is on bringing the innovative data analysis systems to practice for day-to-day use by the farm managers. Classical on site (desktop software) is not suitable for this purpose.

The spreading of and the evolution in the internet and the emerging of the “cloud” and concepts such as the Internet of Things (IoT) (MIORANDI et al. 2012), provides an opportunity to reach livestock farms worldwide, and collect or exchange data, in a fast and reliable manner.

This paper provides some ideas and concepts on how such a Smart Farm Assistant could be designed. Moreover, two examples of such Smart Farm Assistant are presented.

2 Just enough relevant/reliable information (JERI® concept)

This paper is not discussing the methods of data collection. We refer to the papers such as presented by SCALERA et al. (2013) in the same conference. This paper starts from the assumption that all data will be collected concisely.

Development of robust and reliable concepts for analyzing livestock production data has received increasing interest in the last 10 to 15 years. With the improvement of computer power and the emerging of the „big data“ hype, developments have gone up steeply. Methods used by, amongst others LUKAS et al. (2009), MADSEN AND KRISTENSEN (2005) and BEBBINGTON et al. (2009), MERTENS (2009), DE VRIES AND RENEAU (2010), BONO et al. (2012), include support vector machines, neural networks, Kalman filtering, dynamic linear modelling, state space modelling, dynamic generalized linear model, recursive non-linear modelling and statistical process control (MERTENS et al. 2011).

Amongst the most promising approaches, is the holistic approach of the synergistic control concept, introduced in livestock production by MERTENS et al. (2008, 2009) and MERTENS (2009). This recursive self-learning concept combines the adjustment power of engineering process control – all methodologies and techniques to describe, model and adjust a process – and statistical process control – statistical tools to monitor the variability of a process. This approach has been proved to be a good basis for the development of proactive (predictive) early warning systems (MERTENS 2009). Such systems enable detection of emerging problems before economic losses are real.

Current farm management software packages that are delivered with the technology (e.g. milking robot, climate control and feeding system), excel in possibilities and features for charting and viewing data. However, they lack the interpretation of the collected and charted data.

So, whichever of the aforementioned approaches is used in the final solution (Smart Farm Assistant), it should deliver the information needed by the farmer to improve his day-to-day decision process. In the field of knowledge management, VAN HEGHE (2011) calls this the JERI® concept: Just enough relevant/reliable information. Filter out the essential information and present it in a way the user intuitively understands the results of the analysis.

As such, a useful Smart Farm Assistant needs to combine the animal centric approach of monitoring (measurements of the responses/behaviours of the animals), the knowledge centric management approach of the data analysis concepts (get out the right information) and the user centric design for functionality towards the end user.

3 Smart Farm Assistant concept

The „cloud“ provides the opportunity of bringing novel concepts to practice much faster. New systems can be rolled out more easily and more quickly. Offered as a cloud service (Software as a Service, SaaS), the livestock farmer will always have access to the latest version of these algorithms. Improvements can be rapidly and seamlessly added to an existing service, without the farmer noticing anything.

Besides, the cloud enables setting up automatic warning (mail, SMS) and enhanced feedback (dashboard/cockpit) quite easily, and not only on classic desktop PC's and laptops, but also mobile devices (smartphone, tablet PC). Furthermore, this feedback can be sent not only to the farmer but also to farm stakeholders. Figure 1 provides a conceptual draft of how a Smart Farm Assistant could work.

Data can be transferred to the Smart Farm Assistant directly, or through a data aggregating cloud of the technology company or a feeding company. Feedback is performed directly to the farmer and all stakeholders (Fig. 1).

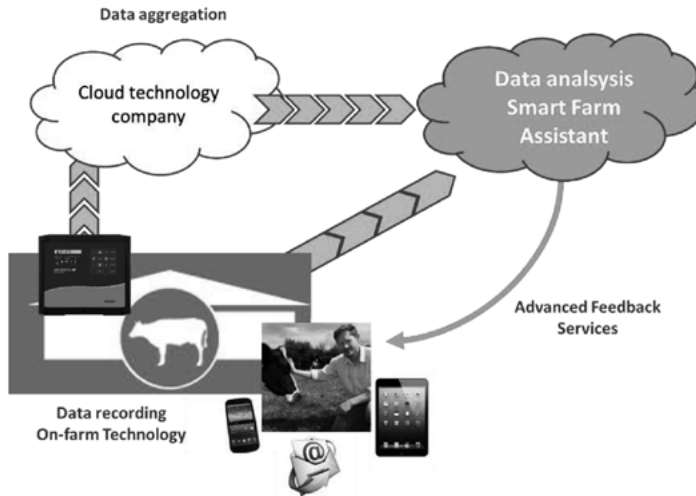


Fig. 1: Data transfer, data analysis and feedback to the farmer
 Abb. 1: Datentransfer, Datenanalyse und Rückmeldung an den Betriebsleiter

4 Practical examples: Lay-Insight and Pig-Insight

Two practical examples of Smart Farm Assistants are Lay-Insight, for egg production, and Pig-Insight, for production of slaughter pigs (www.porphyr.io.com/porphyrio-sfa) of Porphyrio® (Porphyrio BVBA, Leuven, Belgium).

Lay-Insight can be coupled directly with farm control computers, or indirectly via servers or desktop PC's and laptops present at the farms. It retrieves and integrates the data of feed consumption, water consumption, egg production, average egg weight, hen body weight and climate data (T, RH). Next, the data is automatically analyzed by advanced data analysis techniques and the essential (JERI) information is fed back to the farmer and his stakeholders through dedicated URL's: early warnings (attention signals, alarm signals) in intuitive dashboards, production level indication by level dashboarding, mailing of alarms and summarizing reports.

Pig-Insight currently analyzes the information of feed computers (WEDA) and an individual weighing scale (PigScale, H&F Electronics). Parameters considered are feed intake, average weight, growth and uniformity. The setup is similar to Lay-Insight.

The first experiences with these systems are positive. Farmers get closer to their process, identify problems faster and hence avoid production (egg production, growth) losses.

These Smart Farm Assistants are blueprints for Smart Farm Assistants in other sectors such dairy production, sow production, veal production, broiler production etc.

5 Discussion and conclusion

We live in the era of big data. Opportunities arise to make use of this data in our challenge to develop a sustainable way of producing food for the growing world population. We have to embrace emerging technologies, and have a multidisciplinary approach in providing the best solution to the livestock farming sector.

The best solutions will arise from partnerships and alliances between parties that excel in their respective domains that constitute the final solution: hardware for automation and data recording by 1 partner, software to collect data cross-platform by another partner and concepts to filter the information in the data by yet another partner. And animal scientists have to bring in the animal centric approach into all of the aforementioned.

In conclusion, the emerging of the internet and cloud solutions provides the means and offers the opportunity to enable fact-based exploitation of available sensor data in livestock production, for the farmer and farm stakeholders, reducing the barrier for farmers worldwide to use precision livestock solutions.

Literature

- Banhazi, T.; Dunn, M.; Cook, P.; Black, J.; Durakck, M.; Johnson, I. (2007): Development of precision livestock farming (PLF) technologies for the Australian pig industry. In: Precision Livestock Farming '07 (Ed. S. COX), Wageningen, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers, pp. 219–228
- Bebbington, M.; Lai, C.D.; Zitikis, R. (2009): Modeling lactation curves: classical parametric models re-examined and modified. In: Journal of Applied Statistics 36, pp. 121–133
- Bono, C.; Cornou, C.; Kristensen, A.R. (2012): Dynamic production monitoring in pig herds I: Modeling and monitoring litter size at herd and sow level. In: Livestock Science 149(3), pp. 289–300
- De Vries, A., Reneau, J.K. (2010): Application of statistical process control charts to monitor changes in animal production systems. In: Journal of Animal Science 88(13 Suppl), pp. E11–24
- Frost, A.R.; Schofield, C.P.; Beulah, S.A., Mottram, T.T.; Lines, J.A.; Wathes, C.M. (1997): A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. In: Computers and Electronics in Agriculture 17, pp. 139–159
- Lukas, J.M.; Reneau, J.K.; Wallace, R.; Hawkins, D.; Munoz-Zanzi, C. (2009): A novel method of analyzing daily milk production and electrical conductivity to predict disease onset. In: Journal of Dairy Science 92, pp. 5964–5976
- Madsen, T.N.; Kristensen, A.R. (2005): A model for monitoring the condition of young pigs by their drinking behaviour, In: Computers and Electronics in Agriculture, 48, pp. 138–154
- Mertens, K.; Decuyper, E.; De Baeredemaker, J.; De Ketelaere, B. (2011): Statistical control charts as a support tool for the management of livestock production. In: Journal of Agricultural Science 149, pp. 369–384

- Mertens, K. (2009): An intelligent system for optimizing the production and quality of consumption eggs based on synergistic control. PhD thesis. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium
- Mertens, K.; De Ketelaere, B.; Vaesen, I.; Loffel, J.; Ostyn, B.; Kemps, B.; Kamers, B.; Bamelis, F.; Zoons, J.; Darius, P.; Decuyper, E.; De Baerdemaeker, J. (2008): Data-based design of an intelligent quality control chart for the daily monitoring of the average egg weight. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 61, pp. 222–232.
- Mertens, K.; Vaesen, I.; Loffel, J.; Kemps, B.; Kamers, B.; Zoons, J.; Darius, P.; Decuyper, E.; De Baerdemaeker, J.; De Ketelaere, B. (2009): An intelligent control chart for monitoring of autocorrelated egg production process data based on a synergistic control strategy. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 69, pp. 100–111.
- Miorandi, D.; Sicari, S.; Pellegrini, F.D.; Chlamtac, I. (2012): Internet of Things: Vision, Applications & Research Challenges. In: *Ad Hoc Networks* 10(7), pp. 1497–1516.
- Scalera, A., Conzon, D.; Brizzi, P.; Tomasi, R.; Spirito, A.; Hessel, E.; (2013): An Internet of Thing based approach for single animal monitoring in a distributed farms environment. In: 11. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2013. 24.-26.09.2013 Vechta, Darmstadt, KTBL
- Van Heghe, H. (2011): Knowledge Centric Management. Hertfordshire, United Kingdom, Eacademy press
- 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? In: *Computers and Electronics in Agriculture* 64(1), pp.2-10

Analyse des individuellen Aktivitäts- und Sozialverhaltens von Pferden in einem Aktivstall mit dem Real-Time-Location-System Ubisense Series 7000

Analysis of individual locomotion and social behaviour of horses in an 'Aktivstall' based on the real-time-location system Ubisense Series 7000

URBAN HELLMUTH, TOBIAS ROSE, JANA GELDERMANN

Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönnfeld

Schlüsselwörter: Gruppenhaltung, Pferde, Raum-Zeit-Struktur, Lokomotion, Sozialverhalten

Keywords: horses, group-housing, social behaviour, locomotion behaviour

Zusammenfassung

In einem schleswig-holsteinischen Praxisbetrieb wurde das Verhalten von 13 Pferden in einem Aktivstall untersucht. An 29 Sommertagen des Jahres 2012 wurde das Verhalten der Tiere digital in Echtzeit registriert und bezüglich der Funktionskreise Raum-Zeit-Struktur und Lokomotion ausgewertet. Bezüglich des Sozialverhaltens wurden die Rangordnung und das individuelle Distanzverhalten beschrieben.

Als besondere Situation des untersuchten Stallkonzepts wurde die Nähe der Funktionsbereiche Liegen und Fressen identifiziert, die wahrscheinlich Ursache für die geringe Nutzung des Sandauslaufes war. Auffällig war die häufige Entfernung rangniederer Tiere vom Liegebereich in den Nächten. Die Pferde bewegten sich im beobachteten Halteverfahren überwiegend langsam. Ein Einfluss der Lufttemperatur oder der Nutzung einzelner Tiere vor der Kutsche konnten nicht erkannt werden. Das Distanzverhalten der Tiere gemäß der gewählten Definition zeigte Auffälligkeiten bei einzelnen Pferden, was für besondere individuelle Beziehungen dieser Pferde untereinander spricht. Allerdings bedarf es weiterer Untersuchungen, um die gewählten Merkmale und deren Definition zu verifizieren.

Summary

On 29 days in summer 2012, the behavior of 13 horses in the group-housing system 'Aktivstall' was observed using a real-time-location system. Points of interest were the space-time-structure, the locomotion behaviour, the rank and the distances between individuals.

A short distance between the lying area and the feeding and locomotion areas is a special situation in the observed stable. This short distance could be the reason for the rare use of the sand paddock. Noticeable was the frequent absence of low-rank horses from the lying area during night. The horses moved predominantly slowly in this "Aktivstall". An influence of air temperature or the use of single horses for carriage rides could not be observed. The distance behaviour of the horses towards each other showed differences for single horses, which could be an indication for individual relationships. But further investigations are necessary for the verification of the chosen characteristics.

1 Einleitung

Das HIT-Aktivstall®-Konzept beruht auf der räumlichen Trennung verschiedener Funktionsbereiche der Gruppenhaltung von Pferden. Ziel ist Steigerung des Lokomotionsverhaltens, da die Tiere weite Wege zurücklegen sollen, um ihre Bedürfnisse befriedigen zu können.

Das in der Untersuchung eingesetzte Real-Time-Location-System ermöglicht die ununterbrochene Verhaltensbeobachtung aller Tiere einer Gruppe. Die Untersuchung beschäftigt sich mit dem Verhalten der Tiere in der circadianen Raum-Zeit-Struktur und hinterfragt zudem das Lokomotionsverhalten und das Sozialverhalten anhand der Merkmale Rangposition und individueller Distanz. Einerseits soll geklärt werden, inwieweit das spezifische Haltungskonzept des Praxisbetriebes die Idee des „Aktivstalls“ realisiert. Zum anderen soll die Untersuchung dazu beitragen, die Tierverhaltensbeobachtung in Echtzeit hinsichtlich der Anwendbarkeit von Verhaltensmerkmalen weiter zu entwickeln.

2 Tiere, Material und Methode

Die Daten wurden auf einem schleswig-holsteinischen Betrieb erhoben, der in einer Gruppenhaltung 27 Plätze für Pensionspferde anbietet und in einer zweiten Pferdegruppe 13 eigene Tiere in einem HIT-Aktivstall® hält. In der kleineren Gruppe wurden die Systeme zur Verhaltensbeobachtung eingerichtet. Diese Tiere erhalten sowohl ihr Kraftfutter als auch ihr Raufutter individuell bedarfsgerecht an Abrufstationen. Darüber hinaus steht ihnen Stroh an einem Futterplatz ad libitum zur Verfügung. Neben der Raufutteranlage befindet sich der komplett mit Stroh ausgelegte Liegebereich, der durch einen hängenden Querbalken strukturiert ist. In der Nähe des Futter- und Liegeplatzes befinden sich zwei Tränken. Als Auslaufbereich steht den Tieren ein Sandplatz zur Verfügung. In der Beobachtungsphase hatten die Pferde die Möglichkeit, stundenweise auf eine Koppel zu gehen.

Tab. 1: Übersicht und kurze Beschreibung der Pferdegruppe
Tab. 1: Overview and short description of the horse group

Name	Geschlecht	Rasse	Farbe	Geburtsjahr
Iowa	Stute	Holsteiner	Rappe	1994
Game	Stute	Paint	Schecke	1996
Felix	Wallach	Holsteiner	Dunkelbraun	1991
Odin	Wallach	Hosteiner	Hellbraun	1993
Atlas	Wallach	Schlesier Warmblut	Dunkelbraun	2008
Lukas	Wallach	Schlesier Warmblut	Dunkelbraun	2008
Dolaron	Wallach	Schlesier Warmblut	Dunkelbraun	2009
Poker	Wallach	Schlesier Warmblut	Schimmel	2009
Polly	Stute	Schleswiger Kaltblut	Fuchs	1993
Jule	Stute	Schleswiger Kaltblut	Schimmel	1994
Bella	Stute	Sächsisch-Thüringer Kaltblut	Rotfuchs	1996
Ronja	Stute	Sächsisch-Thüringer Kaltblut	Braunschimmel	1993
Zorro	Wallach	Sächsisch-Thüringer Kaltblut	Dunkelfalbe	1996

Tabelle 1 beschreibt die Tiere der beobachteten Gruppe. Der überwiegende Teil stammt von Rassen der Kaltblüter ab. Grundsätzlich ist die Tiergruppe aber als inhomogen zu bezeichnen. Ihr Alter beträgt im Mittel 13,5 Jahre; allerdings gibt es auch vier sehr junge Pferde, die noch in der Ausbildung sind. Bis auf die Zuchtstute Iowa und das Reitpferd Game dienen alle Tiere als Kutschpferde für regelmäßige touristische Kutschfahrten.

Die Tierbetreuer führten während der Beobachtungszeit ein Protokoll über die Haltung und die Arbeit mit den Pferden.

Das Ortungssystem Ubisense 7000 wurde vom Thünen-Institut für ökologischen Landbau in Westerau zur Verfügung gestellt. Im Tagungsbeitrag von ROSE et al. (2013) wird seine Funktion erläutert. In der vorliegenden Untersuchung wurden die 13 Pferde mit den sogenannten Compact Tags ausgestattet, deren Signale von 13 Sensoren so empfangen wurden, dass mit Ausnahme der Koppel alle möglichen Aufenthaltsbereiche der Tiere in Echtzeit beobachtet wurden. Die Anordnung der Sensoren ist Abbildung 1 zu entnehmen. Hier sind auch die Positionen der beiden Videokameras zu erkennen, die zur Unterstützung und Absicherung der Informationen des Ortungssystems installiert wurden und auf den Bereich der Kraftfutterstation ausgerichtet waren.

Der Aufenthaltsbereich der Pferde wurde in 20 Abschnitte unterteilt. Die Bereiche 1-1 und 1-2 bilden die überdachten Liegebereiche mit Stroheinstreu. Die Bereiche 2-2 bis 2-4 bilden den Mistgang, der ebenfalls überdacht ist. Der anschließende Abschnitt 2-5 stellt die Mistplatte dar. Der kleine Bereich 2-1 dient als Ein- bzw. Ausgang vom Stall. Die grün angedeuteten Flächen 4-1 bis 4-4 wurden als Laufgang bezeichnet, wobei sich in 4-2 die rechteckige Strohraufe für die Pferde befindet. Der letzte Bereich 4-5 bildet den Übergang von Stall zur Koppel. Die großangelegte Sandfläche wurde ebenfalls in mehrere Bereiche aufgeteilt und bildet die Abschnitte 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 und 5-6. Der mittlere Teil der 4er- und 5er-Flächen ist mit einer Absperrung versehen, die als Schutz für rangniedere Tiere gilt und ebenso die Pferde veranlassen soll, längere Wege zurückzulegen. Bei der Zone 6-1 befindet sich ein Wasserloch, das jedoch an wärmeren Tagen trocken liegt. Die beiden Tränke sind bei den Bereichen 3-2 und 3-3 eingezeichnet. Raufutter erhalten die Tiere im Bereich 3-1 und die Kraftfutterstation liegt hinter dem Bereich 4-4. Hier können die Tiere jedoch aufgrund der Abschirmung durch die vorhandene Stahlkonstruktion kaum oder gar nicht geortet werden, sodass die Kraftfutterstation keinem Bereich zugeordnet wurde.

Das Verhalten der Tiere wurde über 29 Sommertage vom 4. August bis zum 3. September 2012 erfasst. Mit Ausnahme protokollierter stundenweiser Nutzung der Koppel und dem Einsatz einzelner Pferde als Arbeitstier waren alle Pferde in diesem Zeitraum im Aktivstall. Nicht immer konnten die Daten der an den Pferden befestigten Compact Tags in der notwendigen Qualität erfasst werden, sodass es vereinzelte kurze Zeiträume gab, die nicht in die Auswertung einfließen konnten. Insgesamt wurden in den 29 Tagen 10,6 Millionen Datensätze aufgezeichnet, aus denen Aufenthaltsdaten in Zwei-Sekunden-Intervallen (Updaterate) errechnet wurden. Mithilfe eines „Eventloggers“ wurden die gewonnenen Daten in eine Datenbank eingelesen und weiterverarbeitet. Es erfolgte eine Aufteilung der Daten in die unterschiedlichen Ortungsbereiche, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Das Tier wurde erst in einem anderen Bereich registriert, wenn es sich länger als fünf Sekunden darin aufgehalten hat. Diese Zeitspanne wurde gewählt, um eine höhere Messgenauigkeit zu erhalten, da kurze Fehlortungen oder Signalsprünge in

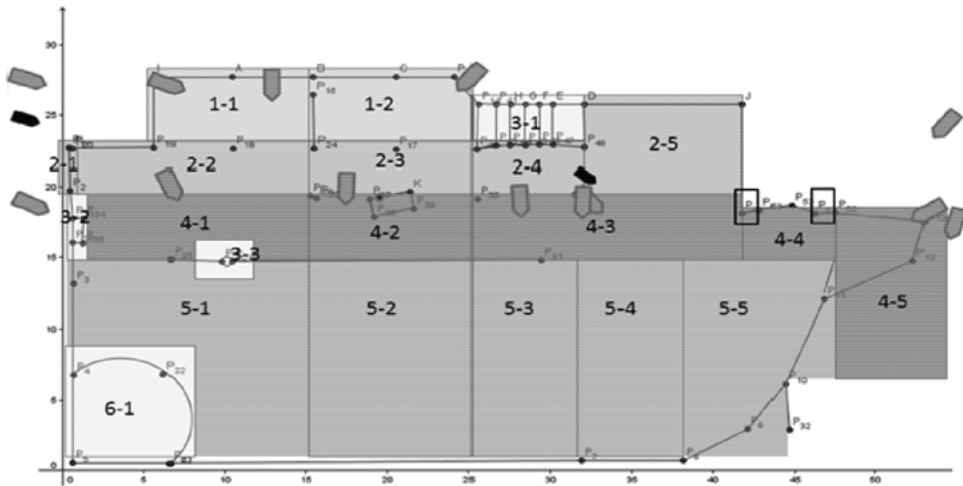


Abb. 1: Grundriss des Versuchsstalls (1 = Liegebereich, 2 = Mistgang, 3 = Grundfutterstation bzw. Tränken, 4 = Laufgang, 5 = Auslauf (Sand), helle Pfeile = Sensoren, dunkle Pfeile = Kameras)

Fig. 1: Groundplan of the observed stable (1 = lying area, 2 = dung corridor, 3 = station for basic feed and drinking trough, 4 = walkway, 5 = sand paddock, bright arrows = sensors, dark arrows = cameras)

benachbarte Bereiche zu Fehlmessungen führen können und somit nicht in der Datenerhebung erwünscht sind.

Das Verhalten „Bewegung“ wurde in vier Kategorien unterteilt. Kategorie 1 „Stehen“ enthält eine Aktivität unter 0,5 m/s, Kategorie 2 „langsame Fortbewegung“ beinhaltet Aktivitäten zwischen 0,5 und 1 m/s, Kategorie 3 beschreibt eine Aktivität von 1 m/s bis 1,5 m/s und die letzte Kategorie 4 beschreibt eine Geschwindigkeit von mehr als 1,5 m/s. Für diese vier Kategorien wurde die jeweilige Dauer registriert.

Für das Merkmal „Distanz“ wurden nur die Tiere bzw. Compact Tags ausgewertet, die sich pro Ereignis länger als 300 Sekunden in der Nähe zueinander aufhielten. In der Auswertung wurden drei Distanzen unterschieden. Bei der Distanzklasse 1 handelt es sich um die Entfernung von 0–5 m, bei Distanzklasse 2 von 0–10 m und bei der Klasse 3 lag eine Distanz von 0–15 m vor.

Mithilfe der Videokameras wurde versucht, die Rangordnungsverhältnisse innerhalb der Herde zu erkennen und aufzustellen. Dazu wurde der Rangindex nach SAMBRAUS (1975) ermittelt. Diese Kennziffer beschreibt die Anzahl der unterlegenen Tiere im Verhältnis zur Zahl der geklärten Rangverhältnisse (ZETTLER-FEICHT und PRANTNER 2000).

Über den gesamten Beobachtungszeitraum wurde die Lufttemperatur im Bereich der Stallwand zwischen den Bereichen 1-1 und 1-2 registriert. Der Vergleich von drei „warmen“ (im Mittel 25,1 °C) mit drei „kalten“ (im Mittel 16,3 °C) Untersuchungstagen sollte Auskunft über den Einfluss der Tagestemperatur auf das Verhalten der Tiere geben.

3 Ergebnisse und Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Funktionskreise „Raum-Zeit-Struktur“, „Lokomotionsverhalten“ und „Sozialverhalten“ betrachtet. Die ermittelnden durchschnittlichen Tagesverläufe der einzelnen Pferde zeigen, dass die Bereiche 1 (Liegebereich), 2 (Mistgang), und 4 (Laufgang) am häufigsten aufgesucht worden sind. Da diese drei Bereiche jedoch Stroheinstreu, Strohraufe sowie den Bereich vor dem Raufutter- und Kraftfutterautomaten beinhalten, könnten diese Faktoren einen Einfluss auf die vermehrte Ortung der Tiere in diesen Bereichen haben. Eine vermehrte Ortung der Pferde in den Liegebereichen findet zwischen 23 und 4 Uhr statt, aber auch in den dazu nahe gelegenen Bereichen 2 und 4 wurden dann hohe Anzahlen an Ereignissen registriert. Ausnahmen bilden hier die rangniedrigen Pferde Game, Jule und Bella, deren Tags dann deutlich seltener im Liegebereich, aber sehr viel häufiger im Sandbereich geortet wurden. Die anderen Tiere nutzten den Sandauslauf selten. Diese Verhaltensbeobachtungen weisen auf eine ungeeignete Nähe der Funktionsbereiche Liegen, Laufen und Fressen im untersuchten Stall hin, die insbesondere im Liegebereich Unruhe erwarten lässt und zu weniger Laufaktivität der Tiere im abseits liegenden Auslaufbereich führt. Ein Einfluss der Lufttemperatur auf die Wahl der Aufenthaltsbereiche konnte nicht gezeigt werden.

Nur selten zeigten die Pferde Fortbewegungsgeschwindigkeiten über 1 m/s. Die Verteilung solcher seltener Ereignisse konnten keine spezifischen Eigenschaften einzelner Tiere zugeordnet werden. Einzelne Pferde wurden an verschiedenen Untersuchungstagen für Kutschfahrten eingesetzt, die in der Regel über Entfernungen von 18 bis 25 km gingen. Als maximale Entfernung bewältigten Atlas und Lukas gemeinsam 42 km. Die Auswertung zeigte keine Auffälligkeiten einer erheblichen Bewegungsänderung an den Tagen, an denen die Pferde diese Arbeit leisteten. Die Aktivität einiger Pferde ging nach einer längeren Strecke vor der Kutsche zurück, bei anderen stieg sie am Arbeitstag und danach leicht an.

Um auf eine eventuelle positive Beziehung zwischen den Individuen Rückschlüsse ziehen zu können, wurden die Distanzen der Tiere zueinander ermittelt. Hierbei wurden alle Daten der Distanzen unter 15 m erfasst, wenn sich die Pferde länger als fünf Minuten in dieser Distanz befunden haben. Aus den Ergebnissen wird ersichtlich, dass die Summe der Sekunden, in der sich die Tiere in den angegebenen Distanzen befunden haben, deutlich zwischen den Herdenmitgliedern variiert. Die Ergebnisse der Pferde Odin und Atlas stellen erheblich höhere Werte dar, während sich Jule, Iowa und Game seltener in unmittelbarer Nähe zu anderen Tieren aufgehalten haben. Bei fast allen Tieren zeigt Odin die höchste Anzahl Kontakte über alle vier Kategorien, ausgenommen bei Atlas, bei dem Odin die geringste Kontaktsumme zu verzeichnen hat. Auch Atlas' Ergebnisse haben eine hohe Anzahl an Ereignissen in den Kategorien vorzuweisen. Die häufigen Aufenthalte von Atlas und Odin in der Nähe fast aller Pferde, lassen eindeutige Rückschlüsse auf positive und individuelle Beziehungen im Rahmen der bisherigen Auswertungen allerdings noch nicht zu. Ein Bezug der ermittelten Distanzen zu den Merkmalen Geschlecht und Rasse konnte nicht ermittelt werden. Eine Beziehung zum Rangverhältnis ist nicht auszuschließen, allerdings müsste die Bestimmung der Rangverhältnisse abgesichert werden.

Grundsätzlich erleichtert ein Real-Time-Location-System die Analyse des Verhaltens einzelner Tiere in der Gruppenhaltung erheblich. Allerdings bedarf die Definition von Auswertungsmerkmalen und insbesondere von Merkmalskalierungen weiterer Untersuchungen. Die Einflüsse spezifischer Konstellationen unter Praxisbedingungen, wie hier die Anordnung der Funktionsbereiche, stellen zusätzliche Herausforderungen dar.

Literatur

- 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. In: 11. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2013 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. 24.-26.9.2011 Vechta, Darmstadt, KTBL
- Sambraus, H.-H. (1975): Ethologie der landwirtschaftlichen Nutztiere. In: Schweiz. Arch. Tierheilkunde 117
- Zeitler-Feicht, M.H.; Prantner, V. (2000): Liegeverhalten von Pferden in Gruppenhaltung. Arch. In: Tierzucht Dummerstorf 43, S. 4

Nutzung der elektronischen Abrufstation für Informationen zu Gesundheit und Leistungen von Sauen und Mastschweinen

Use of electronic feeding station for information on health and performance of sows and fattening pigs

STEFFEN HOY, BIRGIT HINRICHS, SONJA SCHAMUN

Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Bismarckstr. 16, 35390 Gießen

Schlüsselwörter: Abrufstation, Futtermenge, Besuchsreihenfolge, Wurfgröße

Keywords: feeding station, feed portion, feeding order, litter size

Zusammenfassung

Von insgesamt 254 Jungsauen wurden über die Besuchsreihenfolge an der elektronischen Abrufstation (EFS) 128 Tiere als ranghoch und 126 als rangniedrig kategorisiert. Ranghohe Jungsauen erreichten eine signifikant höhere Wurfgröße gesamt und lebend gebohrer Ferkel (13,9 bzw. 13,1) als rangniedrigere Jungsauen (12,9 bzw. 12,1; $p < 0,05$). Mittels EFS wurden auch 679 weibliche Mastschweine als ranghoch oder rangniedrig eingestuft. Ranghohe Mastschweine hatten weniger Besuche sowie eine längere Aufenthaltsdauer/Besuch an der EFS und fraßen eine höhere Futtermenge als die rangniedrigeren Tiere. Die signifikanten Differenzen in der Futteraufnahme beeinflussten jedoch nicht die täglichen Zunahmen in der Prüfperiode (837 g bei ranghohen und rangniedrigeren Tieren). Das Gesundheitsmonitoring auf der Basis von Abweichungen in der normativen, reproduzierbaren Besuchsreihenfolge in der EFS unterstützt die Erkennung kranker Sauen in Großgruppenhaltung.

Summary

A total number of 254 gilts were categorized by the feeding order at an electronic feeding station (EFS) into 128 high and 126 low ranking animals. High ranking gilts reached a significantly higher litter size total and alive born piglets (13.9 and 13.1, resp.) than low ranking animals (12.9 and 12.1, resp., $p < 0.05$). Also with EFS, 679 female fattening pigs were classified into high or low ranking. High ranking pigs had less visits and a longer stay/visit at the EFS and fed a higher amount of feed compared with low ranking pigs. The significant differences in feed intake did not influence daily gain which was the same in high and low ranking pigs (837 g). The health monitoring based on deviations from a normative reproducible feeding order in the EFS supports recognition of sick sows in large groups.

1 Einleitung

An elektronischen Abrufstationen (EFS) für Sauen oder Mastschweine können die Tiere nur nacheinander Futter aufnehmen. In vorherigen Untersuchungen konnten wir nachweisen, dass Sauen in einer bestimmten, von Tag zu Tag wiederholbaren Reihenfolge in der EFS fressen (HOY et al. 2007, HINRICHS und HOY 2011a). Auf dieser Basis wurde ein Gesundheitsmonitoring-System entwickelt, um Sauen mit Abweichungen in der Platzziffer, die auf gesundheitliche oder andere Störungen hinweisen könnten, zu erkennen (HINRICHS und HOY 2011b, c). Mit der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob auch in Jungsauengruppen an EFS eine Besuchsreihenfolge existiert, die als Leistungsfrühinformation zu den Tieren genutzt werden kann. Für die Mastleistungsprüfung auf Station beim Schwein ist nach der Richtlinie vom 4.9.2007 die Haltung in Gruppen mit EFS ausdrücklich erlaubt, wobei das Tier-Fressplatz-Verhältnis 12 : 1 beträgt. Mit unserer Analyse war die Frage zu beantworten, ob die Anzahl der Stationsbesuche, die pro Besuch aufgenommene Futtermenge und die dazu erforderliche Dauer bei Mastschweinen eine Aussage zur Rangposition der Tiere ermöglicht und ob Chancengleichheit für ranghohe und rangniedrige Tiere bezüglich der Mastleistung besteht.

2 Material und Methoden

Die Auswertungen an Jungsaunen (JS) fanden in einem Praxisbetrieb mit 2 EFS in zwei Buchten ausschließlich für Jungsaunen statt. Der Betrieb wird im 3-Wochen-Rhythmus bewirtschaftet. Die JS werden bis zum 180. Lebenstag an Längströgen gefüttert und danach in Gruppen von 22 bis 38 Tieren an der EFS (Fa. Schauer) gehalten. Nach der Brunstsynchronisation erfolgt die duldungsorientierte zweimalige künstliche Besamung (KB). Es wurden 254 Jungsaunen über einen Zeitraum von 2 Wochen bezüglich der Wiederholbarkeit der Besuchsreihenfolge ausgewertet und mittlere Plätze in der Reihenfolge für jede JS berechnet. Die 50 % Jungsaunen der jeweiligen Gruppe auf den vorderen Plätzen wurden als ranghoch, die auf den hinteren Plätzen als rangniedrig definiert. Sämtliche Jungsaunen blieben im Betrieb – keine wurde verkauft. Tiere ohne Brunsterscheinungen und Jungsaunen, die zweimal nach der künstlichen Besamung umrauschten, wurden generell gemerzt. Von den Tieren wurden das Einstufungs-, Erstbesamungs- und Erstabferkelalter, sowie die Wurfgröße gesamt und die Anzahl lebend geborener Ferkel im ersten Wurf aus der betrieblichen Dokumentation entnommen.

In die Untersuchungen an Mastschweinen wurden ausschließlich 679 weibliche Tiere in einer Prüfstation einbezogen. Die Prüftiere wurden als Absetzferkel im Alter von 4 bis 6 Wochen mit einer Lebendmasse zwischen 6 und 10 kg angeliefert und zunächst in den Aufzuchtteilen aufgestellt. Fünf Wochen danach erfolgte die Umstallung in die Mastabteile (4 Buchten zu je 12 Plätzen pro Abteil). Futter und Wasser (Nippeltränke) standen ad libitum zur Verfügung. Die Fütterung erfolgte mit der elektronischen Abruffütterung Compident-Pig-Mastleistungsprüfung (Fa. Schauer). Alle Tiere hatten einen Transponder im Ohr, sodass jedes Tier bei jedem Futterstationsbesuch registriert werden konnte. Auf dieser Basis wurden für jeweils 48 Stunden zu Mastbeginn, Mastmitte und Mastende (in denen zugleich Videoaufzeichnungen am Eingang der EFS stattfanden) und für den

gesamten Prüfabschnitt (solange alle Tiere der Gruppe anwesend waren) die Anzahl der Stationsbesuche, die mittlere Aufenthaltsdauer an der Station pro Futterabruf und die mittlere Futtermenge pro Besuch berechnet. Zwischen den Ergebnissen der Videoauswertungen (Kategorisierung in ranghoch und rangniedrig) und denen der Abrufstation (Anzahl und Dauer der Stationsbesuche) wurde ein Zusammenhang berechnet.

Die Untersuchungen zum Gesundheitsmonitoring an der EFS fanden in einem Betrieb statt, bei dem etwa 5000 EFS-Besuche unter dem Aspekt möglicher erkrankungsbedingter Abweichungen von einer etablierten Besuchsreihenfolge analysiert wurden.

Die statistische Prüfung erfolgte mit den üblichen Verfahren des Programmpaketes IBM SPSS Version 19.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse zu den Jungsauen

Die Platzziffern der Besuchsreihenfolge der JS zeichneten sich von Tag zu Tag durch eine hohe Reproduzierbarkeit mit Korrelationskoeffizienten von 0,67 bis 0,77 aus. Diese waren damit nur wenig niedriger als bei Altsauen (HOY et al. 2007, HINRICHS et al. 2011). Die wiederholt in der ersten Hälfte der Besuchsreihenfolge zum Fressen kommenden JS wurden als ranghoch ($n = 128$) und die später in der EFS fressenden JS als rangniedrig ($n = 126$) charakterisiert. Von diesen 254 Tieren war das Alter bei der JS-Einstufung bekannt (nahezu identisch in beiden Gruppen mit 186,5 bzw. 186,6 Tagen). Von den 128 ranghohen Sauen wurden letztlich 122 besamt (95,3 %), von den 126 rangniederen Vergleichstieren waren es 107 (84,9 %), wobei die besamenden Personen keine Informationen zur Rangposition der JS hatten und die Tiere somit gleich behandelt wurden. Das Erstbesamungsalter war in beiden Teilgruppen fast gleich. Bei ranghohen Tieren betrug es 279,0 Tage und bei den rangniederen Stallgefährtnissen 279,2 Tage. Von den 122 erstbelegten ranghohen Jungsauen ferkelten 115 (= 94,3 %) ab mit einem Erstferkelalter (EFA) von im Mittel 393,6 Tagen. Die rangniederen Jungsauen besaßen mit 91,6 % eine tendenziell niedrigere Abferkelrate und hatten ein um 2,4 d späteres Erstabferkelalter (396,0 Tage). Von den 128 ranghohen JS erbrachten 89,8 % einen Wurf, von den 126 rangniedrigen JS waren es nur 77,8 %. Ranghohe JS ($n = 115$) erreichten eine signifikant höhere Wurfgröße gesamt und lebend geborener Ferkel (ggF = 13,9, lgF = 13,1) als rangniedrigere Jungsauen ($n = 98$, ggF = 12,9, lgF = 12,1 – jeweils $p < 0,05$) (Tab. 1). Wenn die 213 Jungsauen mit einem erbrachten ersten Wurf in drei Gruppen entsprechend ihrer Platzziffer an der EFS während der Trächtigkeit in der Gruppenhaltung eingeteilt werden (erstes Drittel = ranghohe JS, mittleres Drittel = rangmittlere JS, letztes Drittel = rangniedrige JS) und die Erstabferkelleistung berechnet wird, treten die Unterschiede in der Wurfgröße zwischen den ranghohen und rangniedrigen Tieren tendenziell sogar noch etwas stärker hervor.

Tab. 1: Parameter der Fruchtbarkeitsleistung bis zum ersten Wurf bei ranghohen (Gruppe 1) oder rangniederen Jungsauen (Gruppe 2) (^{a, b} p < 0,05)

Tab. 1: Parameters of fertility until first farrowing in high-ranking (group 1) or low-ranking gilts (group 2; ^{a, b} p < 0.05)

Parameter	Gruppe	n	Mittelwert	SD
Alter bei Einstufung [d]	1	128	186,5	10,4
	2	126	186,6	10,7
Alter bei erster Belegung [d]	1	122	279,0	13,6
	2	107	279,2	14,6
Alter bei erster Abferkelung [d]	1	115	393,6	15,6
	2	98	396,0	18,9
Wurfgröße ggF	1	115	13,9	2,7 ^a
	2	98	12,9	3,1 ^a
Wurfgröße IgF	1	115	13,1	2,6 ^b
	2	98	12,1	3,1 ^b

3.2 Ergebnisse zu den Mastschweinen

Zu allen Zeiten der Prüfperiode hatten ranghohe Mastschweine weniger Besuche sowie eine längere Aufenthaltsdauer/Besuch an der EFS und fraßen eine höhere Futtermenge je Besuch als die rangniederen Gruppengefährten. Die beiden ranghöchsten Tiere hatten signifikant weniger EFS-Besuche (total = 689 bzw. 800) als die beiden rangniedrigsten Buchtengefährten (1561 bzw. 1713; Abb. 1).

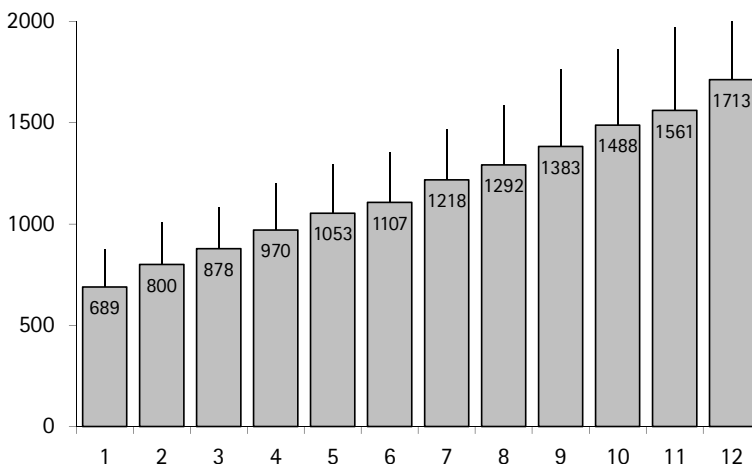


Abb. 1: Anzahl der Futterstationsbesuche in Zuordnung zur Rangposition 1 bis 12

(n = 679 nach Futterstationsbesuchen codierte Tiere) (p < 0,05)

Fig. 1: Number of EFS visits related to rank position 1 to 12

(n = 679 pigs categorized following the number of EFS visits) (p < 0.05)

Im zweiten Schritt wurden die 679 weiblichen Mastschweine in zwei Untergruppen aufgeteilt mit jeweils etwa 50 % der Tiere – abhängig von der Zahl der EFS-Besuche. Ranghohe Tiere (Tiere mit unterdurchschnittlich vielen Besuchen: 689 bis 1107, Rangpositionen 1-6) besaßen eine signifikant längere Aufenthaltsdauer pro Besuch an der EFS (5,5 min) und eine signifikant höhere Futteraufnahme je Besuch (189 g) als rangniedere Tiere derselben Gruppe (3,6 min bzw. 117 g; $p < 0,05$) (Tab. 2).

Die signifikanten Unterschiede im Futteraufnahmeverhalten wirkten sich jedoch nicht auf die Prüftagszunahmen aus. Sowohl ranghohe als auch rangniedere Mastschweine erreichten mit durchschnittlich 837 g eine gleiche Zunahmeleistung. Die rangniederen Schweine nahmen zwar weniger Futter pro EFS-Besuch auf, kompensierten diese verringerte Futteraufnahme pro Stationsbesuch jedoch durch die statistisch gesichert höhere Zahl an Futterstationsbesuchen. Über die Prüfperiode hinweg nahmen die Tiere beider Gruppen im Mittel nahezu die gleiche Gesamtmenge an Futter auf: ranghohe Tiere: $897 \cdot 0,189 = 169,5$ kg, rangniedere Tiere: $1.403 \cdot 0,1171 = 164,3$ kg.

Tab. 2: Parameter des Futteraufnahmeverhaltens bei ranghohen (Gruppe 1) oder rangniederen Tieren (Gruppe 2) (^{a, b} $p < 0,05$)

Tab. 2: Parameters of feed intake behaviour in high ranking (group 1) or low ranking pigs (group 2; ^{a, b} $p < 0.05$)

Parameter	Gruppe	n	Mittelwert	+	SD
Anzahl EFS-Besuche während der Prüfperiode	1	340	897	+	249 ^a
	2	339	1.403	+	379 ^b
Mittlere Dauer eines Besuches (min)	1	340	5,5	+	1,9 ^a
	2	339	3,6	+	1,1 ^b
Mittlere Futteraufnahme/ Besuch (g)	1	340	189,0	+	62 ^a
	2	339	117,1	+	32 ^b
Prüftagszunahme (g)	1	340	837	+	85
	2	339	837	+	81

3.3 Gesundheitsmonitoring bei Sauen in großen Gruppen mit der EFS

Das Programm des Gesundheitsmonitorings wurde durch einen Industriepartner (Fa. Big Dutchman Pig Equipment) entwickelt (HINRICHS et al. 2011) und durch uns geprüft. Mittels TeamViewer konnten wir täglich auf den PC im Untersuchungsbetrieb zugreifen und auffällige Sauen, die vom Programm erkannt wurden, per Fax dem Betriebsleiter mitteilen. Die Software zum Gesundheitsmonitoring zeigt Sauen, die viel später als „normal“ zum Fressen kommen, als roten Balken im Display an. Im untersuchten Zeitraum mit etwa 5000 EFS-Besuchen fanden 47 Behandlungen statt. An Tagen ohne Behandlung kamen diese Sauen im Mittel auf Platz 35 zum Fressen in die Station, an Tagen mit Behandlung auf Platz 53, d. h., kranke Sauen kommen später zum Fressen. Zu den 47 genannten Behandlungen kamen 18 „Auffälligkeiten“, d. h., die Tiere wiesen Bisspuren auf oder zeigten ein verändertes Verhalten, was als Beginn einer Krankheit gewertet werden könnte, aber noch nicht zu einer Behandlung führte. Bei einem Drittel

dieser 65 kranken bzw. auffälligen Sauen erfolgte eine Alarmmeldung durch die Software. Nicht alle kranken Sauen können tatsächlich durch die Station bzw. das Programm erkannt werden, da nicht alle gesundheitlichen Störungen, die zu einer Behandlung führen, zwangsläufig mit einer deutlichen Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens verbunden sind. Auch führen nicht alle Krankheiten zu einem deutlich veränderten Fressverhalten. Mit der Software wurde eine Unterstützung für das Management großer Sauengruppen entwickelt.

4 Schlussfolgerungen

Die in der EFS abgespeicherten Daten zu jedem Tier (Anzahl Besuche, Besuchsdauer und Futtermenge pro Besuch bei Mastschweinen bzw. Besuchsreihenfolge bei Jung- und Altsauen) können zur Charakterisierung der Rangposition sowie als Information von prognostischem Wert für die Selektion von Jungsaunen und zum Gesundheitsmonitoring von Sauen verwendet werden. Ein Tier-Fressplatz-Verhältnis von 12 : 1 in der Mastleistungsprüfung wie auch in der Praxis gewährleistet unter den beschriebenen Bedingungen eine ausreichende Chancengleichheit für alle Tiere bezüglich Futteraufnahme und Leistungsausprägung.

Literatur

- Hinrichs, B.; Hoy, St. (2011a): Health monitoring of sows with data from electronic sow feeder. Proc. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference. Wien, S. 334–336
- Hinrichs, B.; Hoy, St. (2011b): Use of feeding data from electronic sow feeders to detect impairments of health. Proc. Precision Livestock Farming Conference. Prag, S. 205–209
- Hinrichs, B.; Hoy, St. (2011c): Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens von Sauen an Abrufstationen für das Gesundheitsmonitoring. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift 489, Darmstadt, S. 128–136
- Hinrichs, B.; Holling, D.; Hoy, St. (2011): Ergebnisse zur Früherkennung von gesundheitlichen Störungen bei Sauen durch die Besuchsreihenfolge an der Abrufstation. 10. Tagung: Bau, Technik und Umwelt. Darmstadt, KTBL, S. 423–430
- Hoy, St.; Weirich, C.; Krauss, V. (2007): Untersuchungen zum Sozialverhalten von Sauen an elektronischen Abrufstationen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2007. KTBL-Schrift 461, Darmstadt, S. 186–193

ICT control system for cattle grazing in the mountain and foothill areas of Japan using a smartphone

ICT Kontrollsystem für Weidevieh in den Gebirgsregionen Japans mittels Smartphone

T. GOTOH¹, H. TAKAHASHI¹, T. ETOH¹, Y. SHIOTSUKA¹, M. MAEDA², O. HIRANO², M. NISHIKI³, T. FUJITA³, T. SHIBATA³, Y. TAKAYAMA³, K. YOKOO⁴, T. NISHIDOI⁵, H. URABE⁶, T. IKENOUCHI⁶, T. NINOMIYA⁴, M. YOSHIDA⁴, J. SUGIYAMA⁵, T. SASAKI⁵, A. MURANISHI⁵

¹ Kuju Agricultural Research Center, Kyushu University, 8780201 Kuju, Japan

² Intellectual Property Management Center, Project Support Department, Kyushu University, 8128581 Fukuoka, Japan

³ Research and Development Center, NTT West Corporation 1-2-31, 530-0057 Osaka, Japan, Advanced Wireless Technologies Lab., Fujitsu Laboratories Ltd., Kawasaki, Japan

⁴ Network Innovation Center, Fujitsu Limited, Kawasaki, Japan

⁵ Mobile Techno Corporation, Kawasaki, Japan

⁶ Advanced Wireless Technologies Lab., Fujitsu Laboratories Ltd., Kawasaki, Japan

Keywords: grazing cattle, ICT control, smartphone

Schlüsselwörter: Weidevieh, ICT-Kontrolle, Smartphone

Summary

The area covered by agricultural fields in Japan has rapidly decreased because of importing cheaper food from foreign countries. Simultaneously, the area of abandoned agricultural fields has rapidly increased and is being overrun by weeds. In addition, more than 70 % of the Japanese landmass is taken up by mountains and forest. Almost all the abandoned agricultural fields are located in the mountain and foothill areas. As the self-food-sufficiency rate of Japan is quite low at less than 40 %, it is important to conserve the abandoned fields for agricultural use as a bulwark against prospective food shortages. In recent times, the Japanese government has recommended that farmers graze cattle on such fields. However, it is not easy to control and carry out daily checks such as health checks, locality, reproductive treatment or growth rate checks, on cattle grazing in the mountain and foothill areas. In this study, we created the two systems to call cattle and monitor the locality of grazing cattle, which could be controlled by a smartphone. These systems would be very useful for farmers and could help them to control cattle grazing in inconveniently located fields.

Zusammenfassung

Der Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen in Japan hat stark abgenommen aufgrund des Imports billigerer Nahrungsmittel. Gleichzeitig hat der Anteil stillgelegter Flächen stark zugenommen und überwächst mit Unkraut. Zusätzlich nehmen Gebirge

und Wälder über 70 % der japanischen Landmasse ein. Nahezu alle stillgelegten Flächen befinden sich im Gebirge bzw. in den Gebirgsausläufern. Da die Selbstversorgungsrate in Japan mit 40 % eher gering ist, ist es wichtig die stillgelegten Flächen für die landwirtschaftliche Nutzung zu erhalten um einer Nahrungsmittel-knappheit entgegenzuwirken. In jüngster Zeit hat die japanische Regierung den Farmern empfohlen, das Vieh auf solchen Flächen zu weiden. Jedoch ist die tägliche Kontrolle, Lokalisation sowie Zustands- und Gesundheitsüberwachung bei Weidevieh in den Gebirgsregionen erschwert. In dieser Studie wurden zwei Systeme entwickelt, das Weidevieh zu rufen und zu lokalisieren. Die Kontrolle erfolgt mittels Smartphone. Diese Systeme können den Farmern helfen, das Weidevieh in ungünstig gelegenen Gegenden zu kontrollieren.

1 Introduction

Basically, cattle have an important ecological niche that capitalizes on the symbiotic relationship between fiber-fermenting ruminal microbes and mammalian demand for usable nutrients as a ruminant. Beef cattle produce “meat” from grass resources as a source of protein after microorganisms in the rumen break down plant fibers that humans cannot digest. It means cattle would be an important converter-animal to realize to produce protein from plant. We would like Japanese cattle to supply beef for the Japanese population by utilizing domestic grass resources on mountain slopes, foothills, and abandoned agricultural lands. In fact, there are large tracts of land that remain unused, since 50 % of the Japanese population is concentrated on only 14 % of the total land. Typically, most of the Japanese population lives in big cities such as Tokyo and Osaka, while in the mountainous and foothill areas the number of depopulated villages with more than 50 % of their inhabitants over 65 years of age is increasing rapidly. To conserve such areas, it is most important for Japan to retain the natural environment as well as endemic plants and animals. This is also important in countries that aim for harmony between people and nature, material circulation, and higher food self-sufficiency. At present, the government is recommending using abandoned agricultural lands as grazing for cattle, but this system is still very primitive. To replace the current beef production system, we envisaged constructing a new beef production system for use in mountainous and foothill areas using information and communication technology (ICT). This system would not only encourage food production, but also create a new ethical industry for future generations. Sixty-six percent of the national land is forest. Industries related to forestry also seem to be under pressure, and there are not many successors. This situation is untenable. As previously mentioned, cattle are relatively large animals that can convert plant resources into protein, i.e., beef and milk. Therefore, relying on cattle grazing and ICT technologies, we set out to create a novel mountainous silvopasture system making use of depopulated remote areas. In the case of beef cattle, farmers have to check their health, heat cycles, calving, safety, and so on. Normally when present in the pasture, farmers call their cattle to feed using behavior based on conditioned reflex.

2 Materials and methods

In this study, we constructed an observation, calling, and herding system for cattle grazing in a pasture using a remote smartphone, obviating the need for the farmers to be present in the pasture. We set up a web-camera, speakers, an auto-feeder, and stanchions using a rocked system in the pasture. Using a smartphone, we attempted to call and herd the grazing cattle, while monitoring them and the pasture by means of the web-camera. Additionally, we tried to monitor the location of grazing cattle via a smartphone. Given sufficient battery power, the Global Positioning System (GPS) is the most useful system for monitoring the location of cattle. However, a GPS module requires much electricity to receive very weak signals from the GPS satellites, and therefore, if farmers were to use it, they would need to exchange batteries daily for each member of the herd. This would require great effort and is not realistic or convenient for farmers. We implemented a system requiring low battery power to check the location of grazing cattle on a map of the pasture via a smartphone. This study resulted in the creation of two systems: one to call the cattle and the other to monitor their locality, both of which can be controlled by a smartphone.

3 Strategies

3.1 Construction of system to lead cattle to feed using a smartphone

We created an ICT system to monitor the feeding of grazing cattle, comprising the following elements (Fig. 1): actuator, including a sound system, auto-feeder, and motorized stanchion. These actuators have a digital input interface, which is switched by a wireless node. When the sound system is switched on, it plays back a pre-recorded voice in the pasture and calls cattle to assemble in front of an IP camera (Fig. 2). When the auto feeder is switched on, it feeds cattle in front of the motorized stanchion. Then, when the motorized stanchion is switched on, it locks the cattle in place.

- **Wireless node with Wi-Fi connectivity:** A wireless node provides Wi-Fi connectivity, temperature and humidity sensors, and a digital Input/Output interface.
- **IP Camera (Panasonic Co., Ltd. SW-174W):** The IP camera provides Wi-Fi connectivity, and sends and retrieves images via the Wi-Fi network.
- **Wireless access point (Gonet MBW3100):** A wireless access point is set up on top of a pillar. It allows the wireless nodes and IP cameras to connect to a wired network using Wi-Fi. We constructed the environment for a wireless network using a wireless access point with adaptive beam-forming technology, which realized a coverage of < 1 km.
- **Web server:** A web server is installed in the farmer's office to communicate with the wireless nodes and store data such as temperature and humidity, transmitted by the wireless nodes to the web server. It also provides a control Graphical User Interface (GUI) for use by the farmer.
- **Smartphone:** Farmers access the website via their smartphones to check the status in the field using the IP camera, and to control the actuators.

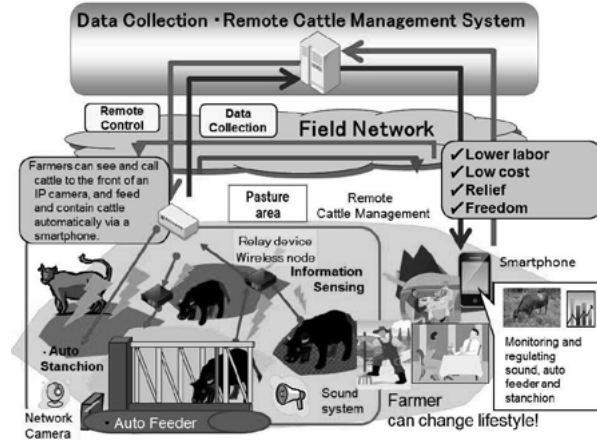


Fig. 1: Concept of an ICT control system of cattle grazing using a smartphone in mountain and foothill areas

Abb. 1: Konzept eines ICT-Kontrollsystems mit einem Smartphone zur Überwachung von Weidevieh in Bergen und Ausläuferbereichen

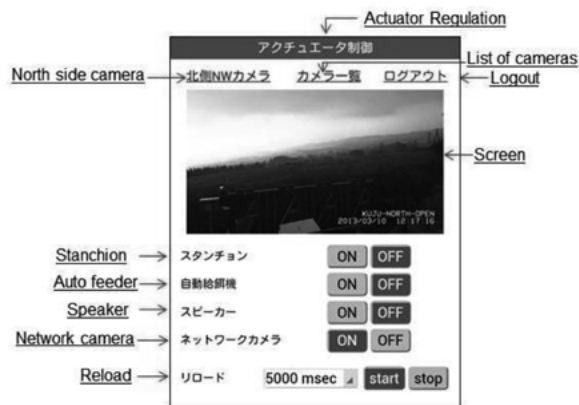


Fig. 2: Actuator control screen on a smartphone

Abb. 2: Actuator-Control-Bildschirm auf einem Smartphone

The actuator control screen for the smartphone is shown in Figure 2. The image from the IP camera is displayed on the upper part of the screen, allowing farmers to monitor the field and their cattle via the IP camera. The ON/OFF buttons are on the lower part of the screen enabling the farmers to control the sound system, auto-feeder, and motorized stanchion.

3.2 Construction of system to monitor the location of cattle in pastures

The prototype system to monitor the location of cattle in pastures was constructed (Yokoo et al. 2013). Figure 3 shows the topology of a network for a smart pasturing

system. A sensor node (SN) sends a packet containing vital data obtained by sensors mounted on cattle directly to a base station (BS), and listens for an acknowledgement if the transmission is successful. At the same time, anchor nodes (AN) are deployed in the pasture and upon receiving the packets, store both the RSS and the data. If the BS has not successfully received the data, the AN may also transmit the stored packet, which means that it works as a relay.

In addition, the ANs subsequently send stored RSS data periodically to the BS at different times or on different channels used by the SN. Thus, the BS receives both the vital information for the cattle and the RSS between the SN and AN. The RSS is used to calculate the location of the node at the base station using proposed RSS based trilateration. The algorithm uses the PF to fuse obtained RSS information and the Digital Elevation Maps (DEMs) available in public domain to mitigate degradation of estimation accuracy due to undulating topography in the mountain or foothill areas. An experimental campaign was conducted in a pasture with an area of 2 km² to evaluate the proposed method. The results show that the proposed algorithm improves the location accuracy

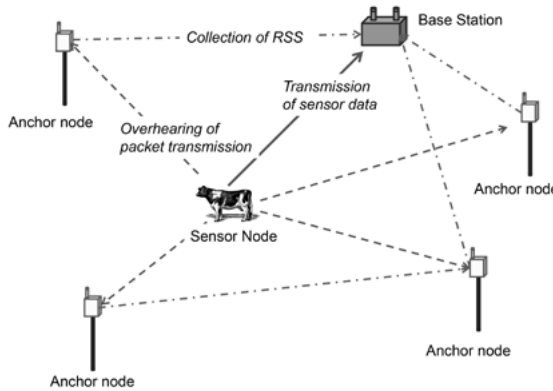


Fig. 3: Configuration of wireless sensor network (Yokoo et al. 2013)
 Abb. 3: Konfiguration des kabellosen Sensornetzwerks (Yokoo et al. 2013)



Fig. 4: Prototype system for monitoring location of grazing cattle on a smartphone
 Abb. 4: Prototyp eines Smartphones zur Überwachung der Lage von weidenden Kühen

by 28 % when compared with the conventional least squares algorithm, whereas a plain PF increased it by 14 % without taking account the topographical feature. The measured localization error at 50 % of cumulative probability (CP) is 76.5 m. Although this satisfies current system requirements, further constraints, such as additional radio propagation features or map matching, need to be investigated for further improvement. Finally, we created a prototype system incorporating the location information and map using a smartphone. The system is tested with actual grazing cattle in the pasture, and it successfully worked as shown in Figure 4. The localization performance could be further improved by introducing more constraints, such as map matching or using more radio propagation features, which should be investigated in future.

4 Conclusion

In this study, we created two systems controlled by a smartphone: one to call cattle and the other to monitor the location of grazing cattle. First, we created an ICT system to monitor the feeding of grazing cattle, comprising the following elements:

- actuators, for example, audio player, feeder and stanchion
- wireless nodes with Wi-Fi connectivity to control the actuators
- IP-addressed cameras with Wi-Fi connectivity;
- a wireless access point to allow wireless nodes and IP cameras to connect to a wired network using Wi-Fi
- a Web server to communicate with the wireless nodes and provide a control GUI for use by farmers

Farmers can call cattle towards an IP camera and feed them using a smartphone without being physically present at the farm. Some of the characteristics of this system are:

- a wireless network environment constructed using a wireless access point with adaptive beam-forming technology and a coverage of < 1 km
- support for IP version 6, given that many devices would be connected to the network
- a control GUI that allows a user to control the actuators and monitor the field via IP cameras

Secondly, we implemented the concept of a smart pasturing system, which enables farmers to reduce their labor costs and to share health information. The system consists of sensor nodes, anchor nodes, a base station, and a server, and provides localization in addition to the monitoring of the health of cattle. To realize low energy localization in undulating pastures, we proposed RSS-based trilateration using a PF algorithm with topographical features, referred to as “visibility” on a map. From experiments conducted in the pasture, this method was found to outperform the conventional. Finally, we created a prototype of the system to monitor the location of grazing cattle via a smartphone (Fig. 4). These systems could be very useful for farmers, assisting in the control of cattle grazing in inconveniently located fields.

Literature

- Yokoo, K.; Nishidoi, T.; Urabe, H.; Ikenouchi, T.; Ninomiya, T.; Yoshida, M.; Sugiyama, J. (2013): RSS-based Localization Considering Topographical Feature for Pasturing. Workshop on Positioning, Navigation and Communication 2013, March 2013, S2LS4

Infrarotthermografie bei Kühen und Schweinen

Infrared thermography in cows and pigs

GUNDULA HOFFMANN¹, MARIANA SCHMIDT¹, ULRICH STRÖBEL¹, ONNO BURFEIND²,
KARL-HEINZ LAHRMANN³, REINER BRUNSCH¹

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

² Freie Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, Tierklinik für Fortpflanzung, Königsweg 65 Haus 27, 14163 Berlin

³ Freie Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, Klinik für Klautentiere, Königsweg 65 Haus 34, 14163 Berlin

Schlüsselwörter: Infrarotthermografie, Wärmebildkamera, Rind, Schwein
Keywords: *infrared thermography, thermal images, cattle, pig*

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war herauszufinden, ob eine videobasierte Infrarot-Wärmebildkamera die Körpertemperatur an verschiedenen Körperstellen bei Kühen und Schweinen detektieren kann. Von Interesse war vor allem ein Abgleich mit der Körperkerntemperatur. Dazu wurden Infrarotaufnahmen gemacht, die mit der zugleich gemessenen Rektal- bzw. Vaginaltemperatur abgeglichen wurden. Die Lokalisationen, die unter Praxisbedingungen am besten geeignet erschienen, um die Körpertemperatur mittels Infrarottechnik zu erfassen, waren das Auge bei Kühen und das Auge und der Ohrgrund beim Schwein. Bei beiden Tierarten konnte ein Anstieg der Körperkerntemperatur auch mit der Wärmebildkamera detektiert werden.

Summary

The aim of this study was to investigate whether a video-based infrared thermal camera can detect the body temperature at various body locations of cows and pigs. The focus was on the comparison to the body core temperature. Therefore infrared images were taken, which were compared with the simultaneously measured rectal or vaginal temperature. The locations which showed the best results under practical conditions were the eye in the cows, respectively the eye and the back of the ear in pigs. In both species it was possible to detect an increase in the infrared temperatures when the body core temperature increased as well.

1 Einleitung

Einer der wichtigsten Indikatoren zur Diagnostik von Erkrankungen in der Nutztierpraxis ist die Rektaltemperatur. Die Messung dieser ist jedoch im Vergleich zur Infrarotthermografie zeitaufwendiger und erfordert Tierkontakt, was zugleich Stress bei den Tieren verursachen kann. Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass die Genauigkeit der Rektaltemperaturmessung auch von der Vorgehensweise und des verwendeten Thermometers abhängt (BURFEIND et al. 2010, NAYLOR et al. 2012). Außerdem konnten BERRY et al. (2003) zeigen, dass diese Methode, unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur, auch zur Früherkennung einer Mastitis geeignet sein kann; RAINWATER-LOVETT et al. (2009) identifizierten bereits potentiell infizierte Tiere bei Ausbrüchen der Maul- und Klauenseuche durch Temperaturmessungen an den Klauen von Rindern. Auch bei Kälbern konnte die Methode zur Früherkennung von Infektionen verwendet werden (SCHAEFER et al. 2004). LOUGMILLER et al. (2001) haben aus ihrer Studie mit Schweinen geschlussfolgert, dass es möglich ist, eine Fieberreaktion zu erkennen, indem man die Körperoberflächentemperatur misst. Vorhergehende Untersuchungen haben aber auch verdeutlicht, dass beeinflussende Faktoren wie Messentfernung, Sonneneinstrahlung, Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit und Schmutz berücksichtigt werden müssen (JOHNSON et al. 2011, KNÍŽKOVÁ et al. 2007). In den genannten Untersuchungen wurden allerdings stets Einzelbildaufnahmen verwendet, wohingegen in den hier dargestellten Messungen die Oberflächentemperaturen der Rinder und Schweine über einen definierten Zeitraum mit 9 Bildern pro Sekunde kontinuierlich gefilmt wurden.

2 Tiere, Material und Methoden

Für die Studie wurden 12 Kühe und 45 Sauen untersucht. Die Kühe (8 Holstein-Friesian, 1 Jersey, 3 Kreuzungen) waren 2 bis 9 Jahre alt, in einem guten Allgemein- und Gesundheitszustand und gehörten zur Tierklinik für Fortpflanzung der Freien Universität Berlin (Fachbereich Veterinärmedizin). Die Sauen (Edelschwein × Landrasse) gehörten zu einem Produktionsbetrieb in Brandenburg mit insgesamt 340 Zuchtsauen und waren zwischen dem 3. Tag ante partum und dem 7. Tag post partum (Parität 1 bis 9). Es wurden jeweils kurze Filmsequenzen (Kamera PI 160, Optris®, Berlin) von unterschiedlichen Körperregionen aufgezeichnet (Rind: Auge, Ohrgrund, Schulter, Vulva; Schwein: Auge, Ohrgrund, Gesäuge, Vulva). Die Infrarotkamera (IRK) erfasste einen Temperaturbereich von -20 bis 900 °C mit einer Auflösung von $0,1$ °C und einer Sensitivität von $0,08$ K (Kelvin). Der Emissionsfaktor wurde auf $0,985$ eingestellt. Der Messabstand zwischen dem jeweiligen Tier und der Kamera betrug etwa 30 – 40 cm, und die Kameralinse wurde möglichst parallel zur gemessenen Körperoberfläche ausgerichtet. Zum Vergleich wurde die Körperkerntemperatur rektal (Digitalthermometer Microlife VT 1831, Microlife AG, Widnau, Schweiz) und bei den Kühen zusätzlich vaginal (Vaginallogger Minilog 8, Vemco Ltd., Halifax, Nova Scotia, Kanada) erfasst. Die Filme wurden mithilfe einer Software (Optris PI Connect 2.0.2009.0) ausgewertet, wobei in einem definierten Bereich um die Messregionen jeweils die Maximaltemperatur bestimmt wurden. Anschließend wurden diese Werte für die statistische Auswertung genutzt. Die Auswertung erfolgte

mit SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina). Zur grafischen Analyse der Daten wurden Box-Whisker-Plots und die Methode nach BLAND und ALTMANN (1999) verwendet. Als Schwellenwert für eine erhöhte Körperkerntemperatur wurde bei den Sauen 39,5 °C gewählt, bei den Kühen 39,0 °C und bei der Infrarotthermografie wurde dazu das 90-Prozent-Quantil definiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Versuchsabschnitt Kuh

Bei den Kühen haben die Messungen gezeigt, dass die mittleren Körperkerntemperaturen (rektal und vaginal) jeweils über denen der IRK-Messungen lagen. Rektal- (Mittelwert ± Standardabweichung: 38,8 ± 0,2°C) und Vaginaltemperaturen (38,5 ± 0,3°C) unterschieden sich dabei nicht signifikant voneinander ($p \geq 0.05$) und zeigten nur eine geringe Spannweite (rektal: 1,0 K; vaginal: 1,1–1,3 K). Hingegen waren die Spannweiten der IRK-Temperaturen innerhalb der jeweiligen Körperregionen zwischen 7,1 K (Schulter) und 10,5 K (Auge) und viele Ausreißer waren vorhanden (Abb. 1).

Aufgrund der großen Spannweiten der IRK-Temperaturen fand anschließend eine tierindividuelle Betrachtung der Messergebnisse statt. Diese Analyse hat gezeigt, dass bei einem Anstieg der Rektaltemperatur auch ein Anstieg der IRK-Temperatur in dem Bereich Auge zu registrieren war. Die Differenzen der jeweiligen Vaginal- und entsprechender IRK-Temperaturen wurden für die vier Körperregionen berechnet und es hat sich gezeigt, dass der Interquartilsabstand der Differenzen konstant war mit 1,03 K (Region Auge, Ohrgrund, Vulva) bzw. 2,0 K (Bereich Schulter). Insgesamt waren die Differenzen zwischen Vaginal- und IRK-Temperaturen bei den Regionen Auge und Vulva am geringsten, wobei die Messungen am Auge von der Anwendbarkeit in der Praxis besser geeignet

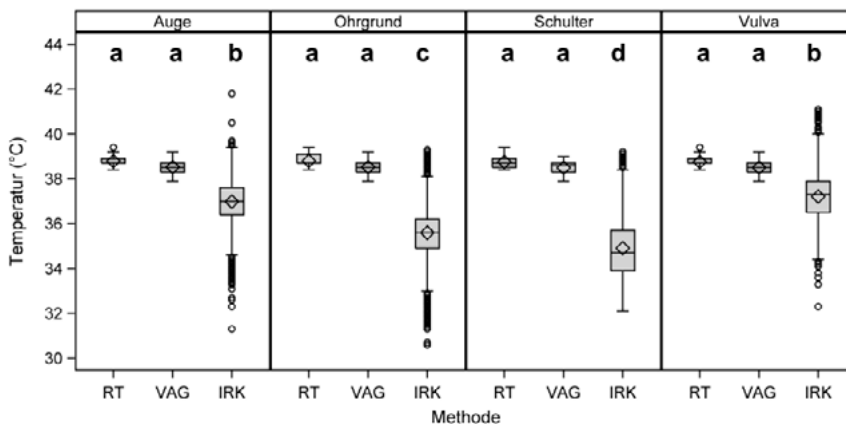


Abb. 1: Rektal-, Vaginal- und Infrarottemperaturen an vier verschiedenen Körperregionen (n = 12 Kühe). Signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) der Mittelwerte sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet RT = rektal, VAG = vaginal, IRK = Infrarotkamera.

Fig. 1: Rectal, vaginal and infrared temperatures at four different body regions (n = 12 cows). Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$) RT = rectal, VAG = vaginal, IRK = infrared camera.

erschienen. Dieses Ergebnis ist in Übereinstimmung mit SCHAEFER et al. (2004), die in ihren Untersuchungen ebenfalls die Augenregion zur Erfassung der Körpertemperatur favorisieren. RAINWATER-LOVETT et al. (2009) entdeckten bei ihren Untersuchungen zur Maul- und Klauenseuche zudem moderate positive Korrelationen zwischen Rektal- und Augentemperaturen ($r = 0,50$).

3.2 Versuchsabschnitt Schwein

In der Tabelle 1 sind Minimum, Median, Maximum und Spannweiten der Differenzen zwischen der Rektaltemperatur und der IRK-Temperatur der Schweine dargestellt, sortiert nach Lokalisation. Rektaltemperaturen über dem 90-Prozent-Quantil ($\geq 39,8$ °C) wurden bei zehn Sauen gemessen. Bei den Messungen am Ohrücken mit der IRK wurden sieben von zehn Sauen mit einer erhöhten Temperatur erkannt, wobei das 90-Prozent-Quantil bei 38,1 °C lag. Die Messungen am Auge mit der IRK führten zu einer Übereinstimmung bei sechs von zehn Sauen, wobei das 90-Prozent-Quantil der IRK-Temperaturen hier bei 36,9 °C lag.

Tab. 1: Differenzen zwischen den Rektal- und den Infrarotkamera-Temperaturen in °C ($n = 45$ Schweine)
 Tab. 1: Differences between rectal and infrared camera temperatures in °C ($n = 45$ pigs)

Lokalisation Localization	Minimum Minimum	Median Median	Maximum Maximum	Spannweite Range
Auge	-4,3	-1,77	2,24	6,54
Ohrgrund	-5,51	-2,13	2,89	8,4
Gesäuge	-4,68	-1,63	1,84	6,52
Vulva	-3,82	-1,96	1,41	5,22

Der Bland-Altman-Plot der Differenzen der Rektaltemperaturen (RT) und IRK-Temperaturen gegen deren arithmetische Mittelwerte zeigt, dass die meisten Werte innerhalb der Übereinstimmungsgrenzen (± 2 SD) lagen. Es ist allerdings zu beachten, dass die Spannweite der individuellen Temperaturen groß war. Bei beiden Lokalisationen lag die mittlere Differenz zwischen RT- und IRK-Temperatur bei etwa 2 K (Abb. 2).

Auch bei den Schweinen lagen die Temperaturen der IRK im Mittel unter den Temperaturen der Rektalmessungen. Die Lokalisation Gesäuge weist im Mittel die geringste Differenz zu der Rektaltemperatur auf (-1,63 °C), gefolgt von der Lokalisation Auge (-1,77 °C) und Vulva (-1,96 °C). Allerdings erwies sich die Lokalisation Gesäuge unter Praxisbedingungen als nicht geeignet.

Durch das Säugen der Ferkel und die Liegeposition der Sau ist die Messposition häufig verdeckt. Auch die Vulva erscheint nicht besonders geeignet, da diese häufig mit Urin oder Kot verunreinigt ist und somit die Messergebnisse verfälscht werden können, wie es auch schon von KNIŽKOVÁ et al. (2007) beschrieben wurde.

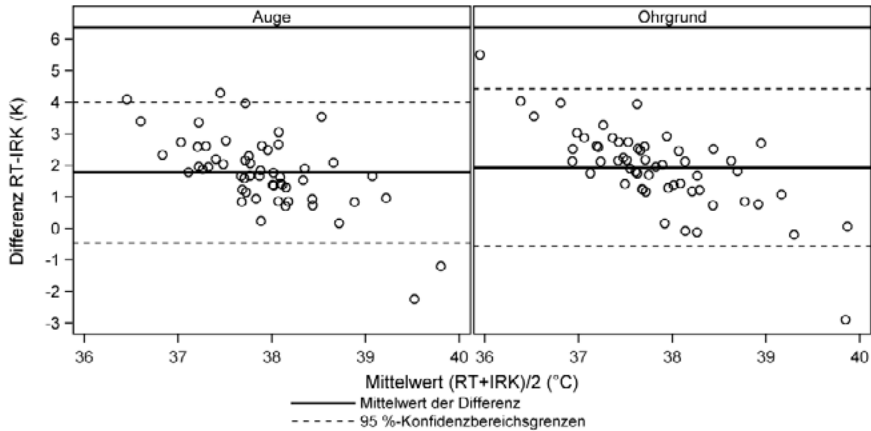


Abb. 2: Bland-Altman-Plot der Differenzen zwischen Rektal- und Infrarotkamera-Temperaturen für die Lokalisationen Auge und Ohrgrund (n = 30 Schweine) RT = rektal, IRK = Infrarotkamera
 Fig. 2: Bland-Altman-Plot of the differences between the rectal and the infrared camera temperatures for the localizations eye and back of the ear (n = 30 pigs) RT = rectal, IRK = infrared camera

Für das Auge und den Ohrgrund trifft dies weniger zu, allerdings sind auch hier limitierende Faktoren zu beachten, wie das Ohrenspiel der Tiere oder der Lidschluss. Auch JOHNSON et al. (2011) und TRAUlsen et al. (2010) kamen zu dem Ergebnis, dass das Auge eine geeignete Region ist. Auch LOUGHMILLER et al. (2001) kamen bei Messungen an Schweinen zu dem Schluss, dass es möglich ist, eine Fieberreaktion zu erkennen, indem man die Oberflächentemperatur des Körpers misst. Auge und Ohrgrund eignen sich des Weiteren auch aufgrund der Anatomie der Haut des Schweins und dem speziellen Weg der Thermoregulation. Schweine haben nur sehr wenige Schweißdrüsen; um sich abzukühlen, müssen die Tiere den Blutfluss durch die Haut erhöhen (MONTAGNA und YUN 1964, MORITZ und HENRIQUES 1947). Bereits STEWART et al. (2005) haben beschrieben, dass man diese Änderungen im peripheren Blutfluss mit der Infrarotmethode erfassen kann.

4 Schlussfolgerung

Die IRK-Temperaturen waren an allen Lokalisationen niedriger als die zeitgleich gemessenen Körperkerntemperaturen der Schweine und Rinder. Lokalisationen, die sich als besonders vielversprechend erwiesen haben, waren Auge, Ohrgrund und Vulva. Deshalb sind weitere Untersuchungen und Entwicklungen nötig, um die Methode unter Praxisbedingungen als Monitoringsystem für die Temperaturüberwachung einsetzen zu können. Die kontinuierliche Überwachung der Körpertemperatur und eine Abweichung der errechneten Durchschnittstemperatur könnte dann ein Indikator für aufkommende Krankheiten sein. Dabei sollten die Distanz und der Winkel zwischen dem Tier und der Kamera standardisiert werden, um die Beeinflussbarkeit der Messungen zu verringern.

Literatur

- Berry, R.J.; Kennedy, A.D.; Scott, S.L.; Kyle, B.L.; Schaefer, A.L. (2003): Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Can. J. Anim. Sci.* 83, pp. 687–693
- Bland, J.M.; Altman, D.G. (1999): Measuring agreement in method comparison studies. *Stat. Methods Med. Res.* 8, pp. 135–160
- Burfeind, O.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M.; Veira, D.M.; Heuwieser, W. (2010): Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, pp. 624–627
- Johnson, S.R.; Rao, S.; Hussey, S.B.; Morley, P.; Traub-Dargatz, J.L. (2011): Eye thermographic temperature as an index to body temperature in ponies. *J. Equine Vet. Sci.* 31, pp. 63–66
- Knížková, I.; Kunic, P.; Gürdil, G.; Pinar, Y.; Selvi, K. (2007): Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture* 22, pp. 329–336
- Loughmiller, J.A.; Spire, M.F.; Dritz, S.S.; Fenwick, B.W.; Hosni, M.H.; Hogge, S.B. (2001): Relationship between mean body surface temperature measured by use of infrared thermography and ambient temperature in clinically normal pigs and pigs inoculated with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Amer. J. Vet. Res.* 62, pp. 676–681
- Montagna, W.; Yun, J.S. (1964): The skin of the domestic pig. *J. Invest. Dermatol.* 43, pp. 11–21
- Moritz, A.R.; Henriques, F.C. (1947): Studies of thermal injury. Part 2: The relative importance of time and surface temperature in the causation of cutaneous burns. *Amer. J. Path.* 23, pp. 695–720
- Naylor, J.M.; Streeter, R.M.; Torgerson, P. (2012): Factors affecting rectal temperature measurement using commonly available digital thermometers. *Res. Vet. Sci.* 92, pp. 121–123
- Rainwater-Lovett, K.; Pacheco, J.M.; Packer, C.; Rodriguez, L.L. (2009): Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *Vet. J.* 180, pp. 317–324
- Schaefer, A.L.; Cook, N.; Tessaro, S.V.; Dereg, D.; Desroches, G.; Dubeski, P.L.; Tong, A.K.W.; Godson, D.L. (2004): Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Can. J. Anim. Sci.* 84, pp. 73–80
- Stewart, M.; Webster, J.R.; Schaefer, A.L.; Cook, N.J.; Scott, S.L. (2005): Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Anim. Welf.* 14, pp. 319–325
- Traulsen, I.; Naunin, K.; Müller, K.; Krieter, J. (2005): Application of infrared thermography to measure body temperature of sows. *Züchtungskunde* 82, S. 437–446

Untersuchungen an vollmobilen Ställen für Legehennen

Investigations on mobile housing systems for laying hens

BERNHARD HÖRNING, GERRIET TREI

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH), Fachgebiet Ökologische Tierhaltung,
Friedrich-Ebert-Str. 28, 16225 Eberswalde

Schlüsselwörter: Mobilställe, Legehennen, Praxiserfahrungen, Auslauf
Keywords: mobile houses, laying hens, farmers experiences, outdoor run

Zusammenfassung

Im Beitrag wird eine Übersicht über zweijährige Untersuchungen der Hochschule Eberswalde an Mobilställen gegeben. Es wurden zwei Mobilställe des Typs 225 der Fa. Weiland untersucht mit jeweils 4 Gruppen à 50 Hennen. Fläche je Huhn (2,5 vs. 4,0 m²), Versetzungshäufigkeit (1 vs. 2 Wochen), Vorhandensein von Hähnen und Gruppengröße (50 vs. 100 Hennen) hatten kaum Einfluss auf Anzahl und Verteilung der Hühner im Auslauf. Hingegen wurde der Auslauf bei schönerem Wetter mehr genutzt. Zwei Befragungen von Mobilstallbetreibern aus den Jahren 2010 und 2012 zeigten eine insgesamt gute Zufriedenheit mit dem System. Die Betriebe konnten zudem höhere Eierpreise erzielen.

Summary

An overview is given about small scale studies with 2 mobile houses for laying hens (each with 4 groups with 50 hens each). Area per hen in the run (2.5 vs. 4.0 m²), frequency of moving the houses (1 or 2 weeks), presence of cockerels in the group, or group sizes (50 vs. 100 hens) had only little influence on number and behaviour of hens in the outdoor run. However, hens used the runs more in fine weather. Two inquiries by farmers using mobile houses in 2010 and 2012 revealed a good satisfaction with that system. Farmers could realise higher egg prices.

1 Einleitung

In Deutschland nimmt die Zahl der Hennen in Auslaufhaltung zu. Am 1.12.2012 waren laut Statistischem Bundesamt 14,8 % der 36,6 Millionen Hennenplätze in Freilandhaltung und 7,9 % in ökologischer Haltung – zusammen also 8,3 Mio. Hennen mit Zugang zu Grünausläufen. Probleme stationärer Freilandhaltung sind oft eine Übernutzung der Flächen in Stallnähe. In der Folge kann es zu einer Zerstörung der Grasnarbe sowie einer Anreicherung von Nährstoffen und Krankheitserregern kommen. Eine Alternative hierzu können mobile Hühnerställe sein, welche regelmäßig versetzt werden (BASSLER et al. 2000, HÖRNING et al. 2002, KNIERIM 2006).

In Deutschland sind vor allem zwei Typen mobiler Ställe gebräuchlich: ein Folientunnelsystem auf Kufen (Mobilstall, Fa. Würdekemper) für 1000–3000 Hennen, sowie ein Hühnerwagen auf Rädern (Hühnermobil, Fa. Weiland) für 225–1200 Hennen. Letztere werden meist häufiger versetzt und daher auch als vollmobil bezeichnet. Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit des Mobilstalls der Firma Würdekemper wurden durchgeführt von BRUNKEN (2005), sowie an einem Prototyp des Weiland-Hühnermobils von FÜRMETZ et al. (2004).

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse verschiedener Teiluntersuchungen der Hochschule Eberswalde an zwei vollmobilen Hühnerställen dargestellt, welche an zwei Legehennendurchgängen von Sommer 2011 bis Winter 2012/13 durchgeführt wurden.

2 Methodik

Die Hochschule Eberswalde hält in Kooperation mit dem Ökodorf Brodowin GmbH 400 Legehennen in zwei Mobilställen des Typs 225 der Firma Weiland. Dieses Hühnermobil besteht aus zwei Etagen (Abb. 1). In der oberen Etage befinden sich die Sitzstangen, die Tränken, die Futtertröge und die eingestreuten Gruppennester. Die Entmistung erfolgt über ein Mistband, welches unter den Kunststoffgitterrosten dieser Etage ange-

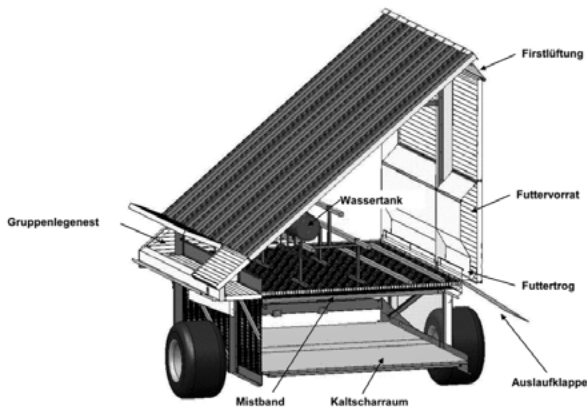


Abb. 1: Hühnermobil Typ 225 (Fa. Weiland)

Fig. 1: Mobile house for laying hens, Type 225 (Weiland)

bracht ist. In der unteren Etage befindet sich ein eingestreuter Scharraum, von dem über Zeitschaltuhr gesteuerte Klappen der Grünauslauf erreicht wird. Der Zugang zur unteren Etage erfolgt über einen Durchgang im Boden über eine kleine Leiter.

Die beiden Hühnermobile wurden für Versuchszwecke in je 4 Gruppen à 50 Hennen unterteilt (jeweils mit eigenem Auslauf) und auf einer 1 ha großen Streuobstwiese eingesetzt. Die Legehennen (Herkunft Lohmann Brown PluS) werden nach den Bedingungen des Ökolandbaus (Demeter) gehalten und gefüttert.

Im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten wurden verschiedene Teiluntersuchungen durchgeführt (Tab. 1); dabei standen die Auslaufnutzung im Vordergrund (Anzahl, Verteilung und Verhalten der Tiere) sowie Futterangebot bzw. Futteraufnahme aus dem Grünauslauf (pflanzliche und tierische Komponenten).

Nach ersten vorwiegend methodischen Erprobungen (Bachelorarbeiten Tanja Kaiser und Marcel Schwichtenberg im Sommer 2011) wurden verschiedene Fragestellungen zweifaktoriell mit Vergleichsgruppen bearbeitet (jede Variante jeweils die Hälfte der Gruppen). In der Bachelorarbeit von Jurinde Gnilke (Herbst 2011) wurde der Einfluss von Hähnen in der Gruppe untersucht (Gruppen à 50 Hennen mit oder ohne Hahn) und in den Masterarbeiten von Mirka Lott und Anna Henning (Sommer 2012) wurden verschiedene Gruppengrößen (50 vs. 100 Hennen), Auslaufgrößen (2,5 vs. 4,0 m²/Henne) bzw. Versetzungshäufigkeiten verglichen (1- bzw. 2-wöchig). In der Masterarbeit von Sabine Steinhaus (Winter 2012/13) wurde die Alleinfütterung im Vergleich zu einer Cafeteria-Fütterung untersucht (getrenntes Angebot von Weizen und Eiweißergänzer). Die Verhaltensweisen im Auslauf wurden durch Direktbeobachtungen erfasst (stündliche Intervallbeobachtungen, 4 oder 8 Stunden am Tag, zwischen den Stundenaufnahmen jeweils eine 10-minütige Fokustierbeobachtung), dabei wurde auch die Verteilung im Auslauf erhoben (3 Entfernungszonen vom Stall à 4 m).

Tab. 1: Auslaufnutzung und Verhalten der Hühner im Auslauf (Intervallbeobachtungen)

Tab. 1: Use of and behaviour within the outdoor run (scan sampling)

	BA ¹⁾ Kaiser	BA ¹⁾ Gnilke	MA ¹⁾ Lott	MA ¹⁾ Henning		MA ¹⁾ Steinhaus
Zeitraum	6.7.–19.8.11	3.10.–11.11.11	10.1.–2.2./ 19.–29.3.12	19.3.–28.5.12		11.12.12– 4.1.13
Beobachtungstage	12	22	8	13		6
Fragestellungen	-	Hähne	Gruppengröße	Fläche je Huhn [m ²]	Versetzung [Wochen]	Wahl- fütterung ²⁾
Varianten	-	ja/nein	100/50	2,5/4,0	1/2	1/2
Hennen im Auslauf (% der Gruppe)	59	51,4/57,3	20,4/60,8	63,6/66,0	67,8/63,8	10,9/9,4
Nahrungssuche (% der Tiere im Auslauf)	71,9	81,0/83,6	43,2/41,5	44,9/46,6	45,4/45,9	-

¹⁾ BA = Bachelorarbeit, MA = Masterarbeit.

²⁾ 1 = Alleinfutter, 2 = kombinierte Fütterung.

Als mögliche Einflussfaktoren wurden die Wetterbedingungen erfasst (Wetterstation Vantage Pro2, Fa. Davis). Der Kraftfutterverbrauch wurde abteilweise bestimmt. Das Vegetationsangebot wurde mit der Braun-Blanquet-Methode bestimmt (Pflanzenarten, Deckungsgrad). In Direktbeobachtungen wurde das Bepicken bestimmter Pflanzenarten bzw. -teile erhoben. Die theoretisch aufgenommene pflanzliche Biomasse wurde durch Wiegen von Probeflächen vor und nach dem Versetzen der Hühnermobile errechnet. Das Angebot tierischer Nahrungskomponenten wurde in drei Schichten bestimmt (MÜHLENBERG 1993): im Boden (z.B. Regenwürmer) durch Spatenproben, auf dem Boden (z.B. Käfer, Spinnen) durch Barberfallen mit einer Fanglösung, über dem Boden (Krautschicht, z.B. Heuschrecken) mit Kescherfängen. Die gefangenen Tiere wurden ausgezählt und gewogen.

Die elektronische Erfassung der Auslaufnutzung erfolgte mit einem System der Firma Gantner (Schrus, Österreich). Das gleiche System verwendeten GEBHARDT-HENRICH et al. (2011) bei stationärer Freilandhaltung in der Schweiz. Die RFID-Transponder wurden mit verstellbaren „Legbands“ (Fa. Roxan, England) an den Beinen der Hennen befestigt. Auf beiden Seiten der Auslauföffnungen befanden sich Flachantennen. Bei Betreten der Antennen erfolgt eine Signalweiterleitung an eine Lesestation. Aus der Zeitdifferenz zwischen den beiden Platten wurde die Richtung der Tierbewegung bestimmt. Zunächst wurde ein Abteil à 50 Hühner ausgewertet. Es lagen Daten über 109 Tage vor (Zeitraum 16.7–9.12.11). Es wurden nur Auslaufaufenthalte von mindestens 60 Sekunden Dauer berücksichtigt. In dem genannten Zeitraum gab es 41704 Tiererkennungen im Auslauf. Aus diesen Gesamtdaten wurden als Grundlage für die Auswertung sowohl die Tagesmittelwerte je Gruppe, als auch die Mittelwerte je erkanntes Einzeltier über den gesamten Zeitraum errechnet.

Die Befragungen der Mobilstallbetreiber erfolgten im Rahmen von 2 Bachelorarbeiten (Anne Fuhrmann und Josefine Jahn). Hierzu wurden im Mai 2010 bzw. im Sept. 2012 jeweils alle Halter mit einem Fragebogen angeschrieben, welche von der Firma Weiland ein Hühnermobil geliefert bekommen hatten (22 bzw. 134 Halter). Die Rücklaufquote betrug 77 % (n = 17, inkl. 2 Telefoninterviews) im Jahr 2010 und 28 % (n = 38) im Jahr 2012. Alle Daten wurden mit dem Programmpaket SPSS verarbeitet.

3 Ergebnisse Auslaufnutzung

Die Gesamtnutzung der Ausläufe war recht hoch und schwankte bei den Intervallbeobachtungen je nach Jahreszeit im Mittel zwischen 10 und 70 % (Tab. 1). Mit zunehmender Distanz zum Stall nahm die Anzahl Hennen jeweils ab. Bei den Verhaltensweisen im Auslauf stand die Nahrungssuche mit 42–84 % (im Mittel) klar im Vordergrund (Tab. 1). Die Fokustierbeobachtungen erbrachten ähnliche Ergebnisse. Auffällig waren dabei aber häufige Verhaltenswechsel (z.B. 22 Wechsel je 10 Minuten im Sommer 2012).

Die untersuchten Flächengrößen bzw. Versetzungshäufigkeiten hatten kaum Einfluss auf Anzahl, Verteilung und Verhalten der Hennen im Auslauf; gleiches gilt für die Anwesenheit der Hähne (Tab. 1). Das Vorhandensein der Hähne in den Gruppen hatte zwar keinen Einfluss auf die durchschnittliche Anzahl Hennen im Auslauf. Wenn sich

der Hahn aber im Auslauf aufhielt, waren mehr Hennen draußen und verteilten sich auch besser auf der Fläche (Zone 1–3).

Die Jahreszeiten hatten offensichtlich eine stärkere Auswirkung auf das Auslaufverhalten, abhängig von Witterungsbedingungen und Nahrungsangebot. So waren die Tiere bei Schnee deutlich weniger im Auslauf und während der Vegetationsperiode hatte die Nahrungssuche einen höheren Anteil als im Winter.

Die Abnahme der Vegetationshöhe mit zunehmender Entfernung vom Stall spiegelte gut die Verteilung der Hühner wieder. Die Kalkulation der aufgenommenen Biomasse ergab hohe Werte (im Mittel 255 g Frischmasse bzw. 57 g Trockenmasse je Huhn und Tag im Sommer 2011). Die Pflanzenbonitierung (nach Braun-Blanquet) und die Beobachtung des Pickverhaltens zeigten Vorlieben der Hennen für einzelne Pflanzenarten (vor allem Blätter von Gräsern, ferner Brennnesseln, Sauerampfer und Luzerne). Die Kraftfutteraufnahme lag sowohl im Sommer 2011 als auch im Sommer 2012 jeweils bei 117 g je Huhn und Tag.

Das Angebot tierischer Komponenten scheint aufgrund der ermittelten Probengewichte (etwa 5 g je Huhn) – anders als die pflanzliche Komponente – nur wenig zur Ernährung der Legehennen beitragen zu können.

Aus den 41 704 Gesamterkennungen im Auslauf errechnete sich bei 109 Tagen ein Mittelwert von 382,6 Erkennungen je Tag. Die Daten waren normal verteilt; auffällig waren aber Schwankungen zwischen den Tagen (Spanne von 66 am 9.12. bis 606 am 9.8.11) und eine hohe Anzahl sehr kurzer Auslaufaufenthalte (Mittelwert 22,2 min). Einzeltierwerte: Von den 49 eingestellten Legehennen (+ 1 Hahn) wurden im Auswertungszeitraum 33 im Grünauslauf erkannt (67,3 %). Diese Tiere nutzten den Auslauf an durchschnittlich 98,0 Tagen (Spanne 2 bis 109). Sie nutzten den Auslauf im Mittel 1264-mal. Dabei gab es große Spannen zwischen den Einzeltieren (3–2092). Die Hennen wurden im Mittel 12,3-mal am Tag erkannt (Spanne 1,5 bis 19,2). Die mittlere Dauer je Aufenthalt betrug 22,3 min (5,0–34,3) und die mittlere Dauer am Tag 270,6 min (7,4–349,9). Die Gesamtaufenthaltsdauer über die 109 Tage betrug im Mittel 467,4 Stunden je Tier (0,2–635,6). Tagesmittelwerte: Bei der Anzahl Tiere im Auslauf, der Gesamtdauer je Tier, sowie der Gesamtdauer je Gruppe bestanden positive Korrelationen mit den Wetterparametern Sonneneinstrahlung, Innen- und Außentemperaturen, gefühlter Temperatur und Luftdruck, hingegen negative Korrelationen mit der Windgeschwindigkeit und der Luftfeuchtigkeit.

4 Ergebnisse Praktikerbefragung

Die meisten Betriebe wirtschafteten ökologisch (88 bzw. 76 % in 2010 bzw. 2012). Vor allem war das kleine Hühnermobil (Typ 225) im Einsatz. Viele Betriebe gaben an, für ihre besondere Haltungsförm Aufpreise bei den Eiern durchsetzen zu können (Beispiel: im Median für M-Eier aus konv. Haltung 26 Cent und 36 Cent für Eier aus ökol. Haltung). In der Regel wurden gängige Hybridherkünfte gehalten. Die Legeleistung betrug 84 bzw. 79 %, der tägliche Kraftfutterverbrauch 115 bzw. 126 g, die Verluste 5 bzw. 11 % (Median). Als Hauptverlustursache wurden häufig Raubtiere angegeben. Die Mobile wurden im Sommer im Mittel alle 1–2 Wochen versetzt (Winter alle 4 Wochen). Die Zeit für das Versetzen des Hühnermobils Typ 225 wurde im Mittel mit 39 bzw. 24 min beziffert; für die Versetzung der mobilen Zäune wurden 58 bzw. 42 min gebraucht.

Die Zufriedenheit mit den technischen Einrichtungen war insgesamt recht gut; in einigen Fällen wurde Optimierungsbedarf identifiziert. Als Vorteile des Haltungssystems wurden häufig die uneingeschränkte Mobilität, die Werbewirksamkeit sowie die tiergerechte Haltung genannt.

5 Schlussfolgerungen

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse eine starke Nutzung des Grünauslaufs bei mobiler Haltung in den untersuchten Bestandsgrößen, aber auch große Unterschiede zwischen Einzeltieren. Die Hennen konsumieren eine große Menge Grünmasse, hingegen scheint das Angebot tierischer Komponenten nur wenig genutzt zu werden. Die befragten Landwirte waren insgesamt zufrieden mit den Mobilställen. Die besondere Haltungsform ermöglichte ihnen Aufpreise bei den Eiern.

Literatur

- Bassler, A.; Ciszuk, P.; Sjelin, K. (2000): Management of laying hens in mobile houses – a review of experiences. In: Proc. NJF Sem. No. 303. Tjele, Dan. Res. Centre Organic Agric. (DARCOF), pp. 45–50
- Brunken, H.-G. (2005): Erprobung eines mobilen Folientunnelstalles für die Freilandhaltung von Legehennen. Abschlussbericht BLE (01UM007). http://download.ble.de/01UM007_W.pdf, Zugriff am 15.04.2013
- Fürmetz, A.; Keppler, K.; Knierim, U.; Hess, J. (2004): Praxiseinführung eines mobilen Hühnerstalles zur artgemäßen Freilandhaltung von Legehennen. Abschlussbericht BLE (01UM013). http://download.ble.de/01UM013_W.pdf, Zugriff am 15.04.2013
- Gebhardt-Henrich, S.G.; Burose, F.; Gantner, M.; Fröhlich, E.K.F.; Zähler, M. (2011): Untersuchung des Auslaufverhaltens von Legehennen mit Transpondern im Niederfrequenzbereich. In: KTBL-Schrift 490. Darmstadt, KTBL, S. 42–51
- Hörning, B.; Höfner, M.; Trei, G.; Fölsch, D. (2002): Auslaufhaltung von Legehennen. In: KTBL-Arbeitspapier 279. Darmstadt, KTBL
- Knierim, U. (2006): Animal welfare aspects of outdoor runs for laying hens: a review. In: NJAS Wageningen Journal of Life Sciences 54, pp. 133–145
- Mühlenberg, M. (1993): Freilandökologie. UTB Bd. 595. Heidelberg, Wiesbaden, Quelle & Meyer, 3. Aufl.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Anne Fuhrmann, Tanja Kaiser, Marcel Schwichtenberg, Jurinde Gnilke, Mirka Lott, Anna Henning, Sabine Steinhaus und Josefine Jahn für die Mitwirkung an den Untersuchungen sowie beim Ökodorf Brodowin und der Firma Stallbau Weiland für die Kooperation und bei den Mobilstallbetreibern für das Ausfüllen der Fragebögen.

Modellierung und Messung von Ammoniakimmissionen in agrarischen Intensivgebieten

Modelling and measurements of ammonia pollution in agricultural intensively used areas

KARSTEN MOHR¹, ULRICH DÄMMGEN²

¹ Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour-Str. 1–13, 26121 Oldenburg

² Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarklimaschutz, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Ammoniak, Konzentration, Stickstoff, Deposition, Methodenvergleich

Keywords: ammonia, concentration, nitrogen, deposition, comparison of methods

Zusammenfassung

In der Umgebung von Stallanlagen sowie emittentenfern gemessene Ammoniakkonzentrationen und N-Bestandesniederschläge in Wäldern weichen zum Teil erheblich von den modellierten Daten ab. Die nach LAI (2012) modellierten Depositionsraten betragen etwa das Doppelte der gemessenen N-Bestandesniederschläge. Die vom Umweltbundesamt (UBA 2012) veröffentlichten Daten zur Vorbelastung liegen ebenfalls deutlich über den Messwerten. Mögliche Ursachen wie Mess- und Modellungenauigkeiten werden diskutiert.

Summary

Ammonia concentrations and nitrogen throughfall rates measured in forests may differ considerably from the respective modelled data. Deposition rates modelled according to LAI (2012) were about twice as high as measured N throughfall rates. The concentration data set characterizing the background load published by the federal environment agency (UBA 2012). Potential reasons such as uncertainties of measuring and modeling are discussed.

1 Einleitung

Tierhaltungsanlagen setzen Ammoniak (NH_3) frei. Dieses Gas kann ebenso wie sein Reaktionsprodukt Ammonium (NH_4^+) und andere reaktive Stickstoffverbindungen empfindliche Pflanzen und Ökosysteme in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen schädigen.

Aufgrund der hohen großräumigen Hintergrundbelastung durch NH_3 aus überwiegend landwirtschaftlichen Quellen und Stickstoffoxiden (NO_x) aus Verbrennungsprozessen werden die kritischen Belastungen (critical loads, CL) in Deutschland weiträumig überschritten (BUILTJES et al. 2011). In tierhaltungsintensiven Regionen können die N-Depositionen sogar mehr als das Doppelte der CL betragen.

Beim Bau oder der Erweiterung von Stallanlagen ist zu prüfen, ob als Folge zusätzliche Emissionen mit nachteiligen Wirkungen auftreten können. Das hierzu dienende Regelwerk in Genehmigungsverfahren ist die „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft, BMU 2002). Diese schreibt die getrennte Betrachtung der NH_3 -Konzentrationen, β_{NH_3} , und der daraus resultierenden Deposition, D_{N} , von reaktivem Stickstoff vor. Die Ermittlung der Zusatzbelastung erfolgt im Genehmigungsverfahren aus Kostengründen über eine Modellierung. Hierzu ist gemäß BMU (2002) das Lagrange-Modell AUSTAL2000 zu verwenden. Zur Beurteilung der NH_3 -Wirkungen auf empfindliche Pflanzen und Ökosysteme werden nur allgemeine Hinweise zur Vorbelastung und zum Standort gemacht (TA Luft, Sonderfallprüfung). Der von der Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz erarbeitete „Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen“ (LAI 2012) ergänzt und modifiziert diese Vorgehensweise in Anlehnung an BMU (2002) sowie VDI 3782 (2008) und VDI 3783 (2010). Vergleichende Messungen zu den mit AUSTAL2000 berechneten NH_3 -Konzentrationen und N-Depositionen sowie zur großräumigen Vorbelastung sind sehr selten und lückenhaft. Für Verfahren, die – wie LAI (2012) – andere Depositionsgeschwindigkeiten ($v_{\text{d, NH}_3}$) als die von in der BMU (2002) genannten ($v_{\text{d, NH}_3, \text{TAL}} = 1,0 \text{ cm}^{-1}$) verwenden, fehlen publizierte Überprüfungen durch Messungen.

Ziel dieser Arbeit war, in einer landwirtschaftlich intensiv genutzten Region mit hoher Vorbelastung (Konzentration $\beta_{\text{V, NH}_3}$, Deposition $D_{\text{V, N}}$), die in der Umgebung von Tierhaltungsbetrieben modellierte NH_3 -Konzentrationen ($\beta_{\text{NH}_3, \text{LAI}}$) und Depositionen ($D_{\text{Z, N, TAL}}$ und $D_{\text{Z, N, LAI}}$) mit Messdaten zu vergleichen. Dabei werden statt der Zusatzdepositionen die leichter zu messenden Zusatzbestandesniederschläge ($B_{\text{Z, N}}$) herangezogen.

2 Methode

An 6 Standorten in Nordwestdeutschland mit erhöhten N-Immissionen wurden Messungen der NH_3 -Immissionskonzentrationen und der N-Depositionen (Flussmessungen in der Kronentraufe) durchgeführt, darunter an 3 Standorten an Messtransekten in der Umgebung von Stallanlagen (Standort Ne: 650 Mastschweine, Standort Ma: 41 500 Legehennen in Bodenhaltung und Kleingruppen, Standort En: 26 000 Legehennen). Die Ergebnisse der Messungen wurden nach 2 unterschiedlichen Verfahren (BMU 2002, LAI 2012) modellierten Immissionsbelastungen gegenübergestellt. An den Standorten Ho, Sa und Tw wurden emittentenferne Messungen zur Vorbelastung durchgeführt. Details zur Methodik sind MOHR und DÄMMGEN (2013) zu entnehmen.

3 Ergebnisse

3.1 Vergleichende Messungen der NH_3 -Konzentrationen

Die Ergebnisse der über einen 19-monatigen Zeitraum laufenden Messungen der NH_3 -Konzentrationen in der Umgebung von 3 Stallanlagen sind zusammen mit den nach BMU (2002) modellierten NH_3 -Konzentrationen in Abbildung 1 dargestellt. Die berechnete Zusatzbelastung ist die Differenz der an den Transekten ermittelten NH_3 -Konzentrationen und der an einem mehrere Hundert Meter entfernten Referenzstandort ermittelten Hintergrundbelastung (Ne : $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Ma : $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die in 1,5 m Höhe gemessenen NH_3 -Konzentrationen betragen vor allem im Nahbereich (etwa 50 bis 150 m zur Stallanlage) nur ein Bruchteil der modellierten Werte.

Die gleichzeitig am Legehennenbetrieb Ma vorgenommenen Emissionsmessungen unterschieden sich kaum von den nach BMU (2002) verwendeten Emissionsfaktoren.



Abb. 1: Gemessene und modellierte Zusatzbelastungen der NH_3 -Konzentrationen entlang eines Transektes an den Standorten Ne (links) und Ma (rechts)

Fig. 1: Measured and modelled additional NH_3 concentrations along sampling transects of sites Ne (left) and Ma (right)

3.2 Vergleichende Messungen der N-Bestandesniederschläge

Vergleichsweise gering waren die Unterschiede zwischen den mit Kronentraufemessungen ($B_{Z, N}$) und gemäß (BMU 2002) mit AUSTAL2000 unter Verwendung einer ν_{D, NH_3} von $1,0 \text{ cm/s}$ ermittelten N-Depositionen im Wald ($B_{Z, N}$, $D_{Z, N, \text{TAL}}$). Nur in unmittelbarer Nähe zum Legehennenbetrieb En kam es aufgrund einer Überströmung des Bestandesrandes

zu größeren Abweichungen, die sich allerdings in geringer Entfernung entlang des Messtransektes ausglich (Abb. 2, links). Am Mastschweinebetrieb Ne lagen die Messwerte am Waldrand über denen der Modellwerte, ca. 70 m vom Waldrand entfernt erreichten sie jedoch schon das Niveau der in größerer Entfernung ermittelten Hintergrundbelastung (Abb. 2, rechts). Der größte Anteil wurde als Ammonium-Stickstoff eingetragen; im Nahbereich steigen die Nitratkonzentrationen im Niederschlagswasser überproportional (Abb. 3).

Nicht nur am Waldrand sondern auch über den gesamten Messtransekt traten größere Differenzen zu den Messwerten auf, wenn die Zusatzbelastung nach dem bei LAI (2012) beschriebenen Ansatz berechnet wurde, d.h. unter Multiplikation der mittels AUSTAL2000 modellierten NH_3 -Konzentration mit der für den Wald genannten Deposi-



Abb. 2: Gemessene und modellierte Zusatzbelastungen der N-Flüsse entlang eines Transektes am Standorten En (links) und Ne (rechts)

Fig. 2: Measured and modelled additional N throughfall fluxes along sampling transects of sites En (left) and Ne (right)

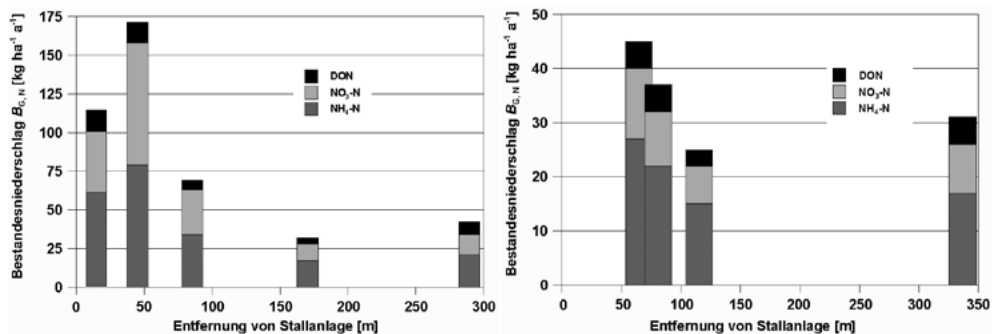


Abb. 3: N-Bestandesniederschläge $B_{G,N}$ in der Nachbarschaft eines Legehennenbetriebes En (links) und eines Mastschweinebetriebes Ne (rechts)

Fig. 3: N throughfall fluxes ($B_{G,N}$) in the vicinity of a chicken farm (En, left) and a pig farm (Ne, right)

tionsgeschwindigkeit in Höhe von 0,02 m/s. Über alle Messpunkte gemittelt betragen die nach dem LAI-Verfahren ermittelten N-Depositionen etwa das Doppelte.

3.3 Vergleichende Messungen der N-Flüsse zur Vorbelastung

An mehreren emittentenfernen Orten West-Niedersachsens wurden in Nadelwäldern Messungen der N-Flüsse (N-Bestandesniederschlag, $B_{V,N}$) zur Ermittlung der Vorbelastung durchgeführt. Die Messwerte lagen alle mehr oder minder deutlich über den für Wald nicht nachteilig wirkenden CL von 10 bis 20 kg/(ha · a). An den Dauermessstellen Ho und Sa lag der in dem 19-monatigen Untersuchungszeitraum ermittelten $B_{V,N}$ etwa 15 % unter dem als repräsentativ geltenden 5-Jahresmittel. Korrigiert um diese Differenz betrug die Vorbelastung ($B_{V,N}$) 23 bzw. 24 kg/(ha · a). Die an den übrigen Standorten (En, Ne, Tw) festgestellte $B_{V,N}$ lag mit Ausnahme von En auf gleichem Niveau. Die im aktuellen Datensatz des Umweltbundesamtes (UBA 2012) genannten Depositionswerte zur Vorbelastung liegen an diesen Waldstandorten um 50 bis 160 % über den Ergebnissen der Kronentraufmessungen (Tab. 1).

Tab. 1: Bestandesniederschläge zur Vorbelastung ($B_{V,N}$) und die UBA-Vorbelastungsdaten zur N-Deposition $D_{V,N,UBA}$ (UBA 2012) an verschiedenen Standorten

Tab. 1: Background N throughfall fluxes ($B_{V,N}$) and N deposition $D_{V,N,UBA}$ (UBA 2012)

Belastung	Einheit	En	Ne	Ho	Sa	Tw
$B_{V,N}$	kg/(ha · a)	37	27	23	24	25
$D_{V,N,UBA}$	kg/(ha · a)	56	56	61	41	43

4 Diskussion

Unabhängig von den Untersuchungsansätzen liegen die in dieser Studie festgestellten N-Flüsse teilweise deutlich über den CL. Die Unterschiede zwischen den gemessenen und modellierten Depositionsdaten in einer Größenordnung von 100 % sind auch bei konservativer Betrachtungsweise nicht akzeptabel. Dies gilt sowohl für die nach LAI (2012) berechnete N-Zusatzbelastung im Wald als auch für die vom UBA berechnete regionale Vorbelastung in Nordwestdeutschland. Hauptursachen für diese Diskrepanz sind vermutlich:

- Die mit Kronentraufmessungen nicht vollständig erfasste D_N im Wald (DÄMMGEN et al. 1997). Pflanzen sind in der Lage, oberirdisch, d.h. überwiegend über das Blatt, reaktive N-Spezies aufzunehmen und zu assimilieren (LORENZ et al. 2008). Dieser Anteil ist bei Wäldern nicht direkt messbar, sondern nur mit mikrometeorologischen Verfahren näherungsweise modellierbar.
- Eine modellbedingte Überschätzung der NH_3 -N-Depositionen. Dies kann im Modellalgorithmus begründet sein, der bei den eingesetzten Modellen (Inferential, Lagrange) u. a. die Re-Emission von NH_3 unterschätzt (LOUBET et al. 2009). Liegen bereits die modellierten NH_3 -Konzentrationen auf einem hohen Niveau, wie es sich ebenfalls bei einer Validierungsmessung von AUSTAL2000 bei HARTMANN (2003) herausstellte, so kommt die Berechnung der N-Deposition aus diesen Daten zu entsprechend hohen Depositionsraten, insbesondere unter Verwendung einer höheren v_D .

Auch die Diskrepanz der MAPESI-Daten (UBA 2012) zu den an 5 emittentenfernen Standorten zur Vorbelastung in Nordwestdeutschland gemessenen N-Bestandesniederschlägen ist vermutlich auf ähnliche Unzulänglichkeiten sowie auf Unsicherheiten bei der Quantifizierung und Verortung der NH₃-Emissionen zurückzuführen.

Literatur

- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) v. 24.6.2002
- Builtjes, P.; Hendriks, E.; Koenen, M.; Schaap, M.; Bezaf, S.; Kerschbaumer, A.; Gauger, T.; Nagel, H.-D.; Scheusner, T.; Schlutow, A. (2011): Erfassung, Prognose und Bewertung von Stickstoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4137.html>, Zugriff am 10.12.2012
- Dämmgen, U.; Grünhage, L.; Jäger, H.-J. (1997): The description, assessment and meaning of vertical fluxes of matter within ecotopes – a systematic consideration. *Environ. Pollut.* 96, pp. 249–260
- Hartmann, G.; Gärtner, A.; Hölscher, M.; Köllner, B.; Janicke, L.; (2004): Untersuchungen zum Verhalten von Abluftfahnen landwirtschaftlicher Anlagen in der Atmosphäre. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Jahresbericht 2003. Langfassung. 1-7. <[http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/jahresberichte/2003/jabe03_s38 .pdf](http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/jahresberichte/2003/jabe03_s38.pdf), Zugriff am 10.1.2013
- LAI – Länderarbeitskreis Immissionsschutz (2012): Ermittlung und Bewertung der Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren. Abschlussbericht. 1.3.2012
- Lorenz, M.; Nagel, H.-D.; Granke, O.; Kraft, P. (2008): Critical loads and their exceedance in intensive monitoring sites in Europe. *Environ. Pollut.* 155, pp. 426–435
- Loubet, B.; Asman, W.A.H.; Theobald, M.R.; Hertel, O.; Sim Tang, Y.; Hassouna, M.; Dämmgen, U.; Genermont, S.; Cellier, P.; Sutton, M.A. (2009): Ammonia deposition near hot spots. Processes, models and monitoring methods. In: Sutton, M.A.; Reis, S.; Baker, S.M.H. (Eds.): *Atmospheric ammonia*. Heidelberg, Springer, pp. 205–267
- Mohr, K.; Dämmgen, U. (2013): Immissionsbelastung durch Ammoniak auf Wälder in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen. Teil 1: Bestimmung von Dosis-Größen. *Landbauforschung* 63, im Druck
- TA Luft (2002): Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- UBA – Umweltbundesamt (2012): Vorbelastungsdaten N-Deposition. <http://gis.uba.de/web-site/depo1/>, Zugriff am 10.12.2012
- VDI (2008): VDI 3782 Blatt 5: Umweltmeteorologie, Atmosphärische Ausbreitungsmodelle, Depositionparameter. Berlin, Beuth
- VDI (2010): VDI 3783 Blatt 13: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogener Immissionsschutz - Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. Berlin, Beuth

Quantifizierung der Ammoniakemissionen aus einem standardmäßigen einstreulosen Abferkelstall bei Einsatz eines Erdwärmetauschers – Ein Beitrag zur Etablierung eines Emissionsfaktors

Quantification of the ammonia emission from a standard farrowing stall without bedding with geothermal heat exchanger – A contribution for the establishment of an emission factor

HERMAN F. A. VAN DEN WEGHE, MARIA GERDES, ENGEL F. HESSEL

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Ammoniakemission, Abferkelstall, Erdwärmetauscher, Emissionsfaktor
Keywords: ammonia emission, farrowing stall, geothermal heat exchanger, emission factor

Zusammenfassung

Für den Produktionsabschnitt Abferkelstall existieren in Deutschland zurzeit kaum aktuelle belastbare Daten hinsichtlich eines spezifischen Ammoniakemissionsfaktors. In einem Betrieb mit vier baugleichen Abferkelabteilen und insgesamt 88 Abferkelbuchten wurde über vier Messzeiträume (jeweils 3 bis 5 Wochen) zeitgleich in zwei Abteilen die Ammoniakemissionen kontinuierlich erfasst und ausgewertet. Die erzielten Ergebnisse werden im Kontext des Konventionswertes der VDI-Richtlinie 3894 und des niederländischen Referenzwertes für konventionelle Buchten diskutiert.

Summary

In stables for farrowing sows experimental data for ammonia emission from traditional husbandry systems in Germany are not available. In an experimental farm four identical compartments with totally 88 pens for farrowing sows ammonia emissions were investigated in two compartments at the same time about four measurement periods (each 3 to 5 weeks). These results were discussed and compared with convention data of VDI guideline 3894 and the reference data for traditional husbandry systems for farrowing sows in the Netherlands.

1 Einleitung und Zielsetzung

Für den Bereich der säugenden Sauen im Abferkelstall (Sauen und Ferkel bis 10 kg) gibt es für Deutschland im Rahmen der VDI-Richtlinie 3894 – Blatt 1 einen abgeleiteten Konventionswert (7,0 kg NH₃ je Sauenplatz und Jahr), der allerdings auf keinen aktuellen Messdaten beruht. In den Niederlanden wird für konventionelle einstreulose Abferkelbuchten ein verbindlicher Referenzwert von 8,3 kg NH₃ je Tierplatz und Jahr angenommen. Dieser Wert wurde 1995 auf Basis wissenschaftlicher Untersuchungen ermittelt (VAN ZEELAND und VERDOES 1998, VERDOES et al. 2001). Es stellt sich die Frage inwieweit unter aktuellen Produktionsbedingungen für Deutschland ein wissenschaftlich verifizierter Ammoniakemissionsfaktor erstellt werden kann und ob und in welchem Umfang dieser Wert mit dem bisherigen VDI-Konventionswert übereinstimmt. Zusätzlich soll die Frage erörtert werden, ob der Erdwärmetauscher (EWT), der in erster Linie der Zuluftkonditionierung dient, die Ammoniakemission beeinflussen kann.

2 Material und Methoden

Die vorliegende Untersuchung wurde in einem einstreulosen Abferkelstall (4 Abteile mit je 22 Abferkelbuchten) mit Zuluftkonditionierung mittels Erdwärmetauscher (EWT) in Badbergen, Landkreis Osnabrück, über einen Zeitraum von etwa 10 Monaten durchgeführt. Der Betrieb Enders verfügt über insgesamt 4 baugleiche Abferkelabteile mit jeweils 22 vollperforierten Abferkelbuchten. Die Zuluft sämtlicher Abteile wird mittels eines EWT konditioniert (HESSEL und VAN DEN WEGHE 2011). In der hiesigen Untersuchung wurden die Emissionsmessungen parallel in zwei Abteilen (Abteil 1 und 3) über insgesamt vier Messzeiträume (MZR) (etwa 3–5 Wochen je MZR) durchgeführt.

Die MZR erfassen alle relevanten Jahreszeiten:

MZR1: 17.07.2012–09.08.2012

MZR2: 25.10.2012–28.11.2012

MZR3: 04.04.2013–01.05.2013

MZR4: 30.01.2013–07.03.2013

Die Belegung der Abteile erfolgte nach dem Wochenrhythmus. Die Belegung eines Abteils betrug insgesamt 4 Wochen. Die Servicezeit betrug max. 0,5 Tage. Die Ferkel wurden im Mittel mit etwa 20 bis 23 Tagen abgesetzt. Zur Quantifizierung der Ammoniakemissionen wurden alle relevanten physikalischen Parameter kontinuierlich online erfasst. Die Erfassung der Ammoniakkonzentrationen auf der Abluftseite erfolgte mittels INNOVA Multigasmonitor 1302 in Kombination mit dem Multiplexer 1303. Die Ermittlung der Gaskonzentration in der Zuluft erfolgte diskontinuierlich mittels Drägerröhrchen. Um Messfehler an den Messorten mit Konzentrationsunterschieden zu vermeiden, wurden pro Messort insgesamt 5 nacheinander folgende Messungen durchgeführt und nur der 5. Messwert jeweils in die Datenauswertung übernommen. Pro Abteil konnten somit stündlich 3 bis 4 Messwerte in die Auswertung einfließen (MEISSNER 2004). Um die Aussagekraft der Daten zu erhöhen, wurden die Abteile 1 und 3 jeweils 2 Wochen zeitlich versetzt belegt.

3 Ergebnisse

Die durchschnittliche Auslastung der untersuchten Abteile 1 und 3 lag für sämtliche MZR bei 89 %. Die Zahl der aufgezogenen Ferkel pro Sau und Jahr liegt im Berichtszeitraum 2012/2013 bei 27 mit 2,4 Würfen je Sau und Jahr. Das durchschnittliche Absetzgewicht der Ferkel beträgt etwa 6 kg. Die Auswertung der Emissionsdaten für die Abteile 1 und 3 erfolgte in den MZR 1 bis 3. MZR4 konnte leider wegen Fehlern bei der Datengewinnung auf Basis einer Plausibilitätsprüfung nicht berücksichtigt werden. Die Abbildungen 1 und 2 stellen die Stundenmittelwerte für die Ammoniakkonzentrationen im MZR1 bzw. 2 dar. Abbildung 3 dokumentiert für Abteil 3 die Datencluster in Abhängigkeit des Zeitabschnitts (1.–7. Tag; 8.–28. Tag).

Die durchschnittlichen Ammoniakmassenströme pro Sau und Abteil in den MZR 1 bis 3 sind in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt.

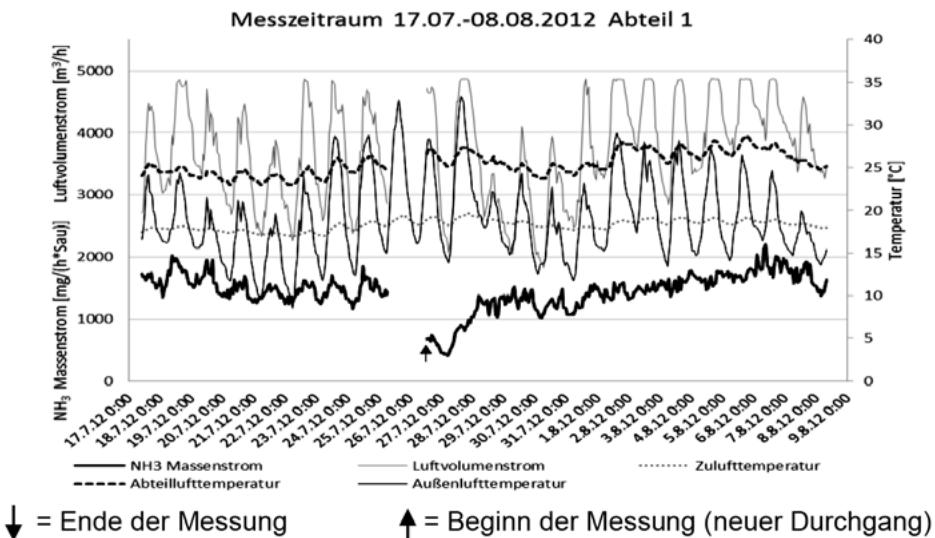


Abb. 1: Stundenmittelwerte des Ammoniakmassenstroms [$\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{Sau})$] und der korrespondierenden Parameter (Luftvolumenstrom, Temperaturen) in Abteil 1 für den Messzeitraum 1 (MZR1) vom 17.07.2012–08.08.2012

Fig. 1: Hourly mean values of the ammonia mass flow [$\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{sow})$] and the corresponding parameters (air flow, temperatures) in compartment 1 for the measurement period from 17.07.2012–08.08.2012

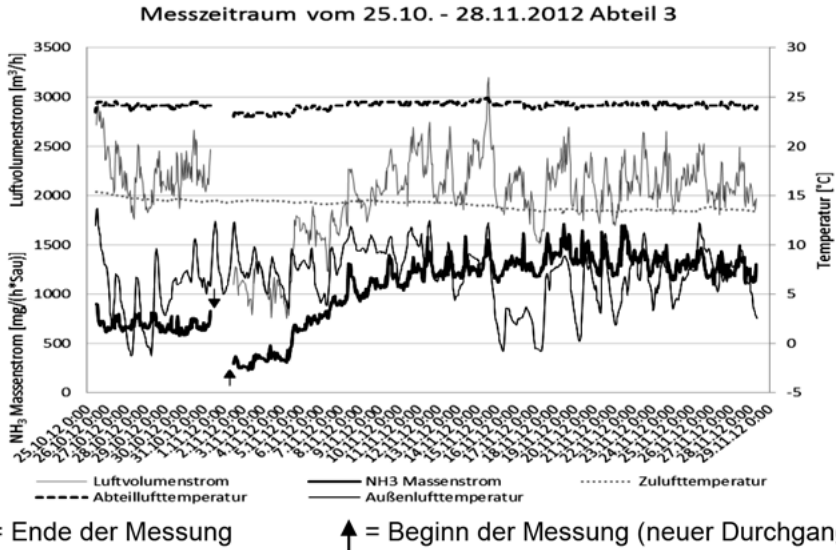


Abb. 2: Stundenmittelwerte des Ammoniakmassenstroms [mg/(h · Sau)] und der korrespondierenden Parameter (Luftvolumenstrom, Temperaturen) in Abteil 3 für den Messzeitraum 2 (MZR2) vom 25.10.2012–28.11.2012

Fig. 2: Hourly mean values of the ammonia mass flow [mg/(h · sow)] and the corresponding parameters (air flow, temperatures) in compartment 3 for the measurement period from 25.10.2012–28.11.2012

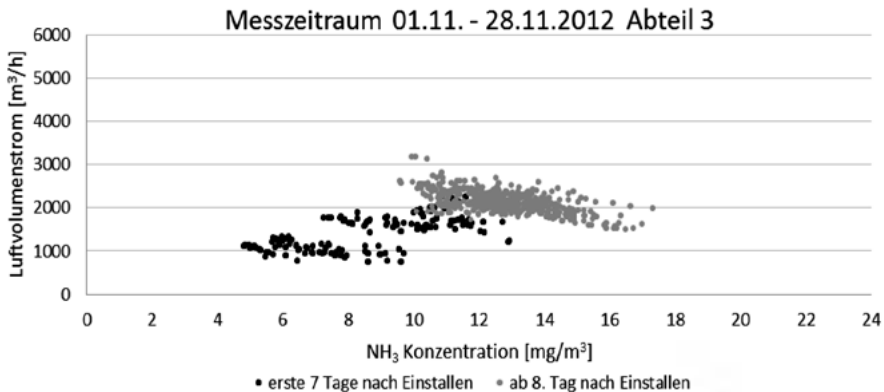


Abb. 3: Stundenmittelwerte des Luftvolumenstroms [m³/h] und der korrespondierenden Ammoniakkonzentrationen [mg/m³] in Abteil 3 für den Messzeitraum 2 (MZR2) im Zeitabschnitt vom 01.11.2012–28.11.2012.

Fig. 3: Hourly mean values of the air flow [m³/h] and the corresponding ammonia concentration [mg/m³] in compartment 3 for the measurement period from 01.11.2012–28.11.2012.

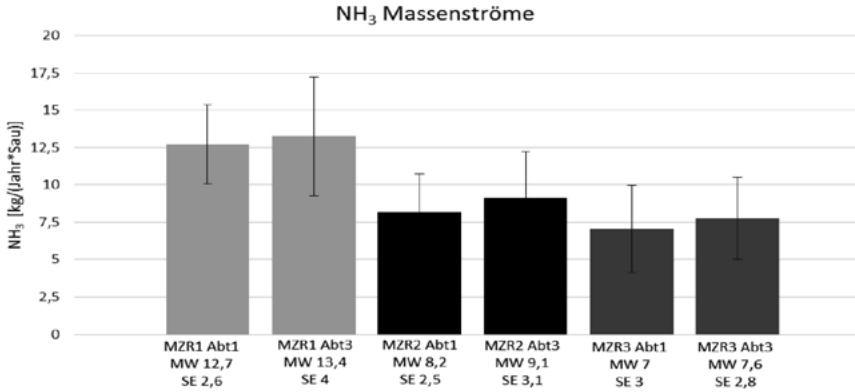


Abb. 4: Durchschnittliche Ammoniakmassenströme und SE [kg NH₃/(a · Sau)] für die Abteile 1 und 3 in den Messzeiträumen (MZR) 1 bis 3

Fig. 4: Average ammonia mass flows and SE [kg NH₃/(a · sow)] for the compartments 1 and 3 in the measurement periods 1 till 3

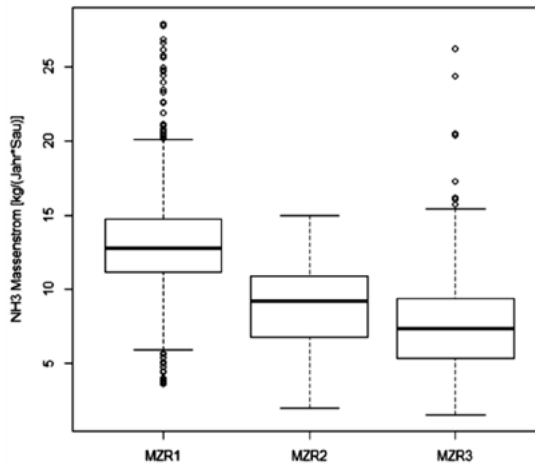


Abb. 5: Boxplots der Ammoniakmassenströme [kg/(a · Sau)] aus den Abteilen 1 und 3 sortiert nach den Messzeiträumen (MZR) 1 bis 3

Fig. 5: Boxplots of the ammonia mass flows [kg/(a · sow)] from the compartments 1 till 3 sorted by measurement periods 1 till 3

4 Diskussion

Bezüglich des errechneten Ammoniakemissionsfaktors gilt zu berücksichtigen, dass für eine sogenannte Winterperiode (MZR4) keine Messdaten ausgewertet wurden und der Einfluss des MZR1 (sog. Sommerperiode) zeitlich überproportional berücksichtigt wurde. Ein gewogener Mittelwert könnte in der Annahme für den Emissionsfaktor zu einer Senkung von etwa 0,4 bis 0,5 kg führen. Im Vergleich zum niederländischen Referenzwert für konventionelle Abferkelbuchten (8,3 kg) gilt zu berücksichtigen, dass die Aufzuchtleistung im Betrieb Enders mit 27 aufgezogenen Ferkeln pro Sau und Jahr (11,25 abgesetzte Ferkel pro Wurf; 2,4 Würfe pro Sau und Jahr) deutlich über der Annahme des niederländischen Referenzwerts (22 aufgezogene Ferkel) liegen.

Für den untersuchten Betrieb scheint der Konventionswert aus der VDI-Richtlinie (7,0 kg) deutlich zu niedrig angesetzt zu sein. Ein statistisch signifikanter Einfluss der EWT auf den Ammoniakemissionsfaktor konnte bisher nicht ermittelt werden.

Literatur

- Hessel, E.F.; Van den Weghe, H.F.A. (2011): Potenzial und energetische Effizienz eines Erdwärmetauschers zur ganzjährigen Zuluftkonditionierung im Abferkelstall. In: 10. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2011. 27.-29.09.2011 Kiel, Darmstadt, KTBL
- Meissner, P. (2004): Analyse und Bewertung des Emissionsverhaltens eines einstreulosen Mastschweinebestandes mit Spülmistung im Vergleich zu Güllelagerung im Stall. Forschungsbericht Agrartechnik 425. Göttingen, Cuvillier Verlag, S. 73-75
- Van Zeeland, A.J.A.M.; Verdoes, N. (1998): Ammoniakemissie in kraamafdelingen met mestpannen. Proefverslag, p. 1.201
- VDI-Richtlinie 3894, Blatt 1 (2009): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Haltungsverfahren und Emissionen – Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Düsseldorf, VDI-Verlag
- Verdoes, N.; Altena, H.; Asseldonk, M.G.A.M. (2001): Ammoniakemissie bij kraamzeugen en gespeende biggen in de scharrelvarkenshouderij. Rapport 223. Praktijkonderzoek Veehouderij Wageningen

Danksagung

Unser herzlicher Dank gilt Herrn Peter Enders in Badbergen für das Ermöglichen dieser Untersuchung.

Emissionsfaktoren alternativer Legehennenhaltung – Ergebnisse einer mehrjährigen Feldstudie

Emission factors from alternative laying hens keeping systems – results of a multi-year field study

TATJANA WINTER, TORSTEN HINZ, STEFAN LINKE, HANNES STOLZ, CHRISTOPHER ZIERKE

Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Emissionen, Legehennen, PM10, PM2.5, Ammoniak, Simulation

Keywords: emissions, laying hens, PM10, PM2.5, ammonia, simulation

Zusammenfassung

Im Rahmen eines interdisziplinären Projektes zur Erarbeitung von Managementempfehlungen für Legehennen in Volieren- und Kleingruppenhaltung wurden die Emissionen von PM10, PM2.5 und Ammoniak ermittelt. Untersucht wurden innerhalb von drei Jahren 68 Praxisbetriebe in ganz Deutschland, wobei jeder Stall nur einmal für 48 h beprobt wurde.

Als Bewertungskriterien für eine mögliche Umweltrelevanz wurden Werte aus der TA-Luft für Ammoniak (0,0911 kg/(TP·a) bzw. 10,4 mg/(h·Tier)) und aus dem EEA Guidebook für PM10 (0,084 kg/(TP·a) bzw. 9,6 mg/(h·Tier)) herangezogen. Die Messungen zeigten, dass bei der Betrachtung der Medianwerte die hier angegebenen Grenzwerte weitgehend eingehalten wurden, wobei die Ammoniakemissionen aus den Volieren den Grenzwert häufig und deutlich überschritten.

An einem ausgewählten Beispiel wird die Vergleichbarkeit einer numerischen Simulation zu einer Messung aufgezeigt.

Summary

Emissions of PM10, PM2.5 and ammonia were measured in 68 stables for a 3-year interdisciplinary project evaluating management recommendations for layers in aviaries and small group keepings. All stables were investigated once for 48 hours.

Control criteria for a possible environmental relevance were taken from TA Luft for ammonia (0.0911 kg/(AP·a) resp. 10.4 mg/(h·animal)) and EEA Guidebook for PM10 (0.084 kg/(AP·a) resp. 9.6 mg/(h·animal)). The measurements showed that in focus of the medians these thresholds were kept; however, the ammonia emissions from the aviaries often and clear exceeded the limit.

By a selected example, the comparability between numerical simulation and measurement is shown.

1 Einleitung

Mit der Richtlinie 1999/74/EG des Rates vom 19. Juli 1999 räumte der Gesetzgeber durch das Verbot der Käfighaltung dem Tierschutz einen hohen Stellenwert ein, um für die Legehennen ein „Mehr“ an artgerechter Haltung zu erreichen. Dies entspricht der Erwartungshaltung der Öffentlichkeit, die die Legehennenhaltung zumeist nur von der Seite des Tierschutzes und Tierwohls betrachtet. Ein weiterer Aspekt, der nicht vernachlässigt werden darf, ist ein möglicher Einfluss von Emissionen von Partikeln und Gasen aus den Ställen im Hinblick auf die Nachbarschaft und die Umwelt. Die Quantifizierung von Emissionen ist ein wesentlicher Bestandteil von Genehmigungsverfahren, aber auch Bestandteil nationaler und internationaler Emissionsinventare.

Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse der Messung von PM₁₀-, PM_{2.5}- und Ammoniakemissionen dar, die als Teil eines umfassenden interdisziplinären Projektes zur Erarbeitung von Managementempfehlungen für die Legehennenhaltung in Volieren und Kleingruppen durchgeführt wurden.

Zudem wird an einem Beispiel gezeigt, wie die Verteilung von Ammoniak in und die Emission aus dem Stall mit einem Simulationsprogramm berechnet werden kann. Diese Ergebnisse werden mit den gemessenen Werten verglichen und zeigen eine Möglichkeit auf, in schwierigen Situationen die Emissionen aus dem Stall zu berechnen, wenn Messungen aus technischen Gründen nicht möglich sind.

2 Methode

Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse einer dreijährigen Studie in Form von Emissionsfaktoren zusammengefasst. Dazu sind 68 Legehennenställe in ganz Deutschland auf ihre Umwelt- und Arbeitsplatzrelevanz untersucht worden. Alle Ställe wurden kommerziell geführt und waren mit handelsüblichen Volieren oder Kleingruppen ausgerüstet. Sie verfügten alle über Kotbänder, die regelmäßig gereinigt wurden. Die Messungen wurden dem Reinigungsrhythmus angepasst, in dem die Kotbandreinigung in das Messfenster fiel oder zumindest eine zeitliche Zuordnung von Kotbandreinigung und Messung erfolgte. Die Messzeit betrug jeweils 48 Stunden, um Eigenheiten im Tagesgang aufnehmen zu können.

Die Emissionsmassenströme wurden aus Simultanmessungen von Konzentration in der Abluft und dem Volumenstrom bestimmt. Zur besseren Vergleichbarkeit von Ställen mit unterschiedlichem Besatz sind die Emissionen auf die aktuelle Tierzahl bezogen. Diese spezifischen Emissionen werden als Emissionsfaktoren angegeben (DIN EN ISO 2011).

Bei Ställen mit mehreren Abluftkanälen wurden die Messungen an einem repräsentativen Schacht durchgeführt und auf den Stall hochgerechnet.

Als Instrument zur Messung der Partikelkonzentration diente ein Grimm Aerosolspektrometer Typ 1.108. Um auf Massenkonzentration der emissionsrelevanten Partikelfraktionen PM₁₀ und PM_{2.5} zu schließen, muss die Dichte der Partikel mit einberechnet werden. Diese wurde mittels Pycnometer auf einen mittleren Dichtewert von 1,5 g/cm³ bestimmt und bei späteren Berechnungen der Staubmassen verwendet.

Ein möglicher Einfluss von Topographie oder optischen Parametern der Partikel auf das Spektrometerergebnis wurde durch die Überprüfung der Grundkalibrierung mittels eines 10- μm -Siebes ausgeschlossen (HINZ et al. 2011). Es werden die Tagesverläufe der 48-h-Online-Messungen dargestellt. Aus diesen Tagesgängen werden Boxplots mit dem Medianwert X50 und den 25-%- bzw. 75-%-Quartilen errechnet. Die weitere Behandlung der Messergebnisse erfolgt ausschließlich über diese Medianwerte: Jeder Stall wird durch einen Wert charakterisiert. Aus diesen Einzelwerten werden zur Darstellung eines Gesamtergebnisses wiederum Boxplots berechnet.

Um das Emissionsverhalten eines Stalls besser zu verstehen, wurde eine numerische Simulation auf der Basis einer 48-h-Messung durchgeführt und mit den entsprechenden Messwerten verglichen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Insbesondere die Staubemissionen zeigten typische Tagesgänge mit ausgeprägtem Tag/Nacht-Verhalten. In Abbildung 1 ist dies durch die Zeitpunkte für Licht an und Licht aus gekennzeichnet. In der Kleingruppe wurde dies besonders deutlich, da der Landwirt das Lichtprogramm so verschoben hatte, dass der „Tag“ von 21:00 Uhr bis 11:00 Uhr definiert war. Hauptsächliche Ursache für die Staubentstehung im Stall und die daraus resultierenden Staubemissionen ist die Aktivität der Vögel. Dementsprechend groß können die Unterschiede zwischen den Haltungformen ausfallen, denn die Möglichkeit für Tierbewegungen ist in der Voliere in größerem Umfang gegeben.

Die Ammoniakemissionen hingegen werden wesentlich von der Kotbandreinigung beeinflusst. Wie aus Abbildung 2 zu ersehen ist, steigt der Emissionsfaktor bis zu einem Maximalwert an, um nach Einsetzen der Kotbandreinigung schnell auf ein wesentlich niedrigeres Niveau abzufallen.

Im dargestellten Beispiel der Voliere fällt der Emissionsfaktor von einem Maximum von ca. 22 mg/(h·Tier) sehr schnell auf etwa 2 mg/(h·Tier). In anderen Ställen war dieser Abfall nicht so stark ausgeprägt (WINTER et al. 2012). Welche Einflussgrößen im Einzelnen für die Höhe des Anstiegs oder Abfalls als ursächlich anzusehen sind, ist bisher nicht geklärt. Es wird aus Abbildung 2 aber deutlich, dass im Gegensatz zu den

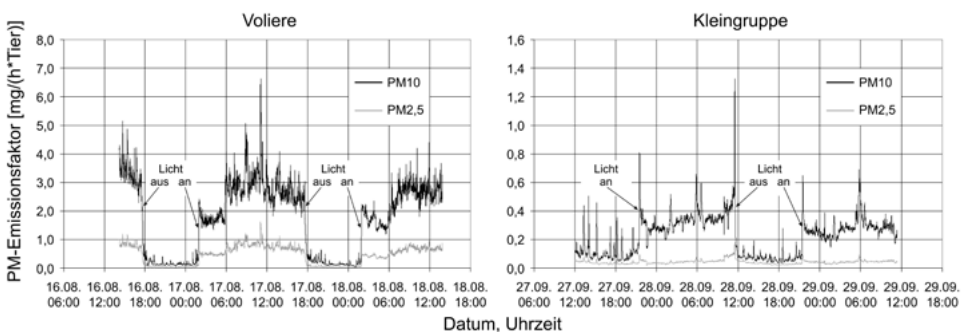


Abb. 1: Beispiel einer 48-h-Messung der PM-Emissionsfaktoren
 Fig. 1: Exemplary 48 hours' measurement of PM emission factors

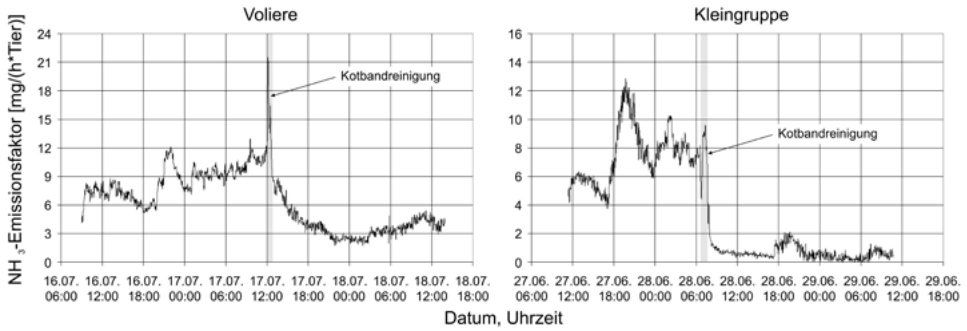


Abb. 2: Beispiel einer 48-h-Messung der NH₃-Emissionsfaktoren
 Fig. 2: Exemplary 48 hours' measurement of NH₃ emission factors

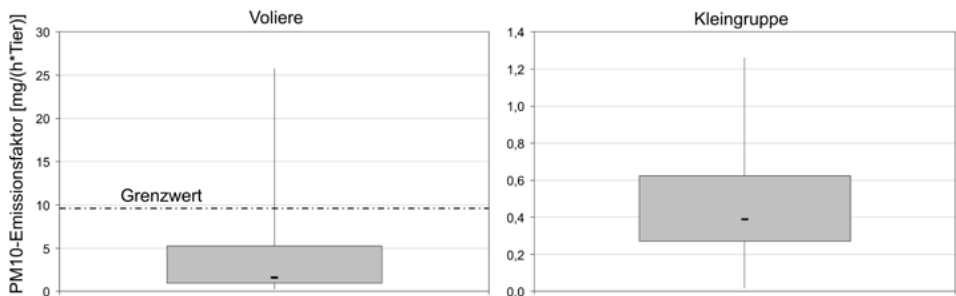


Abb. 3: Box-und-Whiskers-Plot der Medianwerte der PM10-Emissionsfaktoren aus allen Volieren und allen Kleingruppen
 Fig. 3: Box and Whiskers Plot of median PM10 emission factors from all aviaries and all small group housing systems

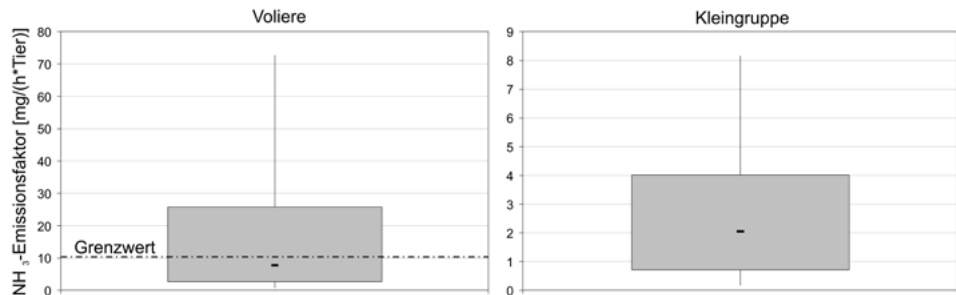


Abb. 4: Box-und-Whiskers-Plot der Medianwerte der NH₃-Emissionsfaktoren aus allen Volieren und allen Kleingruppen
 Fig. 4: Box and Whiskers Plot of median NH₃ emission factors from all aviaries and all small group housing systems

PM-Emissionen nicht der Tagesgang für weitere Aussagen zugrunde gelegt werden kann, sondern der Emissionsverlauf einer Woche. Auch ist deutlich, dass bei der Berechnung eines Mittelwertes aus einer Kurzzeitmessung die zeitliche Zuordnung von Messung und Kotbandreinigung bekannt sein muss.

Als Bewertungskriterien für eine mögliche Umweltrelevanz werden Werte aus der TA-Luft für Ammoniak und aus dem EEA Guidebook für PM₁₀ und PM_{2.5} herangezogen. Die Medianwerte für PM₁₀ (Abb. 3) als auch für Ammoniak (Abb. 4) lagen im Wesentlichen unterhalb dieser Werte, wobei aber auch deutliche Überschreitungen auftraten. Für das Verhältnis zwischen den Medianwerten von PM_{2.5} zu PM₁₀ ergaben sich Quotienten von 0,21 für die Kleingruppe und 0,23 für die Voliere.

Um einen tieferen Einblick in das Strömungsverhalten und das damit verbundene Ausbreitungsgeschehen im Stall zu bekommen, wurde eine numerische Simulation auf der Basis einer 48-h-Messung durchgeführt, die auch eine Kotbandreinigung enthielt. Die Konzentration am Messpunkt 1 bzw. der daraus berechnete Emissionsfaktor war die Zielgröße. Da während der Messung auch am Messpunkt 2 eine für den Arbeitsplatz relevante Konzentration ermittelt wurde, konnte diese ebenfalls als Maßstab für die Berechnungsgüte verwendet werden. Der gemessene Volumenstrom hingegen fand als Randbedingung Anwendung. Da eine zeitaufgelöste Berechnung mit fluktuierenden Randbedingungen nur schwer zu realisieren ist, wurde der Mittelwert aus den beiden Zeiträumen gebildet. Dabei wurde zwischen dem Zeitraum vor und nach der Kotbandreinigung unterschieden und jeweils ein Rechenlauf mit unterschiedlichen Startvorgaben durchgeführt. So ergab sich ein Volumenstrom von 15 120 m³/h für den Zeitraum vor der Kotbandreinigung und 18 094 m³/h für den Zeitraum danach. In beiden Läufen wurde als konstante Randbedingung für die Konzentration am Boden der Voliere 4 ppm angenommen. Die Konzentration auf den Kotbändern wurde, nach mehreren Rechenvorläufen zur Optimierung der Übereinstimmung, mit 30 ppm vor und 7,5 ppm nach der Reinigung der Kotbänder als Randbedingung definiert.

Der Vergleich der gemessenen und der mithilfe der Numerik berechneten Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Abweichungen betragen im Mittel ± 15 %.

Tab. 1: Ergebnisse der Messung und der Simulation

Tab. 1: Results of measurement and simulation

Ort	Zustand vor Kotbandreinigung		Zustand nach Kotbandreinigung	
	Emissionsfaktor (Messpunkt 1)	Arbeitsplatz- konzentration (Messpunkt 2)	Emissionsfaktor (Messpunkt 1)	Arbeitsplatz- konzentration (Messpunkt 2)
	mg/(h·Tier)	ppm	mg/(h·Tier)	ppm
Messung	8,56	2,90	3,57	0,89
Simulation	9,76	2,58	3,03	1,05

Durch Veränderung von Randbedingungen, z.B. des Volumenstroms auf minimale und maximale Lufrate, können entsprechende Emissionsfaktoren bei sonst gleichbleibenden Bedingungen, also gleichbleibenden Konzentration am Boden und auf dem Kotband, ermittelt werden.

Ein weiterer Vorteil der Simulation ist, die Konzentration nicht nur an einem Punkt wie bei einer Messung zu ermitteln, sondern sie für jeden Ort im Stallraum angeben zu können. Eine Ammoniakverteilung in der berechneten Voliere zeigt Abbildung 5.

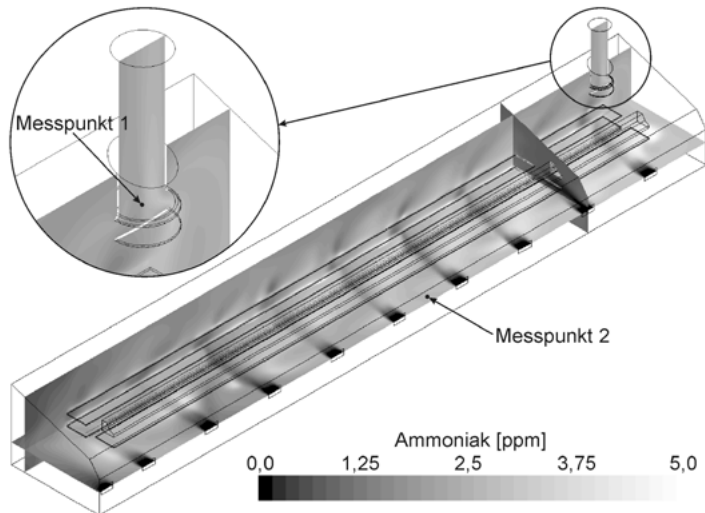


Abb. 5: Ammoniakkonzentrationen in einer Voliere als Ergebnis einer Simulation
 Fig. 5: Ammonia concentrations in an aviary as a result of a simulation

Literatur

- DIN EN ISO (2011): DIN EN ISO 11771: Luftbeschaffenheit – Ermittlung von zeitlich gemittelten Massenemissionen und Emissionsfaktoren – Allgemeine Vorgehensweise
- Hinz, T.; Winter, T.; Linke, S. (2011): Luftfremde Stoffe in und aus verschiedenen Haltungsförmern für Legehennen – Teil 2: Staub. *Landbauforschung, vTI Agriculture and Forestry Research* 2(61), S. 141–152
- Richtlinie EG (1999): Richtlinie 1999/74/EG des Rates vom 19. Juli 1999 zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUrServ.do?uri=OJ:L:1999:203:005:0057:DE:PDF>, Zugriff am 27.07.2010
- Winter, T.; Hinz, T.; Zierke, C.; Lippmann, J.(2012): Henne oder Manager – wer ist für Staub und Ammoniak im Stall verantwortlich? *Landtechnik* 67(2), S. 127–132

Bewertung von Zuluftführungs- und Kühlungssystemen in der Schweinemast

Evaluation of different air supply and cooling systems in pig fattening houses

JOACHIM THREM¹, EVA GALLMANN¹, WILHELM PFLANZ², THOMAS JUNGBLUTH¹

¹ Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70593 Stuttgart

² Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg – Schweinehaltung, Schweinezucht – (Landesanstalt für Schweinezucht – LSZ), 97944 Boxberg-Windischbuch

Schlüsselwörter: Kühlpad, Hochdruckbefeuchtung, Unterflurzuluft, Kühlungssysteme
Keywords: cooling systems, cooling pad, underfloor air inlet, high pressure humidifier

Zusammenfassung

Es besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Gestaltung und des Managements von Kühlmöglichkeiten in der Schweinemast sowie hinsichtlich der Bewertung der Kühl- und Ressourceneffizienz und der Wirkungen auf Stallklima und Umwelt. Im Rahmen eines Entscheidungshilfeporhabens für das BMELV an der Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) in Boxberg sowie auf drei Praxisbetrieben waren verschiedene Zuluftführungs- bzw. Kühlungsvarianten Gegenstand zweijähriger Untersuchungen. Es wurden die Varianten Unterflurzuluft, Kühlpad und Hochdruckbefeuchtung untersucht. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf der Bewertung des Unterdrucks in den Abteilen und dem damit zusammenhängenden Stromverbrauch der Abluftventilatoren sowie dem Einfluss der Kühlungsvarianten auf den temperature humidity index, THI.

Summary

There is a need for research regarding the optimization of air supply and of air cooling systems of livestock houses for fatteners. A decision support project for the German Ministry of Agriculture has been established to investigate such technologies on a research farm and under practical conditions. Since April 2011, on the research farm Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ Boxberg) measurements on three air supply and cooling systems have been carried out: underfloor air inlet and supply, cooling pad and high pressure evaporative indoor air cooling. This paper will focus on the underpressure in the different compartments by looking at the power consumption of the exhaust fans and on the influences of different cooling systems on the temperature humidity index (THI).

1 Einleitung

In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutZV 2009) wird unter §22 verlangt, dass in Schweineställen eine Vorrichtung vorhanden sein muss, die eine Verminderung der Wärmebelastung der Schweine bei hohen Stalllufttemperaturen ermöglicht. Hinsichtlich der Gestaltung und des Managements der Kühlmöglichkeiten bzw. der Voraussetzungen und Leistungen besteht Forschungsbedarf, da die bisherige Datenbasis für die vergleichende Bewertung der Kühl- und Ressourceneffizienz sowie der Wirkungen auf Stallklima und Umwelt nicht ausreicht. Aus diesem Grund waren im Rahmen eines Entscheidungshilfeporhabens für das BMELV an der Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) in Boxberg sowie auf drei Praxisbetrieben verschiedene Zuluftführungs- bzw. Kühlungsvarianten Gegenstand einer zweijährigen Untersuchung. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf der Bewertung der Varianten Hochdruckbefeuchtung (HDB), Kühlpad und Unterflurzuluft bezüglich der Wirtschaftlichkeit und den Stallklimaparametern basierend auf dem Messergebnissen aus den Jahren 2011 und 2012 an der LSZ Boxberg.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen an der LSZ Boxberg wurden in vier baugleichen Abteilen mit je sechs Buchten durchgeführt. Diese waren mit Vollspaltenboden und einer Sensorflüssigfütterung ausgestattet. In einem Abteil wurden je Mastdurchgang 125 Tiere eingestallt. In einer Bucht befanden sich zwischen 20–22 Tiere, wobei der Platz pro Tier 1 m² betrug. Die Tiere wurden mit einem Gewicht von 28 kg eingestallt und nach 17 Wochen mit einem Gewicht von etwa 118 kg ausgestallt. Tabelle 1 fasst die Zuluftführungs- und Kühlungsvarianten zusammen.

Tab. 1: Zuluftführungs- und Kühlungsvarianten an der LSZ Boxberg
Tab. 1: Air supply and air cooling variants at the research farm

	Referenz	Unterflurzuluft	Hochdruckbefeuchtung	Kühlpad
Zuluft	von außen über Dachraum und Porendecke	von außen über zentralen Unterflurkanal mit Unterfloreintritt in Versorgungsgang des Abteils	von außen über Dachraum und Porendecke	an Stirnseite des Stallgebäudes über Kühlpad, dann über Dachraum und Porendecke
Abluft	dezentral Messventilator	dezentral Messventilator	dezentral Messventilator	dezentral Messventilator
Kühlung	ohne	Wärmetausch an Kanalwänden	Hochdruckbefeuchtung der Stallluft	Befeuchtung der Zuluft

Untersuchungsschwerpunkte waren die Stallklimaparameter Temperatur, Luftfeuchte, Differenzdruck, Luftgeschwindigkeit und Luftvolumenstrom. Des Weiteren wurden der Energie- und der Wasserverbrauch sowie die Gaskonzentrationen bzw. Emissionen von Ammoniak, Kohlendioxid und Methan gemessen. Die genannten Stallklimaparameter wurden mit einem Gerät zur Messwerterfassung der Firma Ahlborn mindestens minütlich erfasst. Mit einem Gerät der Firma Wago wurden die Verbrauchsdaten über entsprechende Zählermodule (Strom- und Wasserzähler) aufgezeichnet und mittels Multigasmonitor 1412 der Firma LumaSense wurden die Schadgaskonzentrationen quasikontinuierlich gemessen. Diese drei Messwerterfassungssysteme waren mit einem zentralen Computer vernetzt, auf dem alle Rohdaten zusammenfließen und aufgezeichnet wurden.

Zur Erfassung der Klimadaten wurden die Messsensoren in vier Bereichen angebracht: Außenbereich, Weg von außen zum Tierbereich, Tierbereich, Weg aus dem Stall (Abluft). Abbildung 1 zeigt die unterschiedlichen Zuluftwege.

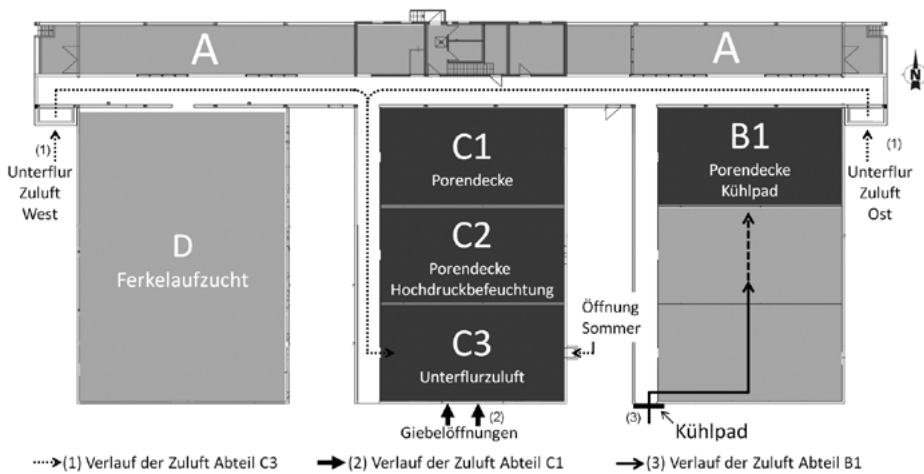


Abb. 1: Schematischer Grundriss des Mastschweinestalls, Anordnung der Versuchsabteile und Lüftungswege an der LSZ Boxberg

Fig. 1: Ground plan of the pig fattening stall, position of the test compartments and the way the supply air takes on the research farm LSZ Boxberg

Die Außentemperatur wurde bei der Unterflurzuluft bodennah an den Lufterinlässen gemessen, wohingegen bei den anderen drei Abteilen am Luftertritt in den Dachraum in einer Höhe von 3,20 m gemessen wurde. Im Tierbereich waren die Sensoren für Temperatur bzw. Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit in einer Höhe von 80 cm in der Bucht angebracht. Im Abluftkamin befanden sich des Weiteren ein Luftfeuchte- und ein Temperaturfühler sowie ein kalibrierter Messventilator. Der Wasser- und Stromverbrauch wurde direkt an den einzelnen Verbrauchern erfasst.

3 Ergebnisse

Der erste Teil des Beitrags befasst sich mit dem Stallklima und der Frage, welchen Einfluss die Kühlungsvarianten im Sommer auf den temperature humidity index (THI) ausüben. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse zur Kostenbetrachtung der Kühlungs- und Lüftungssysteme dargestellt.

3.1 Temperature humidity index (THI)

Aus physiologischen Gründen ist für das Stallklima das Zusammenspiel von Temperatur und relativer Luftfeuchte für die Schweine von hoher Bedeutung. Mittels Gleichung (1) wurde nach ROLLER und GOLDMANN (1969) der THI berechnet. Laut ihren Untersuchungen leiden Schweine unter Hitzestress, wenn der THI den Wert von 85 überschreitet.

- $THI = 0,45 T_{wb} + 1,35 \cdot T_{db} + 32$ (1)
- T_{wb} = Feuchttemperatur (wet-bulb temperature)
- T_{db} = Trockentemperatur (dry-bulb temperature)

Im Jahr 2011 lag die Anzahl an Stunden mit einer Außentemperatur über 22 °C bei 652 h 28 min und 2012 bei 700 h 25 min. Zudem war 2012 die Außentemperatur (Werte über 22 °C, Sommermonate) im Schnitt mit 25,44 °C wärmer als 2011 mit durchschnittlich 24,73 °C. Dies erklärt auch die höhere Anzahl an zeitlichen Überschreitungen des THI-Grenzwertes im Referenzabteil. Dieser war im Jahr 2012 mit 82 h 22 min höher als im Jahr 2011 mit 28 h 55 min. Zugleich lag das Referenzabteil im Vergleich zu den anderen Abteilen auch die längste Zeit über dem Grenzwert des THI. Die geringste zeitliche Überschreitung des Grenzwertes hatte im Jahr 2011 das Kühlpad mit 1 h 46 min. Im darauffolgenden Jahr wurde bei der Unterflurzuluft nur an einem Tag eine Überschreitung des Grenzwertes berechnet. Dieser Zeitraum betrug lediglich 13 Minuten.

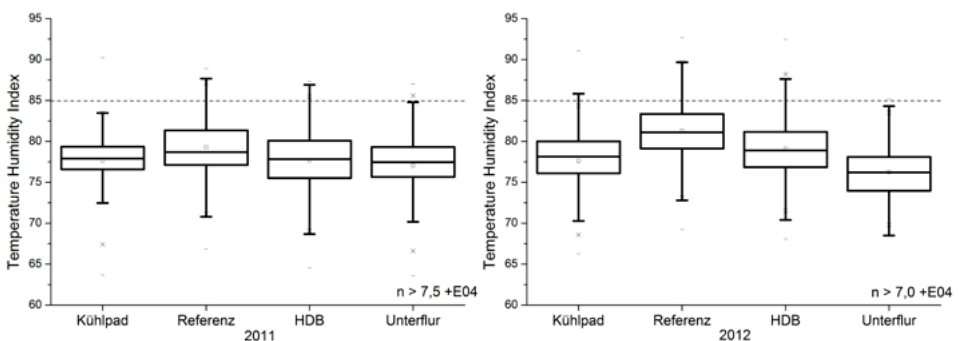


Abb. 2: Spannweite des THI, berechnet aus den Messdaten bei einer Außentemperatur > 22 °C (links 2011, rechts 2012)

Fig. 2: THI of the measurements taken at outside temperature > 22 °C (left figure shows 2011, the right figure shows 2012)

3.2 Kostenbetrachtung

In Tabelle 2 ist zu erkennen, dass der Durchschnittswert des Luftvolumenstroms der Unterflurzuluft 2011 am höchsten war. Zugleich war der Unterdruck in diesem Abteil im Vergleich zu den Porendeckenlüftungen am niedrigsten. Für den Stromverbrauch des Ventilators der Unterflurlüftung hatte dies zur Folge, dass der Stromverbrauch – verglichen mit den anderen Abteilen – im Jahr 2011 zwischen 322 kWh und 504 kWh geringer war und im Jahr 2012 zwischen 604 kWh und 819 kWh weniger betrug. Ursache sind die großen Zuluftwege der Unterflurlüftung, die einen geringeren Strömungswiderstand darstellen als die Porendeckenzuluftführung. So ergibt sich für das Jahr 2011 eine durchschnittliche finanzielle Einsparung zu den anderen drei Abteilen von 0,59 € je Tierplatz und Jahr. Im Jahr 2012 beträgt die Einsparung 1,12 € je Tierplatz und Jahr. Weiterhin hat sich gezeigt, dass das Kühlpad weder im trockenen Zustand noch im Betrieb einen messbaren Strömungswiderstand für die Luft darstellte.

Tab. 2: Durchschnittliche Messwerte des Jahres 2011 an der LSZ Boxberg und die Stromkosten der Ventilatoren je Tierplatz für 2011 und 2012

Tab. 2: Mean values measured in 2011 on the research farm LSZ Boxberg and the power consumption of the exhaust fans measured in 2011 and 2012

	Einheit	Referenz	Unterflur- zuluft	Hochdruck- befeuchtung	Kühlpad
Ø Differenzdruck	Pa	-12,2	-5,3	-10,9	-12,2
Ø Luftvolumenstrom	m ³ /h	3 765	4 245	3 623	3 413
Stromverbrauch 2011 und 2012	kWh	1 193 1 699	871 923	1 375 1 742	1 210 1 527
Stromkosten je TP und Jahr 2011 und 2012	€/(TP · a)	1,81 2,53	1,33 1,40	2,09 2,65	1,84 2,32

Die Kostenbetrachtung der Kühlungssysteme beinhaltet das Einsparpotenzial bei Strom- und Heizkosten gegenüber dem Referenzabteil sowie die Verbrauchs- und Anschaffungskosten. Dabei wurde die beschriebene Einsparung (Tab. 2) der Stromkosten (0,19 €/kWh) in der Kostenberechnung als fester Wert aus relevanten Messdaten abgeleitet, aufgenommen. Die auf Befeuchungskühlung basierenden Systeme wurden mit einer Abschreibung von 10 Jahren berechnet (Unterflurzuluftführung 25 Jahre). Zusätzlich benötigen diese eine Wartung sowie zusätzlich Wasser und Pumpenstrom zur Kühlung (Tab. 3). Die Unterflurzuluftführung hat neben der Kühlung auch den Effekt der Zulufterwärmung, die in dieser Untersuchung mit einer durchschnittlichen Einsparung von 3,28 € je Tierplatz und Jahr errechnet wurde. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die zusätzlich gewonnene Wärmeenergie je nach Alter der Tiere nicht immer zu 100 % benötigt wird. So ergaben sich im Durchschnitt Mehrkosten bzw. Minderkosten der Kühlungsvarianten im Vergleich zum Referenzabteil, die in der Größenordnung +2,21 €/(TP · a) und -1,07 €/(TP · a) lagen.

Tab. 3: Durchschnittliche Kosten der Kühlungssystemen und Kostendifferenz zum Referenzabteil (aktuelle Energiepreise: Gas: 0,06 €/kWh; Wasser: 1,80 €/m³; Strom: 0,19 €/kWh)

Tab. 3: Mean costs of the different cooling systems compared to the reference compartment (current energy prices: gas: 0,06 €/kWh; water: 1,80 €/m³; electricity: 0,19 €/kWh)

	Durchschnittliche Kosten [€/(TP · a)]			
	Kühlpad	HDB	Unterflur	Unterflur + Wärmenutzung
Abschreibung	0,77	3,11	2,94	2,94
Verzinsung (8 %)	0,03	0,12	0,11	0,11
Lohnkosten	1,77	1,08	-	-
Strom	0,43	0,27	-0,84 ¹⁾	-0,84 ¹⁾
Wasser	0,28	0,11		
Heizersparnis	-	-		-3,28
Kostendifferenz zum Referenzabteil	+3,28	+4,70	+2,21	-1,07

¹⁾Stromeinsparung des Ventilators im Vergleich zum durchschnittlichen Mehrverbrauch der Porendeckenzuluftsyste. Durchschnitt berechnet aus dem Gesamtzeitraum 2011 und 2012.

4 Fazit

Insgesamt hat sich gezeigt, dass alle Kühlungssysteme einen positiven Effekt auf das Stallklima haben. Durch die Energieeinsparung und keinen zusätzlichen Aufwand für Arbeit, Wasser und Pumpenstrom ist das System der Unterflurzuluft besonders interessant. Mit dem zusätzlichen Nutzen der Zulufterwärmung war die Unterflurzuluft in dieser Untersuchung auch wirtschaftlich gesehen allen anderen Systemen vorzuziehen. Nachteil an dem System ist, dass es nur eine Alternative für Neubauten ist. Für einen bestehenden Stall erwies sich das Kühlpad sowohl wirtschaftlich als auch hinsichtlich des Stallklimas als vorteilhaft.

Literatur

TierSchNutztV (2009): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3223) geändert worden ist

Roller, W.L.; Goldmann R.F. (1969): Response of swine to acute heat exposure. Transactions of the ASAE 12(2) pp. 164–169, 174

Förderungshinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), FKZ 2808HS042.

Beste Verfügbare Techniken (BVT) – Stand der Revision des BVT-Merkblattes für die Intensivtierhaltung

Best available techniques (BAT) – State of revision of the BAT-reference document for intensive rearing of poultry and pigs

EWALD GRIMM¹, HELMUT DÖHLER¹, BRIGITTE EURICH-MENDEN¹, GABRIELE WECHSUNG²,
MICHAEL SUHR²

¹ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e.V., Bartningstr. 49, Darmstadt

² Umweltbundesamt (UBA), Wörlitzer Platz 1, Dessau-Roßlau

Schlüsselwörter: BVT, IED, Emissionsminderung

Keywords: BAT, IED, emission reduction

Zusammenfassung

Anlagen zur Intensivtierhaltung fallen in den Geltungsbereich der Richtlinie über Industrieemissionen (IED), die am 6. Januar 2011 in Kraft getreten ist und die IVU-Richtlinie ersetzt. Die besten verfügbaren Techniken (BVT) sollen Grundlage jeder Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen sein. Sie sind europaweit verbindlich. Die BVT-Merkblätter (BREF) und daraus abgeleitete Schlussfolgerungen werden auf europäischer Ebene von einer technischen Arbeitsgruppe (TWG) erarbeitet (Sevilla-Prozess). Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick zu Organisation und Stand der Revision des BVT-Merkblattes zur Intensivtierhaltung. Zudem werden wichtige Neuregelungen der IED-Richtlinie beschrieben, die für den Stellenwert und die Inhalte der BVT von besonderer Bedeutung sind.

Summary

Intensive livestock farming facilities are included in the scope of the Industry Emission Directive (IED), which went into effect on 6th January 2011 and replaces the IPPC directive. The application of the best available techniques (BAT) shall be the basis for any permit for the construction and operation of facilities and are binding Europe-wide. The best available techniques reference document (BREF) and conclusions derived from them are developed at the European level by a Technical Working Group (TWG) (Sevilla process). The present contribution gives an overview of the organization and the current status of the revision of the BREF on intensive livestock farming. In addition, important new regulations provided by the IED are described which are particularly important for the significance and the content of the BAT.

1 Einleitung

Anlagen zur Intensivtierhaltung mit einer Kapazität von über 2000 Mastschweineplätzen, 750 Sauenplätzen und 40 000 Plätzen für Geflügel fallen in den Geltungsbereich der Richtlinie 2010/75/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) – IED, die am 6. Januar 2011 in Kraft getreten ist.

Die IED ersetzt die Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU). Sie zielt ebenso wie die IVU-Richtlinie auf die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung, um europaweit gleichartige Wettbewerbsbedingung und ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen. Dies soll durch den Einsatz der besten verfügbaren Techniken (BVT) gewährleistet werden, die Grundlage jeder Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb der Anlagen sind.

Zur Beschreibung der BVT ist auf europäischer Ebene ein Informationsaustausch zwischen den Mitgliedstaaten, der Industrie, Nichtregierungsorganisationen und der Kommission eingerichtet worden (Sevilla-Prozess). Der Informationsaustausch geschieht periodisch alle acht Jahre in Form eines BVT-Merkblattes (BREF – Best available techniques reference document), das insbesondere die angewandten Techniken in den Bereichen Fütterung, Stallhaltung, Lagerung und Behandlung sowie Ausbringung von Wirtschaftsdüngern mit ihren Emissions- und Verbrauchswerten (sog. BVT-Kandidaten) und die daraus abgeleiteten BVT-Schlussfolgerungen umfasst.

Das erste BREF zur Intensivtierhaltung liegt seit 2003 vor (EU 2003). Seit Herbst 2008 läuft die Revision dieses BVT-Merkblattes, die voraussichtlich in 2014 abgeschlossen sein wird.

Zur Umsetzung der IED in Deutschland wurden das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) und verschiedene Verordnungen, insbesondere den Immissionsschutz betreffend, geändert (Gesetz vom 08.04.2013 – Bundesgesetzblatt Teil I 2013 Nr. 17 12.04.2013 S. 734). Die BVT-Schlussfolgerungen werden zu Änderungen des untergesetzlichen Regelwerks (TA Luft, Anhänge der Abwasserverordnung (AbwV)) führen.

2 Anforderungen der IED zu den BVT

Nach Art. 14 Abs. 3 IED sind die BREF nicht mehr nur Informationsgrundlage. Die BVT-Schlussfolgerungen der BREF sind im Vollzug als Referenz bei der Festlegung der materiell-rechtlichen Anforderungen heranzuziehen. Sie haben damit Bindungswirkung. Für bestehende Anlagen sind sie innerhalb von vier Jahren nach Veröffentlichung der Schlussfolgerungen anzuwenden (Art. 21 Abs. 3 IED). Von den BVT-Schlussfolgerungen abweichende Festlegungen sollen nur noch unter bestimmten Bedingungen möglich sein. Das betrifft z.B. besondere lokale Bedingungen, technische Besonderheiten oder unverhältnismäßige Bedingungen. Diese abweichenden Festlegungen müssen der EU Kommission gemeldet und begründet werden. Die BVT-Schlussfolgerungen werden in allen Amtssprachen der Union verfügbar sein.

Die Anlagengenehmigung soll nach Art. 14 Abs. 1 IED Emissionsgrenzwerte für die relevanten Schadstoffe nach Anhang II der IED-Richtlinie (hier: vor allem Emissionen von Ammoniak und Staub in die Luft) und Anforderungen zu deren Überwachung umfassen. „Äquivalente Parameter und Maßnahmen“ können jedoch nach Art. 14 Abs. 2 Emissionsgrenzwerte ersetzen. Die BVT-Schlussfolgerungen enthalten zu diesem Zweck die mit den BVT „assoziierten Emissionswerte“ (AEL), die unter normalen Betriebsbedingungen und unter Verwendung einer besten verfügbaren Technik oder einer Kombination von besten verfügbaren Techniken erzielt werden können.

Im Bereich der Nutztierhaltung stößt dieses Konzept allerdings an Grenzen, weil für die Routineüberwachung im praktischen Tierhaltungsbetrieb keine geeigneten Messverfahren verfügbar sind und die in der Forschung eingesetzten Methoden für eine kontinuierliche Überwachung in der Praxis unverhältnismäßig sind. Einzelne Stichprobenmessungen sind dagegen erfahrungsgemäß wenig aussagekräftig, da die Emissionen (Konzentration und Volumenstrom) im Tages- und Jahresverlauf erheblich schwanken. Hier wird man sich deshalb auf die Festlegung äquivalenter Parameter (z. B. N-Niveau der Fütterung) oder Techniken (z. B. Entmistungsverfahren) stützen.

Zukünftig sind IED-(Tierhaltungs-)Anlagen mindestens alle drei Jahre einer systematischen Anlagenüberwachung zu unterziehen, um zu prüfen, ob die Genehmigungsaufgaben eingehalten werden und welche Maßnahmen ggf. einzuleiten sind. Dies umfasst Inspektionen vor Ort, wodurch die Überwachungsbehörden mit einem erheblichen Mehraufwand belastet werden dürften.

3 Organisation und Stand der BVT-Revision

3.1 Organisation

In Deutschland ist das Umweltbundesamt (UBA) im Auftrag des BMU nationale Koordinationstelle für alle den Sevilla-Prozess betreffende Fragen.

Basis für die inhaltliche Vorbereitung des deutschen Beitrags zur Revision des BVT-Merkblattes Intensivtierhaltung stellen die nationale technische Arbeitsgruppe (nTAG) als auch ein UFOPLAN – Vorhaben des Umweltbundesamtes (2008, FKZ 370844300/03) dar, das von KTBL durchgeführt wird. Inhaltliche Grundlage ist der nationale Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren (KTBL 2006). 2009 und 2010 wurde der deutsche Beitrag in der nTAG abgestimmt und in den Sevilla-Prozess eingespeist. Die nTAG setzt sich aus Vertretern des UBA (Leitung), von Fachbehörden der Länder, von Hochschulinstituten, dem BMVEL und nachgeordneter Dienststellen sowie Umweltorganisationen zusammen.

Auf europäischer Ebene findet der Informationsaustausch zur Revision des BREF im Rahmen einer technischen Arbeitsgruppe (TWG) statt, in der Delegationen der europäischen Mitgliedsstaaten vertreten sind. Die deutsche Delegation setzt sich aus dem UBA (Delegationsleitung) und zwei Fachvertretern des KTBL sowie dem Vorsitzenden der nTAG zusammen. Die Koordination erfolgt durch das European IPPC-Bureau (EIPPCB) in Sevilla/Spainien. Im EIPPCB werden alle relevanten Informationen aus den einzelnen Staaten gesammelt, aufbereitet und ein Vorschlag für die BVT-Schlussfolgerungen erarbeitet.

3.2 Stand der Revision

Die Mitgliedsstaaten haben bis Juni 2010 Informationen zu den Verfahren, die aus ihrer Sicht als BVT-Kandidaten in Frage kommen (Techniques to consider in determination of BAT), an das EIPPCB nach Sevilla gemeldet. Um die Verfahrensbeschreibungen zu strukturieren und zu harmonisieren und so besser vergleichbar zu machen, erfolgte die Dokumentation auf Grundlage eines von der TWG in Sevilla abgestimmten Datenrasters mithilfe des Online-Dokumentationssystems, das im Rahmen des vom KTBL koordinierten BAT-Support-Projektes entwickelt wurde (KTBL 2011).

Seit April 2011 liegt der erste Entwurf der BREF-Neufassung vor (EIPPCB 2011), der allerdings noch keine Aussagen zu den BVT-Schlussfolgerungen und den AELs enthält. Insgesamt 2000 Kommentare, davon allein 250 aus Deutschland, zeigen, dass dieser erste Entwurf stark überarbeitet werden musste. Das EIPPCB hat den zweiten Entwurf mit den BVT-Schlussfolgerungen für Mai/Juni 2013 angekündigt.

4 BVT-Kandidaten

In Kapitel 4 des BREF-Entwurfs vom April 2011 (EIPPCB 2011) sind die Verfahren beschrieben, die als BVT in Frage kommen (BVT-Kandidaten). Dabei werden auch die Verfahren berücksichtigt, die bereits in 2003 als BVT eingestuft wurden. In den Tabellen 1 und 2 sind auf Grundlage des ersten BREF-Entwurfs beispielhaft die BVT-Kandidaten für die Schweinehaltung (Schweinezucht, Ferkelaufzucht und Schweinemast) sowie technische Zusatzmaßnahmen zusammengestellt. Der Entwurf umfasst darüber hinaus auch Verfahren zur Stallhaltung von Jung- und Legehennen, Masthühnern, Truthühnern und Enten sowie zur Lagerung, Behandlung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, die hier nicht dargestellt sind.

Im Vergleich zum BREF 2003 wurden im Rahmen der laufenden BREF-Revision mehr und differenziertere Verfahren eingebracht. Dies gilt vor allem im Hinblick auf die Schweinehaltung (Großgruppenhaltung/Sortierschleuse, frei gelüftete Systeme, Systeme mit Auslauf), technische Zusatzmaßnahmen zur Stallluftbehandlung und die Abluftreinigung. Stellten die BVT 2003 vor allem auf Ammoniak ab, so werden im laufenden Revisionsprozess auch die anderen Umweltwirkungen stärker ins Kalkül gezogen. Die ausreichende Verfügbarkeit und Vergleichbarkeit der Leistungs- und Kostendaten bleibt allerdings weiterhin problematisch.

Tab. 1: BVT-Kandidaten Schweinehaltung
 Tab. 1: BAT candidates pig housing systems

Einstufung	Haltungs-/Entmistungsverfahren
BVT in BREF 2003	angepasste/N-reduzierte Phasenfütterung voll-/teilperforierter Boden, Vakuumsystem, Entmistung 1–2 je Woche teilperforierter Boden, verkleinerter Güllekanal/geneigte Seitenwände im Güllekanal Festmistverfahren
„Bedingt BVT“ in BREF 2003	Güllekühlung Unterflur-Kotschieber Spülsysteme
Neue BVT-Kandidaten 2011	eingestreute Gruppenhaltungsverfahren mit Auslauf Kistenstall/Hüttenstall/freie Lüftung Kotbandentmistung (Entmistung zweimal je Tag, Emissionsminderung NH ₃ 70 %) Teilspaltenboden mit Gülle-Kühlleitungen und Wärmetauscher Güllekühlsystem mit Kühlrippen und Wärmetauscher (Emissionsminderung NH ₃ 50–75 %, Grundwassernutzung) Güllekanalabdeckung mit Schwimmbällchen (Emissionsminderung NH ₃ 28 %) + Benzoesäure (42 %) Wasserkanäle/geneigte Güllekanäle (52 %) Güllewannensystem (65 %) Zweiflächenbucht (Bewegungsbucht) mit Auslauf Kistenstall/Hüttenstall/freie Lüftung

5 Fazit

Durch die neue IED erhalten die BVT-Merkblätter eine hohe Bedeutung und Verbindlichkeit. Die Umsetzung folgt der in Deutschland üblichen Regelungssystematik: Eine Veröffentlichung der BVT-Schlussfolgerungen im EU-Amtsblatt löst in Deutschland Anpassungsbedarf des untergesetzlichen Regelwerks aus. Für die BVT, die die TA Luft betreffen, liegt die Prüfung des geltenden Standes der Technik in der Hand des TA-Luft-Ausschusses.

Das BVT-Merkblatt Intensivtierhaltung wird gegenwärtig überarbeitet. Der erste Entwurf dieses BREF weist erhebliche Mängel auf; der zweite Entwurf soll im Mai/Juni 2013 vorgelegt werden. Die deutsche Delegation wird in Zusammenarbeit mit der nationalen Expertengruppe (nTAG) den zweiten Entwurf begutachten und kommentieren, um den deutschen Beitrag in den Sevilla-Prozess umfassend einzubringen.

Tab. 2: BVT-Kandidaten Zusatzmaßnahmen
 Tab. 2: BAT candidates additional measures

Einstufung	Verfahren
BVT in BREF 2003	keine Verfahren ausgewiesen
Neue BVT-Kandidaten 2011	biologisch-chemische Abluftreinigungsverfahren (ein- und mehrstufig) Teilablufbehandlung einfache Staub/Wasserabscheider einfache Trockenfilter/Staubabscheider Ionisation Wasser-/Ölvernebelung, „reaktive Substanzen“ Trockentunnel

Literatur

- EIPPCB (2011): Reference Document on Best Available Techniques for The Intensive Rearing of Poultry and Pigs. Draft 1 - March 2011, Seville, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/irpp_d1_0311.pdf, Zugriff am 17. Okt. 2011
- EU (2003): Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs. European Commission, July 2003, http://ec.europa.eu/environment/ippc/brefs/ilf_bref_0703.pdf, Zugriff am 17 Okt. 2011
- KTBL (2006): Nationaler Bewertungsrahmen zur Beschreibung des Standes der Technik bei Tierhaltungsverfahren. KTBL-Schrift 446, Darmstadt
- KTBL (2011): Best Available Techniques for European Intensive Livestock Farming – Support for the Implementation of the IPPC-Directive (BAT SUPPORT). Final Activity Report, 15 February 2011, Darmstadt

Emission antibiotikaresistenter Keime aus Schweine- und Geflügelhaltungen

Emission of antibiotic-resistant bacteria from pig and poultry farms

ANIKA FRIESE¹, JOCHEN SCHULZ², HENRIETTE LAUBE¹, CHRISTINA VON SALVIATI¹,
JÖRG HARTUNG², UWE RÖSLER¹

¹ Freie Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Robert-von-Ostertag-Str. 7–13, 14163 Berlin

² Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Bünteweg 17p, 30559 Hannover

Schlüsselwörter: MRSA, ESBL, Nutztiere, Emission, Antibiotikaresistenz

Keywords: MRSA, ESBL, livestock, emission, antibiotic resistance

Zusammenfassung

Das Auftreten antibiotikaresistenter Keime wie Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) und Extended-Spectrum β -Lactamase (ESBL)/plasmid-vermittelte AmpC- β -Lactamase-produzierende (AmpC) Enterobacteriaceae in den Nutztierhaltungen verschiedener Tierarten ist seit einiger Zeit bekannt. Neben der Besiedlung der Tiere selbst sowie deren Vorkommen in der unmittelbaren Tierumgebung im Stall einschließlich der Luft werden diese Erreger auch aus den Tierställen in deren Umgebung ausgebracht. So wurden MRSA bei allen untersuchten Schweine- ($n = 6$) und Mastgeflügelbeständen ($n = 7$) auf dem Boden der Stallumgebung z. T. bis zur maximal untersuchten Entfernung von 500 m gefunden. In drei Schweine- und zwei Putenbeständen war zudem der Nachweis von MRSA in Außenluftproben (bis maximal 150 m) möglich. Auch ESBL/AmpC-produzierende Enterobacteriaceae wurden auf dem Boden um Schweine- (5/7) und Masthähnchenställe (5/7) nachgewiesen, nur sehr vereinzelt in der Außenluft, aber regelmäßig in Gülleproben. Der Erregerausstrag ist auf aerogenem sowie fäkalem Weg denkbar, wobei eine spezifische Risikobeurteilung für andere sich in der Nähe befindenden Tierställe oder Anwohner derzeit schwierig ist.

Summary

The occurrence of antibiotic-resistant bacteria such as methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and extended-spectrum β -lactamase (ESBL)/plasmid-mediated AmpC β -lactamase-producing (AmpC) Enterobacteriaceae in different animal species has been known for some time. In addition to the colonization of the animals themselves and the occurrence in their direct environment within the barn, including the air, these pathogens can also be emitted from the animal houses. MRSA was detected on ground surfaces up to the maximum studied distance of 500 m around all pig ($n = 6$) and poultry farms ($n = 7$). There were also findings of MRSA in exhaust air samples (up to 150 m). ESBL/AmpC-producing Enterobacteriaceae were detected on the ground around pig (5/7) and broiler farms (5/7), only sporadically in exhaust air, but regularly in manure samples. The emission of these resistant microorganisms is possible via the airborne and fecal route, however, the potential role for the contamination of neighbouring farms as well as residents needs to be studied more intensively.

1 Einleitung

Antibiotikaresistente Erreger wie Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) und Extended Spectrum β -Lactamase (ESBL)/plasmid-vermittelte AmpC- β -Lactamase-produzierende (AmpC) Enterobakterien werden zunehmend in gesunden Nutztierbeständen nachgewiesen. FRIESE et al. (2012) fanden in 77 % der anhand von Staubproben untersuchten Schweinemastbetrieben ($n = 26$) und in 45 % der Schweinezuchtbetrieben ($n = 29$) MRSA. 26 % von 85 untersuchten Putenmastherden und 22,5 % von 40 Masthähnchenbetrieben waren MRSA-positiv; die Masthähnchenbetriebe wiesen jedoch einen wechselnden Status zwischen den Durchgängen auf (FRIESE et al. 2013a). Bezüglich ESBL/AmpC-bildende *E. coli* wurden 44 % (7/16) Schweinemast- sowie 56 % Schweinezuchtbetriebe (9/16) mittels Sammelkotproben positiv getestet (FRIESE et al. 2013b). Bei 16 untersuchten Masthähnchenbetrieben lag die Besiedlungsrate mit ESBL/AmpC-Bildnern sogar bei 100 %.

Eine Verbreitung dieser resistenten Keime ausgehend von den Tierhaltungen steht dabei immer wieder im öffentlichen Interesse. Im Rahmen verschiedener von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekten wurde unter anderem der Austrag von MRSA und ESBL/AmpC-produzierenden *Enterobacteriaceae* untersucht.

2 Material und Methoden

Nur Betriebe, die vorher positiv auf MRSA oder ESBL/AmpC-bildende Enterobakterien getestet wurden, wurden in die Studien eingeschlossen.

Bezüglich MRSA wurden 6 Schweinebestände viermal über ein Jahr hinweg untersucht (einmal pro Quartal), zudem wurden 5 Puten- sowie 2 Broilerbestände vier- bzw. dreimal im Verlauf eines Mastdurchganges beprobt. Neben Proben von Tieren und Proben aus deren direkter Umgebung innerhalb des Stalls einschließlich der Luft wurde auch die Stallgebäudeumgebung in Form von Proben der Außenluft sowie der Bodenoberflächen mittels Sockentupfer untersucht.

Analog dazu wurden die beschriebenen Untersuchungen benutzt, das Vorkommen von ESBL/AmpC-produzierenden *Enterobacteriaceae*, speziell *E. coli*, in 7 Schweine- und 7 Broilermastbetrieben nachzuweisen. Diese Bestände wurden jeweils dreimal im Verlauf einer Mastperiode untersucht. Bei dieser Studie wurde zusätzlich ein Fokus auf mögliche fäkale Emissionen gelegt und stets Proben der Gülle untersucht.

3 Ergebnisse

Sowohl MRSA als auch ESBL/AmpC-bildende *E. coli* wurden regelmäßig in den Tierbeständen, aber auch in deren Umgebung, nachgewiesen (Tab.1).

Dabei wurden laMRSA (livestock associated MRSA) bei allen Schweine- und Mastgeflügelbeständen regelmäßig auf dem Boden der Stallumgebung z. T. bis zur maximal untersuchten Entfernung von 500 m auf der windabgewandten Seite gefunden. In drei Schweine- und zwei Putenbeständen war zudem der Nachweis von laMRSA in Außenluftproben (bis maximal 150 m) möglich. Die MRSA-Konzentration in der Außenluft betrug 11–15 KbE/m³ bei den Schweinebeständen und 7–93 KbE/m³ bei den Putenmastbeständen. Die Untersuchungen im Stall zeigten unter anderem auch den Nachweis des Erregers in der Stallluft und dem Stallstaub zu fast jedem Untersuchungszeitpunkt bei den verschiedenen Tierarten.

Ähnlich wie MRSA wurden auch ESBL/AmpC-bildende *E. coli* auf dem Boden um die Ställe bis zu einer Entfernung von 500 m nachgewiesen. Sowohl in der Stall- als auch in der Außenluft wurden nur sehr vereinzelt ESBL/AmpC-Bildner detektiert. Der Staub in den Masthähnchenhaltungen war jedoch in hohem Maße mit den resistenten Erregern kontaminiert. Zur Beurteilung eines fäkalen Austrags wurden Gülleproben der Schweine- und Broilermastbestände untersucht, die zu 83 % (n = 21) bzw. 100 % (n = 15) positiv bezüglich ESBL/AmpC-Produzenten waren.

Interessanterweise wurden im Rahmen dieser Studie auch weltweit erstmalig Carbapenemase-bildende Bakterien (*E. coli* und Salmonellen) bei Nutztieren gefunden (FISCHER et al. 2012, FISCHER et al. 2013).

Tab. 1: Detektion von MRSA und ESBL/AmpC-*E. coli* in der Umgebung von Schweine- und Geflügelställen

Tab. 1: Detection of MRSA and ESBL/AmpC-*E. coli* in the vicinity of pig and poultry farms

	Lee				Luv
	500 m	300 m	150 m	50 m	100 m
MRSA					
Schwein (n = 6)	n.u.	68 % (15/22)	75 % (18/24)	76 % (16/21)	33 % (6/18)
Geflügel (n = 7)	29 % (2/7)	33 % (8/24)	50 % (13/26)	52 % (13/25)	27 % (7/26)
ESBL/AmpC					
Schwein (n = 7)	17 % (2/12)	11 % (1/9)	11 % (2/18)	33 % (6/18)	11 % (2/18)
Masthähnchen (n = 7)	22 % (2/9)	11 % (1/9)	29 % (6/21)	24 % (5/21)	14 % (3/21)

n. u. = nicht untersucht.

4 Diskussion

MRSA und ESBL/AmpC-Bildner können regelmäßig in Schweine- und Geflügelhaltungen gefunden werden. Auffällig ist der Nachweis von ESBL/AmpC-*E. coli* schon bei Eintagsküken der Masthähnchen. Hinsichtlich MRSA waren bei zwei untersuchten Masthähnchenbeständen die Tiere am ersten Tag der Einstellung negativ. Dies wirft in beiden Fällen die Frage nach dem Weg des Eintrags oder der Entstehung der resistenten Erreger auf.

Neben dem Auftreten der antibiotikaresistenten Bakterien bei den Tieren selbst kommt es zu einem Austrag der Erreger aus den verschiedenen Tierhaltungen in deren Umgebung. Dies kann auf aerogenem Weg und, insbesondere bei den ESBL/AmpC-bildenden Bakterien, auf fäkalem Weg erfolgen. Eine spezifische Risikobeurteilung für andere sich in der Nähe befindenden Tierställe oder Anwohner ist aufgrund fehlender Daten zur Tenazität der spezifischen Erreger auf den unterschiedlichen Matrices, und zu den Witterungsbedingungen, sowie zur nötigen Erregerdosis für eine erfolgreiche Besiedlung von Tier oder Mensch nicht möglich. Zukünftige Projekte sollten sich zum einem mit der Senkung der Last antibiotikaresistenter Erreger in den Tierhaltungen beschäftigen, zum anderem auch mit möglichen technischen Lösungen zur Dekontamination ein- und vor allem austretender Stallluft sowie mit Expositionsstudien zur Risikoabschätzung von aerogen und fäkal ausgetragenen antibiotikaresistenten Erregern.

Literatur

- Fischer, J.; Rodriguez, I.; Schmoger, S.; Friese, A.; Rösler, U.; Helmuth, R.; Guerra, B. (2012): *Escherichia coli* producing VIM-1 carbapenemase isolated in a pigfarm. J. Antimicrob. Chemotherapy 67, pp. 1793–1795
- Fischer, J.; Rodriguez, I.; Schmoger, S.; Friese, A.; Rösler, U.; Helmuth, R.; Guerra, B. (2013): *Salmonella enterica* subsp. *enterica* producing VIM-1 carbapenemase isolated from livestock farms. J. Antimicrob. Chemotherapy 68, pp. 478–480
- Friese, A.; Schulz, J.; Hoehle, L.; Fetsch, A.; Tenhagen, B.-A.; Hartung, J.; Rösler, U. (2012): Occurrence of MRSA in air and housing environment of pig barns. Vet. Microbiol. 158, pp. 129–135
- Friese, A.; Schulz, J.; Zimmermann, K.; Tenhagen, B.-A.; Fetsch, A.; Hartung, J.; Rösler, U. (2013a): The occurrence of LA-MRSA in turkey and broiler barns and the contamination of air and soil surfaces in their vicinity. Appl Environ Microbiol. 79, pp. 2759–66
- Friese, A., Schulz, J., Laube, H.; von Salviati, C.; Hartung, Jörg; Rösler, Uwe (2013b): Faecal occurrence and emissions of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (laMRSA) and ESBL/AmpC-producing *E. coli* from animal farms in Germany. Berl Münch Tierärztl Wochenschr. 126, S. 175–180

Der Modulstall mit Erdwärmetauscher: Zuluftkonditionierung mittels alternativen Gebäude- und Lüftungskonzeptes für zwangsbelüftete Tierställe

Modular house with geothermal heat exchanger: Supply air conditioning by an alternative building and ventilation concept for forced ventilated livestock buildings

MANUEL STEPHAN KROMMWEH¹, PETER RÖSMANN², WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn

² AGRAVIS Futtermittel GmbH, Industrieweg 110, 48155 Münster

Schlüsselwörter: Modulstall, Erdwärmetauscher, Zuluftkonditionierung, Stallklima

Keywords: modular house, geothermal heat exchanger, supply air conditioning, barn climate

Zusammenfassung

Mit steigenden Energiepreisen werden Erdwärmetauscher (EWT) zunehmend auch für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung interessant. Neben dem klassischen EWT mit im Erdboden verlegten Rohren ist mit dem Modulstallsystem ein neuer Typ EWT in Erscheinung getreten, bei dem das gesamte Gebäude auf ein Streifenfundament aufgesetzt ist. Die Frischluft wird durch einen Hohlraum unterhalb des Gebäudes geführt. Danach gelangt sie durch einen vertikalen Schacht in den Dachraum und von dort in die Tierabteile.

Das Institut für Landtechnik der Universität Bonn hat in einer Langzeitstudie solch einen Modulstall mit EWT in der Schweinemast untersucht. Ziel war die Quantifizierung der Heiz- und Kühlleistung dieses speziellen Zuluftsystems und die Auswirkungen auf das Stallklima.

Summary

Because of rising energy prices there is an increasing interest in the use of geothermal heat exchangers (GHE) in agricultural livestock farming. Beside the classical GHE with in soil buried tubes a new type of GHE has appeared with the modular house system in which the entire building is constructed in modular form on strip foundations. Fresh air is led through a cavity below the building. Then, it is channeled through a vertical shaft into the under-roof area from where it reaches the animal sections.

In a long-term study, the Institute of Agricultural Engineering of the University Bonn has conducted such a modular house with GHE for feeding pigs. The aim was to quantify the heating and cooling performance of this special supply air conduction and the impact on the barn climate.

1 Einleitung

In den letzten Jahren haben energetische Aspekte auch in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung enorm an Bedeutung gewonnen. Zurückzuführen ist dies vor allem auf die global knapper werdenden Reserven fossiler Energieträger und die tendenziell ansteigenden Energiepreise. Zunehmend werden verschiedene Maßnahmen zur effizienten Energie- und Heizkosteneinsparung getroffen. Dazu gehört neben dem Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen auch die Nutzung regenerativer Energien.

Bei zwangsbelüfteten, wärmegeprägten Stallgebäuden werden im Winter zwischen 70–90 % der Wärmeverluste durch die Lüftung verursacht (LINDLEY und WHITAKER 1996). Zur Minimierung dieser Wärmeverluste durch die Abluft und den damit einhergehenden Heizkosten können heutzutage z.B. Luft-Luft-Wärmetauscher eingesetzt werden (RÖSMANN und BÜSCHER 2010, RÖSMANN 2012).

Auf Seite der Zuluftführung kann Energie durch Nutzung von Erdwärme eingespart werden, wobei unterschiedliche Techniken wie Wärmepumpen und Erdwärmetauscher (EWT) zum Einsatz kommen (RÖSMANN 2012). Bereits vor mehreren Jahrzehnten wurden verschiedene EWT-Systeme untersucht (GOETSCH und MUEHLING 1983, TIEDEMANN 1991). Bei einem klassischen EWT wird die Zuluft mittels Unterdruckprinzip durch im Erdreich verlegte Rohre angesaugt, wobei die Rohre neben oder unterhalb des Stallgebäudes verlegt sein können (DLG 2008). In den Rohren wird die Zuluft – bedingt durch die spezifischen physikalischen Eigenschaften des Erdbodens – in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur angewärmt (Winter) oder abgekühlt (Sommer), indem Wärmeenergie vom Erdboden auf die Zuluft übertragen wird bzw. andersherum. Aus der Vorerwärmung der Zuluft im Winter ergaben sich Energieeinsparungen aufgrund verminderten Heizbedarfs durch stationäre Heizungsanlagen im Stall. Allerdings waren die EWT zu damaliger Zeit aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht unbedingt rentabel (VAN CAENEGEM und DEGLIN 1998), da die Investitionskosten recht hoch und die Energiepreise verhältnismäßig niedrig waren. Durch die steigenden Energiepreise sind EWT-Systeme aber wieder in den Fokus der Forschung beim landwirtschaftlichen Bauwesen gerückt.

Durch den Modulstall mit EWT „Opti-Klima“ der Firma ACO Funki GmbH ist vor einigen Jahren ein neues, DLG-geprüftes Stallkonzept in Erscheinung getreten (DLG 2005). Der Stall wird in modularer Aufbauweise auf ein Streifenfundament aufgesetzt. Die Zuluft wird durch einen Hohlraum unterhalb des Stalles in den Zentralgang und von dort in den Dachraum geführt, von wo aus sie in die Abteile strömt. Diesem EWT-System werden von der DLG positive Effekte auf die Zuluftbedingungen attestiert. Tageszeitliche Temperaturschwankungen werden deutlich abgeschwächt. Im Winter wird die Zuluft bis zu 16 K angewärmt, im Sommer bis zu 8,5 K abgekühlt. Insgesamt entsteht ein konstanteres Stallklima, welches sich positiv auf die Tiergesundheit auswirkt. Diese Aussagen werden durch eine eintägige Untersuchung eines ähnlichen Modulstalles unter Winterbedingungen durch BÜSCHER et al. (2007) gestützt.

Das Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn hat einen ähnlich konzipierten Modulstall der Firma ACO Modulfarm GmbH im Kreis Warendorf bezüglich seines energetischen Leistungspotenzials in einer Langzeitstudie untersucht. Aus der ganzjährigen Untersuchung sollte abgeleitet werden, wie viel Energie durch den Modulstall eingespart und welche Menge fossiler Energieträger somit substituiert werden kann.

2 Material und Methode

Bei dem untersuchten Stallgebäude handelt es sich um einen Modulstall der Firma ACO Modulfarm GmbH, der für 1280 Mastschweine ausgelegt ist (L 49,8 m x B 26,9 m; Großgruppenhaltung auf Vollspaltenboden; 4 Abteile mit je 8 Buchten; Flüssig-Sensor-Fütterung). Er ist längsseitig nach Süden und somit giebelseitig zur Hauptwindrichtung ausgerichtet. In modularer Aufbauweise ist das gesamte zwangsbelüftete und wärmegeämmte Stallgebäude auf ein Streifenfundament aufgesetzt (Abb. 1).

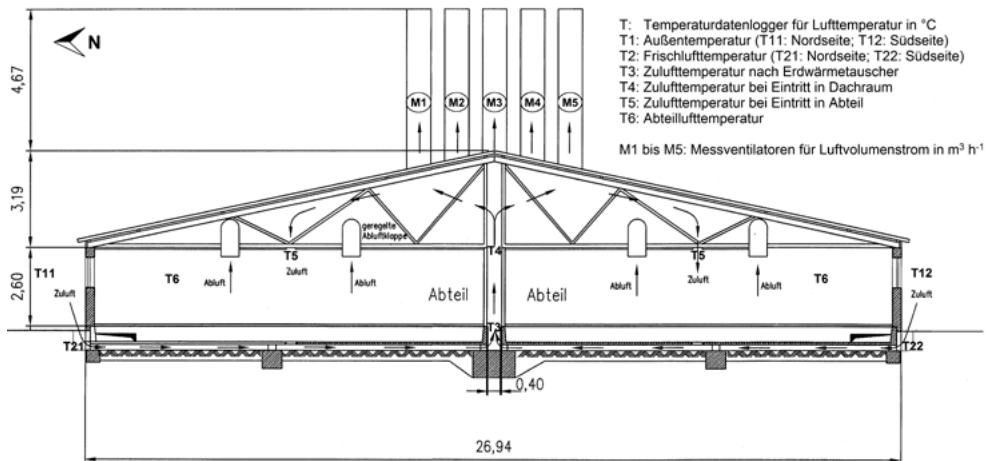


Abb. 1: Zuluftführung des Modulstalles und Kennzeichnung der Positionierung von Messventilatoren und Temperaturdatenloggern (ACO MODULFARM 2006, verändert)

Fig. 1: Supply air conduction and marking of the positioning of measuring fans and data loggers for temperature (ACO MODULFARM 2006, modified)

Die Zuluftführung erfolgt mittels Unterdruckprinzip und ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Die Frischluft wird nicht wie beim klassischen EWT durch im Erdboden verlegte Rohre geführt, sondern seitlich des Stalles angesaugt und durch einen 20 cm hohen Hohlraum zwischen Erdboden (nivelliert) und Unterkante der Flüssigmistwannen entlanggeführt. Dieser Hohlraum fungiert als EWT. Durch diesen hindurch wird die Luft zu einem vertikalen Schacht geführt, der sich in der Stallmitte befindet. Er erstreckt sich über die gesamte Länge des Gebäudes und leitet die Zuluft in den Dachraum. Von dort aus gelangt sie über Schlitzkanäle mit Regelklappen, die oberhalb der Versorgungsgänge angeordnet sind, in die einzelnen Stallabteile. Bei der Abluftführung handelt es sich um eine zentrale Oberflurabsaugung. In den fünf Abluftkaminen werden Sichelblattventilatoren verwendet, die in Gruppe geschaltet werden.

Der Stall wird grundsätzlich nicht geheizt und verfügt über keine stationäre Heiztechnik. Allerdings kann die Wärmeabgabe der Tiere zu Beginn einer Mastperiode unzureichend sein, sodass eine externe Wärmequelle erforderlich wird. In diesem Falle wurde in den ersten zwei bis vier Tagen nach Einstellung der Tiere in jedem Abteil mit einer 30-kW-Gaskanone zusätzlich geheizt.

In dieser Langzeitstudie (August 2010 bis Juli 2011) wurden kontinuierlich folgende Parameter erfasst:

- Luftvolumenstrom mittels im Abluftkamin saugseitig installierter und kalibrierter Messventilatoren der Firma REVENTA® GmbH & Co. KG (Abb. 1), die mit ALMEMO®-Datenloggern der Firma AHLBORN Mess- und Regeltechnik GmbH gekoppelt waren. Messintervall: 10 Minuten.
- Temperaturen der Außen-, Zu- und Abluft mittels Temperaturdatenlogger des Typs Testo 175 T1 der Firma Testo AG (Abb. 1). Messintervall: 10 Minuten.
- Stromverbrauch der Abluftventilatoren mittels handelsüblichem Drehstromzähler.
- Flüssiggasverbrauch der Heizkanonen mittels handelsüblichem Flüssiggaszähler.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung zeigte deutlich, dass sich die Zuluftführung des Modulstalles positiv auf das Stallklima auswirkt. Starke Schwankungen der Außentemperatur wurden abgefangen (Amplitudendämpfung). Der maximale Anwärmeffekt wurde mit 16 K bei einer Außentemperatur von -9 °C gemessen, der höchste Kühleffekt betrug 17 K bei einer Außentemperatur von 42 °C .

Durch den EWT und die Zuluftführung des Modulstalles wurde die Zuluft in Abhängigkeit der Außentemperatur angewärmt oder abgekühlt. Der Zusammenhang zwischen Leistung des Systems und Außentemperatur wird wie folgt beschrieben: Je höher die Außentemperatur, desto geringer die Heizleistung und umso höher die Kühlleistung. Bei niedrigen Außentemperaturen verhält es sich umgekehrt (Abb. 2).

Die kontinuierliche Erfassung der oben beschriebenen Messparameter ermöglichte erstmalig eine zuverlässigere Berechnung der Leistung (\dot{Q}) des Systems. Bei einer

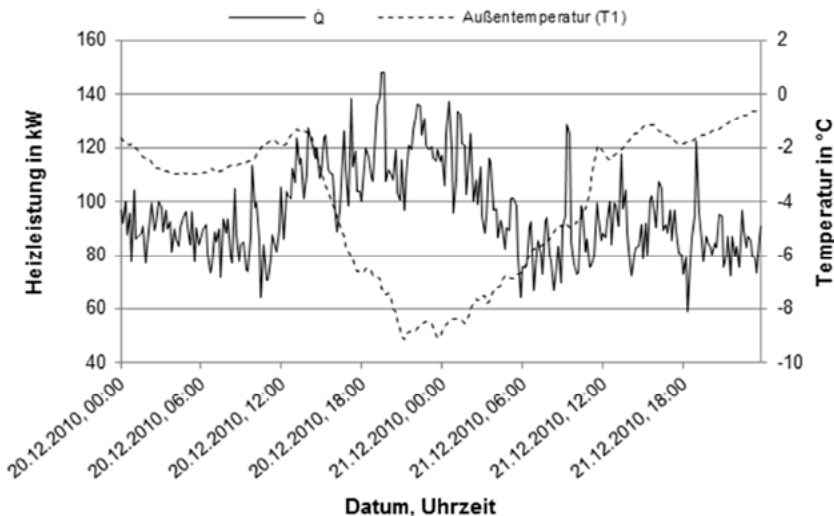


Abb. 2: Heizleistung im Winter in Abhängigkeit der Außentemperatur (20./21. Dezember 2010)
Fig. 2: Heating performance in winter dependent on outside temperature (20th/21st December 2010)

Gesamtbetrachtung aller Messdaten des einjährigen Untersuchungszeitraumes ergibt sich eine mittlere Leistung von 56 kW ($\sigma = 34$ kW; $\bar{x} = 61$ kW). Die höchste Heizleistung betrug 175 kW, die höchste Kühlleistung 174 kW. Auch wenn im Sommer deutliche Kühleffekte zu beobachten waren, zeigen diese Mittelwerte unverkennbar, dass an diesem Standort die Zuluft insgesamt weitaus mehr erwärmt als abgekühlt worden ist.

Die durch die spezifische Zuluftführung des Modulstalles aufgebrachte Wärmeenergie beträgt allein im Winter (Dezember bis Februar) effektiv etwa 172 000 kWh. Das entspricht einem Heizöläquivalent von etwa 17 200 Litern. Somit konnten eine beachtliche Menge fossiler Energieträger substituiert, dementsprechend Kosten eingespart und CO₂-Emissionen reduziert werden. Die Kühlenergie des EWTs im Sommer beläuft sich auf kalkulatorische 9 000 kWh.

Die durchschnittliche Abteilterperatur im Jahresverlauf lag bei 26 °C und zeigt, dass durch den Modulstall wesentlich mehr Wärme bereitgestellt worden ist, als für Mastschweine nach DIN 18910-1 (2004) erforderlich gewesen wäre (in Abhängigkeit vom Gewicht 14 °C bis 22 °C). Der Einsatz dieses Modulstalles in der wärmeintensiven Ferkelerzeugung und -aufzucht wird vermutlich rentabler sein.

Der Stromverbrauch durch die Lüftungsanlage liegt mit etwa 8 kWh/(MP · a) um 46 % niedriger als in vergleichbaren konventionellen Ställen. Der Gasverbrauch ist mit etwa 0,9 kWh/(MP · a) vernachlässigbar gering. Die Investitionskosten des Modulstalles liegen mit 480 €/MP um etwa 70 €/MP höher als bei vergleichbaren konventionellen Stallgebäuden.

4 Fazit und Ausblick

Der Modulstall stellt für die Tierproduktion eine Möglichkeit des energieeffizienten Wirtschaftens dar. Fossile Energieträger können eingespart und Emissionen reduziert werden. Für den Tierbestand ist der Einsatz dieses Typs EWT vorteilhaft, weil durch die Anwärmung der Frischluft häufig die nach DIN 18910-1 (2004) geforderte Mindestluft-rate im Winter gesteigert und dadurch die Luftqualität im Tierstall verbessert werden kann. Im Sommer wird die Zuluft zeitweise gekühlt, was der Gefahr des Hitzestresses entgegenwirkt, womit in besonderer Weise den gesetzlichen Anforderungen des Tier-schutzes gemäß § 22 Absatz 2 Punkt 4 TierSchNutzV (2009) Rechnung getragen wird. Tiergesundheit und -leistungen werden durch das verbesserte Stallklima gefördert.

Den beschriebenen positiven Eigenschaften stehen allerdings bedeutend höhere Investitionen gegenüber.

Es besteht weiterer Forschungsbedarf zur Maximierung der Effizienz des Modulstalles. Ein Ansatz könnte die Vergrößerung des Tauschervolumens durch Vergrößerung des Abstandes zwischen Erdboden und Flüssigmistwanne sein.

Literatur

- ACO Modulfarm (2006): Bauplan des untersuchten Stallgebäudes der Firma ACO Modulfarm GmbH, Rendsburg
- Büscher, W.; Nannen, C.; Schneider, T. (2007): Wärmetechnische Zusammenhänge in einem Modulstall. *Landtechnik* 62(5), S. 340-341
- DIN 18910-1 (2004): Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe. Hg. Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
- DLG (2005): DLG-Prüfbericht 5520F. Erdwärmetauscher „Opti-Klima“. Hg. DLG, Frankfurt am Main. <http://www.dlg-test.de/pbdocs/5520F.pdf>, Zugriff am 26.03.2013
- DLG (2008): Kühlung von Schweineställen. DLG-Merkblatt 346. Hg. DLG, Frankfurt am Main
- Goetsch, W.D.; Muehling, A.J. (1983): Evaluation of earth-tube heat exchangers as air tempering systems for swine farrow-nursery housing. ASAE-Paper No. 83-4073. Ed. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI
- Lindley, J.A.; Whitaker, J.H. (1996): *Agricultural Buildings and Structures*. Ed. Society for engineering in agricultural, food, and biological systems, St. Joseph, MI, pp. 347-356
- Rösmann, P. (2012): Einsatz von regenerativen Energiequellen zum Heizen und Kühlen von zwangsbelüfteten Tierställen. Dissertation. Institut für Landtechnik, Universität Bonn. Selbstverlag, Bonn, VDI-MEG-Schrift 509
- Rösmann, P.; Büscher W. (2010): Untersuchung eines Luft-Luft-Wärmetauschers unter Praxisbedingungen. *Landtechnik* 65(6), S. 418-420
- Tiedemann, H. (1991): Erdwärmetauscher für Schweineställe. *KTBL-Schrift* 340. Hg. KTBL, Darmstadt
- TierSchNutzV (2009): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung – TierSchNutzV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3223) geändert worden ist
- Van Caenegem, L.; Deglin, D. (1998): Erdwärmetauscher für Mastschweineställe. In: *Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT)*, Heft 48, Tänikon, CH

Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft

Manual for the assessment of farm noise

MICHAEL KROPSCH¹, CHRISTOPH LECHNER², ELFRIEDE OFNER-SCHRÖCK¹

¹ Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 8952 Irdning, Österreich

² Amt der Tiroler Landesregierung, 6020 Innsbruck, Österreich

Schlüsselwörter: Landwirtschaft, Nutztiere, Lärm, Immission, Emission

Keywords: farming, animal husbandry, noise, immission, emission

Zusammenfassung

Tierhaltende Betriebe geraten als potenzielle Emittenten von Geräuschen und Lärm in den letzten Jahren zunehmend in das Blickfeld des öffentlichen Interesses. Dies betrifft zum einen den Bereich der Nutztierhaltung und zum anderen technische Anlagen in Stallungen und den landwirtschaftlichen Verkehr. Eines der wesentlichen Ziele des hier vorgestellten Projektes war, neben der Sammlung von Lärmemissionsdaten aus den Bereichen des landwirtschaftlichen Verkehrs und dem Sektor der Stalltechnik, die Ermittlung von Lärmemissionsdaten von Nutztieren.

Der in Zusammenarbeit mit dem Forum Schall entwickelte Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft stellt fundierte und umfassende Grundlagen für schalltechnische Beurteilungen von landwirtschaftlichen Betrieben dar. Die Publikation kann kostenfrei über die Homepage des österreichischen Umweltbundesamtes heruntergeladen werden (Umweltbundesamt 2013).

Summary

Farms are increasingly focused as potential sources of sound and noise. Not only livestock husbandry is involved but also technical equipment and traffic related to agriculture. One essential aim of the project was – apart from collecting sound emission data related to agricultural traffic and rural technical equipment – to generate noise emission data from livestock husbandry.

In cooperation with the Forum Schall a Manual for the assessment of farm noise was drawn up. It represents a solid and wide base for acoustical assessments of farms. The guideline can be downloaded free of charge from the homepage of the Austrian Federal Environment Agency (Umweltbundesamt 2013).

1 Einleitung

In diesem Beitrag wird, unter Verweis auf den Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft (UMWELTBUNDESAMT 2013), auf die Darlegung detaillierter Ergebnisse und Berechnungsansätze verzichtet. Vielmehr soll hier ein Blick auf die Projektarbeiten gerichtet und die Basisarbeiten zur Datengenerierung näher beleuchtet werden. Die nachfolgenden Informationen stammen zu einem Großteil aus dem Projektabschlussbericht (KROPSCH 2012); mit der Veröffentlichung im Tagungsband der BTU 2013 sollen die wesentlichen Inhalte einer breiteren interessierten Fachöffentlichkeit zur Kenntnis gebracht werden.

2 Zielsetzung

Das Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein entwickelte, gemeinsam mit der Abteilung V/5 des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und dem Forum Schall einen Leitfaden für den Umgang mit Lärmemissionen und Lärmimmissionen aus der Landwirtschaft. Eine Hauptaufgabe des Projektes war die Datenlage zu landwirtschaftlichen Lärmemitteln und zu deren Emissionshöhen zu erweitern – mit Fokus auf die Nutztierhaltung.

3 Material und Methoden

Die Erfassung der Emissionsdaten aus dem landwirtschaftlichen Verkehr, von Maschinen und Technik und von Nutztieren erfolgte mit einem Echtzeitschallanalysator eines norwegischen Herstellers. Dieses Fabrikat besitzt einen dynamischen Messbereich von 10–140 dB, einen integrierten Frequenzanalysator von 0,4–20000 Hz und bietet die Möglichkeit zur direkten Schallaufzeichnung im WAVE-Format. Zur Auswertung der Geräuschmessungen wurde die Software NorReview (Norsonic AS, Tranby, Norwegen) und für die Emissionsmodellierung CadnaA® (DataKustik GmbH, Greifenberg, Deutschland), ein leistungsstarkes Programm zur Berechnung von Lärmimmissionen, eingesetzt.

3.1 Landwirtschaftliche Kraftfahrzeuge

Bei einer großen Messkampagne im Juni 2010 wurden auf dem Gelände des LFZ Raumberg-Gumpenstein schalltechnische Emissionsdaten von landwirtschaftlichen Kraftfahrzeugen erhoben. Während eines simulierten Arbeitsvorganges und einer standardisierten Vorbeifahrt wurden insgesamt zwei Hoflader und 14 Traktoren mit unterschiedlichen Baujahren (1976–2009) und Nennleistungsspektren (25 kW–101 kW) messtechnisch erfasst.

Die Messung der Arbeitsvorgänge erfolgte gemäß ÖNORM EN ISO 3746 und die Vorbeifahrtmessungen in Anlehnung an die EU-RL 2009/63/EG. Für die erforderlichen schalltechnischen Berechnungen wurden der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$) und der Schallexpositionspegel (SEL) in Terzbändern ermittelt.

Aus diesen Parametern lassen sich die für Ausbreitungsrechnungen relevanten Schallkenndaten von Kraftfahrzeugen, der A-bewertete Schallleistungspegel ($L_{w,A}$) und der A-bewertete längenbezogene Schallleistungspegel (L_{wA}), berechnen.

3.2 Maschinen und Technik

Im Rahmen der Entwicklung des Praxisleitfadens wurde versucht, jene Gerätschaften oder Arbeitsvorgänge messtechnisch zu erfassen, die in der landwirtschaftlichen Praxis häufig eingesetzt werden. Exemplarisch wurden die A-bewerteten Schallleistungspegel folgender Maschinen bzw. Tätigkeiten ermittelt:

Tab. 1: Emissionstechnisch erfasste Maschinen und Arbeitsvorgänge

Tab. 1: *Machines and work processes with detected emission levels*

	Maschine bzw. Arbeitsvorgang Machine or operation		Maschine bzw. Arbeitsvorgang Machine or operation
1	Melkstand – Vakuumpumpe (Rinder, Schafe, Ziegen)	9	Fütterungsanlage Schweine (inkl. Gebläse)
2	Melkstand – Pulsator (Rinder, Schafe, Ziegen)	10	Futtermischwagen
3	Milchkühlanlage	11	Elevator
4	Getreidequetsche	12	Güllemixen – Standbetrieb Traktor
5	Ganzkornmühle	13	Tauchmotorrührwerk (Lagerstätte geschlossen)
6	Gebläsemühle	14	Tauchmotorrührwerk (Lagerstätte offen)
7	Maismühle	15	Dickstoffgülpumpe
8	Mischanlage	16	Güllefass – Vakuumpumpe

Für Maschinen und Geräte die im Gebäudeinneren zur Anwendung kommen, wurden die Innenpegel (Schalldruckpegel) in den Standorträumen während eines abgeschlossenen Betriebszyklus in Form des A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegels ($L_{A,eq}$) an mehreren Messpunkten ermittelt. Auf Basis des Innenpegels und der schalltechnischen Eigenschaften eines Raumes, charakterisiert durch seine Gesamtoberfläche (Boden, Decke, Wände), der Oberflächenbeschaffenheit der Begrenzungsflächen sowie der Art der Einrichtung kann der A-bewertete Schallleistungspegel ($L_{w,A}$) der Maschine bzw. des Gerätes berechnet werden. Für Maschinen, die vorwiegend im Freien zum Einsatz kommen, erfolgte die Erhebung der Emissionsdaten gemäß ÖNORM EN ISO 3746 am jeweiligen Einsatzort.

3.3 Nutztiere

In 105 Stallungen praxisrelevanter Nutztierarten wurden rund 430 Einzelmessungen plus ergänzender schalltechnischer Befundaufnahmen durchgeführt.

In der Nutztierhaltung lassen sich – aus schalltechnischer Sicht – Phasen höherer Emissionsintensität (Lautstärke und Dauer) von solchen geringerer unterscheiden. Tierische Schallemissionen mit hohem Lautstärkepegel treten in erster Linie in „emotionalen Phasen“ auf (bspw. Fütterung). Davon können deutlich die „normalen Stallphasen“ unterschieden werden – zeitlich betrachtet spielen diese die Hauptrolle.

In Mehrfachmessungen wurde der Stallinnenpegel in Form des energieäquivalenten Dauerschallpegels ($L_{A,eq}$) ermittelt und die Tierlaute als WAVE-Dateien aufgezeichnet.

Um die weiterführenden schalltechnischen Berechnungen durchführen zu können, schlossen an die Schallpegelmessungen jeweils eine Vermessung der Raumbegrenzungsflächen (Boden, Decke, Wände), die Erfassung der Anzahl der Tiere im Stall sowie eine Abschätzung des mittleren Schallabsorptionsgrades α an.

4 Ergebnisse

4.1 Landwirtschaftliche Kraftfahrzeuge

Die ermittelten Fahrzeugemissionen im Arbeitseinsatz und bei Vorbeifahrten liegen für sämtliche Messobjekte (2 Hoflader und 14 Traktoren) mit einer hohen Genauigkeit (Standardabweichung $\sigma = 2$ dB) bei einem Schalleistungspegel von $L_{w,A} = 99$ dB bzw. bei einem längenbezogenen Schalleistungspegel für eine Fahrbewegung pro Stunde von $L_{w,A}^{\prime}, 1\text{ h} = 62$ dB. Auf Basis dieser Erkenntnisse können, ohne genaue Kenntnis der in der Praxis zum Einsatz kommenden landwirtschaftlichen Fahrzeuge (Hersteller, Typ, Baujahr, Nennleistung), ausreichend genaue Immissionsberechnungen in Emissionsmodellen erstellt werden.

4.2 Maschinen und Technik

Mit den ermittelten Rauminnenpegeln und den jeweiligen schalltechnischen Eigenschaften des Erhebungsraumes wurden die A-bewerteten Schalleistungspegel ($L_{w,A}$) der erfassten Maschinen und Arbeitsvorgänge berechnet.

Stehen seitens der Hersteller von landwirtschaftlichen Gerätschaften keine detaillierten Angaben zu Schallemissionen zur Verfügung, dienen die im Praxisleitfaden dargelegten exemplarischen Schalleistungspegel als Basis für Ausbreitungsrechnungen.

4.3 Nutztiere

Die Ermittlung und die Zurverfügungstellung der Geräuschemissionsdaten für Prognosemodelle stellen ein absolutes Novum dar. Unter Miteinbeziehung der jeweiligen tier-spezifischen Ethologie konnten durch die Verschränkung der messtechnisch erhobenen „normalen“ und „emotionalen“ Stallphasen gewichtete Emissionsansätze (Verhältnis von „normalen“ zu „emotionalen“ Phasen) für untenstehende Nutztiergruppen bzw. Nutzungsrichtungen generiert werden:

Tab. 2: Nutztiere mit schalltechnischen Emissionsdaten im Praxisleitfaden
 Tab. 2: Farm animals with available emission data in the Manual

	Nutztiergruppe Livestock group	Nutzungsrichtung Branch	Teilbereich Section
1	Rinder	Milchviehhaltung	
2		Mutterkuhhaltung	
3		Rindermast	
4	Schweine	Mast	
5		Zucht	
6	Hühner	Legehennen	
7		Masthühner	
8	Puten	Mast	
9	Gänse	Mast	
10	Pferde	Sport- und Freizeitpferde	
11			Deckstation
12		Zucht	Zuchtbetrieb
13			Jungpferdeaufzucht
14	Schafe	Milchschafe	
15		Fleischschafe	
16	Ziegen	Milchziegen	
17		Fleischziegen	

Als Ergänzung dazu stellt der Leitfaden im Anhang fundierte Hintergrundinformationen zur Ethologie der behandelten Nutztierarten zur Verfügung. Dem häufig nicht landwirtschaftskundigen schalltechnischen Sachverständigen bietet diese kompakte Zusammenstellung die Möglichkeit, die Entstehung, das Ausmaß und die Dauer von Geräuschentwicklungen im Rahmen der Nutztierhaltung schlüssig nachzuvollziehen und gutachterlich Rechnung zu tragen.

Mit dem Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft steht erstmals eine fundierte Beurteilungsgrundlage zur Verfügung, welche es ermöglicht, detaillierte und die Besonderheiten der Tierhaltung berücksichtigende Prognoserechnungen durchzuführen und verlässliche Angaben zu Schallimmissionen aus der Nutztierhaltung zu machen.

5 Diskussion

Der hier vorgestellte Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft beschränkt sich als Beurteilungsgrundlage auf die schall- und lärmtechnische Behandlung von landwirtschaftlichen Betrieben (mit Nutztierhaltung) unter der Voraussetzung guter landwirtschaftlicher Praxis. Arbeitstätigkeiten außerhalb der Hofstellen (bspw. auf Äckern und Feldern) unterliegen nicht der gegenständlichen Betrachtung und entziehen sich aus diesem Grunde einer Beurteilung durch den Leitfaden.

Ursprünglich war angedacht, auch die Nutztierhaltung auf Freiflächen in den Leitfaden mitaufzunehmen. Im Laufe der Projekterhebungen trat jedoch klar zu Tage, dass Nutztiere bei Freilandhaltung andere Verhaltensweisen zeigen (im Vergleich zur Stallhaltung). Die ausschließlich in Stallräumen ermittelten Emissionswerte können somit nicht ohne Weiteres auf die Freilandhaltung (bspw. bei Hühnern) übertragen werden. Für die Miteinbeziehung dieser Quellen in die Emissionsmodellierung fehlen somit bis dato die Grundlagen. Der Klärung dieser Frage soll in einem angedachten Folgeprojekt nachgegangen werden.

Literatur

Kropsch, M. (2012): Abschlussbericht Lärmmessung. Projekt Nr. 100483/1. Leitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft. LFZ Raumberg-Gumpenstein

Umweltbundesamt (2013): Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft.

http://www.umweltbundesamt.at/publikationen/publikationsliste/?pub_category_id=17

Simulation der Luftströmung in einem Mastschweinestall mit Unterflurzuluftführung

Simulation of airflow in a pig feeding house with underfloor air supply

FELIX ADRION¹, JOACHIM THREM¹, EVA GALLMANN¹, WILHELM PFLANZ²,
THOMAS JUNGBLUTH¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, 70593 Stuttgart

² Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg - Schweinehaltung, Schweinezucht - (Landesanstalt für Schweinezucht - LSZ), 97944 Boxberg-Windischbuch

Schlüsselwörter: Strömungssimulation, Unterflurzuluft, Mastschweine
Keywords: computational fluid dynamics, underfloor air inlet, feeding pigs

Zusammenfassung

Für die Bewertung von Zuluftführungen in Mastschweineställen ist die Kenntnis der Luftströmungen im Stallabteil von besonderer Bedeutung. Ergänzend zu Stallklimamessungen wurden Strömungssimulationen für ein Schweinemastabteil mit Unterflurzuluftführung an der Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) in Boxberg durchgeführt. Ziel der Simulationen war es, einen vertieften Einblick in das Strömungsgeschehen des Stallabteils zu gewinnen. In diesem Beitrag werden die Simulationen einer typischen Sommer- und Wintersituation bei sehr unterschiedlichen Luftvolumenströmen betrachtet. Die Simulationsergebnisse zeigen das vor allem bei hohen Luftraten vorhandene Optimierungspotenzial des Lüftungssystems.

Summary

For the assessment of different air supply systems in pig feeding houses knowledge of the airflow pattern in the barn is of major importance. In addition to indoor climate measurements at the Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) in Boxberg computational fluid dynamics (CFD) studies were conducted in a pig feeding compartment with underfloor air supply. Aim of the CFD simulations was to get a deeper insight into the airflow pattern of the compartment. This article focuses on simulations under typical summer and winter ventilation conditions with majorly different volume flows. Simulation results reveal potential for optimization of the ventilation system especially at high ventilation rates.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Luftströmung in Stallgebäuden lässt sich messtechnisch nur unter sehr großem Aufwand detailliert abbilden. Eine dreidimensionale Modellierung der Strömungsvorgänge mithilfe numerischer Simulationen kann deshalb eine sinnvolle Ergänzung der Messungen darstellen. Begünstigt durch höhere verfügbare Rechnerleistungen und verbesserte Löser wird dieses Verfahren immer häufiger auch zur Gebäudesimulation in der agrartechnischen Forschung angewendet (NORTON et al. 2007, BJERG et al. 2008, KRAUSE et al. 2009, SE0 et al. 2012).

An der Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) in Boxberg wurden über zwei Jahre Stallklimamessungen zum Vergleich verschiedener Zuluftführungs- und Kühlungssysteme in vier Schweinemastabteilen vorgenommen (THREM et al. 2011). Ergänzend zu den Messungen wurden Strömungssimulationen in den Stallabteilen durchgeführt (ADRION et al. 2013). Hierbei wurde nicht die exakte Wiedergabe der Strömung in den Versuchszeiträumen angestrebt, sondern die Darstellung typischer Strömungsmuster im jeweiligen Zuluftsystem. In diesem Beitrag sollen die verwendeten Stallmodelle, die Raumgitter und die Randbedingungen sowie ausgewählte Ergebnisse der Simulationen für die Sommer- und Wintersituation in einem Abteil mit Unterflurzuluftführung dargestellt werden.

2 Material und Methoden

Das betrachtete Abteil ist Teil des Versuchsstalles für konventionelle Schweinemast an der LSZ Boxberg. Das Abteil ist in sechs Buchten mit je 21 Tierplätzen unterteilt (Innenmaße 16,0 m auf 9,5 m; Deckenhöhe 3,0 m).

Es wurden vereinfachte Modelle des Stallabteils für die Simulation der Sommer- und Wintersituation erstellt, wobei jeweils nur das Fluidvolumen konstruiert wurde (Abb. 1).

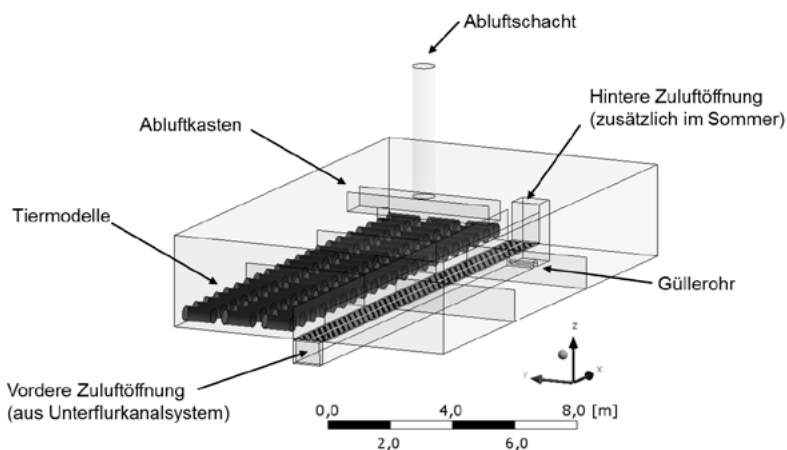


Abb. 1: Modell des Unterflurzuluftabteils für die Simulation der Sommersituation

Fig. 1: Model of the compartment with underfloor air inlet for simulation of summer ventilation

Der Güllekeller und der Spaltenboden in den Buchten wurden nicht berücksichtigt. Ebenso wurde das Unterflurkanalsystem, durch das die Zuluft vor dem Eintritt in das Abteil strömt, nicht in das Modell integriert. Der Spaltenboden im Zentralgang des Unterflurabteils wurde für die Simulationen stark vereinfacht.

Die Zuluft des Unterflurabteils strömt in der Wintersituation ausschließlich aus dem Unterflurkanalsystem in den Zuluftkanal unter dem Zentralgang des Abteiles. In der Sommersituation wird zusätzlich durch einen Schacht an der Rückseite des Abteiles Außenluft angesaugt. Dort wurde im Modell für die Sommersituation ein quer verlaufendes Güllerohr am Boden des Kanals mit 0,25 m Durchmesser an seiner realen Position eingesetzt. Im Modell für die Wintersituation wurde dieses vernachlässigt, ansonsten waren die Modelle identisch.

Aus dem Zuluftkanal steigt die Luft im weiteren Verlauf durch den Spaltenboden des Zentralganges auf und gelangt über die Buchtenwände in den Tierbereich. Die Abluft wird mit einem Ventilator im Abluftschacht über dem Zentralgang abgesaugt. Unter dem Abluftschacht ist ein Kasten angebracht, der einen Kurzschluss mit der aufwärts strömenden Zuluft verhindern soll. Als Tiermodelle wurden je Bucht 21 Zylinder gleichmäßig verteilt (BRUCE und CLARK 1979, BÜSCHER 1991).

Die Stallmodelle wurden für die Gittererstellung und die Strömungsberechnungen mit einer Symmetrieebene in der Mitte des Zentralganges halbiert. Aus diesem Grund ist im Ergebnisteil nur die in Abbildung 1 mit Tiermodellen ausgestattete linke Hälfte des Abteils dargestellt.

Als Grundlage für die Simulation von Winter- und Sommerbedingungen in den Abteilen wurden zwei zehnmündige Messintervalle mit je 20 Einzelmessungen ausgewählt (13.02.2011 00:55–01:05 Uhr und 04.07.2011 13:55–14:05 Uhr). Die Messpunkte befanden sich im Dachraum, im Unterflurkanal, im Abteil und im Abluftschacht sowie in der Außenluft. Die Messdaten dienten als Randbedingungen für Einlasstemperatur, Volumenstrom sowie Differenzdruck zwischen Abteil und Außenluft (Tab. 1) und als Vergleichswerte für die Ergebnisse der Simulationen. Anhand der Lebendgewichte an den Versuchstagen wurde die konvektive Wärmeabgabe der Schweine nach dem Modell von BRUCE und CLARK (1979) berechnet.

Tab. 1: Randbedingungen für die Simulation der Sommer- und Wintersituation
 Tab. 1: Boundary conditions for the simulation of summer and winter ventilation

Parameter Parameter	Einheit Unit	Sommersituation Summer ventilation	Wintersituation Winter ventilation
Luftvolumenstrom Ventilation rate	m ³ /h	9129	1990
Einlasstemperatur Unterflurkanal Inlet temperature under floor canal	°C	19,1	8,6
Einlasstemperatur außen Inlet temperature outside	°C	22,1	-
Wärmeleistung Tiermodell (konvektiv) Thermal output animal model (convective)	W/Zylinder	45,5	35,1
Differenzdruck Differential pressure	Pa	-17,5	-2,1

Zur Diskretisierung des Strömungsgebietes wurde in beiden Modellen ein Raumgitter aus Tetraedern erstellt (ca. 12 Millionen Zellen). Die Grenzschichtströmung wurde mit prismatischen Zellen aufgelöst. Die Strömungsberechnungen erfolgten mit der Software ANSYS Fluent unter Verwendung eines druckbasierten Löser und des SIMPLE-Algorithmus. Als Turbulenzmodell wurde das Realizable-k- ϵ -Modell gewählt (ADRION et al. 2013).

3 Ergebnisse

Strömungsgeschwindigkeit und Lufttemperatur im Unterflurzuluftabteil wurden in der Simulation der Sommersituation sehr stark durch die Zuluftströme beeinflusst. Die Luft von beiden Zuluftöffnungen traf sich hierbei hinter dem Abluftkasten (Abb. 2). Die kühlere Luft aus dem Unterflurssystem vermischte sich hauptsächlich im hinteren Bereich des Abteils mit der wärmeren Zuluft von außen. Des Weiteren wurde der vordere Bereich des Abteils sehr viel weniger durchlüftet als der hintere. In der Simulation betrug die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit im Tierbereich 0,21 m/s. Die Eintrittsgeschwindigkeit der Luft in den Unterflurkanal war 2,3 m/s an der vorderen Öffnung (Unterflurssystem) und 1,2 m/s an der hinteren (außen). Der Mittelwert der Temperatur im Tierbereich lag bei 22,4 °C.

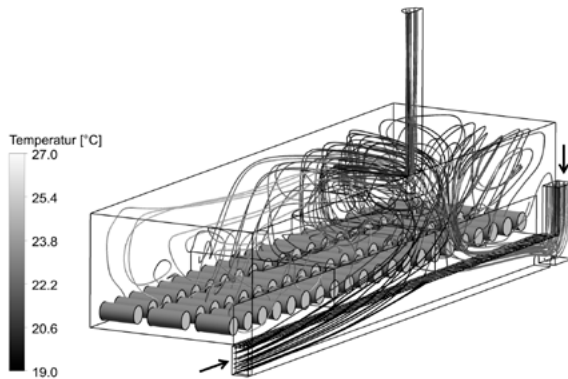


Abb. 2: Stromlinien und Lufttemperatur in der Sommersituation
 Fig. 2: Streamlines and air temperature at summer ventilation

Ein Vergleich der Simulationsergebnisse für die Strömungsgeschwindigkeit mit den Messdaten am Abteilsensor war für die Simulation der Sommersituation nur eingeschränkt möglich, da die Strömungsgeschwindigkeit im betrachteten Zeitraum unterhalb des Messbereichs des Sensors lag. Die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit im Tierbereich lag jedoch im Bereich der in ergänzenden Messungen mit einem Thermoanemometer ermittelten Werte. Nebelproben zeigten, dass der Treffpunkt der beiden Zuluftströme auch in der Realität bei hohen Luftraten hinter dem Abluftkasten lag. Somit entstand in der vorderen Bucht, wo der Abteilsensor angebracht war, eine Zone

mit geringem Luftwechsel, die in den Simulationen ebenfalls dargestellt wurde. Ein Vergleich der simulierten Lufttemperatur mit dem Messwert am Abteilsensor ergab eine Differenz von $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Im Gegensatz zur Sommersituation wird die Zuluft in der Wintersituation nur aus dem Unterflurkanal (vordere Zuluftöffnung) angesaugt. Die Simulation der Wintersituation ergab eine sehr geringe durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit im Tierbereich von $0,05\text{ m/s}$. In der Darstellung der Stromlinien in der Vorderansicht des Abteils ist das Strömungsbild dieses Lüftungssystems mit einer Erwärmung der Zuluft beim Aufsteigen im Zentralgang und anschließendem Abfallen in den Tierbereich erkennbar (Abb. 3).

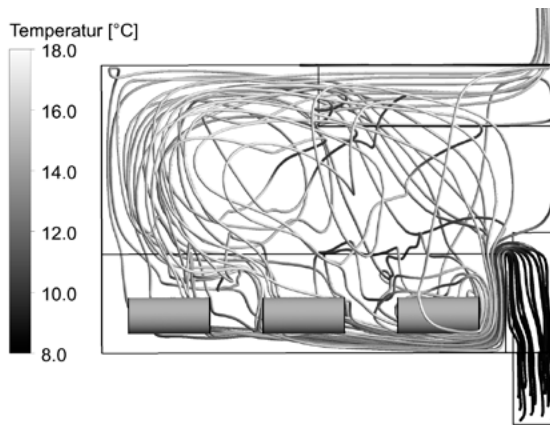


Abb. 3: Stromlinien und Lufttemperatur in der Wintersituation (Vorderansicht)
 Fig. 3: Streamlines and air temperature at winter ventilation (front view)

In der Wintersituation verdeutlichten Nebelproben im Abteil die gute Abbildung des Strömungsverlaufes durch die Simulation. Ein Schwachpunkt war jedoch wie auch in der Sommersituation die inkorrekte Abbildung der Lufttemperatur. Deren absolute Werte wurden unterschätzt ($-5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ Differenz der Simulation zum Abteilsensor), was sich auf die Vernachlässigung der Wärmestrahlung der Tiere zurückführen lässt. Jedoch wurde der Verlauf der Erwärmung der Luft auf dem Weg vom Zuluftkanal über die Buchtenabtrennungen im Zentralgang bis in den Tierbereich korrekt dargestellt. Ein Vergleich der Simulationsergebnisse für die Luftgeschwindigkeit mit den Messdaten des Abteilsensors war wie in der Sommersituation aufgrund zu geringer Luftgeschwindigkeit am Sensor nicht möglich.

4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass mithilfe von numerischen Simulationen ein vertiefter Einblick in die Strömungsvorgänge in Ställen erhalten und Optimierungspotenziale dargestellt werden können. Generelle Aussagen über das Strömungsbild der betrachteten Zuluftführungsvarianten sind mit den vorhandenen Mitteln möglich.

Für detailliertere Aussagen zu den Strömungsbedingungen an definierten Punkten im Stallraum wäre jedoch eine exakte Validierung der Simulationsergebnisse unbedingt notwendig.

Für die Unterflurzuluftführung in dem betrachteten Abteil ergeben sich einige Optimierungsmöglichkeiten aus den Simulationsergebnissen. Durch das Ansaugen ungekühlter Außenluft an der hinteren Zuluftöffnung bei hohen Volumenströmen wird eine ungleiche Temperaturverteilung im Abteil in Kauf genommen. Ein zweiter Unterflurkanal wäre hier vorzuziehen. Des Weiteren wurde deutlich, dass Strömungshindernisse im Unterflurkanal (Güllerohr) die Strömung im Abteil stark beeinflussen. Folglich wäre eine Beeinflussung der Strömung mit Leitblechen im Unterflurkanal zur besseren Durchlüftung aller Abteilmereiche anzustreben.

Literatur

- Adrion, F.; Threm, J.; Gallmann, E., Pflanz, W.; Jungbluth, T. (2013): Simulation der Luftströmung in Mastschweineeställen mit unterschiedlicher Zuluftführung. *Landtechnik* 68(2), S. 89–94
- Bjerg, B. S.; Zhang, G.; Kai, P.; Kai, P. (2008): CFD investigation of a partly pit ventilation system as method to reduce ammonia emission from pig production units. ASABE Publication Number 701P0408, pp. 57–62
- Bruce, J. M.; Clark, J. J. (1979): Models of heat production and critical temperature for growing pigs. *Animal Production* 28(3), pp. 353–369
- Büscher, W. (1991): Experimentelle Untersuchungen zur Luftführung in Stallanlagen. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- Krause, K. H.; Linke, S.; Müller, H. J.; Mußlick, M. (2009): Simulationen weisen der Luft den Weg – die intelligente Stalllüftung. *Landtechnik* 64(1), S. 54–56
- Norton, T.; Sun, D. W.; Grant, J.; Fallon, R.; Dodd, V. (2007): Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the modelling and design of ventilation systems in the agricultural industry: A review. *Bioresource technology* 98(12), pp. 2386–2414
- Seo, I. H.; Lee, I. B.; Moon, O. K.; Hong, S. W.; Hwang, H. S.; Bitog, J. P.; Kwon, K. S.; Ye, Z.; Lee, J. W. (2012): Modelling of internal environmental conditions in a full-scale commercial pig house containing animals. *Biosystems Engineering* 111(1), pp. 91–106
- Threm, J.; Gallmann, E.; Pflanz, W.; Jungbluth, T. (2011): Vergleich von Zuluftführungs- und Kühlungssystemen in der Schweinemast. *Landtechnik* 66(5), S. 349–353

Förderungshinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), FKZ 2808HS042.

Generierung partikulärer Emissionen aus Bodensubstraten für Reithallen

Generation of airborne particles from different types of substrates for riding halls

FELIX GARLIPP, SABRINA REEDER, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Staubpartikel, Reithallenböden, Zuschlagstoffe
 Keywords: airborne particles, riding hall footings, aggregates

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, die Schwebstaubgenerierung (PM_{20} , PM_{10} , $PM_{2,5}$) dreier unterschiedlicher Reithallenböden in Abhängigkeit vom Zuschlagstoff (ZS), Alter und Feuchtegehalt unter standardisierten Laborbedingungen zu analysieren. Insgesamt hatten alle Faktoren einen hochsignifikanten ($P < 0.0001$) Einfluss auf die mittlere Schwebstaubgenerierung (C_{mean}) aller Partikelfractionen. In Abhängigkeit vom Faktor „Zuschlagstoff“ wies der Boden ohne ZS die signifikant niedrigste ($P < 0.0001$) C_{mean} (PM_{10}) von $57.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Vergleich zu $13725.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vlies) und $1912.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Holz) auf. Bei näherer Betrachtung des Faktors „Feuchte“ ($P < 0.0001$) konnte innerhalb des Vlies-Gemisches eine ca. 500-fache Schwebstaubreduktion (C_{mean} trocken $54730.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$; C_{mean} befeuchtet $103.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; PM_{10}) durch das Befeuchten des Materials analysiert werden. Ausgehend von den Ergebnissen wird deutlich, dass viele Faktoren die Generierung von Partikeln aus Reithallenböden beeinflussen. Nicht allein der Zuschlagstoff ist für eine höhere Partikelbelastung verantwortlich.

Summary

Aim of this study was to analyse the particle generation (PM_{20} , PM_{10} , $PM_{2,5}$) under standardized laboratory conditions of three different types of substrates for riding halls depending on the factors aggregates, age and moist. Overall, all factors had a significant ($P < 0.0001$) effect on the airborne particle concentration (C_{mean}) in all particle fractions. Depending on factor “aggregate”, the substrate without aggregate generated the significantly lowest ($P < 0.0001$) C_{mean} (PM_{10}) of $57.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ compared to $13725.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fleece) and $1912.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (wood shavings). The examination of the factor “moist” shows that the generation of C_{mean} (PM_{10}) was reduced about 500 times (C_{mean} dry $54730.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$; C_{mean} moistened $103.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in case of the substrate with fleece. The results show that many factors influence the generation of particles from substrates for riding halls. The aggregate is not solely responsible for a higher particle concentration.

1 Einleitung und Zielsetzung

In einer Vielzahl von Studien ist der Einfluss des Stallmilieus in Bezug auf partikuläre Schadstoffe (Schwebstaub, Schimmelpilzsporen), die sich auf die Atemwegsgesundheit von Pferden auswirken, analysiert worden (BANHAZI et al. 2002). Es erscheint ebenso wichtig die Bereiche zu untersuchen, in denen Pferde täglich bewegt oder geritten werden. Hierbei stehen keine Außenreitplätze im Fokus der Analysen – vielmehr geschlossene Reithallen. Um die Reiteigenschaften moderner Reithallenböden zu optimieren, werden oftmals verschiedene synthetische (Vlies, Textilfasern, Harze) oder natürliche Zuschlagstoffe (Holz) verwendet. Unter Belastung des Bodens (Reiten, Longieren) könnten neben Schwebstaubpartikeln auch verschiedene synthetische Partikel in die Luft generieren und in hohem Maße schädigen (RAAP 1991, CLEMENTS und PIRIE 2007). Bisher liegen keine wissenschaftlich fundierten Erkenntnisse über die Schwebstaubgenerierung sowie deren Einflussfaktoren aus Reithallenböden vor. Vor allem Partikel der thorakalen (aerodynamischer Durchmesser $\leq 10 \mu\text{m}$ [PM_{10}]) und alveolaren Fraktionen (aerodynamischer Durchmesser $< 5 \mu\text{m}$ [$\text{PM}_{2,5}$]) können tief in den Respirationstrakt des Pferdes vordringen und große Schäden verursachen (CARGILL 2000). Luftgetragene Partikel und speziell auch Schimmelpilzsporen können ursächlich für eine Vielzahl von Erkrankungen des Atemtraktes sein (SEEDORF UND HARTUNG 2002). Beim täglichen Training von ca. 90 Minuten in allen drei Gangarten, liegt der Bedarf an Luft für ein Pferd bei ca. 45 000 Litern (Gesamtverbrauch in Ruhe pro Tag 81 000 Liter). Daraus ergibt sich folgender Rückschluss: die Luftverhältnisse in Reithallen nehmen rund die Hälfte des gesamten Belastungseinflusses durch die Atemluft ein. Dementsprechend war es das Ziel dieser Studie, die Schwebstaubgenerierung (PM_{20} , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) bei drei unterschiedlichen Reithallenböden in Abhängigkeit vom Zuschlagstoff (ZS), Alter und Feuchtegehalt unter standardisierten Laborbedingungen zu analysieren.

2 Material und Methode

Parameter Zuschlagstoff, Alter und Feuchte

Für die Analysen wurden drei repräsentative Reithallenböden in jeweils zwei Alterskategorien (Neu = max. 6 Monate, Alt = 10 Jahre) verwendet:

1. Quarz-Sand ohne Zuschlagstoff (Sand-OZ)

- Gemisch aus eng gestuften Feinsanden und Gesteinsmehl
- Gesteinsmehl ($\frac{1}{2}$ Tonmineralen; $\frac{1}{2}$ Quarz)
- Tonanteil ($< 2 \mu\text{m}$) 11 %, Sandanteil (0,06–2 mm) 87 %, Wassergehalt 2,86 %
- Mineralogische Zusammensetzung: 2 % Phyllosilikate; 94–100 % Tektosilikate (90–95 % Quarz, 3–4 % Plagioklase, 1–2 % Kalifeldspäte)

2. Quarz-Sand-Holzspäne-Gemisch (Sand-H)

- Sand (identische Eigenschaften mit Material 1)
- Zuschlagstoff (Weichholzspäne aus Kiefern- oder Fichtenholz; 2–3 cm)

3. Quarz-Sand-Vlies-Gemisch – Anteil Wach (Sand-V)

- gespülter Sand, Vliesstoff, Wachsveredelung
- Sand (keine Herstellerangaben)
- Wachs (Anteil 5–15 %) aus aliphatischen Kohlenwasserstoffen (Mineralöl, Wachs, Parafinöl)
- Vlies aus Produktionsabfällen (Umweltverträglichkeitsprüfung durch Kiwa Control GmbH – kein Gefährdungspotenzial)

Um den Einfluss des Befeuchtens zu erfassen, wurden alle Böden in einem zusätzlichen Durchgang unmittelbar vor der Analyse mit jeweils der gleichen Menge (750 ml) über einen Zeitraum von 2 Minuten mit Wasser besprüht (Düse 1 mm, 3 bar).

Mess- und Analysetechnik

Mithilfe des gravimetrisch messenden Online-Schwebstaubmessgeräts TEOM 1400a der Firma Rupprecht und Patashnick Company (USA) wurde die Schwebstaubkonzentration unter standardisierten Laborbedingungen analysiert (pro Minute ein Messwert). Das Messgerät (Abstand Boden-Messkopf 1.0 m) wurde für die Untersuchungen in eine speziell angefertigte Staubkammer (1.5 x 1 x 1 m) integriert. In die Kammer wurde eine Wanne (1 x 0.4 x 0.3 m) gebaut, welche mit einem Stahlsieb (Maschenweite 2.5 x 2.5 cm) ausgestattet wurde. Dieses wurde über einen Motor (20 U/min) in der Wanne gedreht und durchmischte den Boden gleichmäßig, welches die Belastung des Bodens simulieren sollte. Abbildung 1 stellt die Staubkammer grafisch dar. Zur Schwebstaubdifferenzierung wurden drei verschiedene Messköpfe verwendet.

- PM_{20} $\leq 20 \mu\text{m}$ (Gesamtschwebstaub)
- PM_{10} $< 10 \mu\text{m}$ (thoraxgängiger Schwebstaub)
- $PM_{2,5}$ $< 2.5 \mu\text{m}$ (alveolargängiger Schwebstaub)

Versuchsdurchführung

Vor jeder Schwebstaubmessung wurden 5 Liter des jeweiligen Bodens dosiert und gleichmäßig in der Wanne verteilt. Die Staubkammer wurde geschlossen und der Motor für 10 Minuten angeschaltet. Von jedem Material wurde die Schwebstaubgenerierung [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] über 60 Minuten analysiert ($n = 3$). Nach jeder Messung wurde die Kammer vollständig gereinigt. Das Befeuchten der Proben fand unmittelbar vor Versuchsbeginn statt. Die Analysen dieser Materialien wurden identisch mit den trockenen Materialien durchgeführt. Zusätzlich wurden von allen Materialien der Trockenmassegehalt (TM in %) sowie die partikuläre Zusammensetzung durch Sieben in fünf Partikelgrößen (9,9 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm, < 1 mm) bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe des Programms SAS 9.1 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Mit der Prozedur GLM wurden Varianzanalysen durchgeführt, wodurch der Einfluss der fixen Faktoren „Boden“, „Alter“ und „Feuchte“ sowie die Interaktion zwischen den Faktoren auf die mittlere 60-Minuten-Schwebstaubkonzentration (C_{mean}) geschätzt wurde. Mithilfe des t-Tests wurden signifikante Unterschiede ($P \leq 0.05$) ermittelt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Analysen der mittleren 60-Minuten(C_{mean})-Schwebstaubkonzentration ergaben insgesamt einen hochsignifikanten ($P < 0.0001$) Effekt bei allen Faktoren (ZS, Alter und Feuchte) in allen Partikelfractionen.

Faktor Zuschlagstoff (ZS)

In allen Partikelfractionen hatte der Faktor ZS einen hochsignifikanten ($P < 0.0001$) Einfluss auf die C_{mean} . In der Partikelfraction PM_{10} wies der Boden ohne ZS die signifikant niedrigste ($P < 0.0001$) C_{mean} von $57.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Vergleich zu $13\,725.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Vlies) und $1\,912.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Holz) auf. Tabelle 1 stellt die C_{mean} aller Böden in Abhängigkeit vom ZS den jeweiligen Partikelfractionen dar.

Die Ergebnisse zeigten, dass in allen Fractionen der Boden mit Vliesanteilen deutliche höhere Schwebstaubkonzentrationen gegenüber der beiden anderen Bodentypen generierte, was darauf hindeuten könnte, dass durch die Belastung des Bodens beim Reiten der Abrieb und die damit verbundene Bildung von Partikeln $< 20 \mu\text{m}$ bei den Vliesfragmenten deutlich höher ausfiel gegenüber dem Boden mit zugemischten Holzspänen (PM_{20} und PM_{10} Vlies über 80 % höhere C_{mean}).

Bei differenzierter Betrachtung der einzelnen Materialien in Abhängigkeit vom Faktor „Alter“ wiesen alle neuen Böden eine hochsignifikant ($P < 0.0001$) niedrigere C_{mean} gegenüber den 10 Jahre alten Böden auf. So konnte eine C_{mean} (PM_{10}) des neuen Sand-

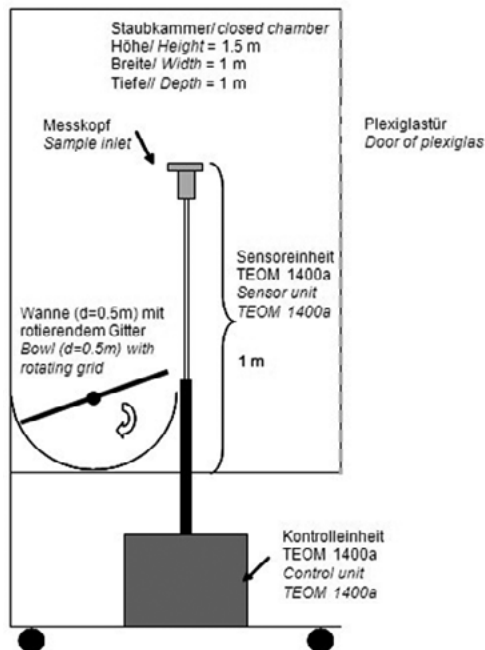


Abb. 1: Aufbau Staubkammer mit Schwebstaubmessgerät TEOM 1400a
 Fig. 1: Outline of the closed chamber with particle analyzer TEOM 1400a

Vlies-Gemisches (32.9 µg/m³) ermittelt werden, welche mehr als 800-fach (P < 0.0001) geringer gegenüber dem 10 Jahre alten Boden (27 417.2 µg/m³) ausfiel. Bei dem Boden mit Holzspänen konnte noch eine 27-fach (PM₁₀) geringere C_{mean} (Neu = 134.4 µg/m³; Alt = 3 691.2 µg/m³) ermittelt werden, wohingegen bei dem Boden ohne Zusatzstoff kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Altersklassen festzustellen war. Beim Vergleich beider Böden mit Zusatzstoff innerhalb der PM₁₀-Fraktion fiel auf, dass in der Alterskategorie „Neu“, der Sand-V (32.9 µg/m³) eine signifikant niedrigere C_{mean} (P < 0.0001) gegenüber dem Sand-H (134.4 µg/m³) generierte, wohingegen bei den älteren Böden die C_{mean} des Sand-V (27 417.2 µg/m³) ca. 7-fach (P < 0.0001) höher gegenüber den Sand-H (3 691.2 µg/m³) ausfiel. Dies bestätigt die Vermutung, dass der Abrieb bei dem Sand mit Vliesanteil a) deutlich höher ausfällt und b) deutlich kleinere Abriebteilchen (< 10 µm) entstehen. Abbildung 2 verdeutlicht diese Unterschiede.

Tab. 1: Mittlere 60-Minuten-Schwebstaubkonzentration (C_{mean}) und Standardfehler (SE) in Abhängigkeit vom Zuschlagstoff

Tab. 1: Mean 60-minute-airborne particle concentration (C_{mean}) and standard error (SE) depending on factor aggregates

Boden Substrates	Partikelfraktion (PM) / Particulate matter					
	PM ₂₀ [µg/m ³]		PM ₁₀ [µg/m ³]		PM _{2,5} [µg/m ³]	
	C _{mean}	SE	C _{mean}	SE	C _{mean}	SE
Sand-OZ	2124.1 ^a	1205.7	57.6 ^a	609.8	71.9 ^a	15.6
Sand-H	2910.6 ^a	1205.7	1912.8 ^b	609.8	176.1 ^b	15.6
Sand-V	23050.1 ^b	1205.7	13725.1 ^c	609.8	469.7 ^b	15.6

a,b,c = C_{mean} innerhalb einer Fraktion mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (P < 0.05).

a,b,c = C_{mean} within each particle fraction with different letters are significantly different (P < 0.05).

Bei näherer Betrachtung des Faktors „Feuchte“ (P < 0.0001) konnte ein hochsignifikanter Effekt in allen Partikelfractionen ermittelt werden. Abbildung 2 stellt sowohl die Unterschiede innerhalb der Böden in Abhängigkeit vom Faktor „Alter“ als auch vom Faktor „Feuchte“ dar. Es stellte sich deutlich heraus, dass das Befeuchten sowohl bei den neuen Böden ohne Zuschlagstoff als auch bei jenen mit Vlies keinen signifikanten Einfluss hatte. Der Grund dafür könnte sein, dass bei beiden Böden deutlich weniger Partikel der Größe < 10 µm in Folge des Abriebs (6 Monate) vorliegen als bei dem Boden mit Holzspänen, wo eine signifikant (P < 0.0001) höhere C_{mean} gegenüber den beiden anderen Bodentypen (Neu) generiert wurde und damit das Befeuchten einen hochsignifikanten Einfluss hatte. Des Weiteren ist in der Abbildung 2 nicht die C_{mean} der Bodenvariation „Alt trocken“ aufgetragen. Die Werte waren deutlich höher gegenüber den befeuchteten Böden (C_{mean} PM₁₀ Boden-OZ [alt/trocken] 49.2 µg/m³; Boden-V [alt/trocken] 54730.9 µg/m³; Boden-H [alt/trocken] 7347.8 µg/m³). Damit konnte bei dem Boden-V eine ca. 500-fache und bei dem Boden-H eine ca. 200-fache Reduktion infolge der Befeuchtung analysiert werden. Bei dem Vergleich der befeuchteten alten Böden ist deutlich zu sehen, dass der Boden mit Vlies eine signifikant (P < 0.0001) höhere C_{mean} im Vergleich zu Boden-H generierte.

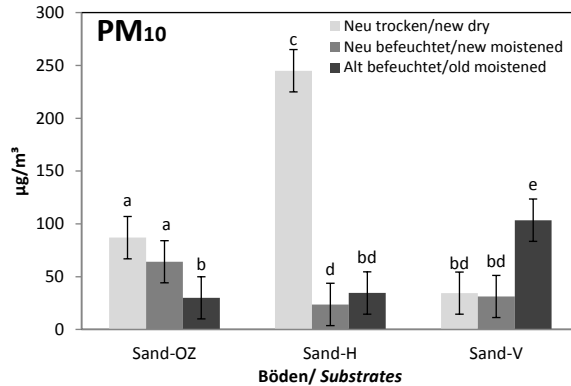


Abb. 2: Mittlere 60-Minuten-Schwebstaubkonzentration (C_{mean}) und Standardfehler der Partikelfraktion PM_{10} aller Böden in Abhängigkeit vom Alter und der Feuchte; a,b,c,d,e = Bodenvariationen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($P \leq 0.05$)

Fig. 2: Mean 60-minute-airborne particle concentration (C_{mean}) and standard errors (PM_{10}) of all substrates depending on factor age and moist; a,b,c,d,e = different letters mean that the values differ significantly ($P < 0.05$)

Schlussfolgernd zeigen die Ergebnisse, dass der Boden ohne Zuschlagstoff in allen Partikelfractionen in den untersuchten Variationen (Alt, Feucht) die signifikant niedrigste Schwebstaubkonzentration generierte. Der Sand mit Holzspänen generierte im neuen Zustand eine höhere C_{mean} als Sand mit Vlies. Mit zunehmendem Alter des Sand-Vlies-Gemisches scheint durch Abrieb die Bildung und damit verbunden die Generierung von Partikeln $< 10 \mu\text{m}$ deutlich zuzunehmen.

Die gleiche Tendenz ist auch bei dem Sand-H zu sehen, jedoch blieb die Schwebstaubgenerierung deutlich unter der des Sandes mit Vlies. Was auch sehr deutlich wurde: Nicht allein der Zuschlagstoff ist für eine höhere Partikelbelastung verantwortlich, vielmehr ist die Pflege (Befeuchten) und der Alterszustand als entscheidender Parameter anzusehen.

Literatur

- Banhazi, T.; Cargill, C.; Marr, G.; Kefford, A.; Moore, K.; Koch, S.; Payne, H.; Nicholls, N. (2002): Relating airborne pollution to housing and management factors. Final Report to the Pig Research and Development Corporation, Canberra, Australia
- Cargill, C. (2000): Controlling and reducing airborne dust in horse stables and transporters. University of Adelaide, Rural Industries Research & Development Corporation, Australia
- Clements, J.; Pirie, R. (2007): Respirable dust concentrations in equine stables. Part 1: Validation of equipment and effect of various management systems. *Equine Vet. J.* 39, pp. 256–262
- Seedorf, J.; Hartung, J. (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. *KTBL-Schrift* 393, Darmstadt, S. 99–102
- Rapp, H.J. (1991): Untersuchungen in Reithallen und an verschiedenen Reitbahnbelägen unter dem Aspekt der Atemwegsbelastung beim Pferd. Dissertation, Universität Gießen

Verlauf und Umfang von Spurengasemissionen aus der Geflügelhaltung als Grundlage zur Ableitung von Vermeidungs- und Minderungsstrategien

Course and range of trace gas emissions from poultry keeping as a basis for prevention and mitigation strategies

JOCHEN HAHNE

Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Hühnerhaltung, Spurengase, Ammoniak, Emissionsfaktoren

Keywords: poultry keeping, trace gases, ammonia, emission factors

Zusammenfassung

Die Emissionen an Ammoniak (NH_3), Lachgas (N_2O), Schwefelwasserstoff (H_2S), Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus zwei Hühnerställen wurden in der Zeit von 2009 bis 2012 quasi online gemessen. Ergänzend wurden Geruchsmessungen ($n = 10$) durchgeführt. Die CH_4 -, N_2O - und H_2S -Emissionen waren mit $9 \pm 7 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$, $7 \pm 2 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$ und $4 \pm 1 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$ erwartungsgemäß gering. In einer für Kleingruppenhaltungen üblichen Größenordnung lagen die Ammoniakemissionen bei $148 \pm 29 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$. Leicht über dem Konventionswert von $30 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$ lag der Geruchsemissionsfaktor mit $43 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$. Zur Emissionsminderung sollte neben einer Zuluftkonditionierung die Reduzierung der Volumenströme erfolgen. Für die Minderung der Ammoniakemissionen ist vor allem die Verkürzung der Entmistungsintervalle maßgeblich. Die Abluftreinigung bietet für die weiter gehende Abscheidung von Feinstaub und Ammoniak gute Optionen.

Summary

The emissions of ammonia (NH_3), nitrous oxide (N_2O), hydrogen sulfide (H_2S), methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2) from two chicken stables were measured quasi-online in the period from 2009 to 2012. In addition to that, odor measurement were conducted ($n = 10$). As expected, the emissions of CH_4 , N_2O and H_2S were low with 9 ± 7 , 7 ± 2 and $4 \pm 1 \text{ g}/(\text{head} \cdot \text{a})$. The ammonia emission was in a common range with $148 \pm 29 \text{ g}/(\text{head} \cdot \text{a})$ for small housing systems. With $43 \text{ OU}/(\text{s} \cdot \text{LU})$ the odor emission factor was slightly higher than the convention value of $30 \text{ OU}/(\text{s} \cdot \text{GV})$. For emission reduction a lowering of the volume flow should be realized in connection with a conditioning of the incoming air. For ammonia reduction the shortening of the dung removal intervals is decisive. The exhaust air treatment offers good options for the advanced separation of particulate matter and ammonia.

1 Versuchsstall und Messequipment

Die Emissionen aus zwei Versuchshühnerställen, die am ehesten der Kleingruppenhaltung (H/LH 0412; VDI-RICHTLINIE 2011) zuzuordnen sind, wurden in der Zeit von 2009 bis 2012 erfasst. Für die Messungen wurde ein Messcontainer eingesetzt (Abb. 1a), der mit einem Online-Messsystem (Abb. 1b) ausgestattet ist. Insgesamt wurden sechs Halungsperioden erfasst.

Zur Bestimmung der einzelnen Spurengase sowie der Staubkonzentration wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Messgeräte eingesetzt. Alle Messwerte wurden um die Außenluftkonzentrationen korrigiert, stellen also Netto-Emissionsdaten dar. Die olfaktometrischen Messungen wurden von der Braunschweiger Umweltbiotechnologie GmbH, einer akkreditierten Prüfstelle, durchgeführt.



Abb. 1: Versuchsstall (Abb. 1a) und Online-Messequipment (Abb. 1b)
 Fig. 1: Test stable (Fig. 1a) and online measuring equipment (Fig. 1b)

Tab. 1: Messgrößen und Messgeräte
 Tab. 1: Measurement categories and analyzers

Parameter Parameter	Gerät Measurement equipment
Ammoniak/ <i>Ammonia</i>	FT-IR Cx 4000, Ansyco, Karlsruhe
Distickstoffoxid/ <i>Nitrous oxide</i>	FT-IR Cx 4000, Ansyco, Karlsruhe
Kohlenstoffdioxid/ <i>Carbon dioxide</i>	FT-IR Cx 4000, Ansyco, Karlsruhe
Schwefelwasserstoff/ <i>Hydrogen sulfide</i>	Limas 11 AO 2020, ABB, Frankfurt
Volumenstrom/ <i>Volume flow</i>	Thies Ultrasonic Anemometer, Göttingen
Temperatur/ <i>Temperature</i>	Vaisala HUMICAP HMT 330, Helsinki
Gesamtstaub/ <i>Total dust</i>	Sick FW 100, Reute
Partikelgröße/ <i>Particle size</i>	Grimm 1.109, Ainning
Relative Feuchte/ <i>Relative humidity</i>	Vaisala HUMICAP HMT 330, Helsinki

2 Ergebnisse

Die Volumenströme in der Hühnerhaltung unterlagen bei den Messungen erheblichen tages- und jahreszeitlichen Schwankungen (Abb. 2). Insbesondere in der Sommerzeit traten dynamische und kurzfristige Änderungen auf. Die Temperaturen in der Abluft des Stalles bewegten sich in der betrachteten Haltungsperiode bei $21,2 \pm 1,8$ °C bei $n = 2885$ 2-h-Mittelwerten. Im Maximum wurden Stalltemperaturen von $36,3$ °C gemessen. Die relative Feuchte lag bei $58,5 \pm 7,9$ %, der höchste Wert betrug $82,4$ %.

Der Umfang der Ammoniakemissionen hing stark von den Entmistungsintervallen ab (Abb. 3) (HAHNE 2010). Der Volumenstrom war für die NH_3 -Emissionen hingegen weniger relevant. Zwischen den Entmistungsintervallen wurde eine tägliche Zunahme der NH_3 -Emissionen von bis zu 120 % gemessen. Je nach zeitlichem Abstand zur letzten Entmistung lagen die NH_3 -Emissionen bei einem Tierbestand von 454 Hühnern im Juni zwischen 33 und 909 g/d (Mittelwert = 458 g/d), im Dezember hingegen zwischen 42 und 453 g/d (Mittelwert = 157 g/d). Insofern lagen die mittleren NH_3 -Emissionen im Juni um den Faktor 3 höher als im Dezember. Der Volumenstrom im Juni lag um den Faktor 6 höher als im Dezember. Bei einem konstanten Stallmanagement konnten die Emissionen hinreichend genau mit dem absolut durchgesetzten Luftvolumenstrom korreliert werden (Abb. 4), wobei die vereinfachende Annahme getroffen wurde, dass bei fehlendem Volumenstrom auch keine Spurengas-Emissionen auftreten.

Die spezifischen Emissionsdaten (Tab. 2) wurden anhand von sechs vollständigen Haltungsperioden ermittelt. Für die Parameter Volumenstrom, Staub, NH_3 , CH_4 und CO_2 liegen für jeden Durchgang komplette Datensätze vor, für N_2O fünf und für H_2S zwei komplette Datensätze.

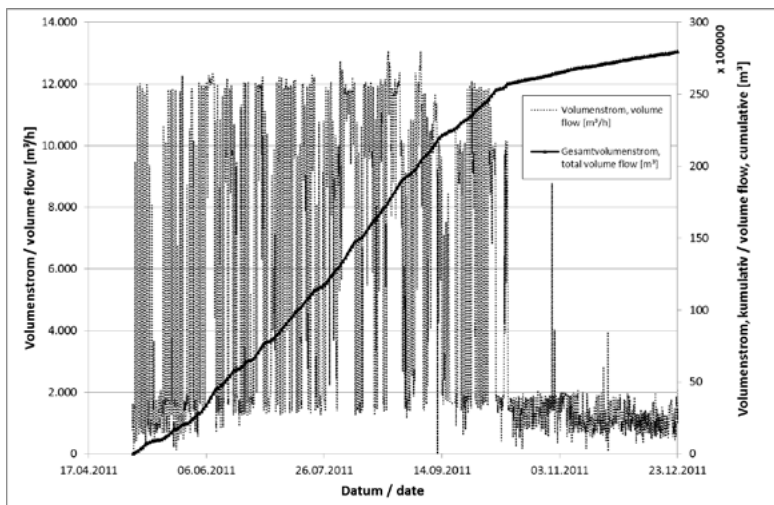


Abb. 2: Beispiel für tages- und jahreszeitliche Schwankungen des Volumenstromes bei einem Hühnerstall sowie der Entwicklung des Gesamt volumenstromes

Fig. 2: Example for daily and annual volume flow fluctuations in a chicken house and development of total volume flow as well

Die Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß, dass die Emissionen von Methan mit $9 \pm 7 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$, Schwefelwasserstoff mit $4 \pm 1 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$ und für Lachgas mit $7 \pm 2 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$ sehr gering ausfielen. Bei Ammoniak wurden mit $148 \pm 29 \text{ g}/(\text{TP} \cdot \text{a})$ Werte gemessen, die für die Kleingruppenhaltung angegeben werden (VDI-Richtlinie 2011). Die CO_2 -Emissionen lagen um den Faktor 311 über den Ammoniakemissionen (Tab. 2).

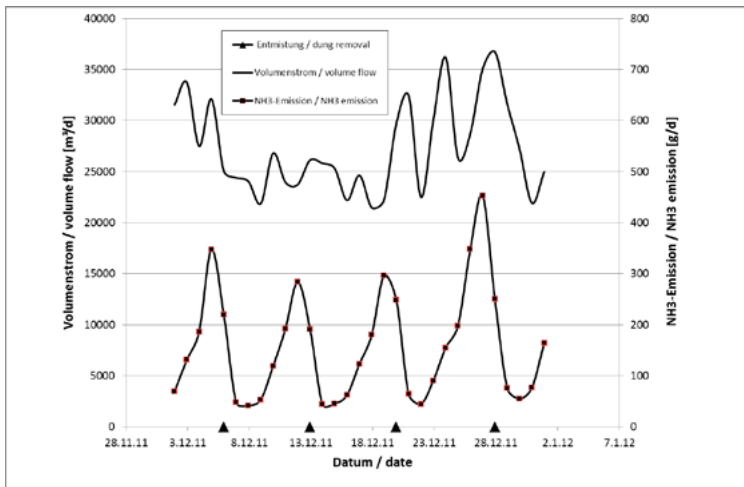


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf von Entmistung, Volumenstrom und Ammoniakemission im untersuchten Hühnerstall

Fig. 3: Course of dung removal, volume flow and ammonia emission in the tested chicken house

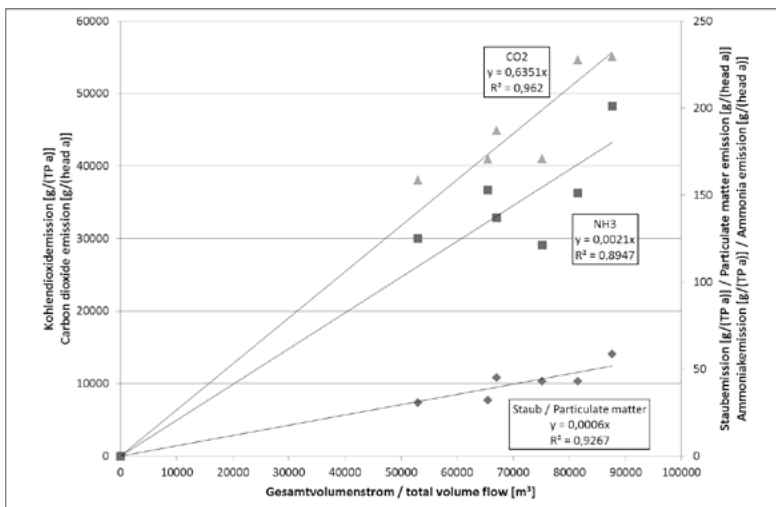


Abb. 4: Spurengasemissionen aus den Hühnerställen in Abhängigkeit des Gesamtvolumenstromes

Fig. 4: Trace gas emissions from chicken stables against total volume flow

Tab. 2: Spezifische Spurengasemissionen der untersuchten Hühnerställe
 Tab. 2: Specific trace gas emissions of the tested chicken houses

Parameter Parameter	Einheit Unit	Min Min	Max Max	Mittel Mean	SA SD
Spez. Luftvolumenstrom Specific air flow	m ³ /(TP · h) m ³ /(head · h)	6,1	10,0	8,2	1,4
H ₂ S	g/(TP · a) g/(head · a)	3,5	4,3	4	1
CH ₄	g/(TP · a) g/(head · a)	1,8	21,9	9	7
CO ₂	kg/(TP · a) kg/(head · a)	38	55	46	7
N ₂ O	g/(TP · a) g/(head · a)	5,3	10	7	2
NH ₃	g/(TP · a) g/(head · a)	121	201	148	29

TP: Tierplatz, SA: Standardabweichung, SD: Standard deviation.

Olfaktometrische Geruchsmessungen (n = 10) ergaben spezifische Geruchsemissionsfaktoren von 15–84 GE/(s · GV). Im Mittel lagen sie mit 43 GE/(s · GV) etwas höher als die Konventionenwerte für die Kleingruppenhaltung (VDI-Richtlinie 2011).

Messungen der Partikelgrößenverteilung (n = 10) ergaben, dass im Mittel mehr als 29 % der Partikel im Rohgas einen Durchmesser zwischen 0,25 und 0,28 µm aufwiesen (Abb. 5). Nahezu 90 % aller Partikel im Rohgas hatten einen Durchmesser unter 1 µm.

3 Konsequenzen für die Emissionsminderung

Bei einem konstanten Stallmanagement ist zur Minderung der Staubemissionen vor allem die Reduzierung des Luftvolumenstromes in Kombination mit einer dann notwendigen Zuluftkonditionierung anzustreben. Soll der hohe Feinstaubanteil wirksam reduziert werden, wird im Regelfall die Abluftreinigung notwendig sein. Die Ammoniakemissionen lassen sich vor allem durch die Verkürzung der Entmistungsintervalle und darüber hinaus noch durch die Minderung des Volumenstromes verringern. Sofern dieses Potenzial nicht ausreichend ist, stellt die Abluftreinigung mit einer sauren Wäsche eine geeignete Option dar. Zur Aufrechterhaltung eines möglichst großen NH₃-Konzentrationsgefälles muss die Waschlösung auf einem niedrigen pH-Wert gehalten werden. Gegen den Einsatz biologischer Verfahren sprechen ferner die sehr kurzen Kontaktzeiten (aufgrund der sehr hohen Volumenströme) und die hohen Abwasservolumina mit relativ geringer Stickstoffkonzentration, die dann wieder erhebliche Verwertungskosten nach sich ziehen können.

Die Geruchsstoffe sind weder in erheblichem Umfang partikelgebunden noch sind sie ausreichend wasserlöslich. Daher sind die klassischen Verfahren zur Staubabscheidung und Abluftwäsche für eine weitgehende Geruchsminderung – nach den eigenen Ergebnissen – nicht ausreichend.

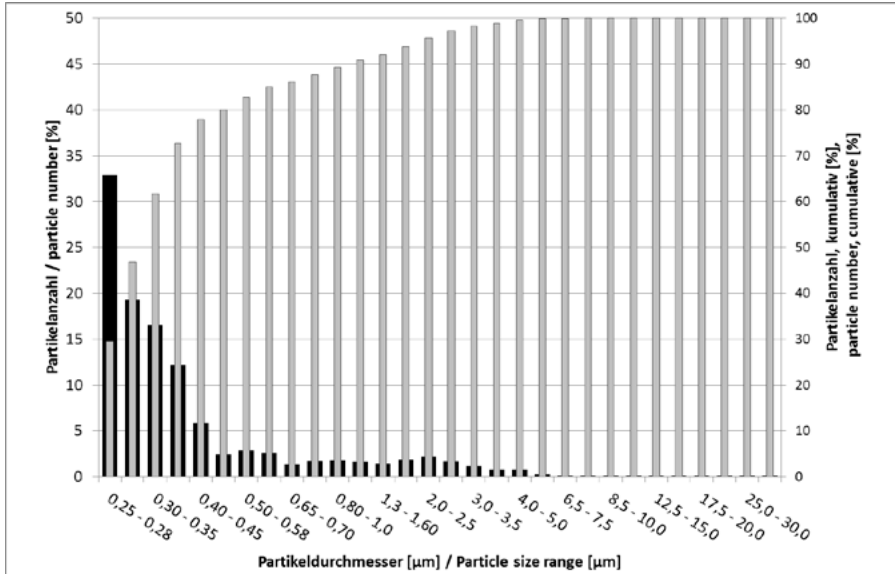


Abb. 5: Partikelgrößenverteilung in der Abluft eines Hühnerstalles
 Fig. 5: Particle size distribution in the exhaust air of a chicken stable

Literatur

- Hahne, J. (2010): Mehrstufige Abluftreinigung für die Geflügelhaltung. Landtechnik 65, S. 334–337
- VDI-Richtlinie 3894 Blatt 1 (2011-09): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen. Berlin, Beuth Verlag

Messtechnische Begleitung einer Anlage zur Absenkung der Zulufttemperatur mittels Verdunstungskühlung

Monitoring of an evaporative cooling device for reduction of the temperature of incoming air

WOLFRAM BONKOSS, STEFAN NESER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Stallklima, Lüftung, Verdunstungskühlung
Keywords: *indoor climate, ventilation, evaporative cooling*

Zusammenfassung

Die in der DIN 18910 aufgeführten Optimalwerte für die Stalllufttemperaturen sind in der Praxis vor allem in den Sommermonaten mitunter nur schwer einzuhalten.

In Situationen in denen die Lüftungsanlage selbst bei maximaler Ventilator-drehzahl nicht mehr in der Lage ist eine für Tier und Mensch erträgliche Stalltemperatur zu gewährleisten, können Einrichtungen zur Befeuchtung der Zuluft unter Ausnutzung der Verdunstungskälte zur Absenkung der Lufttemperatur beitragen. In der Praxis findet sich jedoch kaum belastbares Datenmaterial über die Effizienz derartiger Anlagen.

Projektziel ist es, die im LVFZ Schwarzenau der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Frühsommer 2012 installierte Kühleinrichtung mit entsprechender Messtechnik auszustatten und ihre Leistungsfähigkeit und den Energieverbrauch zu erfassen.

Summary

In pigsties, particularly during summer months, it can be quite difficult to provide optimal indoor temperatures according to DIN 18910.

Even at full load, the ventilation system of a pigsty is sometimes not able to maintain an indoor temperature that is sufferable both for animals and humans. In these cases, the incoming air can be additionally cooled by using evaporative cooling devices. However, reliable data on the efficiency of such equipment is scarce.

The aim of this study is to measure the performance and energy demand of a cooling pad that was installed at the Bavarian State Research Center for Agriculture's experimental farm Schwarzenau in early summer 2012.

1 Material und Methoden

1.1 Versuchsort

Sämtliche Messungen finden in Schwarzenau, am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, statt. Hier können verschiedene Fragestellungen praxisorientierter Forschung auf einem Versuchsbetrieb mit Schwerpunkt auf konventionellen Haltungsverfahren bearbeitet werden.

Die dortige Anlage ist unterteilt in zwei Funktionsbereiche: „Bauteil A“ für den Bereich Zucht (252 Zuchtsauenplätze, 91 Abferkelbuchten) und „Bauteil B“ für die Gebiete Aufzucht und Mast (1080 Ferkelaufzuchtplätze, 1000 Mastplätze).

1.2 Versuchsgegenstand

Im Frühsommer 2012 wurde ein neues „Cooling Pad“ in die bestehende Lüftungsanlage des zuvor beschriebenen „Bauteils A“ eingebaut.

Es handelt sich hierbei um eine wabenartige Anordnung speziell vorbehandelter Cellulosestreifen, welche mittels einer entsprechenden Rahmenkonstruktion im Bereich zwischen der Außenluftklappe und dem weiterführenden Zuluftkanal integriert wurde (Abb. 1).

Ist das „Cooling Pad“ in Betrieb, fördert eine Tauchmotorpumpe das in der zugehörigen Zisterne unter der Bodenplatte des Stallgebäudes gespeicherte Regenwasser in den Dachraum zu einer Verteilvorrichtung oberhalb der Cellulosestreifen. Dieser Verteiler sorgt für eine gleichmäßige Überströmung des „Cooling Pads“ mit Wasser, sodass die vorbeiströmende Luft unter Ausnutzung des Verdunstungseffekts befeuchtet und abgekühlt wird. Überschüssiges Wasser wird in einer Auffangwanne gesammelt und läuft im freien Gefälle in einer separaten Leitung zurück in die Sammelzisterne.

Die gesammelten Langzeitdaten sollen Aussagen über Kennwerte wie Betriebszeiten, Abkühleffekt, Energie- und Wasserverbrauch sowie Druckverlust ermöglichen.



Abb.1: „Cooling Pad“ im LVFZ Schwarzenau

Fig. 1: Cooling pad at the Schwarzenau experimental farm

1.3 Eingesetzte Messtechnik

Zur Erfassung der verschiedenen Messgrößen wurden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Geräte verwendet (Tab. 1).

Tab. 1: Eingesetzte Messtechnik

Tab. 1: *Measuring instrumentation*

Messparameter	Messtechnik	Messbereich	Genauigkeit
Absolutdruck	piezoresistives Messelement	700–1100 mbar	± 0,9 mbar
Differenzdruck (vor/nach Coolpad)	piezoresistives Messelement	2 mbar	0,5 % v. MBE
Temperatur	Pt100 Fühler	–50 bis +180 °C	1/3 DIN EN 60751, Kl. B
Relative Luftfeuchte	kapazitiver Sensor	10–95 % r.F.	± 5 % r.F.
Strömungsgeschwindigkeit (Luftkanal)	thermischer Strömungssensor	0–20 m/s	± 3 % v. MW + 0,4 % v. MBE
Füllstand (Zisterne)	hydrostatischer Druckaufnehmer	0–2 bar	± 0,2 % d. Messspanne

2 Ergebnisse

Die Messungen begannen am 9. August 2012, der letzte in diesem Beitrag komplett erfasste Monat war der April 2013.

2.1 Abkühlereffekt

Der mittlere Abkühlereffekt während der Betriebszeiten des „Cooling Pads“ variierte im Betrachtungszeitraum zwischen 2,8 K (Oktober 2012) und 5,5 K (April 2013). Die diesbezüglichen Extremwerte reichten von minimal 0,1 K (August und September 2012) bis zu 10,9 K im Maximum (August 2012). Zwischen November 2012 und März 2013 war das „Cooling Pad“ witterungsbedingt nicht in Betrieb (Tab. 2).

Tab. 2: Betriebsstunden (Pumpe), Abkühlereffekt, Wasserverbrauch und Differenzdruck am „Cooling Pad“; (Monatswerte)

Tab. 2: *Operating hours (pump), cooling performance, water consumption and differential pressure over the cooling pad; (monthly values)*

Monat	Betriebsstunden	Ø Abkühlung Min...Max [K]	Ø Wasserverbrauch Min...Max [l/h]	Ø Differenzdruck Min...Max [Pa]
Aug. 2012	235,6	4,5 0,1...10,9	120 40...440	10,0 0,6...20,5
Sept. 2012	149,7	3,7 0,1...8,7	100 40...520	5,4 1,3...30,4
Okt. 2012	48,3	2,8 1,1...4,8	72 40...240	3,1 0,9...15,3
April 2013	27,2	5,5 2,0...8,1	116 40...240	3,7 1,1...18,6

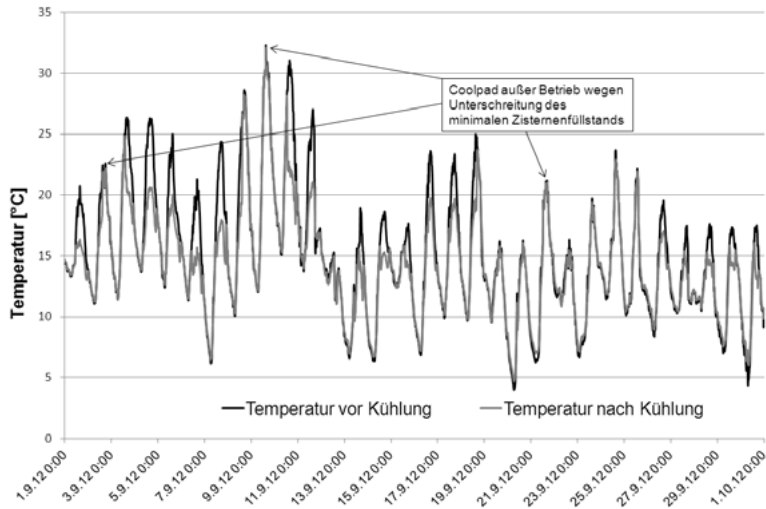


Abb. 2: Temperaturverläufe, September 2012

Fig. 2: Temperature profiles, September 2012

Exemplarisch für einen Monatsverlauf der Temperaturmessungen an der Kühleinrichtung wurden die Ergebnisse für September 2012 dargestellt (Abb. 2).

2.2 Elektroenergiebedarf und Wasserverbrauch

Der Elektroenergiebedarf pro Betriebsstunde der Tauchmotorpumpe in der Zisterne betrug im bisherigen Messzeitraum, bauartbedingt, konstant etwa 0,48 kWh.

Der stündliche Wasserverbrauch lag während der Betriebszeiten im Monatsmittel zwischen 72 l/h (Oktober 2012) und 120 l/h (August 2012) (Tab. 2).

2.3 Druckverluste

Aus der Messung des Differenzdrucks vor und nach dem „Cooling Pad“, sowie der Strömungsgeschwindigkeit(en) und dem daraus berechneten Luftvolumenstrom im Zuluftkanal lässt sich eine spezifische Druckverlustkurve (hier: Monatsmittelwerte) für die konkrete Einbausituation ableiten (Abb. 3).

3 Fazit und Ausblick

Die im vorliegenden Beitrag beschriebene Messtechnik hat sich als geeignet erwiesen, die im Projektziel genannten Fragestellungen zu bearbeiten.

Lediglich die zunächst eingesetzten Feuchtesensoren (Tab. 1) waren für die vorherrschenden Umgebungsbedingungen nicht optimal geeignet und werden im weiteren Fortgang der Messungen ersetzt. Mit den zu erwartenden Daten können dann auch Aussagen bezüglich der Feuchteanreicherung der Zuluft getroffen werden, die u. a. auch für die Vergleichbarkeit der ermittelten Abkühleffekte von Bedeutung sind.

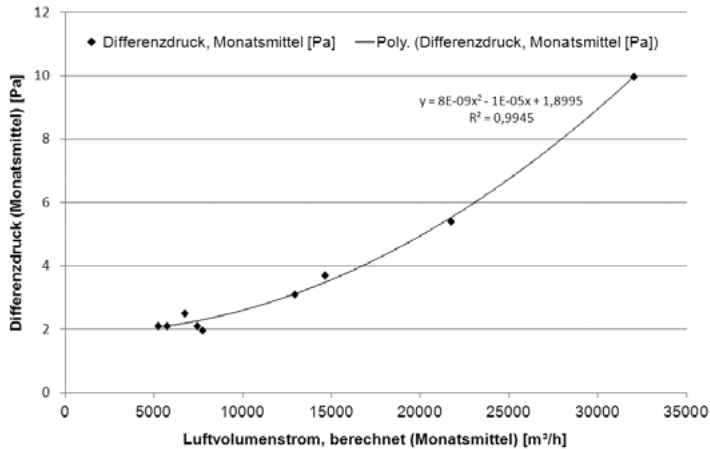


Abb. 3: Differenzdruck in Abhängigkeit vom Luftvolumenstrom (Monatsmittelwerte)
 Fig. 3: Differential pressure dependent on air flow rate (monthly mean values)

Da die Messkampagne erst Mitte August 2012 begonnen wurde, können noch keine abschließenden Aussagen über das Abkühlvermögen während der Hochsommermonate mit den üblicherweise höchsten Außentemperaturen getroffen werden. Die von ZENTNER und GOLDBERGER (2010) beobachtete Absenkung der Zulufttemperatur um 6–10 K (bei Außentemperaturen über 30 °C) konnte in der Spitze sogar bereits übertroffen werden (Tab. 2).

Die im bisherigen Versuchsverlauf gemessenen Druckwerte liegen allesamt im Bereich der Herstellerangaben (LAE Anlagenbau 2013). Hier muss die vorhandene Datenbasis in den kommenden Monaten (hohe Luftvolumenströme und Differenzdrücke im Sommer) weiter aufgefüllt werden, um die spezifische Druckverlustkurve statistisch abzusichern (Abb. 3).

Literatur

- Büscher, W.; Nannen, C.; Feller, B. (2008): DLG Merkblatt 346 – Kühlung von Schweineställen. Frankfurt am Main, DLG
- LAE Anlagenbau GmbH (2013): Produktunterlagen „Evaporative Cooling Pad“. Zugriff am 04.04.2013.
- Zentner, E.; Goldberger, R. (2010): Mit Wasser kühlen – Wie effizient kühlt das Cool Pad? Der fortschrittliche Landwirt 17, S. 16 ff.

Einfluss der Schieberfrequenz auf die Menge, den Trockensubstanz- und Nährstoffgehalt des Flüssigmistes sowie auf die Methan- und Ammoniakemissionen aus einem Milchviehstall

Effect of scraping frequency on amount, dry matter and nutrient content of liquid manure as well as methane and ammonia emissions from a dairy house

INGA SCHIEFLER, WOLFGANG BÜSCHER, ALEXANDER SCHMITHAUSEN

Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nußallee 5, 53115 Bonn

Schlüsselwörter: Milchvieh, Emissionen, Methan, Ammoniak, Schieberentmistung, Flüssigmist

Keywords: dairy cows, emissions, methane, ammonia, scraping, liquid manure

Zusammenfassung

Die Entmistung planbefestigter Laufflächen in Milchviehställen erfolgt in der landwirtschaftlichen Praxis häufig anhand von Schiebersystemen. Der Versuch beschreibt den Einfluss der Schieberfrequenz auf die anfallende Menge, den Trockensubstanz- und den Nährstoffgehalt des Flüssigmistes sowie die CH₄ und NH₃ Emissionen. Die Messungen wurden in einem quergelüfteten Milchviehstall im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick in Kleve in einem Stallabteil mit 48 Kühen durchgeführt. Im Herbst 2012 wurden drei verschiedene Intensitäten der Schieberentmistung untersucht. Im Mittel von zwei Wiederholungen konnten keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Flüssigmistmenge, des Trockensubstanz- und Nährstoffgehaltes sowie der Emissionen festgestellt werden. Lediglich der N_{ges}-Gehalt war bei hoher Schieberfrequenz leicht verringert.

Summary

Manure removal on concrete walking alleys in dairy housings is mostly performed by chain or cable-pulled scrapers. This study is dealing with the effect of three scraping variations on the amount, the dry matter and nutrient content of the liquid manure as well as on CH₄ and NH₃ emissions. Measurements were performed in a naturally cross-ventilated dairy barn at the agricultural centre Haus Riswick, Germany, with 48 Holstein cows. In autumn 2012, three scraping frequency variations were investigated. There were no significant differences in the amount, dry matter content, nutrient content and emissions of liquid manure between scraping variations. Only the total nitrogen content of the high scraping variation was slightly lower in comparison to the lower scraping frequencies.

1 Einleitung

Die Entmistung planbefestigter Laufflächen in Milchviehställen erfolgt in der landwirtschaftlichen Praxis häufig anhand von Schiebersystemen. Die Sauberkeit der Laufflächen hat Einfluss auf die Klauen- und Eutergesundheit aber auch auf die Trittsicherheit der Tiere. Saubere Oberflächen sind auch hinsichtlich der Ammoniakemissionen wünschenswert, da diese in der Milchviehhaltung hauptsächlich von verschmutzten Laufflächen freigesetzt werden. Das Abschieben der Laufflächen hinterlässt jedoch meist einen dünnen Schmierfilm und somit eine weiterhin emittierende Oberfläche, sodass häufigeres Abschieben nicht zwingend zu niedrigeren Emissionen führt (KROODSMA et al. 1993, BRAAM et al. 1997).

Werden die Flächen weniger häufig abgeschoben, trocknen die Exkremente auf den Laufflächen schneller an und das Abschieben größerer und stärker angetrockneter Güllemengen ist erforderlich, wobei die Reinigungsqualität häufig nicht zufriedenstellend ist.

In diesem Versuch wurde der Einfluss der Schieberfrequenz auf die Menge und den Trockensubstanz- und Nährstoffgehalt des anfallenden Flüssigmistes sowie auf die Methan- und Ammoniakemissionen untersucht.

2 Material und Methoden

Die Messungen wurden in einem quergelüfteten Milchviehstall im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick in Kleve durchgeführt. Das untersuchte Stallabteil für 48 Holsteinkühe (Abb. 1) verfügte über zwei Reihen gegenüberliegender Hochboxen und vier Lauf-/Fressgänge mit Gummiauflage mit jeweils einem seilgezogenen Kombischieber.

Die Tiere wurden mit einer aufgewerteten Mischration auf Basis von Gras- und Maissilage gefüttert und konnten zusätzliche Kraftfuttermengen an den Abrufstationen erhalten. Während des Versuches waren hauptsächlich frischmelkende Kühe in dem Stallabteil mit einer durchschnittlichen täglichen Milchleistung von 36 kg bei 4,0 % Fett und 3,2 % Eiweiß und einem Milchharnstoffgehalt von 152 mg/l. Die Milchleistung war während der Versuchsabschnitte konstant.

Im Versuchszeitraum vom 01.10.2012 – 08.11.2012 wurden drei verschiedene Intensitäten der Schieberentmistung geprüft. Über jeweils 7 Tage wurden mit zwei Wiederholungen die nachfolgenden Varianten getestet: häufige Frequenz (20-mal täglich), mittlere Frequenz (10-mal täglich) und geringe Frequenz (4-mal täglich) (Tab. 1). Die Messung des Füllstandes in der Vorgrube erfolgte täglich mit einem Messstab. Der Flüssigmist wurde vor der Füllstandmessung jeweils homogenisiert. Da die Kühe während der Melkzeiten in einem externen Melkhaus gemolken wurden, bezieht sich die gemessene Flüssigmistmenge auf einen Zeitraum von 22 Stunden pro Tag.

Am Ende jedes Versuchsabschnittes wurde eine Probe des Flüssigmistes entnommen und bei der VDLUFA auf den Nährstoffgehalt sowie den Trockensubstanzgehalt (TS) hin untersucht. Anschließend wurde der Flüssigmist aus den Vorgruben in das Flüssigmistlager umpumpt. Darüber hinaus wurden die Außentemperatur und die Flüssigmisttemperatur anhand von Datenloggern aufgezeichnet.

Die Gaskonzentrationen der Abluft und des Hintergrundes wurden quasi-kontinuierlich nach der Methode der „Photoakustischen Spektroskopie“ mithilfe eines Multigasmonitors (Fa. LumaSense Technologies, Modell 1412, bestückt mit optischen Filtern) bestimmt (SCHIEFLER et al. 2011). Der Luftvolumenstrom wurde anhand der CO₂-Bilanz nach CIGR (2002) bestimmt. Die Emissionen errechneten sich aus der Differenz der Gaskonzentrationen von Ab- und Zuluft sowie dem Luftvolumenstrom. Die Gasmesung umfasste auch die Emissionen des Stalles. Die vier Abwurfschächte befanden sich außerhalb des Stalles, sodass die gasförmigen Emissionen daraus nicht erfasst wurden.

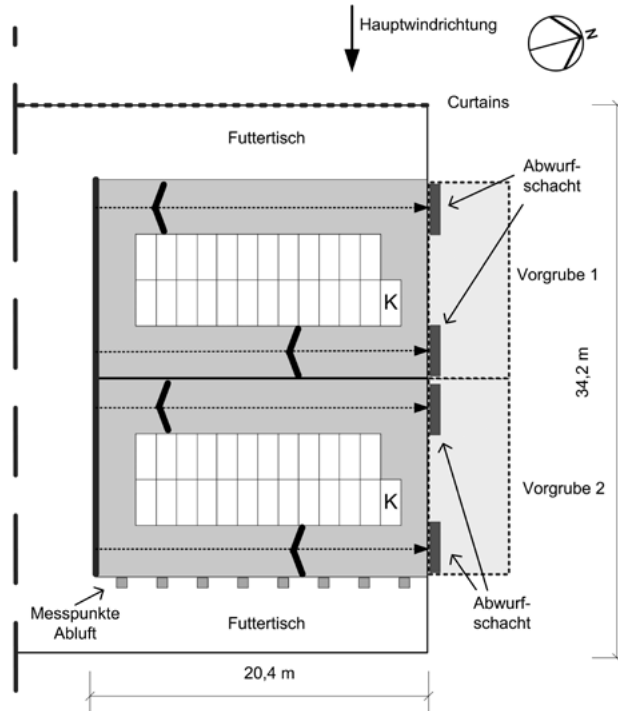


Abb. 1: Schema des untersuchten Stallabteils; K = Kraftfutterstation
 Fig. 1: Scheme of the investigated barn section; K = feed station

Tab. 1: Versuchsabschnitte
 Tab. 1: Experimental steps

Versuchsabschnitt Experimental steps	Zeitraum Time period	Entmüftungsfrequenz pro Tag Cleaning frequency per day
1	02.10.2013 – 08.10.2013	20
2	09.10.2013 – 15.10.2013	10
3	16.10.2013 – 22.10.2013	4
4	23.10.2013 – 29.10.2013	20
5	30.10.2013 – 05.11.2013	10
6	06.11.2013 – 12.11.2013	4

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Außentemperaturen im Versuchszeitraum lagen im Tagesmittel zwischen 5–17 °C. Dabei lag die Temperatur des Flüssigmistes meist leicht über der Außentemperatur, wobei der Temperaturverlauf dem der Außentemperaturen leicht versetzt und mit abgeschwächter Amplitude folgte (Abb. 2).

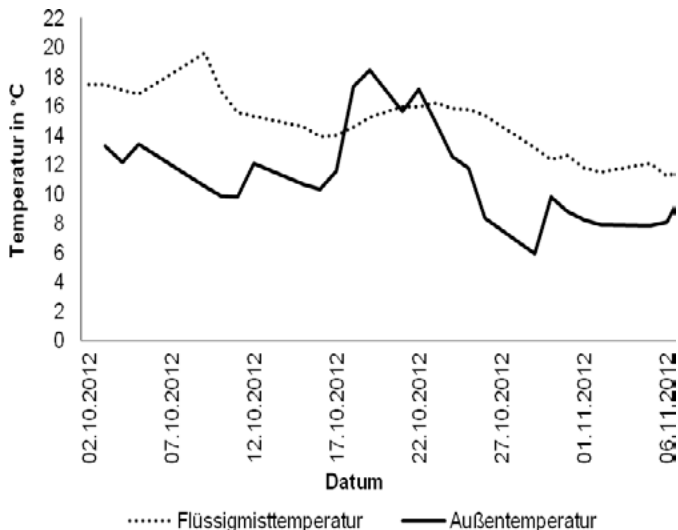


Abb. 2: Verlauf der Tagesmitteltemperaturen im Außenbereich und im Flüssigmist
 Fig. 2: Mean outdoor and liquid manure temperature during the investigation

Die Ergebnisse der Messung der Flüssigmistmenge bewegten sich im Mittel der beiden Wiederholungen im Bereich von 58,1 l je Kuh und Tag (Entmistung 10-mal täglich), bis zu 65,4 l je Kuh und Tag (Entmistung 4-mal täglich), wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt wurden. Die ermittelten Werte beziehen sich auf eine Anwesenheitszeit der Kühe im Stall von 22 Stunden. Hochgerechnet auf 24 Stunden liegt der mittlere Flüssigmistanfall bei 69 l je Kuh und Tag für die Übergangssituation. Laut Düngeverordnung (Düngeverordnung 2007) werden bei vergleichbarer Leistung lediglich 58 l je Kuh und Tag inklusive Tränke- und Reinigungswasser im Jahresmittel angenommen, wobei die Vergleichbarkeit sehr stark von den TS-Gehalten des Flüssigmistes abhängig ist und möglicherweise jahreszeitliche Schwankungen vorliegen.

Der TS-Gehalt des Flüssigmistes zeigte zwischen den Schiebervarianten keinen signifikanten Unterschied (Tab. 2). Bei 20-maligem Schieben wurde ein etwas niedrigerer N_{ges} -Gehalt (0,38 %) ermittelt als in den anderen Varianten (0,40 %). Der NH_4 -N-Gehalt unterschied sich zwischen den Varianten jedoch nicht signifikant.

Tab. 2: Flüssigmistmenge, TS- und Nährstoffgehalt sowie Methan- und Ammoniakemissionen bei unterschiedlichen Schieberfrequenzen

Tab. 2: Amount, dry matter and nutrient content of liquid manure and emissions of methane and ammonia referring to different scraping frequencies

Variante Schieberfrequenz Scraping frequency	Temperatur (Tagesmittel) Daily mean temperature	Flüssigmistmenge Amount of liquid manure	TS-Gehalt Dry matter content	N _{ges}	NH ₄ -N	CH ₄	NH ₃
Anzahl pro Tag	°C	l/(Tier · d)	%	% der FM	% der FM	g/(Tier · d)	g/(Tier · d)
20	11,8	64,5	9,8	0,38	0,18	810,4	57,1
10	10,6	58,1	10,1	0,40	0,18	836,4	68,7
4	11,7	65,4	10,0	0,40	0,18	719,3 ¹⁾	55,9 ¹⁾

¹⁾ In diesem Messzeitraum konnten nur vier Messtage für die Emissionsberechnung ausgewertet werden.

Im Mittel der beiden Wiederholungen konnten für die unterschiedlichen Schieberfrequenzen keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Ammoniak- und Methanemissionen festgestellt werden. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass der Einfluss der Außentemperatur auf die Höhe der Ammoniakemissionen deutlich größer ist als der Einfluss der Schieberfrequenz (Abb. 3).

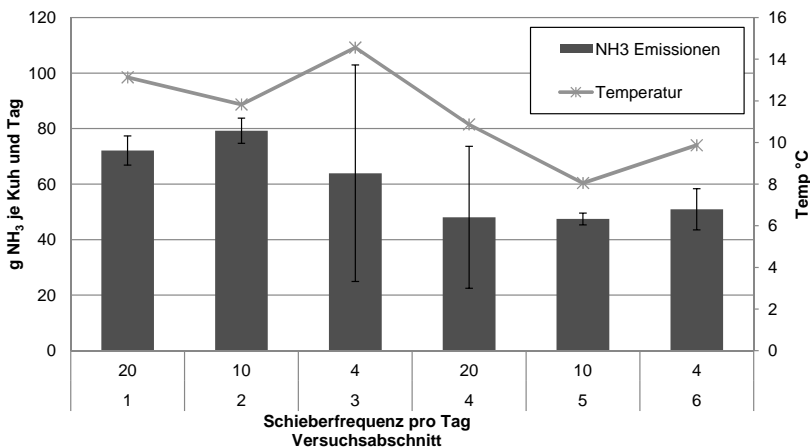


Abb. 3: Ammoniakemissionen und Außentemperatur während der Versuchsabschnitte

Fig. 3: Ammonia emissions and outdoor temperature during the experimental steps

4 Fazit und Ausblick

Der Flüssigmistanfall von Hochleistungskühen war bei Übergangsbedingungen etwas höher als erwartet. Sowohl in der Flüssigmistmenge als auch im TS-Gehalt, den Nährstoffgehalten (ausgenommen N_{ges}) und den Emissionen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schiebervarianten festgestellt werden. Es ist vorgesehen, den Versuch unter Sommerbedingungen zu wiederholen, um zu prüfen, ob die Ergebnisse bei höheren Temperaturen und somit auch bei höherem Emissionspotenzial abweichen. Darüber hinaus soll parallel eine Bonitur der Verschmutzung von Laufflächen und Tieren durchgeführt werden.

Literatur

- Braam, C.; Smits, M.; Gunnink, H.; Swierstra, D. (1997): Ammonia emission from a double-sloped solid floor in a cubicle house for dairy cows. *Journal of Agricultural Engineering Research* 68(4), pp. 375–386
- CIGR (2002): Report of Working Group on Climatization of Animal Houses - Heat and Moisture Production at Animal and House Levels. In: *Commission International Du Genie Rural (International Commission of Agricultural Engineering)*. Eds. S. Pedersen, S.; Sällvik, K., <http://www.cigr.org/CIGRWorkingGroupReports.htm>
- Düngerordnung (2007): Düngerordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
- Kroosdama, W.; Tveld, J.; Scholtens, R. (1993): Ammonia emission and its reduction from cubicle houses by flushing. *Livestock Production Science* 35(3-4), pp. 293–302
- Schiefler, I.; Büscher, W. (2011): Treibhausgasemissionen aus Rinderställen. In: *Emissionen der Tierhaltung*. Kloster Banz, Bad Staffelstein, 06.-08.12.2011, S. 155–165

Optimierung einer Probenahmehaube für Bioaerosole mittels Numerischer Strömungssimulation

Optimizing of a sampling hood for bioaerosols by the use of computational fluid dynamics

HANNES STOLZ, STEFAN LINKE, MARCUS CLAUSS

Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Bioaerosole, Probenahme, Optimierung, Numerische Strömungssimulation

Keywords: *bioaerosols, sampling, optimizing, computational fluid dynamics*

Zusammenfassung

Für die Probenahme von Bioaerosolen an durchströmten Flächenquellen wird ein Einsatz von Probenahmehauben empfohlen. Die Geometrie einer solchen Haube und das verwendete Verfahren sind in der Literatur jedoch nicht eindeutig beschrieben. Um verschiedene Designs in der Praxis zu testen, könnten Modelle gebaut und ihre aerodynamischen Eigenschaften im Windkanal untersucht werden. Dies bedeutet allerdings einen höheren Zeit- und Kostenaufwand im Vergleich zu einer numerischen Simulation.

Diese Arbeit beschreibt die Nutzung der Numerischen Strömungssimulation, um den Einfluss verschiedener Parameter auf das Strömungsverhalten der Messeinrichtung zu modellieren. Es ist möglich grundlegende Aussagen zur Gestaltung der Haube abzuleiten und ein optimiertes Verfahren der Probenahme von Bioaerosolen zu finden.

Summary

For the sampling of bioaerosols from flow-through area sources, the use of a sampling hood is recommended. In literature neither the geometry of such a hood nor the procedure to use it are clearly described. In order to assess different designs in practice, physical models could be constructed and their aerodynamic properties could be examined in wind-tunnel experiments. But this means higher time effort and costs in comparison to a numerical simulation.

This paper describes the use of computational fluid dynamics to model the influence of different parameters to the flow behavior of a measuring hood. With this technique it is possible to derive essential statements of the design of such a hood and to find an optimized procedure for sampling of bioaerosols.

1 Einleitung

Bioaerosole sind massebehaftete, luftgetragene Partikel biologischer Herkunft. In der Nutztierhaltung sind bekannte Quellen unter anderem Tiere, Futter, Einstreu, aber auch die Außenluft. Bioaerosole können so zwangsläufig in die Abluft des Stalls gelangen.

Um die Emission zu verringern, werden in der Nutztierhaltung beispielsweise Abluftreinigungsanlagen eingesetzt. In diesen meist mehrstufigen Anlagen können Bioaerosole und andere Stoffe durch verschiedene Trennverfahren aus der Luft abgeschieden werden.

Für die Probenahme von luftgetragenen Partikeln an durchströmten Flächenquellen (z.B. Emissionsmessungen von Bioaerosolen an Abluftreinigungsanlagen in der Nutztierhaltung) wird vom VDI der Einsatz von Probenahmehauben empfohlen. Die VDI-Richtlinien 3475 Blatt 1 (2003), 3477 (2004), 3880 (2011) und 4257 Blatt 1 Entwurf (2010) beschreiben die Konstruktion einer solchen Messeinrichtung. Diese besteht aus einem Konus und einer sich anschließenden Messstrecke. Die Richtlinien sind jedoch nicht eindeutig und in der Praxis nicht für alle Anwendungsfälle geeignet, da diese Hauben ursprünglich für die Geruchsmessung entwickelt wurden.

Ziel ist es, eine optimierte Geometrie einer Probenahmehaube und deren Betriebsweise bei der Bestimmung von massebehafteten Partikeln zu finden. Dazu wird die Numerische Strömungssimulation eingesetzt. Hierdurch können Ressourcen eingespart werden, da verschiedene Geometrien einer solchen Probenahmehaube nicht einzeln gebaut und beispielsweise im Windkanal getestet werden müssen.

2 Material und Methode

Ein poröses Medium mit einer Porosität von 2 % und einen Strömungswiderstand von 80 Pa s m^{-1} stellt den Abluftfilter als Quader mit einer quadratischen Grundfläche von 25 m^2 und einer Tiefe von 200 mm dar. Durch den Filter strömt Luft mit einer Geschwindigkeit von 0,78 m/s und einer Temperatur von 300 K.

Ein Beruhigungsraum vor dem porösen Medium mit der gleichen Grundfläche wie der Quader und einer Tiefe von 800 mm gewährleistet eine orthogonale Anströmung der Luft auf den Filter. Die Grenzen des porösen Mediums und der Beruhigungszone besitzen Symmetrieeigenschaften, da beide nur ein Ausschnitt aus einem in der Praxis meist viel größeren Abluftfilters sind.

Auf dem porösen Medium wird senkrecht die Probenahmehaube aufgesetzt. Sie besitzt eine kreisförmige Grundfläche von $1,0 \text{ m}^2$. Die Haube selbst besteht aus einem Konus mit einer Höhe von 500 mm und einer sich anschließenden Messstrecke. Letztere ist ein Rohr mit einem Innendurchmesser von 315 mm. Die Rohrlänge entspricht dem Zehnfachen des Rohrlinnendurchmessers.

Um eine aktive Absaugung zu simulieren, approximiert am Ende der Haube ein Zylinder mit einem Durchmesser von 115 mm und einer Höhe von 100 mm einen handelsüblichen Ventilator. Dieser besitzt eine maximale Förderleistung von $2800 \text{ m}^3/\text{h}$. Daraus resultiert eine Luftgeschwindigkeit von 11,52 m/s im Ringspalt und eine Geschwindigkeit von 0,78 m/s im Einlass der Probenahmehaube. Mithilfe der Simulation des Ventilators

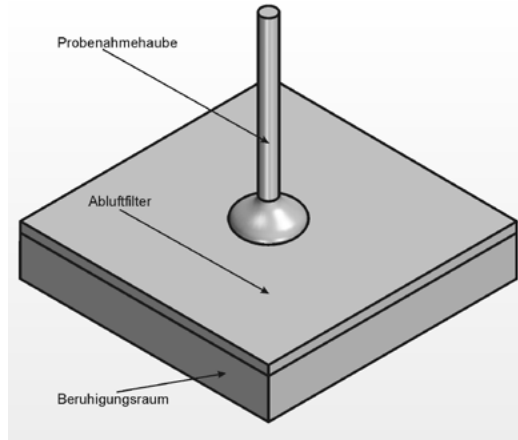


Abb. 1: Schema der verwendeten Geometrie
 Fig. 1: Outline of the used geometry

kann eine aktive Absaugung der Messeinrichtung mit einer passiven Durchströmung derselben verglichen werden. Abbildung 1 zeigt das Schema der Probenahmehaube auf einem Filter als Grundlage der Simulationen.

Die Implementierung erfolgt mit dem Programm Star CCM+ (Version 8.02.008) der Fa. CD-adapco, Melville, USA. Die Haube wird mit einem Volumennetz überzogen. Für jedes einzelne Volumenelement wird dann die Lösung aus den Randbedingungen und den Zustandsgleichungen errechnet. Das Netz besteht aus Polyedern mit einer Basisgröße von 30 mm. Die Ränder der Geometrie werden mit einem prismatischen Volumennetz überzogen, um die Lösung in der Grenzschicht exakter zu berechnen.

Das Programm simuliert die Haube dreidimensional im stationären Zustand. Luft strömt als ideales Gas durch das System. Die Verwendung des k - ϵ -Modells modelliert die Turbulenz der Luftströmung. Alle Zustandsgleichungen des Systems werden entkoppelt gelöst.

Die massebehafteten Partikel werden als Lagrange'sche Phase simuliert und besitzen einen Durchmesser von 5 μm und eine Dichte von 1700 kg/m^3 . Die Partikel werden aus Punktquellen mit einem Abstand von 990 mm zur Haube und einer Fließrate von 1,0 s^{-1} gestartet. Der Startabstand zwischen den Partikelbahnen beträgt 54,3 mm.

3 Ergebnis und Diskussion

Abbildung 2 zeigt die Geschwindigkeiten bei passiver Durchströmung und bei aktiver Absaugung der Probenahmehaube. Die Haube baut bei passiver Durchströmung einen Druckwiderstand auf, der in den Abluftfilter hineinreicht. Dadurch wird nur ein Teil des Volumenstroms durch die Messstrecke gefördert. Eine isokinetiche Probenahme von Bioaerosolen ist bei dieser Verfahrensweise nicht gewährleistet.

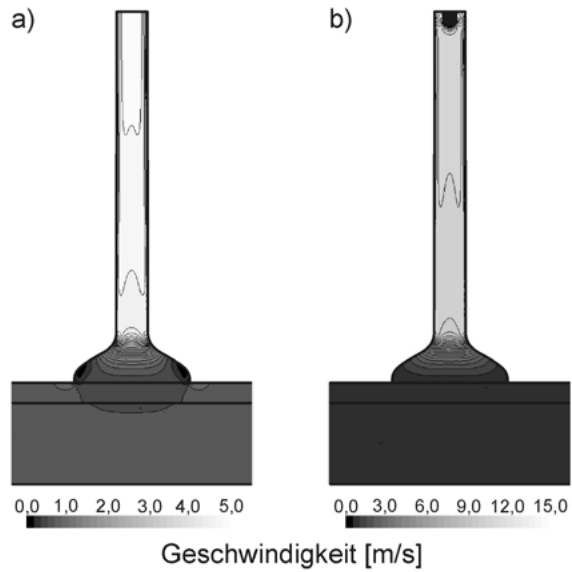


Abb. 2: Vergleich der Luftgeschwindigkeiten bei a) passiver Durchströmung und b) aktiver Absaugung der Probenahmehaube

Fig. 2: Comparison of the air velocity within the sampling hood at a) passive flow and b) active suction

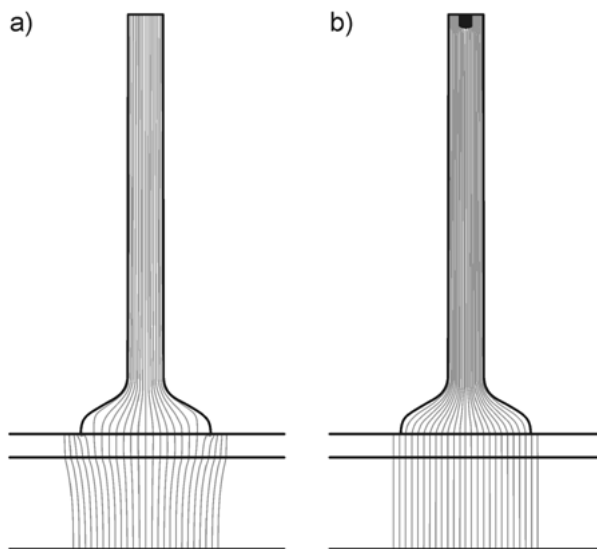


Abb. 3: Vergleich der Partikelbahnen bei a) passiver Durchströmung und b) aktiver Absaugung der Probenahmehaube

Fig. 3: Comparison of the particle trajectories within the sampling hood at a) passive flow and b) active suction

Der Druckwiderstand der Haube bei aktiver Absaugung wird im Vergleich zur passiven Durchströmung deutlich egalisiert. Es ist möglich, die Entnahme der Bioaerosole aus dem Volumenstrom der Luft isokinetisch zu gestalten. Dadurch wird eine Fraktionierung der Probe verhindert, welche die Messung verfälschen würde.

Weiterhin führt der Druckwiderstand dazu, dass Partikel am Rand der Probenahmehaube nach außen abströmen und somit nicht erfasst werden. Es kommt zu einer Verfälschung des Partikelgrößenspektrums und a priori zu falschen Messergebnissen. Dies zeigt Abbildung 3, in der Partikelbahnen bei passiver Durchströmung und bei aktiver Absaugung des Messsystems dargestellt sind.

Bei aktiver Absaugung werden alle unter der Probenahmehaube gestarteten Partikel durch die Haube gefördert. Damit entspricht die Partikelverteilung der Probe auch dem zu beprobenden Massestrom der Bioaerosole in diesem untersuchten Bereich.

In Abbildung 4 sind die Luftgeschwindigkeitsprofile bei aktiver Absaugung in verschiedenen Schnittebenen der Messstrecke dargestellt. Der Abstand beträgt jeweils 315 mm, beginnend mit der nullten Ebene am Rohreinlass und endend mit der zehnten Ebene am Rohrauslass. Bereits kurz nach dem Übergang vom Konus zur Messstrecke bildet sich ein gleichmäßiges, für die isokinetische Probenahme ideales Geschwindigkeitsprofil aus. Daher kann in der Praxis die Länge der Messstrecke deutlich verkürzt werden.

In dieser Arbeit zeigt sich durch Verwendung der Numerischen Strömungssimulation, dass die Probenahme von Bioaerosolen durch eine Haube mit eingebautem Ventilator zu präferieren ist. Die gefundene Geometrie der Haube ist eine theoretisch optimierte Form, die durch Messungen in der Praxis überprüft werden sollte.

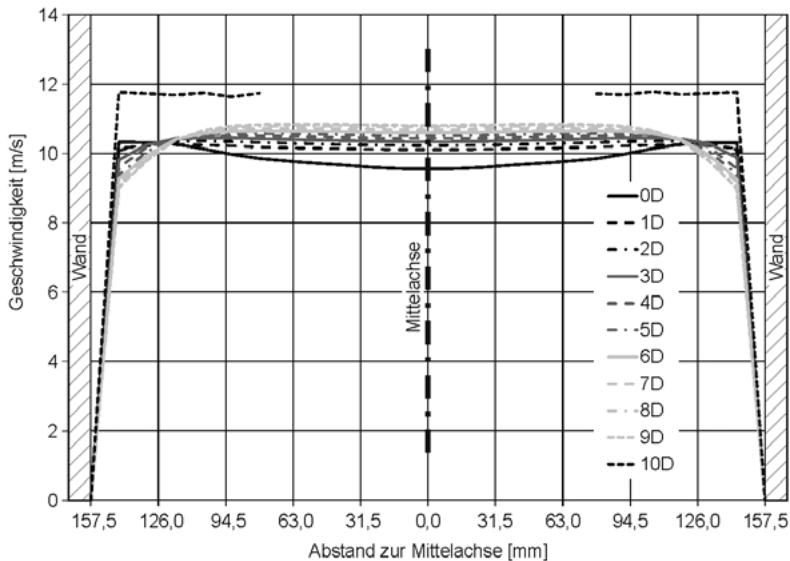


Abb. 4: Geschwindigkeitsprofile mehrerer Schnittebenen bei aktiver Absaugung
 Fig. 4: Velocity profiles of several cutting planes at active suction

Literatur

- VDI 3475 Blatt 1 (2003): Emissionsminderung – Biologische Abfallbehandlungsanlagen – Kompostierung und Vergärung; Anlagenkapazität mehr als ca. 6000 Mg/a. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL
- VDI 3477 (2004): Biologische Abgasreinigung – Biofilter. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL
- VDI 3880 (2011): Olfaktometrie – Statische Probenahme (Olfactometry – Static sampling). Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL
- VDI 4257 Blatt 1, Entwurf (2010): Bioaerosole und biologische Agenzien – Emissionsmessungen – Planung und Durchführung von Emissionsmessungen. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

A real-scale test facility for the study of ammonia emissions from a slurry pit – Effect of airflow rate and airflow direction at the slatted floor level

Eine Testanlage für Versuchsmessungen von Ammoniakemissionen aus einer Güllegrube – Auswirkung der Lüftungsrate und Lüftungsrichtung in Bodennähe

MERLIJN DE PAEPE¹, JAN G. PIETERS², BART MERCI³, PETER DEMEYER¹

¹ Technology and Food Science Unit – Agricultural Engineering, Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO), Burg. Van Gansberghelaan 115 bus 1, 9820 Merelbeke, Belgium

² Department of Biosystems Engineering, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, 9000 Gent, Belgium

³ Department of Heat, Flow and Combustion Mechanics, Faculty of Engineering and Architecture, Ghent University, Sint-Pietersnieuwstraat 41, 9000 Gent, Belgium

Keywords: ammonia, emission, slurry pit, ventilation rate

Schlüsselwörter: Ammoniak, Emission, Güllegrube, Lüftungsrate

Summary

In order to better understand and try to mitigate gaseous emissions from barns, our objective was to study the ammonia mass transport at slurry pit level. To this end, a suitable test facility was built. The stability of the ammonia emissions therein was presented as well as the effect of different airflow directions and airflow rates. As more air entered the experimental slurry pit, higher emissions were found.

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, den Ammoniakaustrag aus Güllegruben zu studieren. Zu diesem Zweck wurde eine Testanlage gebaut. Die Konstanz der Ammoniakemissionen sowie die Wirkung der Lüftungsrichtungen und der Lüftungsraten wurden in der Testanlage gemessen. Je mehr Luft in die experimentellen Güllegruben strömt, umso höhere Emissionen entstehen.

1 Aim

Gaseous emissions from barns contribute to environmental issues (acidification by NH_3 and global warming by CH_4 , CO_2 , etc.) and can lead to environmental nuisance such as odour. In order to better understand and try to mitigate these emissions, our objective was to study the airflow patterns and mass transport at the level of the slurry pit. The emission process is influenced by a number of key factors, such as barn ventilation conditions, indoor housing design (floor type and opening ratio), slurry pit design as well as temperature and pH of the manure. In Europe, the agricultural sector is the main source of ammonia emission, generating up to 94 % of the total emissions in 2010 (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2012). Besides the difficulty of performing measurements in animal-occupied barns, the main disadvantage of these real-life studies is the large variation in conditions that is often observed, e.g. the manure's pH and temperature, and the spatial distribution of concentrations. Therefore, recent studies used controlled small-scale slurry pit models to study ammonia mass transfer (MORSING et al. 2008, YE et al. 2008a-b, YE et al. 2009a-b, ZHANG et al. 2008). However, larger scale studies are still necessary. Therefore, we developed a test facility to study different aspects of the ammonia emission process at slurry pit level. First a control experiment is presented and then a series of experiments that simulate airflow obstruction at the slatted floor level, leading to various airflow directions. This was done by altering a deflector panel in the test facility. The air velocity over the slatted floor was also varied, since this inherently affects the calculation of emissions.

2 Materials and methods

2.1 Experimental set-up

Inside a work hanger, unaffected by outdoor influences, a section of a real-scale slurry pit was built (dimensions: $L \times W \times H = 2.66 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} \times 1.38 \text{ m}$; see Fig. 1). The pit was covered by a typical slatted floor with 30 slits that resulted in a 20 % opening ratio.

The pit and floor combination was again covered by a mechanically ventilated 8.00-m long wind tunnel ($W \times H = 1.15 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$), which was built with a steel frame, plexiglas windows and a concrete-form-plywood floor, except for the slatted floor. A 1-cm thick deflector panel was mounted across the wind tunnel section (Fig. 2) to allow to alter the angle at which the airflow is directed towards the floor slits and into the slurry pit. Since real manure generally portrays a large variation in pH and ammonium concentrations, a standardised NH_4Cl solution was used to act as the source of emission in the pit. The pH was kept constant at a value of 8.0 through automatic dosing of a $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ buffer solution. To be able to store the NH_4Cl solution in the pit, a custom built stainless steel container (dimensions $L \times W \times H = 2.65 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} \times 0.19 \text{ m}$) was placed in the pit, 0.50 m underneath the slatted floor. In other words, the pit headspace height was 0.50 m. Figure 1 shows the whole set-up as seen from outside. An Innova photoacoustic gas monitor (model 1314, AirTech Instruments, Ballerup, Denmark) measured the ammonia concentration at the wind tunnel outlet, approx. 20 cm in front of the fan. For control purposes, the pH of the NH_4Cl -solution was monitored

with a HI 1006-32 electrode (Hanna Instruments) and recorded on a Squirrel 2040 data logger (Grant Instruments, Cambridge, UK).

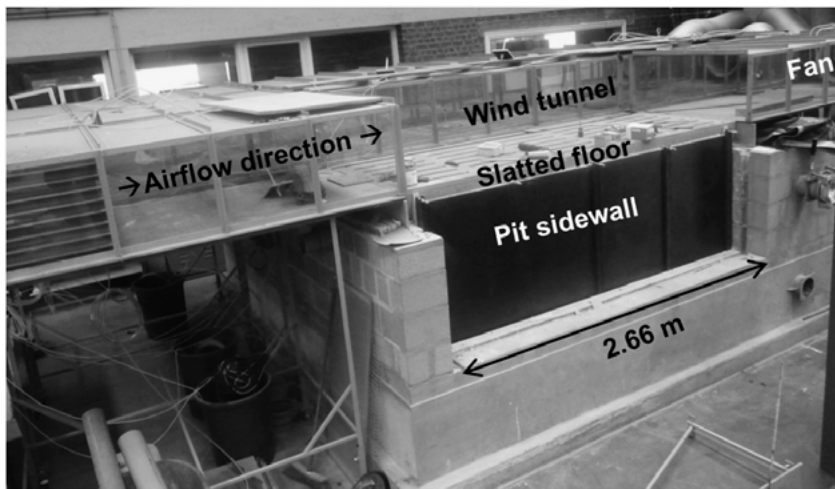


Fig. 1: Side view of the experimental set-up with denotations of the pit, slatted floor, wind tunnel, and fan at the outlet of the wind tunnel; the wind tunnel cover above the floor is removed in this picture
 Abb. 1: Seitenansicht des experimentellen Aufbaus der Güllegrube, des Spaltenbodens, des Windkanals und des Lüfters am Ausgang des Windkanals; die Windkanalabdeckung über dem Boden ist in diesem Bild entfernt

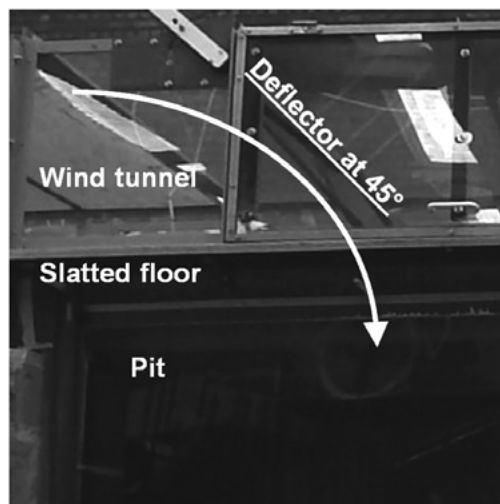


Fig. 2: Detail of the wind tunnel with the deflector panel mounted above the windward end of the slatted floor, here shown at a 45° angle; the arrow schematically depicts the airflow entering the pit through the floor slits

Abb. 2: Detailansicht des Windkanals mit der Abweiserplatte über dem Spaltenboden montiert, hier in einem 45°-Winkel angezeigt; der Pfeil zeigt schematisch den Luftstrom in die Grube durch die Bodenschlitze

2.2 Control experiment

First, a 10-day long control experiment was performed to determine the stability of performance of the experimental set-up, i.e., its ability to maintain a constant solution pH as well as reproducible ammonia emissions.

During this experiment the airflow rate in the wind tunnel was 945 m³/h. In this case the Reynolds number of the flow inside the wind tunnel was 30000, using 1.1 m as the hydraulic diameter for the wind tunnel. Therefore, the flow could be considered well-developed and fully turbulent.

2.3 Experiments with varying airflow direction and airflow rates

In this following series of experiments, the effect of the airflow direction was studied by altering the angle of the deflector above the slurry pit. The used angles were 0, 20, 45, 70 and 90°; 0° meaning no obstruction and 90° completely blocking the wind tunnel passage, so the airflow had to completely enter the pit.

Each angle was studied in combination with one of four different wind tunnel airflow rates: 540, 810, 1080 and 1350 m³/h, respectively. The duration of each experimental run was 90 min.

3 Results

During the control experiment, the pH of the ammonium solution remained between 8.0 and 8.1, while the average (avg) ammonia concentration at the wind tunnel outlet was 9.5 ppmv with a standard deviation (SD) of 1.6 ppmv. This resulted in an overall variation coefficient (SD/avg) of 17 %.

The experiments with varying deflector angles and airflow rates (Fig. 3) clearly showed that greater deflector angles and airflow rates resulted in an increase of the ammonia concentration (and emission) at the outlet. This can be explained by the fact

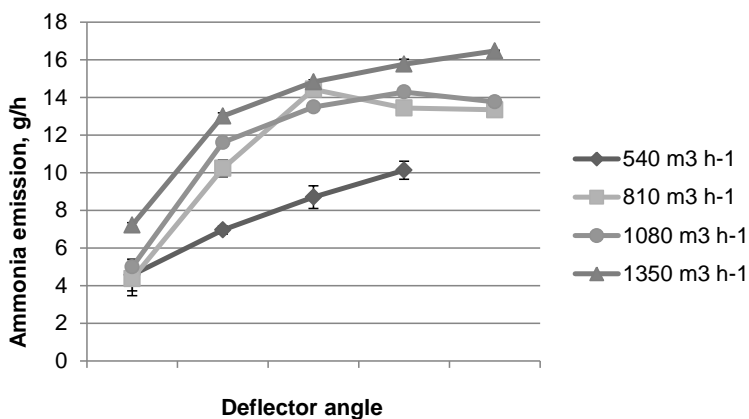


Fig. 3: Effect of the airflow rate (in m³/h) and deflector angle on the ammonia emission (in g/h); error bars denote 1 standard deviation

Abb. 3: Effekt der Lüftungsrate (in m³/h) und des Ablenkwinkels auf die Ammoniakemissionen (in g/h)

that gradually more air entered the pit, which consequently perturbed the underlying solution surface and led to more ammonia release through evaporation. Upon increasing the deflector angle to 20°, the concentrations were found to already double more or less. Higher angles resulted in up to three times higher concentrations, depending on the used airflow rate. The airflow rate itself also gave rise to higher emissions, as the four series in Figure 3 indicate. The variation coefficient on the ammonia concentrations measured throughout these experiments was 33 %.

4 Conclusion

To summarize, the results show that the air velocity and direction near the slatted floor surface can significantly affect the emission from ammonia released in the pit. In the future other parameters will also be studied, such as the pit headspace height. Eventually we wish to apply the ammonia emission set-up on an even larger scale using realistic barn architecture. This should lead to a better insight into the complex processes of gas transport and emission from barns and the interaction with the ventilation rate.

Literature

- European Environment Agency (2012): Ammonia (NH₃) emissions (APE 003) - <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-ammonia-nh3-emissions-1/assessment-2>
- Morsing, S.; Strøm, J.S.; Zhang, G.; Kai, P. (2008): Scale model experiments to determine the effects of internal airflow and Floor design on gaseous emissions from animal houses. In: *Biosystems Engineering* 99, pp. 99–104
- Ye, Z.; Zhang, G.; Li, B.; Strøm, J.S.; Tong, G.; Dahl, P.J. (2008a): Influence of airflow and liquid properties on the mass transfer coefficient of ammonia in aqueous solutions. In: *Biosystems Engineering* 100, pp. 422–434
- Ye, Z.; Zhang, G.; Li, B.; Strøm, J.S.; Dahl, P.J. (2008b): Ammonia emissions affected by airflow in a model pig house: effects of airflow rate, floor slat opening, and headspace height in a manure storage pit. In: *Transactions of the ASABE* 51(6), pp. 2113–2122
- Ye, Z.; Zhang, G.; Seo, I.-H.; Kai, P.; Saha, C.K.; Wang, G.; Li, B. (2009a): Airflow characteristics at the surface of manure in a storage pit affected by airflow rate, floor slat opening, and headspace height. In: *Biosystems Engineering* 104, pp. 97–105
- Ye, Z.; Saha, C.K.; Li, B.; Tong, G.; Wang, C.; Zhu, S.; Zhang, G. (2009b): Effect of environmental deflector and curtain on air exchange rate in slurry pit in a model pig house. In: *Biosystems Engineering* 104, pp. 522–533
- Zhang, G.; Bjerg, B.; Strøm, J.S.; Morsing, S.; Kai, P.; Tong, G.; Ravn, P. (2008): Emission effects of three different ventilation control strategies—a scale model study. In: *Biosystems Engineering* 100, pp. 96–104

Impact assessment of particulate matter, ammonia and greenhouse gases in pig fattening facilities

Folgenabschätzung von Feinstaub, Ammoniak und Treibhausgasen in Schweinemastställen

NELE VAN RANSBEECK¹, HERMAN VAN LANGENHOVE², PETER DEMEYER¹

¹ Department of Agricultural Engineering, Technology and Food Science Unit, Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO), Burgemeester Van Gansberghelaan 115-1, 9820 Merelbeke, Belgium

² Department of Sustainable Organic Chemistry and Technology, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, 9000 Gent, Belgium

Keywords: particulate matter, ammonia, greenhouse gases, emissions, pigs

Schlüsselwörter: Partikelgröße, Ammoniak, Treibhausgase, Emissionen, Schweine

Summary

Measurements of indoor concentrations and emissions at different pig fattening facilities took place in order to evaluate the indoor air quality and emissions. Particulate matter (PM), more specifically PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁, was measured simultaneously with ammonia and greenhouse gases (CH₄, N₂O, CO₂). Based on these findings, an estimation was made of the total emissions for both fattening pigs and the total pig industry in Flanders. Furthermore, personal PM measurements were performed in order to assess the occupational exposure of the farmer and the veterinarian. Measurements of PM took place during different working tasks and the respective time weighted average exposure levels were assessed for both farmer and veterinarian.

Zusammenfassung

Messungen von Innenraumkonzentrationen und Emissionen in verschiedenen Schweinemastställen wurden durchgeführt, um die Qualität der Innenraumluft und die Emissionen zu bewerten. Feinstaub in verschiedenen Partikelgrößen (PM₁₀, PM_{2.5} und PM₁) wurde gleichzeitig mit Ammoniak und Treibhausgasen (CH₄, N₂O, CO₂) gemessen. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde eine Abschätzung der Gesamtemissionen für Mastschweine und der gesamten Schweinehaltung in Flandern erstellt. Außerdem wurden Feinstaubmessungen mit Personen durchgeführt, um die Staubbelastung für den Landwirt und den Tierarzt beurteilen zu können. Messungen von Feinstaub fanden während verschiedener Tätigkeiten statt.

1 Introduction

Mainly due to environmental restraints, some important changes in farm management have been introduced in pig fattening facilities. New regulations confronted the farmers with new barn types and new techniques that not only affected emissions but also indoor air quality. Therefore, an extended study was performed to determine the impact of particulate matter (PM), ammonia and greenhouse gases on the environment and on occupational health in pig fattening facilities.

Different definitions of PM exist. In ambient air, PM_{10} , $PM_{2.5}$ and PM_1 are commonly used terms, and can be defined as particulate matter which passes through a size-selective inlet with a 50 % efficiency cut-off at respectively 10, 2.5 or 1 μm aerodynamic diameter (European Council 1999). According to the occupational conventions EN 481 (1993), the human health-related sizes are: inhalable (particles which can be inhaled through the nose and mouth), thoracic (inhaled particles which can penetrate into the larynx), and respirable (particles which can go beyond the larynx and penetrate into the unciliated respiratory system).

2 Methods

During the first part of the study, indoor concentrations and emission factors (EF) of PM (PM_1 , $PM_{2.5}$ and PM_{10}), NH_3 , N_2O , CH_4 and CO_2 were measured in different conventional pig fattening facilities and in one low ammonia emission fattening facility (best available technique (BAT)). The measurements took place from April 2010 till May 2011 on three different farms in Flanders, Belgium (Westrozebeke, Dentergem and Alveringem). Each farm had two stables for finishing pigs with equal management, feeding and animal age. On the third farm, one stable was equipped with BAT partly-slatted floor with manure channel including slanted side walls and a water channel. According to VAN RANSBEECK et al. (2012 a, b), 4 measurement periods are required in each fattening period of 120 days to assess an emission factor of a stable. Indoor concentrations of PM, gases, temperature and relative humidity were measured in the middle of the central pen of the barn at 1.6 m height. The sampling instrument for PM was placed inside an iron cage attached to the slatted floor. The sampling inlet of the instrument was located above the cage. Emission concentrations were measured at the exhaust ventilator. Particulate matter was measured using two Grimm 1.109 spectrometers (Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG, Ainring, Germany) mounted in a weatherproof housing and equipped with a temperature and relative humidity sensor. Concentrations of NH_3 , CH_4 , N_2O , and CO_2 were continuously measured by a multi sampler (CBISS, a1-envirosciences ltd., Wirral, UK), which was connected with an infrared photo acoustic detector (1314 multigas monitor, Innova Air Tech Instruments, Santa Clara, CA, USA). Ventilation rates were monitored with a free running impeller (type FMS, Fancom, Panningen, Netherlands).

Emission factors are usually expressed as yearly emissions per animal. A detailed inventory of pig stables in Flanders is available, with number of pigs per stable (maximum animal capacity) (VLM dataset 2011, personal communication). Based on these data, an extrapolation could be made to estimate both the total emissions from pig fat-

tening facilities in Flanders and the total emissions for the pig industry in Flanders. The total emission for the pig fattening industry was calculated based on the EF determined during this research multiplied with the number of pigs per stable in Flanders. The data for the low emission stables were calculated based on the EF of the conventional stables (from this research) and reduction factors according to the Flemish environmental effects reporting (MER) guidelines for NH_3 , PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ (WILLEMS et al. 2011; Tab. 1).

Tab. 1: Overview of the reduction factors for the low emission PFF according to the Flemish MER guidelines (WILLEMS et al. 2011)

Tab. 1: Übersicht der Reduktionsfaktoren für verringerte Emissionen nach den flämischen MER-Richtlinien (WILLEMS et al. 2011)

Low emission system	NH_3	PM_{10} reduction factor [%]	$\text{PM}_{2.5}$
Chemical wet scrubber	70	30	60
Bioscrubber	70	40	60
Other (no scrubber)	50	0	0

During the second part of the study, the impact of PM exposure levels for both the farmer and the veterinarian were assessed during different working tasks in pig fattening facilities. Also their exposure levels were estimated on a daily working basis (time weighted average (TWA)). The measured PM fractions were: inhalable and respirable PM, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ and PM_1 . For the personal sampling, the spectrometer was carried at chest height by the person of interest (farmer or veterinarian).

3 Results

3.1 Indoor concentrations and emissions

In total, six pig fattening stables were sampled during two fattening periods. The average indoor PM concentrations were 15.0, 38.9 and 719 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} , respectively, for conventional pig fattening stables. The average indoor gas concentrations for the conventional stables were 18.7, 0.817, 128 and 2034 ppm for NH_3 , N_2O , CH_4 , and CO_2 , respectively. Furthermore, the EF of these stables were 3.4, 7.8 and 99.9 $\text{g}/(\text{yr}\cdot\text{a})$ for PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} respectively, while the EF was 2.2 $\text{kg}/(\text{yr}\cdot\text{a})$ for NH_3 , 154 $\text{g}/(\text{yr}\cdot\text{a})$ for N_2O , 10.4 $\text{kg}/(\text{yr}\cdot\text{a})$ for CH_4 , and 420 $\text{kg}/(\text{yr}\cdot\text{a})$ for CO_2 . These results were compared to other similar international researches in this field. The indoor concentrations were mostly higher than the concentrations found in literature, but the emissions were lower compared to other research. This was probably due to the relatively low ventilation rates in the stables which were monitored during this study. Both for the concentrations and emissions, there was a significant difference ($p < 0.05$) between the two fattening periods as well as between the two stables on one farm.

Based on the results of our research, we performed an update of the contribution of the Flemish pig fattening facilities to ambient air pollution and also made an estimation of the total emissions for the pig industry in Flanders. The total emissions from

pig fattening facilities in Flanders and an estimate of the total emissions for the pig industry in Flanders are shown in Table 2. Considering the stable emissions for the total pig industry, the Flemish inventories (VMM internal report 2011) show much higher values than our calculated total emissions for $PM_{2.5}$ and PM_{10} (more than 10 times higher for $PM_{2.5}$, and more than three times higher for PM_{10}). The reported N_2O emissions for Flanders were about five times lower than our calculated emissions. Emission of NH_3 and CH_4 lied in the same range.

Tab. 2: Estimations of the total emissions for fattening pigs and for the total pig industry in Flanders based on the average EF obtained by our study

Tab. 2: Tendenzen der Gesamtemissionen für Mastschweine und für die gesamte Schweinehaltung in Flandern basierend auf den durchschnittlichen Emissionsfaktoren

	Fattening pigs (calculated)	Total pig industry (calculated) [t/a]	Total pig industry (inventory ¹⁾)
PM_1	14	17	unknown
$PM_{2.5}$	31	37	278
PM_{10}	398	486	1219
NH_3	8 160	10 771	12 559
N_2O	629	830	159
CH_4	42 452	56 036	58 645
CO_2	1 714 392	2 262 997	-

¹⁾ VMM internal report 2011.

3.2 Personal exposure levels for both farmer and veterinarian

The results of the second part of the research showed that the highest personal exposure levels occurred during feed shoveling and blood sampling, the lowest during the weighing of the pigs and walking in the central alley of the stable (Fig. 1). The time weighted average (TWA) exposure of PM_{10} and $PM_{2.5}$ for the farmer in this research was 1.09 and 0.12 mg/m^3 , respectively, while for the veterinarian a TWA exposure to PM of 2.72 and 0.30 mg/m^3 , respectively was found. The farmers exposure to the inhalable and respirable PM fraction during an 8-hour shift was 6.0 and 0.29 mg/m^3 , respectively, while for the veterinarian the TWA exposure was 10.6 and 0.74 mg/m^3 . These calculated TWA exposure levels of inhalable PM for both farmer and veterinarian were close to or even higher than the exposure limit of 10 mg/m^3 as recommended by the Belgian legislation (Belgisch Staatsblad 2011).

The concentration levels were mainly determined by the working task performed. There was no significant effect of pig age, stable floor type, nor cleaning of the stable on the personal exposure levels.

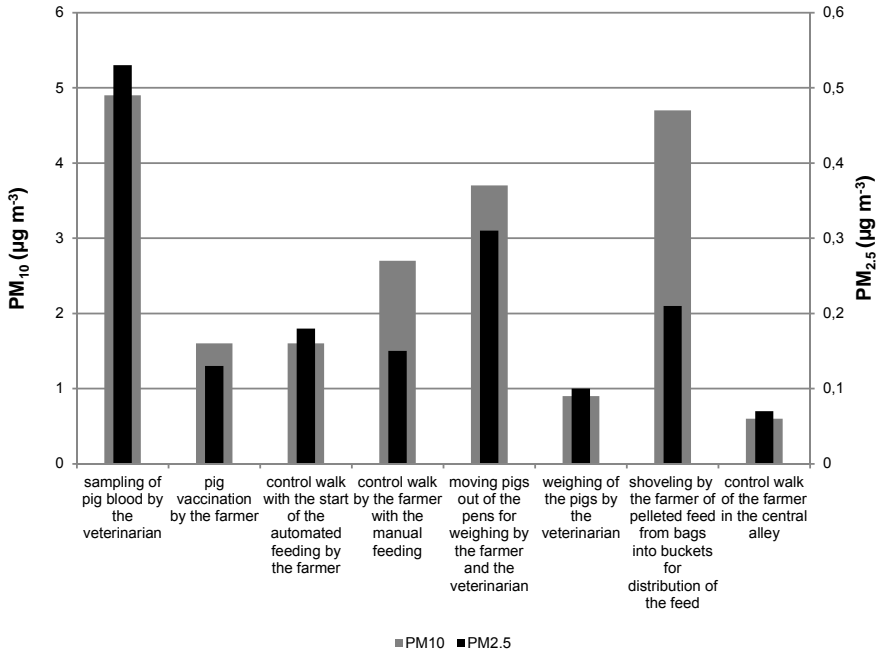


Fig. 1: Personal exposure levels of PM₁₀ and PM_{2.5} during different working tasks of the farmer and the veterinarian

Abb. 1: Personenbezogene Feinstaubmessungen von PM₁₀ und PM_{2.5} bei verschiedenen Tätigkeiten des Landwirtes und des Tierarztes

4 Conclusions

Both indoor concentrations and emissions of PM, ammonia and greenhouse gases were measured. Based on these findings, the regional emission inventories for the Flemish pig industry were assessed. Furthermore, the PM exposure of the farmer and the veterinarian was measured during different working tasks. During some operational tasks in the pig fattening house, both farmer and veterinarian were exposed to relatively high concentration levels of PM, compared to average indoor PM concentrations.

Literature

Belgisch Staatsblad (2011): 30.06.2011. 1687, p. 37942

EN 481 (1993). Workplace atmospheres. Size fraction definitions for measurement of airborne particles

European Council (1999): 30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air directive. Official Journal of the European Communities

Van Ransbeeck, N.; Van Langenhove, H.; Van Weyenberg, S.; Maes, D.; Demeyer, P. (2012a): Typical indoor concentrations and emission rates of particulate matter at building level: A case study to setup a measuring strategy for pig fattening facilities. In: Biosystems Engineering 111, pp. 280–289

Van Ransbeeck, N.; Van Weyenberg, S.; Peiren, N.; Van Langenhove, H.; Demeyer, P. (2012b): Typical indoor concentrations and emission rates of ammonia and greenhouse gases at building level: a case study to setup a measuring strategy for pig fattening facilities. Publication under review. Biosystems Engineering

Willems, E.; Monseré, T.; Dierckx, J. (2011): Geactualiseerd richtlijnenboek milieueffectrapportage „Basisrichtlijnen per activiteitengroep – Landbouwdieren”. ABO NV. P, p. 172

Acknowledgements

This study was conducted during the Agricultural Research Project IWT70589, which was funded by the Agency for Innovation by Science and Technology (IWT) of the Flemish government. The authors would also like to thank the technicians at ILVO for their advice and support.

Development of a reference method for the measurement of the ventilation rate through rectangular ventilation openings using ultrasonic anemometers

Entwicklung einer Referenzmethode für die Messung der Luftwechselrate durch rechteckige Lüftungsöffnungen mittels Ultraschall-Anemometer

PHILIPPE VAN OVERBEKE^{1,2}, JAN G. PIETERS², GERLINDE DE VOGELEER^{1,2}, PETER DEMEYER¹

¹ Technology and Food Unit, Institute for Fisheries and Agricultural Research (ILVO), Burgemeester Van Gansberghelaan 115, 9820 Merelbeke, Belgium

² Department of Biosystems Engineering, Ghent University, Coupure links 653, 9000 Ghent, Belgium

Keywords: airflow measurements, ultrasonic anemometers, ventilation, duct traverse
 Schlüsselwörter: Luftstrommessung, Ultraschall-Anemometer, Lüftung, Kanaltraverse

Summary

A measurement method for the airflow rate through rectangular ducts was developed with the use of 2D and 3D ultrasonic anemometers. The measurements were carried out 0.15 duct diameters (Dd) upstream and 0.37 Dd downstream of the outlet of a 1 m wide rectangular duct (1.0 m x 0.5 m) and 0.29 Dd downstream of the outlet of a 3 m wide rectangular duct (3.0 m x 0.5 m). An automated sensor frame was developed to automatically measure consecutive sampling positions. Experiments under varying conditions of flow profile, airflow rate and duct size were carried out. These experiments are a first step towards the implementation of such a method in naturally ventilated systems.

Zusammenfassung

Ein Messverfahren zur Bestimmung des Luftdurchsatzes durch rechteckige Kanäle wurde unter Verwendung von 2 D- und 3 D-Ultraschall-Anemometern entwickelt. Die Messungen wurden 0.15 Kanaldurchmesser (Dd) stromaufwärts und stromabwärts des Auslasses eines 1 m breiten rechteckigen Kanals (1.0 m x 0.5 m) und 0.29 Dd stromabwärts des Auslasses eines 3 m breiten rechteckigen Kanals (3.0 m x 0.5 m) durchgeführt. Ein automatisierter Sensorrahmen wurde entwickelt, um aufeinanderfolgende Probenahmepositionen automatisch zu messen. Die Experimente wurden unter variierenden Bedingungen bezüglich Turbulenzintensität, Dichtemessung, Strömungsprofil, Luftdurchsatz und Kanalgröße durchgeführt. Diese Experimente sind ein erster Schritt in Richtung der Umsetzung eines solchen Verfahrens in frei belüfteten Systemen.

1 Introduction

Existing standards for measuring mechanically induced airflow rates through rectangular ducts (ASHRAE, AABC and DIN EN 16211) impose minimum distances of flow disturbances upstream and/or downstream to the traverse or measuring plane. The aim of this research was to develop a reference method (RM) which remains accurate irrespective of the distance of the airflow disturbances from the measuring plane. As the overall aim is to develop a measuring technique for the airflow rate through naturally ventilated (NV) animal houses, the RM was developed to measure the airflow close (± 0.20 m) to the outlet of a rectangular duct as it would be applied in these NV buildings. This future application also requires a high mechanical robustness of the RM. This was assured by using sturdy ultrasonic anemometers. As no standards on using these sensors for this application exist, an adapted method was developed. VAN BUGGENHOUT et al. (2009) demonstrated that an accurate and reliable measuring technique for naturally ventilated systems still does not exist. This entails the inability to automatically and permanently control the airflow in a naturally ventilated system, e.g. in animal houses. As the ventilation rate must be known to correctly assess the emissions coming from these animal houses, at present, a large uncertainty is introduced in the emission inventories of EU member states. The vent openings in naturally ventilated animal houses are mostly rectangular. When measuring close to the in- or outlet opening of the vents, it can be expected that the RM, developed under conditions of mechanical ventilation, will be transferable to these conditions of natural ventilation. In future work this aspect will be investigated further through the implementation of the RM in a section of a naturally ventilated pig stable (DE VOGELEER et al. 2013). This paper focuses on the development and validation of the reference method.

2 Materials

To develop and calibrate the RM under conditions of mechanical ventilation, flow guidance ducts, an airflow rate reference and a steady adjustable flow are needed (Fig. 1). A rectangular airflow duct of 1 m x 0.5 m (W x H) was constructed to test the methods on a relatively small scale. As vent openings in naturally ventilated animal houses are much wider, a second duct was constructed of 3 m x 0.5 m (W x H) to further develop the method on a more representative scale. Each time the duct arrangement was modified, the air tightness was checked by pressurizing the duct and inserting smoke which visualized the leaks. The experiments were carried out under steady ventilation rates provided by commercially available direct current axial fans with an almost stepless rate adjustment (Fanco IF \varnothing 35 cm and \varnothing 56 cm). The exact flow rate was assessed by a differential pressure reading over an orifice plate placed upstream of the fan and in compliance with the VDI 2041 standard (1991) (accuracy ± 3 %). The differential pressure was measured at 1 Hz by a Dimed P26 (-1000 Pa to 1000 Pa ± 0.3 %) and a Dimed P26 (-100 Pa to 100 Pa ± 0.3 %) for the high and low pressures, respectively. For low airflow rates, the fan and connected orifice setup had a diameter of 0.35 m. Higher airflow rates were imposed by a \varnothing 0.56 m fan and measured by a \varnothing 0.56 m orifice setup. In a first series of experiments, a manually operated sensor frame (0.5 m x

1 m x 0.2 m) was used to measure the air volume rate (Fig. 2). A sensor could be fixed in the sled of the sensor frame which was covered with canvas in order to minimize air leakage. The horizontal movement was carried out by turning the left or right handle, rolling up the canvas and moving the sled. The vertical positioning was carried out by placing the sensor higher in the sled. The frame was connected to the outlet of the 1 m duct. In a second series of tests, the ASF was used. The ASF consisted of a connected horizontal (4.5 m) and vertical (0.7 m) linear guidance system placed at the outlet of the duct (Fig. 3). This allows to scan an area of 4.5 m x 0.7 m by a sensor connected to the vertical guidance system. The movement of the sensor was performed by 2 electromotors

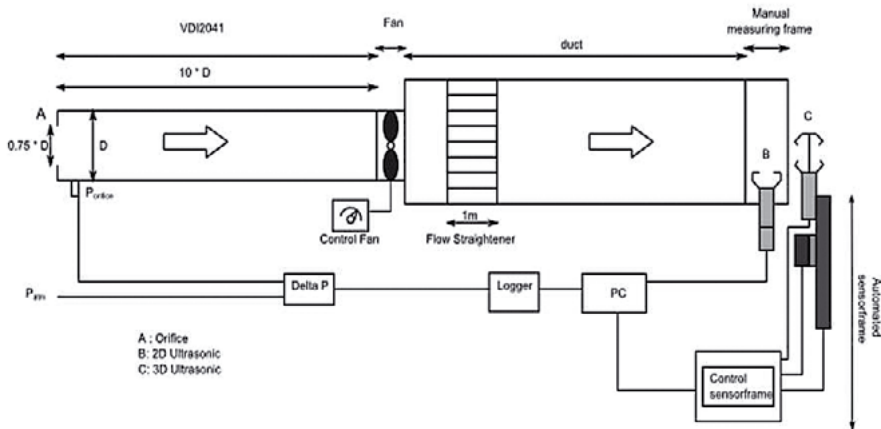


Fig. 1: Test installation for the development and calibration of the manual and automatic sensor frame (ASF)

Abb. 1: Testinstallation für die Entwicklung und Kalibrierung des manuellen und automatischen Sensorrahmens (ASF)

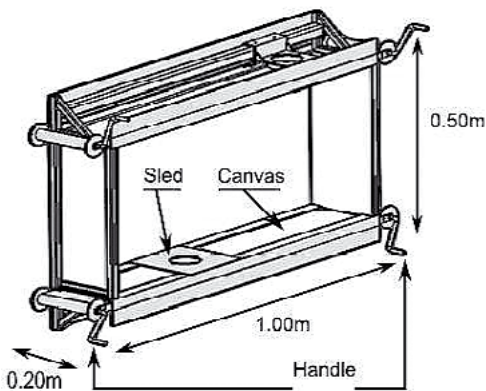


Fig. 2: Manual sensor frame
Abb. 2: Manueller Sensorrahmen

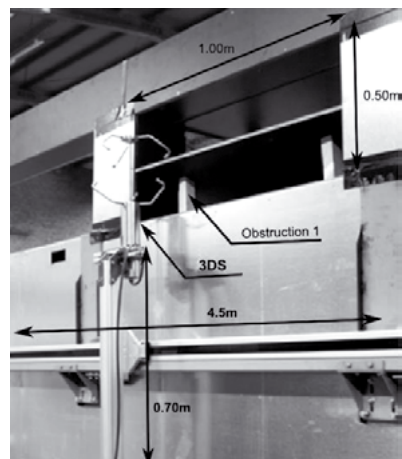


Fig. 3: ASF in front of 1 m duct
Abb. 3: ASF vor dem 1-m-Kanal

controlled by a Siemens Step 7 PLC program. A linear speed up to 2 m/s was possible. The development of the RM was carried out by means of calibrated ultrasonic 2D (2DS) and 3D anemometers (3DS) (Thies®, accuracy ± 0.05 m/s). All data were logged with a Squirrel 2010 logger.

3 Methods

Calculation method for measurements at 0.10 m upstream of the outlet opening (manual 2DS method)

Only the 1 m wide duct was used during these experiments. The 2DS was placed in the sled of the manual sensor frame attached to the outlet of the tunnel. Only the velocity vector normal to the measuring plane (v_{\perp}) was used to calculate the airflow rate. The cross-sectional area of the measuring plane was divided into a number of rectangular sub-areas (20). The sensor was positioned in such a way that the intersection of the sensors' measuring paths corresponded to the centre of each sub-area. Each position was consecutively measured during 1 min at 1 Hz. The respective average velocities were calculated and multiplied by their related sub-area after which the individual volume rates were summed (Eq. 1).

$$Q_{2DS}[\text{m}^3/\text{h}] = \sum_1^n v_{\perp} A \cdot 3600 \quad [1]$$

Robustness and accuracy of the manual 2DS method

The influence of a flow disturbance close to the measurement plane was verified by placing an obstruction (standard bucket) in the tunnel 0.50 m (0,76 Dd) upstream of the outlet with an airflow rate of 1350 m³/h. It should be noted that the outlet opening in itself (formed by the manual frame), is a downstream flow disturbance at 0.10 m (0.1 Dd) from the traverse plane. To verify the accuracy of the method the 2DS method was executed for 8 different air flow rates ranging from 1045 m³/h to 6210 m³/h and compared with the results obtained by the VDI 2041 method.

Calculation method for measurements downstream of the outlet opening (ASF method)

As it was not possible to combine the ASF with measurements inside the tunnel, the ultrasonic sensor had to be placed directly behind the outlet. A new traverse plane was chosen to account for the expanding airflow (Fig. 4A and B) and divided into 32 areas and 80 areas for the 1 m and 3 m wide duct, respectively. The airflow leaving the duct has to pass through these areas. In each measuring location of the sensor only the vector components normal to the traverse plane, without having to pass through a neighbouring measurement location to reach this plane, were accounted for. This means that in the four corners the X, Y, and Z vectors were measured, but in the centre areas only the Y component was taken into account (Fig. 4C). The average velocities of the vectors were then multiplied by their respective surface areas and the individual volume rates were summed. As also velocity components in the vertical direction need to be measured, a 3D ultrasonic sensor was necessary. This method is referred to as the ASF 3DS method.

Accuracy and robustness of the ASF 3DS method

To examine the robustness of the ASF 3DS method, the influence of flow disturbances was verified by diverting the airflow at the end of the 1 m wide duct upwards by means of an inclined plate (45°). Thereby, vertically directed velocities were provoked. In the 3 m wide duct 3 cylindrical or cone shaped obstructions with an average height and width of 0.30 m and 0.28 m, respectively, were placed inside the duct at 0,50 m (0,59 Dd) upstream of the outlet. Different configurations of these obstructions were examined. It should be noted that the outlet opening in itself is an upstream flow disturbance at 0.26 m (0.31 Dd) from the traverse plane (Fig. 4A). To examine the accuracy of the ASF 3DS method, experiments were executed under different air flow rates. 3500 and 4550 m^3/h for the 1 m wide duct and 3480, 4150, 4500, 5300 and 5750 m^3/h for the 3 m wide duct. The calculated airflow rates were compared with the results obtained by the VDI2041 method.

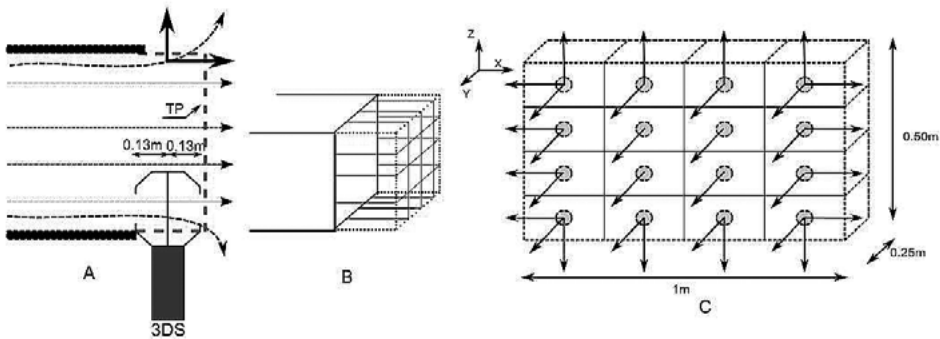


Fig. 4: A) ASF 3DS Methode, B) Traverse Ebene der ASF 3DS Methode, C) gemessene Geschwindigkeitsvektoren
Abb. 4: A) ASF 3DS Methode, B) Traverse Ebene der ASF 3DS Methode, C) gemessene Geschwindigkeitsvektoren

4 Results and discussion

Robustness and accuracy of the manual 2DS method

An obstruction as close as 0.50 m (0.76 Dd) upstream of the measurement plane did not induce a significant change (+ 2.2 %) from the experiment without the obstruction. The deviation (%) of the 2DS method compared to VDI 2041 was on average 5.1 % and always remained lower than 7 % for the 8 imposed airflow rates. As these experiments were carried out in the 1 m wide duct, a larger influence of the 'edge effect' was to be expected compared to experiments in the 3 m wide duct. Hence, it is anticipated that the deviations will diminish further when a wider duct is used.

Robustness and accuracy of the ASF methods

The obstructions did not significantly influence the ASF 3DS methods' deviation from the VDI 2041. A maximum deviation of 7.5 % was found with the upward guided airflow in the 1 m wide duct. The experiments with the 3 m wide duct showed a slight

decrease in the deviations compared to the 1 m wide duct. This was expected due to the lower impact of the 'edge effects'. The ASF 3DS method had an average deviation from the VDI 2041 of 3.70 %.

5 Conclusions

Different measuring methods regarding the velocity vectors provided by the ultrasonic sensors were tested and compared to achieve the best performing RM. The accuracy of the measuring methods was examined by comparing the air volume rates obtained by the ultrasonic anemometers with those from the VDI 2041 method. On average the ASF 3DS deviated 3.70 % from the VDI2041. The use of a 3DS made it possible to measure airflow rates after the outlet of a duct. Obstructions as close as 0,15 Dd had no significant impact on the results of the ASF 3DS method. Based on these results it was concluded that the ASF 3DS method is applicable under conditions for which the existing standards do not apply. As this method gave satisfactory results it will be considered the reference method for further use in developing an accurate measuring technique for airflow rates through naturally ventilated openings.

Literature

- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) (2001): Handbook of Fundamentals. Atlanta
- AABC (Associated Air Balance Council) (1989): National Standards. Vol. Measurements. Washington, DC, 5th ed.
- DIN EN 16211 (2011): Ventilation for buildings - Air flow measurement in ventilation systems - procedures
- Van Buggenhout, S.; Van Brecht, A.; Ozcan, S.E.; Vranken, E.; Van Malcot, W.; Berckmans, D. (2009): Influence of sampling positions on accuracy of tracer gas measurements in ventilated spaces. In: Biosystems Engineering 104, pp. 216–223
- De Vogeleeer, G.; Pieters, J.G.; Van Overbeke, P.; Demeyer, P. (2013): Field test facility for the development of a reference method for ventilation rate and emission measurements in naturally ventilated pig houses
- VDI 2041 (1991): Measurement of Fluid Flow with Primary Devices: Orifice Plates and Nozzles for Special Applications

Acknowledgements

This study was conducted during the Agricultural Research Project IWT090946, which was funded by the Agency for Innovation by Science and Technology (IWT) of the Flemish government. The authors would also like to thank the technicians at ILVO for their advice and support.

Methods to reduce airborne dust in a floor–housing system for laying hens

Methoden zur Reduzierung von Schwebstaub bei der Bodenhaltung von Legehennen

GOSTA GUSTAFSSON, EVA VON WACHENFELT

Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biosystems and Technology,
230 53 Alnarp, Sweden

Keywords: laying hens, dust, climate, house

Schlüsselwörter: Legehennen, Staub, Klima, Stall

Summary

How different factors and techniques affect concentration and generation of dust in a floor-housing system for laying hens were investigated in a climate chamber. The efficiencies of different dust reducing measures were investigated. A major part of the generated dust settled on different surfaces inside the building. The settling rate of dust was affected by the concentration of dust in the air. The settled amount of dust also stood in relation to the floor area of the stable. An increased ventilation rate had a limited effect on the concentration of total dust due to the importance of the settling of the dust. The generation of dust was also investigated when using six different bedding materials, namely: gravel, clay pellets, peat, wood shavings, chopped straw and chopped paper. Clay pellets and peat resulted in lowest concentrations of dust. Automatic spraying of small droplets of water reduced the dust concentration in four trials with different bedding materials. Spraying a mixture of rape seed oil in water was also effective with an automatic spraying system.

Zusammenfassung

Der Einfluss verschiedener Faktoren und Technologien auf die Konzentration und die Entstehung von Staub bei der Bodenhaltung von Legehennen wurde in einer Klimakammer untersucht. Die Effizienz verschiedener Methoden zur Staubreduzierung wurde überprüft. Ein großer Anteil des entstehenden Staubes setzt sich auf den verschiedenen Oberflächen innerhalb des Gebäudes ab. Die Absetzrate des Staubes stand in Korrelation zur Konzentration des Staubes in der Luft. Die abgesetzte Staubmenge stand in Beziehung zur Bodenfläche des Gebäudes. Eine erhöhte Ventilationsrate hatte nur einen begrenzten Effekt auf die Reduktion der Gesamtstaubkonzentration. Die Bildung von Staub wurde zudem in Relation zu verschiedenen Bodenmaterialien (Kies, Tonpellets, Torf, Holzspäne, Strohschnitzel und Papierschnipsel) untersucht. Tonpellets und Torf bildeten die geringste Menge an Staub. Automatische Beregnung mit feinen Wassertropfen führte zur Reduzierung der Staubkonzentration in allen vier Versuchen, die mit verschiedenen Bodenmaterialien durchgeführt wurden. Das Sprühen einer Mischung aus Rapsöl in Wasser war auch wirksam mit einem automatischen Sprühsystem.

1 Introduction

Compared to traditional cage systems, the air in floor-housing systems may be more polluted with dust because of high activity and more bedding material (DROST and VAN DEN DRIFT 1992, LARSSON et al. 1999). WHYTE (2002) reported that the average inspirable fraction inhaled by poultry stockmen ranged from 2.1 to 28.5 mg/m³ for a complete working day. LARSSON et al. (1999) reported a tendency to stronger inflammatory reactions in the upper airways among previously non-exposed subjects who were exposed for three hours in a loose housing system compared to subjects exposed in a cage rearing system. Inhalable dust levels were approximately 4 mg/m³ in a loose housing system and 2 mg/m³ in a cage rearing system. HARTUNG (1998) stated that poultry house air has much higher dust concentrations than for other animals. SEEDORF (2000) demonstrated that particle emission in fowl keeping was 22 times higher (3,165 mg/h per livestock unit) than for cattle keeping and four times higher than for pig keeping. In investigations about concentrations and emissions of airborne dust in Northern Europe (TAKAI et al. 1998) was concluded that both inhalable and respirable dust concentrations were higher in percheries than in houses for caged layers. ELLEN et al. (2000) reported that dust concentrations in percheries and aviary housing systems often were four to five times higher than in cage systems. Factors affecting dust concentrations are animal category, activity, bedding materials and season. DONHAM and CUMRO (1999) reported a threshold concentration of 2.4 mg/m³ for human health inside poultry buildings.

2 Materials and methods

How age of hens, storage time of manure, ventilation rate, bedding materials and spraying of water droplets or rape seed oil mixture affected generation and concentration of dust were investigated during two production cycles in a climate chamber equipped with a floor-housing system for laying hens (Fig. 1).

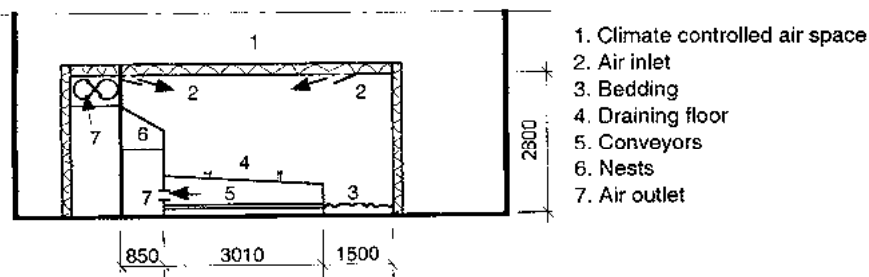


Fig. 1: The climate chamber equipped with a floor-housing system for laying hens
 Abb. 1: Die Klimakammer ausgestattet mit einem Bodenhaltungssystem für Legehennen

2.1 Measurements

The efficiencies of different treatments were determined by gravimetric measurements of sampled dust masses on 37 mm diameter dust filters (Millipore filters with an air flow rate of 1.9 l/min) in SKC cassettes located in the middle of the barn at 1.7 m height above the floor (breathing zone of humans) but also in the exhaust air. Samplings were done 15 min each hour controlled by a timer. Settled dust which was sampled on five 0.230 m² settling plates located at a height of 2.0 m above the floor was also gravimetrically determined. Each measurement was carried out over a period of 3–4 d in order to collect enough dust on the settling plates. Different treatments were compared to reference values measured before and after the treatments.

2.2 Analyses

Different measures to reduce the generation and concentration of dust were analysed by using the following properties in the mass balance of dust: averages of total dust concentrations measured in the exhaust air; averages of settling rates of dust on settling plates; generation of dust; mean total settling velocities. The concentrations in the inlet air were assumed negligible.

3 Results and discussion

3.1 Age of hens and storage of manure

It could not be proved that the age of the hens had any influence on the generation of dust. The storage time of manure in the bedding had no significant influence on the generation of dust. Accumulation of manure in the bedding seems therefore not to be the major source for dust generation.

3.2 Ventilation rate

The ventilation rate had a limited diluting effect on dust concentration (Fig. 2). Even if dust concentration decreased at increasing ventilation rates, it was not an ideal dilution

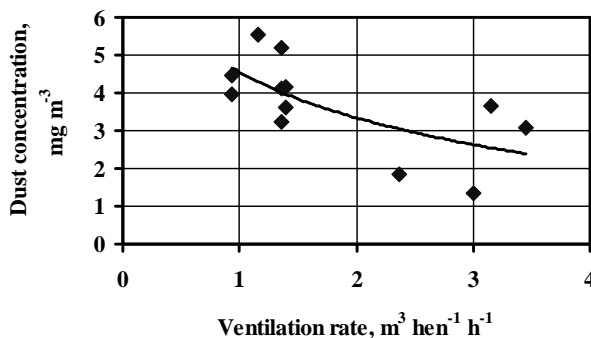


Fig. 2: Total dust concentration at different ventilation rates in a trial with gravel as bedding material

Abb. 2: Gesamtstaubkonzentration bei verschiedenen Lüftungsraten in einem Versuch mit Kies als Einstreu

depending on ventilation rates. The variations in dust concentration were large which indicate that there are other factors, as the animal activity, that are more important for dust concentrations than the ventilation rates. The ventilation rate did not have any significant influence on the amount of generated dust. The average dust generation was 27.9 mg/(hen · h) when the ventilation rate was in the range of 0.9–3.4 m³/(hen · h). A limited amount of the generated dust was exhausted with the ventilation air. The reason was that the major part of the dust produced settled on different surfaces.

3.3 Settling of dust

The settling rate of dust increased linearly with increasing dust concentration.

3.4 Bedding materials

Total dust concentration with different bedding materials are presented in Table 1 with ventilation rates ranging from 1.04 to 1.13 m³/(hen · h). Dust concentrations were about the same for the bedding materials wood shavings, clay pellets, peat and chopped straw. Especially gravel resulted in higher concentrations, however, not statistically different.

Tab. 1: Total dust concentrations (mg/m³) for different bedding materials. The ventilation rates were in the range of 1.04–1.13 m³/(hen · h).

Tab. 1: Gesamtstaubkonzentration (mg/m³) verschiedener Einstreumaterialien bei einer Lüftungsrate im Bereich von 1.04–1.13 m³/(hen · h)

Bedding material Einstreumaterial	Total dust concentration Gesamtstaubkonzentration		
	average Durchschnitt mg/m ³	minimum Minimum mg/m ³	maximum Maximum mg/m ³
Gravel Kies	4.7	4.0	5.5
Wood shaving Holzspäne	2.3	2.1	2.4
Clay pellets Tonpellets	1.8	1.7	1.9
Peat Torf	1.7	1.2	2.3
Chopped straw Gehäckseltes Stroh	2.1	1.8	2.3
Chopped paper Papierschnipsel	2.6	2.2	2.9

3.5 Fogging water droplets

How different amounts of water which were fogged with full cone nozzles (Fulljet 5LVS) influenced dust concentrations were investigated on four different bedding materials (chopped paper, clay pellets, peat and wood shavings). The equipment for controlling the spraying time is presented in Figure 3. Spraying were done twice per hour during the light period 4.30 a.m. to 5.30 p.m. Different amounts of water were investigated by varying the spraying time with a time relay. The effects on dust concentrations by fogging water droplets were compared with reference periods without any fogging. Fogging resulted in a considerable reduction of dust concentrations in all trials. The reduction in dust concentration was improved when the amount of water increased, which is exemplified in Figure 4.

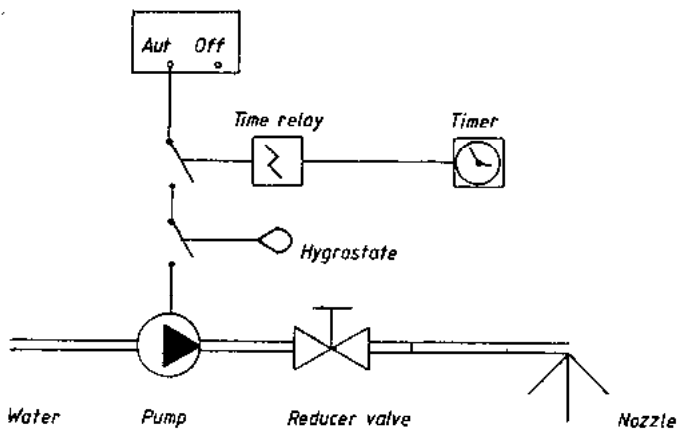


Fig. 3: Equipment for control of spraying time and intervals for the spraying nozzles
 Fig. 3: Ausrüstung zur Kontrolle der Sprühzeit und Intervalle der Sprühdüsen

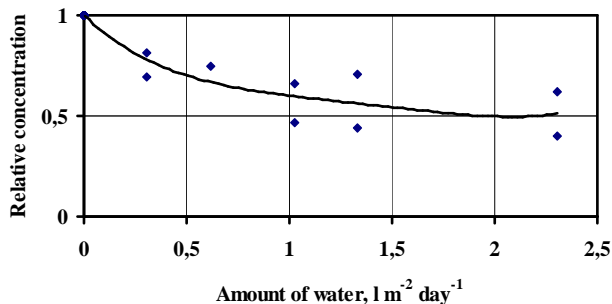


Fig. 4: Relative dust concentrations (1.0 is reference level) at different amounts of water sprayed
 Fig. 4: Relative Staubkonzentration (1.0 ist Referenzlevel) bei verschiedenen versprühten Mengen Wasser

3.6 Spraying a rape seed oil mixture

The effect of showering a mixture of 10 % rape seed oil in water on dust was also investigated. The mixture was showered with full cone nozzles located above the draining floor. Showering the oil/water mixture reduced the dust concentration by 30–50 %. The oil/water mixture showed an effect even with amounts as low as 0.003 l/(m² d).

4 Conclusions

The following conclusions can be drawn from the investigations:

- It was no ideal diluting effect of ventilation rate on dust concentration
- A major part of the generated dust settled on different surfaces
- Spraying water droplets or an oil mixture reduced dust concentrations
- Beddings of clay pellets or peat generated the lowest concentrations
- Gravel as bedding material generated the highest concentrations

Literature

- Donham, K.; Cumro, D. (1999): Setting maximum dust exposure levels for people and animals in livestock facilities. In: *Livestock Environment IV*. American Society of Agricultural Engineers, pp. 93–110
- Drost, H.; Van den Drift, D.W. (1992): Working conditions in an aviary system for laying hens. *World's Poultry Congress*. Vol 2. Amsterdam, The Netherlands, 20–24 September, pp. 734–738
- Ellen, H.H.; Bottcher, R.W.; Von Wachenfelt, E.; Takai, H. (2000): Dust levels and control methods in poultry houses. *J. Agr. Safety and Health* 6 pp. 275–282
- Hartung, J. (1998): Nature and amount of aerial pollutants from livestock buildings (In German). *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 105(6), pp. 213–216
- Larsson, B-M.; Larsson, K.; Malmberg, P.; Martensson, L.; Palmberg, L. (1999): Airway responses in naïve subjects to exposure in poultry houses: Comparison between cage rearing systems and alternative rearing system for laying hens. *American Journal of Industrial Medicine* 35, pp.142–149
- Seedorf, J. (2000): Emissions of airborne dusts and microorganisms. *Landtechnik* 50(2), pp. 182–183
- Takai, H.; Pedersen, S.; Johnsen, J.O.; Metz, J.H.M.; Groot Koerkamp, P.; Uenk, G.H. (1998): Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *J. Agric. Engng. Res.* 1(70), pp. 59–77
- Whyte, R.T. (2002): Occupational exposure of poultry stockmen in current barn systems for egg production in the United Kingdom. *British Poultry Science* 43(3), pp. 364–373

Field test facility for the development of a reference method for ventilation rate and emission measurements in naturally ventilated pig houses

Feld-Testanlage für die Entwicklung einer Referenzmethode zur Messung von Luftwechselraten und Emissionen in frei belüfteten Schweineställen

GERLINDE D.J. DE VOGEELEER^{1,2}, JAN G. PIETERS², PHILIPPE J.D. VAN OVERBEKE^{1,2}, PETER DEMEYER¹

¹ Technology and Food Unit, Institute for Fisheries and Agricultural Research (ILVO), Burgemeester Van Gansberghelaan 115, 9820 Merelbeke, Belgium

² Department of Biosystems Engineering, Ghent University, Coupure links 653, 9000 Ghent, Belgium

Keywords: ventilation, test facility, ultrasonic sensor, neural networks

Schlüsselwörter: Lüftung, Testanlage, Ultraschallsensor

Summary

A test facility for field measurements of natural ventilation in livestock buildings was developed. Choice of used materials and methods were taken into account: ultrasonic wind anemometers, linear guiding systems for sensor movement and data loggers were carefully chosen. The true scale test facility makes it possible to measure and study air flows and related characteristics for long periods, under real conditions of natural ventilation.

Zusammenfassung

Eine Testanlage für Feldmessungen der freien Lüftung in Stallgebäuden wurde entwickelt. Folgende Materialien und Methoden wurden sorgfältig ausgewählt: Ultraschall-Anemometer für Windmessungen, lineare Führungssysteme für den Bewegungssensor und den Datenlogger. Die Testanlage ermöglicht es, die Luftströmungen und Kenngrößen über längere Perioden unter realen Bedingungen der freien Lüftung zu messen.

1 Introduction

Natural ventilation is potentially the most sustainable way to accomplish a proper indoor climate for production. Economic advantages are mainly the lower primary investment costs (no expensive fans) and less energy costs. The advantages for animals and farmers include less stress situations (reduced noise levels). However, the application of natural ventilation is still limited due to the lack of a reliable measuring and control technique for the ventilation rate. VAN BUGGENHOUT et al. (2009) stated that an accurate and reliable measuring technique for naturally ventilated systems does not exist. Other researchers state that it is difficult to directly measure or model the ventilation rate of a naturally ventilated livestock building (NAGHMAN 2008). Inherently, also the related emissions (ammonia, greenhouse gases, dust, odour) cannot be measured accurately. Therefore, it is still not possible to reliably assess the emission behaviour of naturally ventilated animal houses. This also inhibits the development and certification of such low emission animal houses in Flanders and other EU member states. The overall goal of this research was to develop an accurate and reliable measuring technique for the natural ventilation rate, consisting of calibrated sensor frames and validated algorithms. To this end, extensive field experiments under real life conditions of natural ventilation are required. Therefore, a unique test facility was built in the field, equipped with previously developed automatic reference sensor frames mounted in the ventilation openings using 2D and 3D sonic anemometers.

2 Materials and methods

2.1 Test construction in the field

A real scale section of a pig house was built at the experimental farm of the Institute for Agricultural and Fisheries Research (Merelbeke, Belgium) to conduct experiments under real conditions of natural ventilation. The location of the test facility was selected considering undisturbed wind profiles coming from the main wind direction (SW). The front side of the pig stable is oriented SW (the prevailing wind direction) in order to use the maximum potential of the natural ventilation process. The section (L x W x H: 12 m x 5 m x 4 m) has two side openings of 4,5 m (W) x 0,5 m (H) and one ridge opening of 4,5 m (W) x 0,3 m (L) (Fig. 1). In order to make the different ventilation tests



Fig. 1: Test facility with fully closed side ventilation opening
Abb. 1: Geschlossene Testanlage mit Ventilationsöffnung

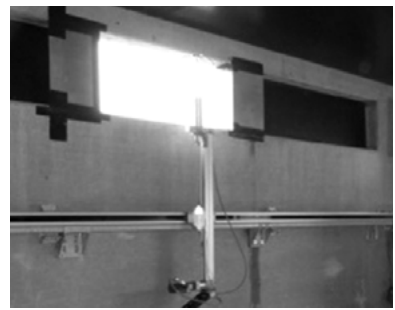


Fig. 2: Automatic sensor frame
Abb. 2: Automatischer Sensorrahmen

flexible, the width of the ventilation openings can vary between 1 m, 3 m and 4,5 m (initial tests will take place with a side opening width of 1 m instead of the full 4,5 m).

2.2 Automatic sensor frames

Two automatic sensor frames (ASF) were placed in the side openings (Fig. 2). These ASF exist of 2D linear guiding systems and include software controlled electro motors for vertical and horizontal movement (Siemens Step7). This makes it possible to implement a self-programmed pattern for automatic sensor movement. The reach of the air velocity sensors on the frame (4,5 m x-direction; 0,7 m z-direction) covers the complete side ventilation opening area (Fig. 2). The ASF have the possibility to hold more than one sensor.

The pre-set pattern for the sensor movement provides a complete scan of the ventilation opening areas. The sensor head can move along the opening area both in vertical and horizontal steps of 0.125 m and 0.250 m, respectively. This step size was selected in view of the dimensions of the sensor head. For example, when measuring a 1 m opening, the sensor-head will measure 16 locations distributed over 4 horizontal rows and 4 vertical columns (Fig. 3). Initially, each location was measured during 60 s at a frequency of 1 Hz. These settings can be adapted for the different experiments.

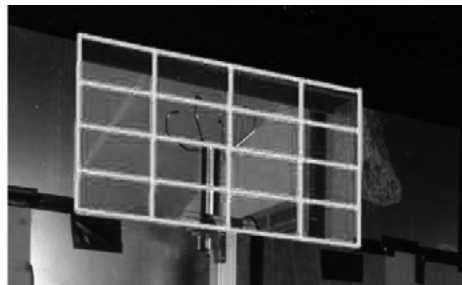
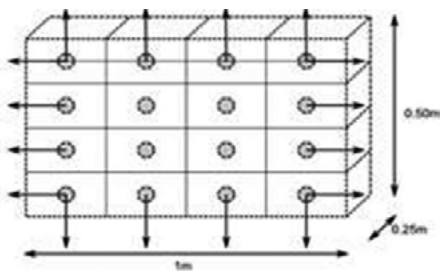


Fig. 3: Measurement locations for a 1 m opening
Abb. 3: Messstellen für eine 1-m-Öffnung

2.3 Sensors

After an evaluation of different velocity sensors based on literature and some preliminary tests, 2D and 3D ultrasonic anemometers were selected. Advantages of this type of sensor are e.g. their mechanical robustness and low maintenance, low external influence on performances, high accuracy for both air speed and direction, short response time and fast measuring rate.

The ASF in the side openings are equipped with 3D sensors. In the ridge opening 2D ultrasonic sensors are used. The ridge opening area is covered by 8 fixed 2D anemometers, equally spread over the width of the opening and each alternatively placed on opposing sides.

With these sensor configurations, a quasi-continuous and dense measurement of the in- and outgoing airflows in the test facility is possible.

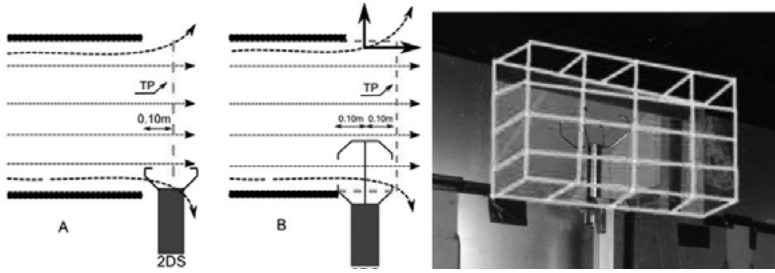


Fig. 4: Left: air volume for calculating the mean velocity with perpendicular vectors; right: new outflow surface around volume of the sensors

Abb. 4: Links: Luftvolumen für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit mit senkrechten Vektoren; rechts: neue Strömungsoberfläche

Temperature is measured at different locations and at evenly distributed heights in the pig house, using PT100's attached to steel wires.

In the field next to the experimental unit, a telescopic mast of 10 m height equipped with a 2D ultrasonic anemometer and a PT100, is installed to characterise the outside weather conditions.

All sensor signals are simultaneously logged at a frequency of 1 Hz (frequency can be adjusted for different tests) and transferred into one data file.

2.4 Air flow calculation method

Existing standards for measuring ventilation rates only apply on mechanical ventilation and measurements in ducts. Another system, FANS (GATES et al. 2004), can perform accurate measurements of airflow rates close to fans, which suggest that this method could also be applicable to other flow disturbances. However, our measurements concern naturally ventilated buildings as the FANS system is assumed to be used for buildings that are mechanically ventilated (GAY 2004).

VAN OVERBEKE et al. (2013) developed a reference method to measure and calculate the airflow when placing the sensor just in front of the opening. A 'new' outflow calculation surface is introduced, and is determined by the volume of the sensor placed before the total surface of the ventilation opening. The airflow is calculated through a summation of the multiplication of all areas and their vectors perpendicular to the surface. The airflow through the opening is calculated with the following formula:

$$Q \text{ [m}^3\text{/s]} = \sum \perp v \text{ [m/s]} \cdot A \text{ [m}^2\text{]}$$

When calculating the airflow through a rectangular section, the areas of the outflow are multiplied by the normal vector components of the velocities and summed. Because of the dimensions of the ultrasonic sensor head (diameter 0,25 m; height 0,125 m) and the placement of sensors just in front of the opening, the vector perpendicular to the opening (Y-component, see Fig. 4) may not reflect all outgoing air. The resulting vector is divided in its three components, the Y-component (normal vector), Z-component (vertical direction) and X-component (horizontal direction). To reflect an accurate refer-

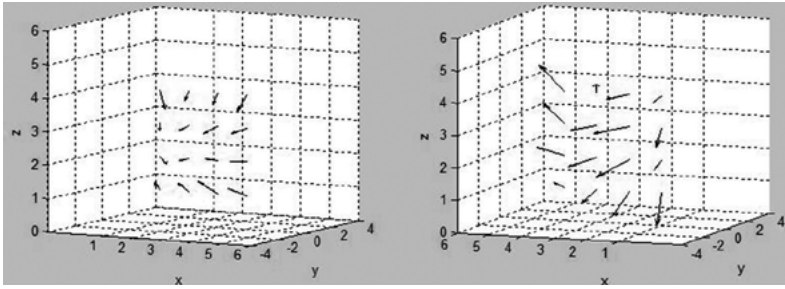


Fig. 5: Visualisation of the airflow through the side openings (1 m)
 Abb. 5: Darstellung des Luftstroms durch die seitlichen Öffnungen (1 m)

ence of the outgoing air, the three velocity components have to be taken into account together with the dimension of the sensor head (diameter 0,25 m; height 0,125 m) that determines the related area. For example, in this situation the X-component of the velocity vector (for one measurement) on the side of the opening will be multiplied with an area of 0,125 m (H) \times 0,25 m (W).

Mean values of the measured airflows through the opening can be visualised (Fig. 6).

2.5 Future data processing for reference method development

One of the potential and promising ways to process the field data is to use artificial neural networks.

An artificial neural network is used for predictive modelling and will be trained with the dataset of the field test facility. Like biological neural networks, artificial neural networks consist of a network of neurons. This network can be adapted by different means: a choice of algorithms altering of the weights of the connections to produce the targeted airflow rate, enlarging of the dataset, changing the number of layers in the network etc. The dataset of the test facility will be used to feed the network with input data. The data to feed the target data for the network will be generated with the developed reference method (VAN OVERBEKE et al. 2013).

3 Results and discussion

A test facility for field measurements was developed and built with full measuring equipment as previously discussed.

The developed real scale test construction will allow to measure and study the air flows and related characteristics over relatively long periods under real conditions of natural ventilation. Therefore, the results of the measurements will automatically include a variety of different weather conditions and should give a good representation of measurements of airflows in situations over a year.

Measurement results over a complete year should allow collecting datasets to feed artificial neural networks for data processing and eventually to develop an adapted (reduced), accurate and reliable measuring method for predicting the airflow under real life conditions of natural ventilation.

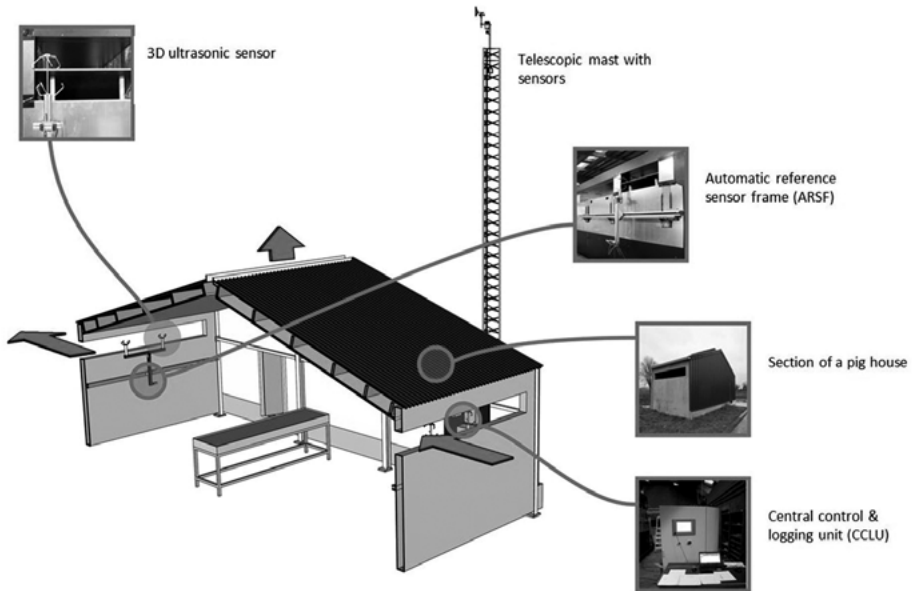


Fig. 6: Section of the test construction
 Abb. 6: Querschnitt der Testanlage

Literature

- Van Buggenhout, S.; Van Brecht, A.; Ozcan, S.E.; Vranken, E.; Van Malcot, W.; Berckmans, D. (2009): Influence of sampling positions on accuracy of tracer gas measurements in ventilated spaces. In: *Biosystems Engineering* 104, pp. 216–223
- Gates, R.S.; Casey, K.D.; Xin, H.; Wheeler, E.F. (2004): Fan Assessment Numeration System (FANS) design and calibration specifications. In: *Transactions of the ASAE* 47(5), pp. 1709–1715
- Gay, S.W. (2004): *Ammonia Emissions from Animal Housing Facilities*. Mid-Atlantic Water Program. Regional Publications and Resources
- Van Overbeke, P.; Pieters, J.G.; De Vogeleer, G.; Demeyer, P. (2013): Development of a reference method for the measurement of the ventilation rate through rectangular ventilation openings using ultrasonic anemometers
- Naghman, K.; Yuehong, S.; Riffat, S.B. (2008): A review on wind driven ventilation techniques. In: *Energy & Buildings* 40(8), pp. 1586–1604

Acknowledgements

This study was conducted during the Agricultural Research Project IWT090946, which was funded by the Agency for Innovation by Science and Technology (IWT) of the Flemish government. The authors would also like to thank the technicians at ILVO for their advice and support.

A model approach to simulate the possible reflux of biofilter-related microorganisms into the livestock building

Ein Modellansatz zur Simulation von möglichen Rückströmungen Biofilter-assoziiierter Mikroorganismen in den Stall

JENS SEEDORF

University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture and Landscape Architecture,
Oldenburger Landstr. 62, 49090 Osnabrück, Germany

Schlüsselwörter: Nutztierhaltung, Abluftreinigung, Windfeldsimulation, Hygienepraxis
Keywords: livestock housing, exhaust air treatment, wind field simulation, hygiene practice

Summary

Biological exhaust air treatment systems (BEATS) such as biofilters are located very close to the livestock building. It is assumed that BEATS-related microorganisms are aerially transported to farm animals via the inlets of the ventilation system. To support this hypothesis, a computer simulation was applied to calculate the wind field around a facility consisting of a virtual livestock building and an adjacent biofilter.

It can be shown that turbulences and eddies may occur in the near surrounding of a livestock building with an adjacent biofilter. Consequently, this might cause the entry of the released biofilter's purified gas into the barn, including possible microorganisms within this purified gas.

If field investigations verify the results of the simulations, counter-measures must be taken to ensure biosecurity on farms with BEATS.

Zusammenfassung

Biologische Abluftreinigungsanlagen (BioAbluftRA) befinden sich in enger Nachbarschaft zu Stallgebäuden. Es darf daher angenommen werden, dass im Reingas der BioAbluftRA vorhandene Mikroorganismen über etwaige Einlassöffnungen des Ventilationssystems in den Tierbereich gelangen könnten. Um diese Vermutung zu stützen, wurde eine Computersimulation durchgeführt, die Windfelder im Bereich einer virtuellen Anlage aus Stall und Biofilter berechnet.

Es konnte gezeigt werden, dass Turbulenzen und Wirbel im nahen Umfeld der Anlage auftreten können und damit ein Eintritt keimhaltigen Reingases in den Stall nicht vollends auszuschließen ist.

Falls Felduntersuchungen derartige Simulationsbefunde bestätigen, sollten Gegenmaßnahmen ergriffen werden, um die biologische Sicherheit von Nutztierhaltungen mit BioAbluftRA zu gewährleisten.

1 Introduction

Livestock operations are under increasing pressure to fulfil minimum environmental requirements and avoid polluting the atmosphere. In regions with high farm animal densities, new farm buildings receive building permission only when biological exhaust air treatment systems (BEATS) are in place, such as biofilters. However, it is currently unknown whether BEATS bioreactors can harbour pathogens such as zoonotic agents, which are potentially emitted via the purified gas. Because BEATS are located very close to the livestock building, it is assumed that BEATS related microorganisms are aerielly transported to farm animals via the inlets of the ventilation system. To support this hypothesis, a computer simulation was applied to calculate the wind field around a virtual facility consisting of a livestock house and an adjacent biofilter (SEEDORF 2013).

2 Material and methods

In the wind field program Lprwnd (Janicke Consulting Environmental Physics, Dunum, Germany) the livestock building was assembled by 15 different sized boxes within an available cartesian grid (x-, y-, z-coordinates) to imitate the slope of the gable roof in a stepwise mode (Fig. 1). The general structure and geometry of the whole facility (livestock building: 15 m x 40 m x 10 m, biofilter: 5 m x 40 m x 1 m) was implemented with its north-south axis in the computerized wind field program, which considers the profile of the terrain and any buildings while it calculates a three-dimensional wind field.

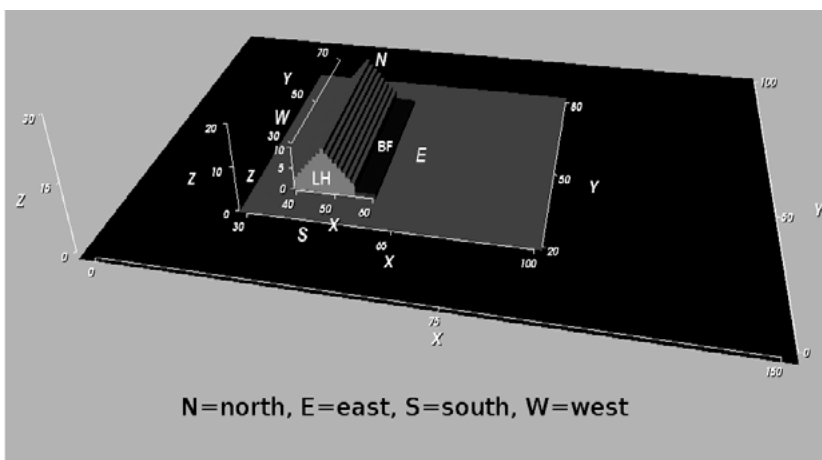


Fig. 1: Model of the facility and overview of the spatial arrangement of the livestock building (LH) and the biofilter (BF) in the total area of the wind field calculation (black) and in the assessment area (dark grey). The labels of axes are given in metres.

Abb. 1: Modell der Tierhaltungsanlage mit einem Überblick über die räumliche Konfiguration von Stall (LH) und Biofilter (BF). Die Windfeldkalkulationen erstrecken sich über die gesamte schwarze Fläche. Beurteilt wurden die Windfelder innerhalb der dunkelgrauen Fläche (Beurteilungsraum). Abmessungen sind in Meter angegeben.

A grid spacing of 1 m was chosen, and the wind field was calculated up to a height of 30 m above ground. The whole facility was placed on a flat terrain of 15,000 m² with a surface roughness of 0.2 m. Within the terrain, an assessment area was defined to zoom into the potential turbulence zone of the facility.

Wind directions were exemplary set to west and northwest. Corresponding wind speeds were set to 2 m/s together with the atmospheric Klug-Manier stability class 3.1. Finally, the calculated trajectories were illustrated around the facility by a bundle of individual wind vectors and by additional stream lines, which were generated by the computer program ParaView 3.6.2 (<http://www.paraview.org>).

3 Results and conclusions

Low-rise buildings can cause recirculation areas at their downwind side (NOZAWA and TAMURA 2002) where eddies support the transmission of pathogens between animal houses placed close to each other (IKEGUCHI et al. 2005). A 'self-contaminating' effect of farm buildings in conjunction with BEATS also seems to be possible. This suspicion is confirmed in Figure 2 for the idealised farm building, which is exposed to a west wind.

Because a plume super-elevation does not occur for purified gases above a biofilter surface, the leeward recirculating air comes into contact with the eaves of the farm building, where the inlets of the ventilation system are frequently located. Released purified air from the biofilter is then potentially shifted into the animal's place within the building, even if the reduction efficiency of biofilters for mesophilic bacteria can reach 77 % or more (GEBUREK et al. 2005, TYMCZYNA et al. 2011). Beyond these observations, bacterial enrichment is also recorded in the purified air (SEEDORF 2004).

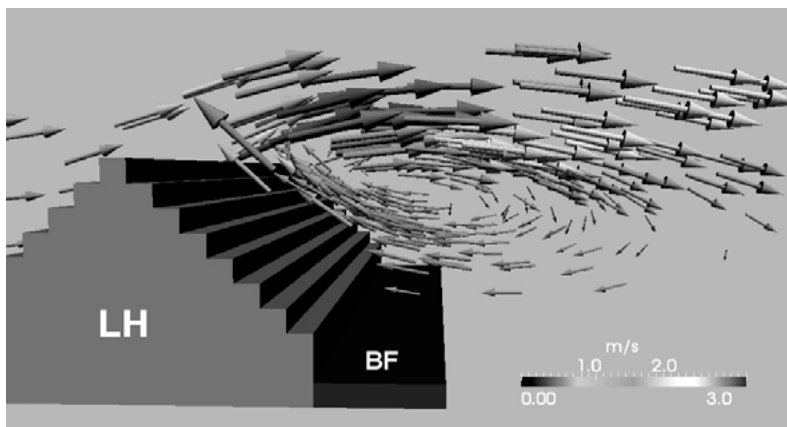


Fig. 2: View of the downwind side of the livestock house within the assessment area. Vectors indicate turbulences with reversed airflows above the biofilter. The wind is blowing from the west at a velocity of 2 m/s.

Abb. 2: Blick auf die Lee-Seite des Stalles innerhalb des Beurteilungsraumes. Die Vektoren zeigen eine Strömungsumkehr oberhalb des Biofilters an. Der Wind strömt aus westlicher Richtung mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s.

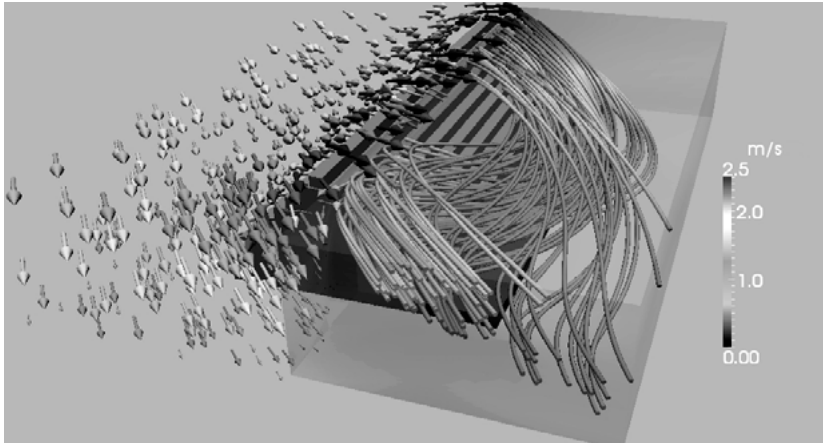


Fig. 3: The wind has changed from west to northwest at 2 m/s in comparison to Figure 2. The shown turbulences are now looking more like rotating eddies.

Abb. 3: Der Wind hat im Vergleich zu Abbildung 2 von West auf Nordwest gedreht bei gleichbleibender Windgeschwindigkeit von 2 m/s. Die Turbulenzen auf der Lee-Seite zeigen nunmehr ein Wirbelmuster.

In contrast to the wind conditions set for the wind field results demonstrated in Figure 2, the wind air field pattern considerably changes around the facility when the air streams from the northwest. As observed in Figure 3, the occurrence of turbulences above the biofilter continues. The generated turbulences produce swirling eddies, which create a wake close to the biofilter, and cause a subsequent shift of the released purified gas to the sidewall of the livestock house, where openings might be located elsewhere along the building. It is clear, then, that the potential microbial problem could become greater when the biofilter is exposed to an upwind situation.

It is imaginable that different local wind conditions in conjunction with the structure and type of BEATS and adjacent livestock building can eventually cause a number of critical situations in terms of biosecurity on the farms (Fig. 4).

If field investigations confirm the hypothesis made here, extensive biosecurity measures will be necessary on farms with BEATS to control contamination arising from the air; otherwise the principle of good hygiene practice according to the EC regulation 852/2004 will be difficult to fulfil. In this context it is additionally proposed that the application of computational fluid dynamics may help to optimise the structural properties of farm buildings with BEATS (e.g. appropriate siting of air entry into the livestock house in relation to the location of the clean gas release) while taking into account the topography, local wind conditions and windbreaking factors (e.g. obstacles such as vegetation).

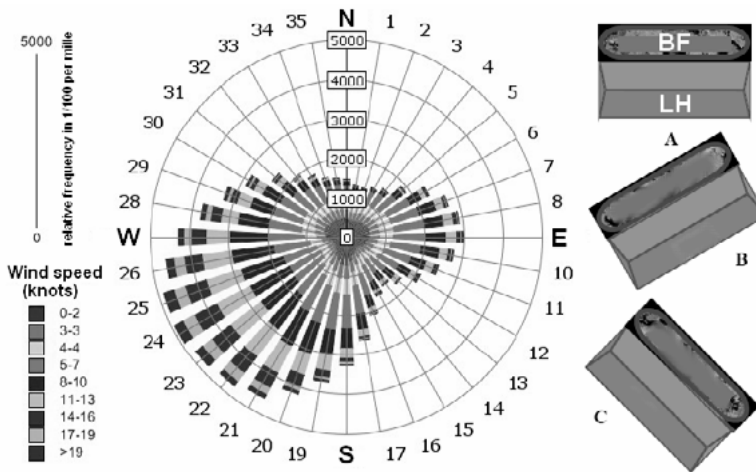


Fig. 4: An example of a wind rose with its wind speed and wind direction pattern. Wind direction is given in 10° intervals and wind speed is expressed as knots. The different spatial orientations of the facility according to A, B and C show how different wind conditions may influence the frequency of potential critical situations for biosecurity.

Abb. 4: Beispiel einer relativen Jahreshäufigkeitsverteilung der Windrichtungen in Dekagraden und ihrer assoziierten Windgeschwindigkeiten in Knoten. Die räumliche Ausrichtung der Gesamtanlage gemäß A, B und C lässt erahnen, wie verschieden die Häufigkeit kritischer Anströmungen unter Berücksichtigung der lokalen Windverhältnisse für die biologische Sicherheit sein könnten.

Literature

- EC Regulation (2004): EC Regulation 852/2004 of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs
- Geburek, F.; Schilling, B.; von Kries, G.; Lohmeyer, M. (2005): Bioaerosolemission aus einem Biofilter an einer Schweinemastanlage. *Gefahrst. Reinhalt. L.* 65, S. 377–381
- Ikeguchi, A.; Okushima, L.; Zhang, G.; Strom, J.S. (2005): Contaminant air propagation between naturally ventilated scale model pig buildings under steady-state conditions. *Biosyst. Eng.* 90, pp. 217–226
- Nozawa, K.; Tamura, T. (2002): Large eddy simulation of the flow around a low-rise building immersed in a rough-wall turbulent boundary layer. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 90, pp. 1151–1162
- Seedorf, J. (2004): Biological purification of waste air in livestock operations – system requirements and limitations. 13th World Clean Air and Environmental Protection Congress and Exhibition. London, 22–27 August 2004, <http://www.kenes.com/cleanair/>, Zugriff am 17.05.2013
- Seedorf, J. (2013): Biological exhaust air treatment systems as a potential microbial risk for farm animals assessed with a computer simulation. *J. Sci. Food Agric.*, accepted article
- Tymczyna, L.; Chmielowiec-Korzeniowska, A.; Raczyńska, J.; Drabik, A. (2011): Removal of microbial contaminants from pig house air using biofilter organic media. *Ann. Anim. Sci.* 11, pp. 453–464

Lahmheitsdetektion bei Milchkühen mithilfe von automatisch erfassten Aktivitäts- und Liegeparametern

Using automatically registered activity and lying behaviour for lameness detection in dairy cows

ENGEL F. HESSEL, SINA NORDHAUSEN, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen,
Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Milchvieh, Lahmheitsdetektion, Accelerometer, Aktivitätsverhalten Liegeverhalten
Keywords: dairy cows, lameness detection, accelerometer, activity, lying behaviour

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, die Eignung automatisch erfasster Aktivitäts- und Liegeparameter für die automatische Lahmheitsdetektion zu untersuchen. Die hierfür zugrunde liegenden Daten wurden auf zwei Milchviehbetrieben erhoben. Anhand der Ergebnisse kann den Liegeparametern insbesondere der Anzahl und der Dauer der Hinlegeereignisse die höchste Aussagekraft für die frühzeitige Lahmheitsdetektion zugewiesen werden.

Es bleibt zu prüfen, inwieweit exogene (Umwelteinflüsse), endogene Faktoren (u. a. Brunst) sowie weitere Verhaltensparameter (u. a. Stehen) sich in Vorhersagemodelle integrieren lassen. Zukünftiges Ziel sollte sein, betriebsspezifische Alarmschwellen für eine verlässliche automatische Lahmheitsdetektion festlegen zu können.

Summary

Aim of the study was to analyse the applicability of automatically registered activity and lying parameters for its use for lameness detection. Data which were the basis of this study were collected on two dairy farms. Results show that lying parameters especially the number and duration of lying down events had the highest informative for an early lameness detection.

Prospectively it has to be investigated, how exogenous (environmental influences), endogenous (e.g. heat) factors as well as other behaviours (e.g. standing) can be integrated in forecast models. Future aim should be to determine farm specific alarm thresholds for a reliable automatically lameness detection.

1 Einleitung

Lahme Kühe stellen für den Betrieb einen bedeutenden wirtschaftlichen Schadensfaktor dar. Das eingeschränkte Wohlbefinden von unter Lahmheit leidenden Kühen wirkt sich vor allem negativ auf die Milchleistung, Fruchtbarkeit und Merzungsrate aus und wird hinsichtlich der Tiergerechtigkeit als das wichtigste Problem der Milchviehhaltung diskutiert (BEUSKER 2007). Unter heutigen intensiven Haltungsbedingungen mit zunehmenden Herdengrößen ist eine individuelle Tierbeobachtung mit hohem Arbeitsaufwand verbunden. Nicht selten bleiben milde Lahmheiten dadurch zunächst unerkannt. Für eine effektive Behandlung ist die frühzeitige Erkennung jedoch unumgänglich. Nur so kann der Übergang in einen chronischen Zustand vermieden werden (VAN NUFFEL et al. 2007, LEROY et al. 2008).

In jüngster Zeit werden vermehrt technische Hilfsmittel eingesetzt, um die Lahmheitsdetektion zu optimieren und zu automatisieren. Neben digitaler Bildanalyse, Infrarot-Thermographie und Messungen der Bodenauflegekraft wird auch der Einsatz von Pedometern auf Grundlage des veränderten Aktivitäts- und Liegeverhaltens lahmer Kühe als technisches Hilfsmittel getestet (ALSAAOD und BÜSCHER 2011).

In dieser unter Praxisbedingungen durchgeführten Studie werden die Auswirkungen von Lahmheiten auf das Verhalten von Milchkühen vor Auftreten der Lahmheit mithilfe von automatisch erfassten Aktivitäts- und Liegeparametern (Hinlegeereignisse, Liegedauer, Liegezeit und Liegeverhältnis) durch den Fullexpert® Differenzial-Präzisionspedometer (DPP) analysiert.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Datenerfassung für die vorliegende Studie hat im Frühjahr 2012 (Januar bis Mai) stattgefunden und umfasst Pedometerdaten von zwei niedersächsischen Milchviehbetrieben (Betrieb A und B), die den DPP der Firma Lemmer-Fullwood auf ihrem Betrieb einsetzen. Während der Datenerfassung lahm gewordene als auch gesunde Tiere stellen die Datengrundlage für die Auswertung dar. Die Lahmheiten wurden von den Betriebsinhabern und/oder deren Personal erkannt und in die FULLEXPART® Software eingetragen. Auf beiden Milchviehbetrieben wird die Rasse Holstein-Friesian gehalten. Alle verwendeten Daten wurden unter realen Praxisbedingungen erhoben.

2.1 Funktionsweise des FULLEXPART® Differenzial-Präzisionspedometers

Im Pedometer befindet sich ein 3-Achsen-Beschleunigungssensor (Accelerometer) mit einem Messbereich von ± 16 g, welcher als Mikrosystem aufgebaut ist. Der Sensor misst sowohl die dynamische Acceleration (z.B. Bewegung oder Stoß) als auch die statische Acceleration (z.B. Schwerkraft), wodurch auch ein Einsatz als Neigungssensor ermöglicht wird. Für die Aktivitätsmessung wird ersteres genutzt, wobei jede Bewegung entlang der drei Achsen (horizontal, vertikal und lateral) als ein Schritt gezählt wird. Für die Erfassung der Liegezeit wird hingegen Letzteres genutzt. Bei einem vorliegenden Winkel $> 45^\circ$ befindet sich das Tier im Stehen. Liegt hingegen ein Winkel von $\leq 45^\circ$ vor, beginnt das System mit der Messung der Liegezeit. Übergangszustände (z.B. vom Stehen zum Liegen) werden vom System erkannt und herausgefiltert.

2.2 Datenerhebung

Die zwei Milchviehbetriebe, die an der Untersuchung teilgenommen haben, haben die unter Lahmheit leidenden Kühe zwischen Januar 2012 und Mai 2012 innerhalb des Menüpunktes „Diagnosen“ in das Herdenmanagementprogramm FULLEXPART® eingetragen. Die betroffenen Tiere wurden von den einzelnen Betrieben durch die täglich stattfindende Tierbeobachtung erkannt. Dazu zählen Kontrollgänge durch die Herde, das Treiben der Tiere zum Melkzentrum hin bzw. weg sowie das Verhalten der Tiere beim Melken. Die Lahmheitsbehandlung durch die Betriebsleiter oder den Tierarzt wurde ebenfalls an dem Tag der Erkennung durchgeführt.

Besonderes Augenmerk wurde in der Auswertung auf den Zeitraum vor dem Auftreten der Lahmheit gelegt, um Veränderungen im Aktivitäts- und Liegeverhalten in dieser Phase zu erkennen.

Die für die Auswertung herangezogenen Parameter sind in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Definition der erfassten Aktivitäts- und Liegeparameter

Tab. 1: Description of the measured activity and lying parameters

Parameter	Definition
Aktivität	Anzahl Schritte
Hinlegeereignis	Anzahl der täglichen Ereignisse, an denen das Tier seinen Zustand vom Stehen zum Liegen verändert
Liegedauer	Durchschnittliche Dauer der täglichen Hinlegeereignisse
Liegezeit	Gesamtliegezeit des Tages

2.3 Statistische Auswertung

Ein Augenmerk wurde bei der Auswertung auf den Zeitraum vor dem Auftreten der Lahmheit gelegt, um Veränderungen im Aktivitäts- und Liegeverhalten in dieser Phase zu erkennen. Ein weiteres Ziel der Auswertung war es, der Hypothese von MAZRIER et al. (2006) nachzugehen, ob ein Vergleich des Untersuchungstages mit 20- bzw. 30-Tage-Mittelwert für die Lahmheitsdetektion bei Milchkühen im Vergleich zum 10-Tage-Mittelwert als empfehlenswert anzusehen ist. Dies basiert auf der Grundlage, dass es sich bei Lahmheiten im Gegensatz zu Brunstereignissen zumeist um schleichende Prozesse handelt. Die Erkennung von Tieren mit langsamen, gleichbleibenden Änderungen im Aktivitäts- oder Liegeverhalten soll sich dadurch erleichtern.

Für die Parameter Aktivität, Hinlegeereignisse (HLE), Liegedauer (LD) und Liegezeit (LZ) wurde für einen Zeitraum von 50 Tagen (30 Tage vor und 20 Tage nach der Lahmheitsdetektion/-behandlung) zunächst ein gleitender Mittelwert aus den vorangehenden zehn Tagen gebildet. In einem weiteren Schritt wurde die prozentuale Abweichung des Tagesmesswertes vom gleitenden Mittelwert der vorherigen zehn Tage errechnet. Der dritte Schritt bestand darin, die prozentualen Abweichungen vom gleitenden Mittelwert aufzusummieren. Dazu wurde dem ersten Beobachtungstag (Tag -30) ein Wert von 0 % zugewiesen und die prozentualen Abweichungen der folgenden Tage bis zum letzten Beobachtungstag (Tag 20) auf den Anfangswert addiert.

Diese Vorgehensweise basiert auf der Annahme, dass die prozentualen Abweichungen der einzelnen Parameter vom Mittelwert unter normalen Bedingungen, d.h. bei einer gesunden, tragenden Kuh unter gleichbleibenden Haltungsumständen, im positiven und negativen Bereich um das Niveau des gleitenden Mittelwertes von 0 % schwanken, in der Summe aber wiederum 0 % ergeben. Pendelt sich das Niveau der einzelnen Parameter nach dem Aufsummieren hingegen nicht annähernd auf einen Wert von 0 % ein, kann dieses Rückschlüsse auf Abweichungen vom Verhalten der Versuchstiere geben.

Um die aufsummierten prozentualen Abweichungen grafisch darzustellen, wurden alle vier Parameter in einem Liniendiagramm zusammengefasst. Auf der x-Achse befinden sich die Tage von -30 bis 20, wobei Tag 0 den Zeitpunkt der Lahmheitsdetektion/-behandlung charakterisiert. Die y-Achse stellt die Summe (Σ) der prozentualen Abweichungen vom Mittelwert in Prozent (%) dar.

Um die Hypothese von MAZRIER et al. (2006) überprüfen zu können, wurden Liniendiagramme für ausgewählte Beispieldiere erstellt. Statt des Vergleichs des Untersuchungstages mit dem gleitenden Mittelwert der vorherigen zehn Tage, wurde der Untersuchungstag mit dem gleitenden Mittelwert der vorherigen 20 bzw. 30 Tage verglichen. Die weiteren Ablaufschritte erfolgten ebenfalls nach obengenanntem Prinzip.

Insgesamt standen Daten von 37 lahmen Tieren für die Auswertung zur Verfügung, 15 von diesen waren tragend, litten an Mortellaro und wurden bei der weiteren Datenauswertung berücksichtigt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Abbildung 1 zeigt den Verlauf der untersuchten Parameter einer nicht lahmen, tragenden Kuh am Beispiel des 20-Tage-gleitenden Mittelwertes. Insbesondere die Aktivität als auch die Liegezeit und die Liegedauer schwankten während des 50-tägigen Untersuchungszeitraumes um die 0-Prozent-Linie.

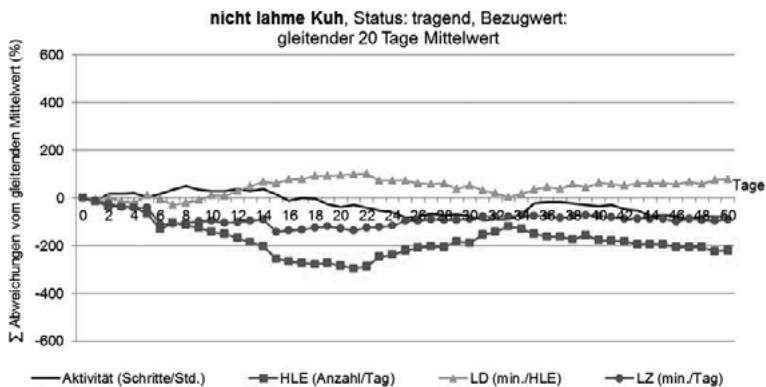


Abb. 1: Summen der Abweichungen der Aktivitäts- und Liegeparameter vom 20-Tage gleitenden Mittelwert einer nicht lahmen Kuh; Tag 0: Tag der Lahmheitsdetektion, HLE: Hinlegeereignis, LD: Liegedauer, LZ Liegezeit

Fig. 1: Sum of deviations of activity and lying parameters from 20 days moving mean of a sound cow; day 0: day of lameness detection, HLE: lying down event, LD: lying duration, LZ lying time

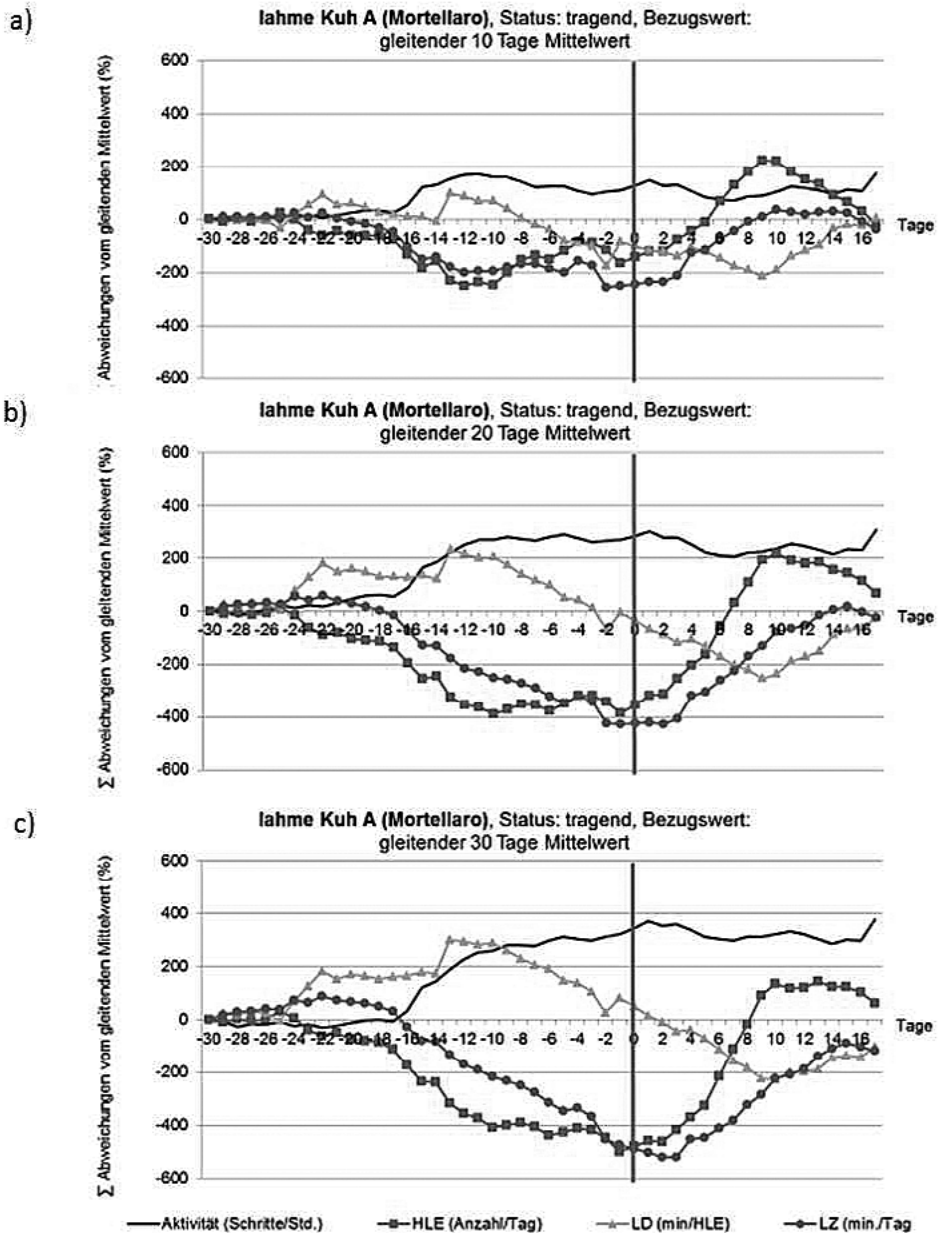


Abb. 2: Summen der Abweichungen der Aktivitäts- und Liegeparameter vom a) 10-, b) 20- und c) 30-Tage gleitenden Mittelwert der lahmen Kuh A; Tag 0: Tag der Lahmheitsdetektion und -behandlung, HLE: Hinlegeereignis, LD: Liegedauer, LZ: Liegezeit

Fig. 2: Sum of deviations of activity and lying parameters from a) 10, b) 20 and c) 30 days moving mean of the lame cows A; day 0: day of lameness detection and treatment, HLE: lying down event, LD: lying duration, LZ: lying time

Bei lahmen Tieren wichen die prozentualen Änderungen der untersuchten Parameter deutlich stärker von der 0-Prozent-Linie ab. Diese Abweichungen traten bereits mehrere Tage vor dem Tag „0“ auf, an dem die Lahmheiten von den betreuenden Personen detektiert wurden. Jedoch konnte auch aufgezeigt werden, dass lahme Tiere vor der Lahmheitsdetektion kein einheitliches Verhaltensmuster zeigen. Lahmheiten bei Kühen können sowohl zu einer erhöhten oder verringerten Aktivität sowie zu keiner Aktivitätsänderungen führen (Abb. 2). Die Liegeparameter, insbesondere die Anzahl der Hinlegeereignisse, zeigten bereits 1–2 Wochen vor der Lahmheitsdetektion durch den Landwirt deutlichere Änderungen. Mit dem eingesetzten DPP können keine Stehzeiten der Tiere erfasst werden. Es wird vermutet, dass auch diesem Parameter eine hohe Aussagekraft für die Lahmheitsdetektion zugewiesen werden kann.

Weiterhin konnte festgestellt werden, dass ein gleitender Mittelwert von 20 Tage einem 10-tägigen vorzuziehen ist. Dadurch erleichtert sich besonders die Lahmheitsdetektion bei Tieren mit langsamen, gleichbleibenden Änderungen im Aktivitäts- und Liegeverhalten. Ein gleitender 30-Tage-Mittelwert scheint keine weiteren Vorteile zu bewirken (Abb. 2).

4 Fazit

Die Untersuchungsergebnisse bilden Grundlage für einen möglichen Einsatz von DPPs für eine automatische Lahmheitsdetektion von Milchkühen. Anhand der Ergebnisse dieser Studie kann den Liegeparametern insbesondere der Anzahl und der Dauer der Hinlegeereignisse die höchste Aussagekraft für die frühzeitige Lahmheitsdetektion mit Hilfe des DPPs zugewiesen werden.

Es bleibt zu prüfen, inwieweit exogene (Umwelteinflüsse), endogenen Faktoren (u.a. Brunst) sowie weitere Verhaltensparameter (Stehzeiten) sich in Vorhersagemodelle integrieren lassen. Zukünftiges Ziel sollte sein, betriebsspezifische Alarmschwellen für eine verlässliche Lahmheitsdetektion festzulegen zu können.

Literatur

- Alsaad, M.; Büscher, W. (2011): Sensor based lameness detection in dairy cows through measuring pedometric activity and lying behavior. In: Proceedings of the XV ISAH Congress 2011, Austria, pp. 321-323
- Beusker, N. (2007): Welfare of Dairy Cows: Lameness in Cattle – A Literature Review. Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Leroy, T.; Bahr, C.; Song, X.; Vranke, E.; Maertens, W.; Vangeyte, J.; Van Nuffel, A.; Sonck, B.; Berckmanns, D. (2008): Automatic detection of lameness in dairy cattle – Image features related to lameness. Lameness Conference, Kuopio
- Mazier, H.; Tal, S.; Aizinbud, E.; Bargai, U. (2006): A field investigation of the use of the pedometer for the early detection of lameness in dairy cattle. In: J. Canadian Veterinary 47, pp. 883-886
- Van Nuffel, A.; Gyselincx, N.; Maertens, W.; Goolaerts, A.; Van Aert, M.; Opsomer, G.; Sonck, B. (2007): Claw pathologies, dairy cow gait and claw signature. In: XIII International Congress in Animal Hygiene Tartu, Estonia, pp. 598-603

Dank gilt Herrn Lothar Weber, Lemmer Fullwood sowie den Milchviehbetrieben Burfeind und Venema für die Unterstützung dieser Arbeit.

Automatische Vermessung der Körperkondition von Milchkühen mit 3-D-Bildverarbeitungstechnik

Automatic measurement of the body condition of dairy cows with 3D picture processing technology

STEFFEN PACHE¹, RICHARD HÖLSCHER², ILKA STEINHÖFEL¹, RALF FISCHER¹

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Am Park 3, 04886 Köllitsch

² Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG, 48488 Emsbüren

Schlüsselwörter: Körperscan, Infrarot-Tiefensensor, 3-D-Bildverarbeitung, BCS

Keywords: body scanning, infrared depth sensor, 3D picture processing, body condition scoring

Zusammenfassung

Auf Basis eines IR-Tiefensensors wurde ein neues Verfahren zur automatischen 3-D-Körpervermessung von Milchkühen entwickelt. Das Sensorsystem wurde an einer Lernstichprobe von 129 Holstein-Friesian-Kühen validiert und in zwei weiteren Praxisbetrieben getestet. Die Korrelationen der 3-D-BCS-Schätzwerte zu den BCS-Noten nach EDMONSON et al. (1989) bzw. zu den RFD-Messwerten nach STAUFENBIEL (1997) wurden im mittleren Bereich (0,7 bzw. 0,5) berechnet. Die entwickelten Algorithmen ermöglichten die Darstellung der Fettmobilisationsdynamik in der gesamten Laktation. Das Sensorsystem eignet sich zur täglichen Überwachung des Erscheinungsbildes der Milchkühe und zur Schätzung reproduzierbarer 3-D-BCS-Noten mit hoher Wiederholbarkeit ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand und kann die Herdenführung, Fütterung und Gesundheitsüberwachung in großen Milchviehanlagen effizient unterstützen.

Summary

A new procedure on the basis of an infrared depth sensor was developed for the automatic 3D body measurement of dairy cows. The sensor system was validated in a learning random check of 129 Holstein dairy cows and was tested on two dairy farms. The correlations between the 3D BCS estimate and the BCS marks according to EDMONSON et al. (1989) as well as to the RFD measured values according to STAUFENBIEL (1997) were calculated in the middle area (0.7 or 0.5). The developed algorithms allowed the representation of the fat mobilization dynamism in the whole lactation. The sensor system is suitable for the everyday supervision of the appearance of the dairy cows. It estimates 3D BCS marks with high repetitious accuracy. The livestock management, feeding and health supervision can be supported in large dairy farms with this system efficiently.

1 Einleitung und Zielstellung

Die Beurteilung der Körperkondition der Milchkuh ist ein wichtiger Indikator für eine vorausschauende Herdenführung. Physiologisch mobilisiert die Milchkuh zu Laktationsbeginn Körperfettreserven, um das Energiedefizit zwischen der schnell ansteigenden Milchsynthese und dem begrenzten Futterraufnahmevermögen auszugleichen. Überschreitet die Körperfettmobilisation gewisse Grenzen, folgen Stoffwechselstörungen mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit, Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit (STAUFENBIEL und ROSSOW 1994).

EDMONSON et al. (1989) entwickelten eine visuelle Methode zur Beurteilung der Körperkondition (Body condition scoring = BCS) in einem dimensionsfreien Wertebereich von 1 bis 5 mit Abstufungen von Viertelnoten. Zur Notenfindung wird das Hervortreten des Skelettes bzw. die Fettauflage an acht markanten Körperpartien - vom Widerrist bis zum Schwanzansatz - bonitiert. Die gemittelte Note soll die Körperreserven der Milchkuh im Verlauf der Laktation widerspiegeln. Als Optimum sehen EDMONSON et al. (1989) eine BCS-Note um 3,0. Im Energiedefizit sollte die Körperkondition der Milchkuh nicht unter 2,0 abfallen und zum Ende der Laktation ist eine Überkonditionierung >3,5 zu vermeiden. Die Methode ist subjektiv und zwischen unterschiedlichen Beurteilern sowie zwischen aufeinander folgenden Beurteilungszeiträumen nur bedingt vergleichbar.

Neben BCS entwickelte STAUFENBIEL (1997) eine Methode zur Konditionsbeurteilung der Milchkuh mittels sonographischer Rückenfettdickenmessung (RFD) in Millimeter. Gemessen wird die größte subkutane Fettauflage auf der Linie zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker im letzten Drittel. Die RFD ist eine reproduzierbare, objektive Methode und korreliert eng mit dem relativen Körperfettgehalt als auch mit dem BCS (STAUFENBIEL 1997).

Im Rahmen des Verbundprojekts On-Farm-Recording^(Breeding) ¹ wurden verschiedene Verfahren zur automatischen Körpervermessung von Milchkühen mittels dreidimensionaler (3-D)-Bildverarbeitung entwickelt und in praxi getestet. Ziel war es, ein für die Herdenüberwachung geeignetes, robustes Sensorsystem zu bauen, das das tägliche Erscheinungsbild der Milchkühe beim Betreten oder Verlassen des Melkstandes aus einer 3-D-Videsequenz automatisch analysiert und über eine Vielzahl individuell markanter Körperpunkte die Körperkondition nach EDMONSON et al. (1989) schätzt.

2 Gerätetechnische Entwicklung

Für die räumliche Vermessung der Milchkuh wurden experimentell verschiedene Projektionen und Kamertypen (Schrittlaser, Stereokamera, TOF(time of flight)-Kamera) unter Beachtung der aktuellen Entwicklung (BAUER et al. 2012) getestet. Unter den praktischen Einsatzbedingungen im Milchviehlaufstall brachten diese Verfahren jedoch nicht den gewünschten Informationsgehalt für eine reproduzierbare Konditionsschätzung. Die mit einer TOF-Kamera berechneten 3-D-Modelle der hinteren Rückenpartie - vom Lendenwirbel bis zum Schwanzansatz - von ruhig stehenden Kühen waren zwar typvoll, konnten aber aufgrund der geringen Tiefenauflösung von ca. 10 mm nicht für mehrmals täglich wiederholte Schätzungen verwendet werden. Zusätzlich führten Körperbewegungen des Tieres während dem Scanvorgang zum Rauschen der 3-D-Modelle.

Erst der Infrarot(IR)-Tiefensensor einer israelischen Firma brachte den Durchbruch für eine millimetergenaue Vermessung des Körperprofils einer Milchkuh. Das Funktionsprinzip dieses Tiefensensors wird von STEFFEN (2013) wie folgt beschrieben: Für die 3-D-Raumerfassung sendet ein IR-Projektor der Laserklasse 1 eine vom menschlichen Auge nicht wahrnehmbare, strukturierte Lichtmatrix bei $\lambda = 830 \text{ nm}$ aus. Das IR-Punktgitter wird von einer IR-Kamera mit einer Auflösung von 640×480 Pixel und einer Abtastfrequenz von 30 Hz aufgenommen. IR-Projektor und Kamera befinden sich in einem definierten Raumabstand zueinander. Aus der bekannten Grundstruktur der IR-Punkt看ke kann die IR-Kamera durch Triangulation für jeden der 640×480 Pixel eine Raumtiefe berechnen. Tritt eine Kuh in den Projektionsbereich, wird die IR-Punkt看ke deformiert und im Kamerabild ändern sich die Abstände der Punkte zueinander. Aus der Deformation des strukturierten Lichtes berechnet die Kamera hardwareseitig die Raumtiefe der Pixel. Bei maximaler Auflösung des Tiefensensors ergibt sich eine Abtastdistanz von 1,4 mm horizontal und 1,3 mm vertikal.

Für die Körperkonditionsschätzung an Milchkühen wurde vom Projektpartner Hölcher + Leuschner GmbH & Co. KG eine modulare Geräteeinheit für Tierschleusen entwickelt, bestehend aus elektronischer Tiererkennung, Torsteuerung, Durchlaufwaage, Beleuchtung, 3-D-Kamera, Laserprojektion, IR-Tiefensensor, Prozessrechner sowie einem PC mit Internetanbindung und entsprechender Bildanalysesoftware. Auf der EuroTier 2012 wurde das Gerät unter optiCOW erstmals präsentiert, zwischenzeitlich weiterentwickelt und optimiert. Die gesamte Beleuchtungs-, Kamera- und Sensortechnik wurde in einem Montagerahmen in 2,50 m Höhe verbaut und über einen ca. 90 cm breiten Triebweg in der Nähe des Melkstandes installiert. Ein Schwenktor stoppt das zu scannende Tier unter der Kamera. Zusätzlich wurde noch das Gewicht der Kuh mit einer Durchlaufwaage ermittelt. Für die Entwicklung der Algorithmen zur 3-D-Bildanalyse wurden die Geräteeinheiten im Milchviehlaufstall des Lehr- und Versuchsgut Köllitsch und in zwei sächsischen Milchviehanlagen mit je 1 400 Kühen eingebaut.

Bei der gewählten Bauhöhe des IR-Tiefensensors konnte ein Blickfeld auf die zueinander stehenden Kühe von ca. 1 400 mm Länge und 1 000 mm Breite ausgewertet werden. Der Sensor registriert den Eintritt eines Objektes in das Blickfeld (Abb. 1). Jedoch erst wenn sich aus der Punkt看ke die Rückenlinie, die Hüfthöcker und der Schwanzansatz einer Kuh abzeichnen, wird ein gültiges 3-D-Modell der Rückenpartie des Tieres in einem realen, millimetergenauen Koordinatensystem erstellt (Abb. 2). Durch Triangulation der Raumkoordinaten von über 50 markanten Körperpunkten werden die Rohdaten für die Körperkondition des Tieres berechnet und in einer BCS-Note dargestellt. Die Funktionsweise des IR-Tiefensensors kann auf dem Überwachungsmonitor in Echtzeit verfolgt werden.

Die ersten Algorithmen erforderten noch eine Verweildauer des Tieres von ca. 3 Sekunden unter dem Sensor. Die inzwischen optimierten Prozeduren können auch 3-D-Videsequenzen sich durch den Fokus bewegender Tiere analysieren. Am Beispiel der Abbildungen 3–6 bewegt sich die Kuh A zur Zeit x in den Fokus, das 3-D-Modell wird ohne zu stoppen erkannt. Gefolgt von Kuh B läuft A nach $x + 1,5$ Sekunden aus dem Fokus. Nach $x + 3,5$ Sekunden wurde für Kuh B ein gültiges 3-D-Modell erkannt.

Die Validierung des Sensorsystems erfolgte über 4 Monate an der Milchviehherde in Köllitsch mit 129 Holstein-Friesian-Kühen. Die Lernstichprobe wird monatlich einmal

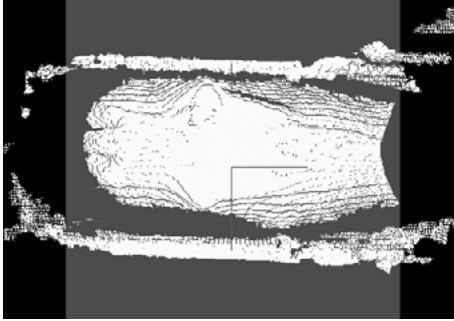


Abb. 1: Unbekanntes Objekt im Fokus des IR-Tiefensensors

Fig. 1: Unknown object in the focus of the Infrared depth sensor

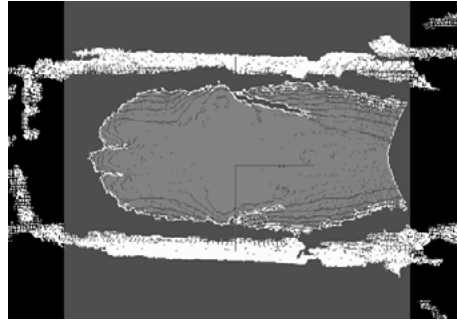


Abb. 2: Als Kuhrücken erkannt und trianguliertes Tiefenbild

Fig. 2: As a cow's back recognised and triangulated depth picture

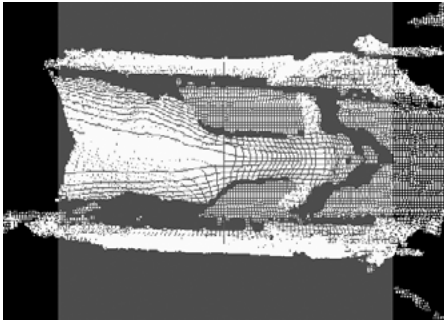


Abb. 3: Kuh A tritt zur Zeit x in den Fokus

Fig. 3: Cow A steps at the moment x in the focus

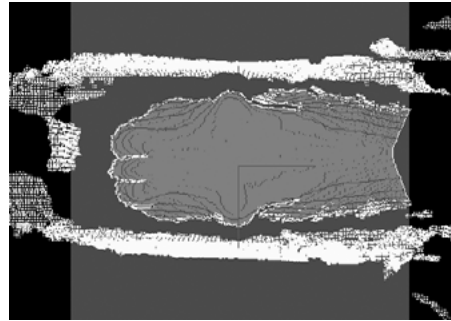


Abb. 4: Nach 1 Sekunde wurde für Kuh A ein gültiges 3-D-Modell erkannt

Fig. 4: After 1 second a valid 3-D-model was recognised for cow A

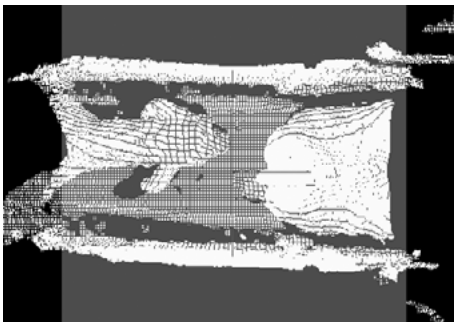


Abb. 5: Ohne Stopp folgt die Kuh B nach 0,5 Sekunden in den Fokus

Fig. 5: Without stop the cow B follows after 0.5 seconds in the focus

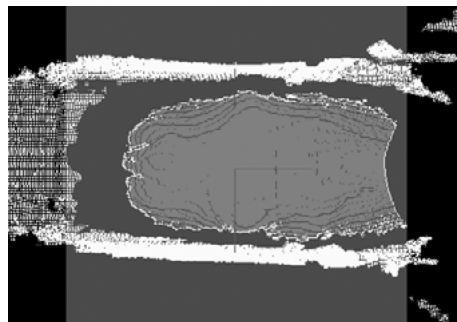


Abb. 6: Das 3-D-Modell der Kuh B wurde nach $x + 3,5$ Sekunden identifiziert

Fig. 6: The 3-D-model of the cow B was identified after $x + 3.5$ seconds

gewogen sowie von einem Messteam der BCS nach EDMONSON et al. (1989) und die RFD nach STAUFENBIEL (1997) bestimmt. Zusätzlich standen alle Leistungsinformationen und Behandlungen aus dem Herdenmanagementprogramm zu Auswertung zur Verfügung.

3 Ergebnisse

In der Beobachtungszeit von 118 Tagen wurden mit optiCOW insgesamt 9.151 3-D-BCS-Noten für die 129 Probanden geschätzt. Diesen konnten 438 Datensätze mit visuellen BCS-Noten, RFD und Gewichte zugeordnet werden (Tab. 1).

Tab. 1: Statistische Maßzahlen der Merkmale der Körperkondition
Tab. 1: Statistical indexes for the characteristics of body condition

Merkmal	Einheit	Anzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Median	Minimum	Maximum
3-D-BCS		9.151	3,4919	0,3718	3,5407	1,0447	4,5530
BCS nach EDMONSON et al. (1989)		438	3,4091	0,5437	3,50	1,25	4,50
RFD nach STAUFENBIEL (1997)	mm	438	11,755	6,6583	11,0	1	30
Gewicht	kg	433	668,76	79,741	666	495	878

Zwischen den 3-D-BCS-Noten vom Morgengemelk und vom Abendemelk konnte eine hohe, in den Messkampagnen variierende Wiederholbarkeit von $r = 0,78$ bis $0,98$ ermittelt werden. Ursache dafür war das unterschiedliche Laufverhalten der Kühe am Morgen und am Abend.

In einer Regressionsanalyse wurden die Zusammenhänge zwischen den 3-D-BCS-Werten und den visuell geschätzten BCS-Noten, den RFD-Werten sowie den Gewichten untersucht (Tab. 2). Es wurden sowohl die 3-D-BCS-Rohwerte als auch die daraus abgeleiteten 3-D-BCS-Viertelnoten verrechnet. Die geschätzten 3-D-BCS-Werte korrelierten signifikant mit den BCS-Noten nach EDMONSON et al. (1989) und den RFD-Messwerten nach STAUFENBIEL (1997). Zum ermittelten Körpergewicht konnte nur ein geringer Zusammenhang festgestellt werden.

Tab. 2: Korrelationen zwischen den Merkmalen der Körperkondition
Tab. 2: Correlations between the characteristics of body condition

		Anzahl	BCS nach EDMONSON et al. 1989	RFD nach STAUFENBIEL 1997	Gewicht
Alle 3-D-BCS	Rohwerte	635	0,678	0,502	0,250
	Noten	635	0,672	0,497	0,248
Nur Morgengemelk 3-D-BCS	Rohwerte	286	0,703	0,533	0,282
	Noten	286	0,703	0,525	0,270

Abschließend wurden die partiellen Regressionen der geschätzten 3-D-BCS-Werte in den ersten 60 Melktagen sowie zwischen dem 150. und 300. Melktag untersucht. Die

Erwartung eines negativen Zusammenhanges in der Frühaktation konnte mit einem partiellen Korrelationskoeffizient von $-0,303$ (alle 3-D-BCS) bzw. $-0,278$ (nur Morgenmelk) belegt werden. Für die 2. Laktationshälfte wurde ein positiv gerichteter Korrelationskoeffizient in Höhe von $+0,211$ bzw. $+0,167$ ermittelt.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit dem ausgewählten Verfahren zur automatischen 3-D-Körpervermessung von Milchkühen mittels IR-Tiefensensor konnte eine gute und plausible Übereinstimmung der 3-D-BCS-Schätzwerte mit den BCS-Noten und RFD-Messwerten der Lernstichprobe erzielt werden. Das in der Praxis getestete Sensorsystem optiCOW ist geeignet, um das tägliche Erscheinungsbild der Milchkühe automatisch aus einer 3-D-Videosequenz millimetergenau zu analysieren und um reproduzierbare 3-D-BCS-Noten nach EDMONSON et al. (1989) zu schätzen. Die digitale Bildanalyse ermöglicht eine objektivere Beurteilung der Kühe als durch den Menschen.

Die entwickelten Algorithmen eignen sich zur Darstellung der Fettmobilisationodynamik in der gesamten Laktation sowie zur Dokumentation der körperlichen Verfassung und des Gesundheitszustandes jeder einzelnen Kuh. Damit konnte die Erfassung eines Schlüsselmerkmals zur Herdenführung, Fütterung und Gesundheitsüberwachung kontinuierlich und ohne Bindung von Personal automatisiert werden.

In den nächsten Schritten sind weitere, benutzerfreundliche Auswertungstools zur praktischen Überwachung der 3-D-BCS-Noten zu programmieren. Zudem sind die 3-D-Schätzwerte aus den zwei großen Milchviehanlagen hinsichtlich Plausibilität und Schätzgenauigkeit zu untersuchen sowie im Zusammenhang mit den Bestands- und Produktionsmerkmalen zu interpretieren.

Literatur

- Staufenbiel, R.; Rossow, N. (1994): Methoden zur Beurteilung der Körperkondition bei Milchkühen. *Neue Landwirtschaft* 5(2) S. 62-65
- Edmonson, A.J.; Lean, I.J.; Weaver, L.D.; Farver, T.; Webster, G. (1989): A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 72, pp. 68-78
- Staufenbiel, R. (1997): Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickenmessung. *Praktischer Tierarzt*, coll. Vet. XXVII, S. 87-92
- Bauer, U.; Harms, J.; Steyer, M.; Salau, J.; Haas, J.H.; Weber, A.; Junge, W.; Bielecki, S.; Rothfuss, H.; Suhr, O. (2012): Automatische Beurteilung der Körperkondition von Milchkühen. *Landtechnik* 67(6) S. 409-412
- Steffen, M. (2013): Einsatzmöglichkeiten einer 3-D-Kamera in der Produktionstechnik. - <http://wiki.zimt.uni-siegen.de/fertigungsautomatisierung/index.php>, Zugriff 13.05.2013

Förderungshinweis

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Methodik zur Analyse tierindividueller Verhaltensweisen von Milchkühen auf Basis von Ortungsdaten des Real Time Location Systems Ubisense Series 7000

Methodology for analysis of individual behaviour of dairy cows based on data of the real-time location system Ubisense Series 7000

TOBIAS ROSE¹, URBAN HELLMUTH¹, HEIKO GEORG², JOACHIM KRIETER³

¹ Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Grüner Kamp 11, 24783 Osterröndfeld

² Institut für Ökologischen Landbau, Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Trenthorst 32, 23847 Westerau

³ Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 40, 24098 Kiel

Schlüsselwörter: Milchkühe, Ubisense, Ortungssystem, Tierverhalten

Keywords: dairy cows, Ubisense, local positioning system, animal behaviour

Zusammenfassung

Der Einsatz eines Real Time Location Systems (Ubisense Series 7000) zur tierindividuellen Verhaltenserfassung bringt Herausforderungen im Bereich der Datenaggregation mit sich. Einerseits werden geeignete Kennzahlen benötigt, um Vergleiche der Messdaten mit Referenzpositionen durchführen zu können. Einige Kennzahlen ermöglichen auch die Ableitung von Datenfiltern. Andererseits werden zuverlässige Aggregationsmethoden benötigt, mit welchen aus den Messdaten sinnvolle Aussagen abgeleitet werden können.

Das eingesetzte Ortungssystem weist eine sehr hohe statische Genauigkeit und gute Zuverlässigkeit auf. Entwickelte und eingesetzte Datenfilter können Ausreißer eliminieren. Die Differenzmessung und der Eventlogger zeigen eine gute Eignung zur Dokumentation von Verhaltensweisen.

Summary

The use of a real-time location system (Ubisense Series 7000) for recording animal behaviour implicates challenges in data aggregation. Appropriate operating figures are needed to compare the measured data with reference positions. Some operating figures also allow the derivation of data filters. Also reliable aggregation methods are needed, by which meaningful statements can be derived from the measured data.

The used tracking system shows a very high static accuracy and good reliability. Developed and used data filters are able to eliminate outliers. The measurement of the position difference and the eventlogger show a good aptitude for documentation of behaviors.

1 Einleitung und Problemstellung

Der Strukturwandel in der Milchviehhaltung schreitet stetig voran. Dies führt zu steigenden Bestandsgrößen, welche Veränderungen im praktischen Management mit sich bringen. Zudem wird seit Jahren ein sehr geringes Abgangsalter der Kühe festgestellt: Im Jahr 2012 lag dieses bei durchschnittlich 5,4 Jahren über alle Rassen (CRAMER et al. 2012).

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, werden vermehrt technische Systeme zur Generierung tierindividueller Informationen eingesetzt. Neben Systemen zur Erfassung der Aktivität oder des Wiederkauens stehen auch Systeme zur Verfügung, welche eine Lokalisation der Tiere in der Haltungsumgebung erlauben (HARMS und WENDL 2010). Diese Systeme werden unter dem Begriff „Real Time Location System“ (RTL) zusammengefasst. Solange die Tiere sich nicht in einem Stall befinden, kann GPS zur Bestimmung der Position eingesetzt werden (THURNER et al. 2011). Dieses System ist allerdings in Ställen nicht oder nur mit mangelhafter Positionierungsgenauigkeit einzusetzen, da Stalldächer in der Regel nicht durchlässig für das GPS-Signal sind (IPEMA et al. 2009).

Eine Echtzeit-Lokalisation der Tiere erlaubt im Vergleich zu bisher bekannten Systemen die Generierung zusätzlicher Informationen. So kann zwischen Aufenthaltsorten unterschieden werden und beispielsweise auch die Distanz zu anderen Tieren oder Stallobjekten ermittelt werden. Im Vergleich zu anderen bekannten Systemen ist eine Differenzierung von Aktivitätskennzahlen nach Bereich und Zeit möglich, wie es in Abbildung 1 dargestellt ist. Die Darstellung zeigt die horizontalen Ortungspunkte einer Kuh im Boxenlaufstall zwischen dem 15.09.2012 und 15.05.2013, wobei das Tier vom 13.01.2013 bis zum 25.03.2013 trocken gestellt war. Es werden lediglich die Ortungspunkte im Fressbereich oder auf den Laufgängen dargestellt. Die weißen Bereiche zeigen entweder den Aufenthalt in einer Liegebox oder fehlende Daten.

Entgegen literaturbasierter Erwartungen (TILGER 2005) sind keine Hauptliege- bzw. -fresszeiten zu erkennen. Auch die Begutachtung weiterer Kühe führt zu einem vergleichbaren Eindruck. Um zukünftig detaillierte und stichhaltige Aussagen über das tierindividuelle Verhalten treffen zu können, müssen die vorliegenden Daten des RTL Ubisense Series 7000 validiert und sinnvoll aggregiert werden.

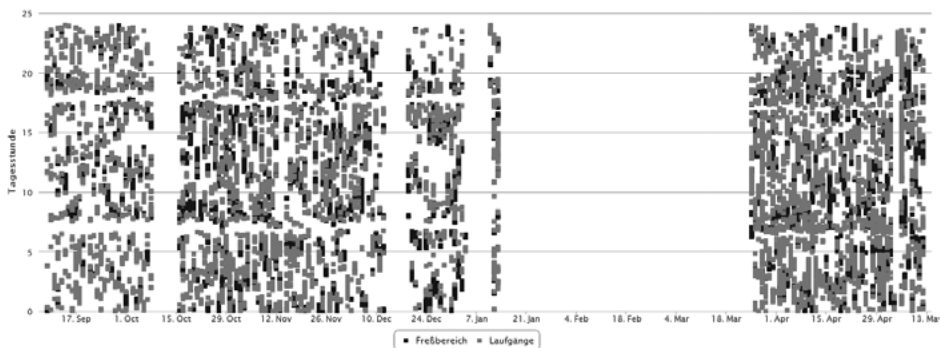


Abb. 1: Horizontale Ortungspunkte einer Kuh im Boxenlaufstall vom 15.09.12–15.05.13
 Fig. 1: Horizontal positioning data of one cow in a free stall barn from 15.09.12–15.05.13

2 Material und Methoden

Das vorhandene RTLS besteht aus Sensoren und sogenannten Tags als Identifikationseinheiten, welche in den Praxisbetrieben an den Halsbändern der Milchkühe befestigt wurden. Die Positionsbestimmung basiert auf einer relativen Positionierung (SCHLENDER 2010) und erfolgt mittels Lateration und Angulation des Ultrabreitbandsignals durch die in ein Netzwerk zusammengefassten Sensoren. In den bisher durchgeführten Versuchen (ausgenommen Versuch Nummer 2, s.u.) wurde alle 1–1,5 Sekunden eine Positionsbestimmung jedes einzelnen Tags durchgeführt. BEYER et al. (2009) wiesen für das verwendete System eine Positionierungsgenauigkeit von unter einem Meter nach, GEORG et al. (2011) konnten in einem Boxenlaufstall unter Praxisbedingungen sogar eine horizontale Genauigkeit von 0,2 m bis 0,4 m feststellen.

Die vorliegenden Daten basieren auf drei Versuchen mit dem RTLS Ubisense Series 7000:

- Praxisbetrieb im Ostallgäu (Bayern) mit 120 Milchkühen, automatischem Melksystem mit „Feed-First“ Kuhverkehr und automatischem Fütterungssystem (phasenweise zwischen 40 und 110 Kühen erfasst im Zeitraum 01.12.2011–03.05.2012). Der Versuch wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf durchgeführt.
- „Laborversuch“ am Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachhochschule Kiel in Osterönfeld vom 20.05.2012 bis zum 15.06.2012 zur Ermittlung von Einflussfaktoren auf die Genauigkeit des Ortungssystems. 140 durchgeführte Varianten (Minimum 10 min) inklusive statischer und dynamischer Genauigkeitsanalyse (Abb. 2, links).
- Tierverhaltens Erfassung in einem Praxisbetrieb in Schleswig-Holstein mit 250 Milchkühen (fortlaufende Datenerfassung von bis zu 80 Tieren seit dem 09.09.2012) (Abb. 2, rechts).

Im ersten Schritt soll die Ortungsqualität des Systems dargestellt werden. Hierfür ist eine Definition von Kennzahlen notwendig. Das eingesetzte RTLS stellt x-, y- und z-Koordinaten inklusive zeitlicher Zuordnung und jeweiliger Identifikationseinheit zur Verfügung. Im vorliegenden Beitrag wird lediglich auf die horizontalen Daten (x- und y-Achse = 2-D, keine Berücksichtigung der Höhe) eingegangen.



Abb. 2: Laborversuch zur Genauigkeit (links) und Praxisbetrieb in Schleswig-Holstein (rechts)
 Fig. 2: Laboratory test on accuracy (left) and practical farm in Schleswig-Holstein (right)

Werden Messungen durchgeführt, bei welchen jeweilige Referenzpositionen bekannt sind, ist eine Aggregation der x- und y-Koordinaten in eine Kennzahl als sinnvoll anzusehen. Für einzelne Messungen ist insbesondere die euklidische Distanz geeignet, da sie die Abweichung der gemessenen Punkte von der Referenzposition im zwei- oder dreidimensionalen Raum zu einer Kennzahl je Messung aggregiert. Diese Kennzahl zeigt den jeweiligen Fehler als diagonalen Abstand zur Referenzposition.

Für den Vergleich von Messreihen mit Referenzposition werden aggregierende Kennzahlen eingesetzt, dabei handelt es sich nach MAALEK und SADEGHPOUR (2013) um:

- Distance Root Mean Squared (DRMS): „mittlerer Lagefehler“ mit einem Konfidenzbereich von 68,3 %.
- Präzision (2-D): Standardabweichung der Messwerte von der Referenzposition mit einem Konfidenzbereich von 68,3 %.
- Offset (2-D): Distanz zwischen Referenzposition und Messwerten.

Der mittlere Lagefehler kann auch als Genauigkeit bezeichnet werden. Präzision und Offset erklären den DRMS. Ein hohes Offset und eine niedrige Präzision bedeuten eine sehr genaue Positionsbestimmung (geringe Standardabweichung), allerdings liegen diese Punkte in einer gewissen Distanz neben der Referenzposition. In dem Fall erklärt das Offset den mittleren Lagefehler. Umgekehrt bedeutet ein niedriges Offset bei hoher Präzision weit streuende Daten, die mittlere Position stimmt aber sehr genau mit der Referenzposition überein. Hier erklärt die Präzision den DRMS.

Zur Aggregation der Ortungsdaten in Bezug auf das Tierverhalten werden zwei Methoden je nach Fragestellung genutzt. Insbesondere zur Bestimmung der Interaktion von Tieren untereinander oder mit im Stall positionierten Objekten lässt sich eine Distanzberechnung nutzen. Diese basiert auf der euklidischen Distanz, muss allerdings mit Grenzwerten versehen werden, um Aussagen zulassen zu können. Zur Analyse von Verhaltensabläufen kann ein Eventlogger eingesetzt werden, welcher auf der Zuordnung der georteten Positionen zu im Stall definierten Bereichen basiert.

Das eingesetzte System Ubisense Series 7000 basiert auf einem Ultrabreitbandsignal in einem Frequenzbereich von 6–8 GHz. Signale dieses Frequenzbereiches werden durch Stahl reflektiert und durch Wasser absorbiert. Insbesondere die Reflektionen können zu negativen Beeinflussungen der Qualität von Aussagen führen. Es werden zwei Methoden zur Regulation dieser Beeinflussung genutzt:

- Datenfilter: Vergleich der euklidischen Distanz zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Messwerten unter Berücksichtigung des Zeitintervalls und Bewertung mittels Grenzwert oder/und Ausschluss von Daten mit zu großem zeitlichen Abstand von der vorherigen Messung.
- Erfüllung von Mindestkriterien zur Akzeptanz einer Aggregation: Bei Eventlogger und Distanzmessung müssen gewisse Mindestdatenmengen innerhalb des Zielbereichs vorliegen, um eine zeitlich rückwirkende Zuordnung zum Zielbereich zu akzeptieren.

3 Ergebnisse und Diskussion

Zur Bestimmung der Genauigkeit des Lokalisationssystems im Stall wurden im ersten aufgeführten Versuch (Ostallgäu) mehrere Ortungstags an definierten Positionen im Stall positioniert. Die aufgezeichneten Daten wurden anschließend mit den beiden erwähnten Datenfiltern behandelt und die Genauigkeit in Form des DRMS ermittelt. Als Fehlerindikator wird in der nachfolgenden Abbildung 3 (links) die jeweilige Präzision dargestellt.

Die unbehandelten Rohdaten wiesen einen DRMS (mittlerer Lagefehler) von 0,5–1 m auf. Der Einsatz eines Filters, der auf dem zeitlichen Abstand zwischen zwei Messungen basiert, führt nicht zu einer Verbesserung der Ergebnisse, zum Teil tritt sogar eine Verschlechterung – insb. der Präzision – auf. Die Behandlung der Daten mit einem Filter auf Basis der euklidischen Distanz zwischen zwei Messungen zeigt einen deutlich verbesserten DRMS bei gleichzeitig verbesserter Präzision. Generell ist dies positiv zu bewerten, es muss aber berücksichtigt werden, dass durch einen solchen Filter Datensätze eliminiert werden (in diesem Fall 1 % (zeitlicher Abstand) bzw. 22 % (euklidische Distanz) der Daten). Der Einsatz eines Filters basierend auf der euklidischen Distanz ist also nur zur Validierung der Daten auf realisierbare Bewegungen der Tiere zu empfehlen.

Im Laborversuch wurde die Signalablenkungswirkung von Stahl auf DRMS, Präzision und Offset untersucht und im Vergleich zu nicht beeinflussten Tags dargestellt. Abbildung 3 (rechts) zeigt den negativen Einfluss, welcher insbesondere in Form eines vergrößerten Offsets auftritt. Die Reflektionen des Signals durch Stahl sorgen demzufolge für fehlerhafte Positionierungen.

Die Aggregation der Ortungsdaten mithilfe des Eventloggers wurde in einem Vergleich von verschiedenen Verfahren zur automatisierten Verhaltenserkennung eingesetzt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen dieser Tagung von OBERSCHÄTZEL et al. (2013) vorgestellt.

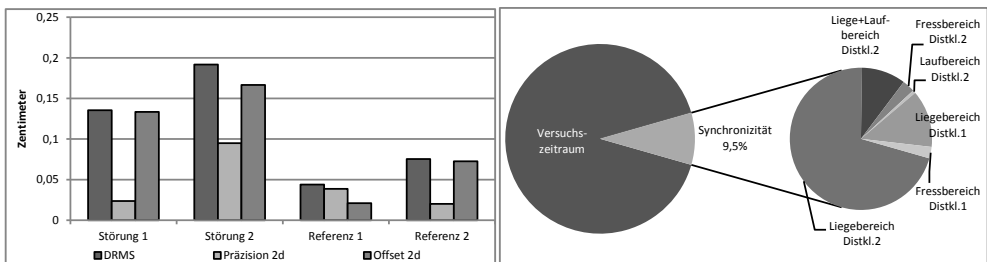


Abb. 3: Auswirkung von Datenfiltern auf DRMS (Säulen) und Präzision (Fehlerindikatoren) (links) und Effekt von Stahl (Störung) auf DRMS, Präzision und Offset (rechts)

Fig. 3: Impact of data filters on DRMS (bar) and precision (error bar) (left) and effect of steel on DRMS, precision and offset (right)

4 Fazit

Das eingesetzte Ortungssystem weist eine sehr hohe Genauigkeit auf und es ist eine gute Funktionssicherheit gegeben. Bei praktischen Untersuchungen findet eine sehr geringfügige Beeinträchtigung der Tiere statt. Die große Anzahl an erfassten Datensätzen beim

Einsatz dieses Systems sorgt für Herausforderungen im Bereich der Datenauswertung. Die eingesetzten Kennzahlen (DRMS, Präzision und Offset) zeigen eine gute Eignung zur Bewertung von Messungen, die sich auf eine Referenzposition beziehen. Durch den Einsatz von Filtern kann der DRMS verbessert werden, allerdings auf Kosten einer reduzierten Datendichte.

Die eingesetzten Methoden zur Analyse des Tierverhaltens sind geeignet, um die Messdaten zu Kennzahlen zu aggregieren. Allerdings ist insbesondere die Festlegung von Bereichen und Grenzwerten in Abhängigkeit von der erzielten Genauigkeit zu überprüfen. Zudem ist zu analysieren, wie die statischen Messwerte der Tags mit ausreichender Aussagefähigkeit in dynamische Tierverhaltensbeobachtungen transformiert werden können.

Literatur

- Beyer, S.; Peis, R.; Macuhová, J.; Haidn, B. (2009): Ortungssysteme in Arbeitswissenschaft und Ethologie – Untersuchungen zur Genauigkeit der Positionsbestimmung in Gebäuden. In: 9. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2009 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 21.–23.9. 2009 Berlin, Darmstadt, KTBL
- Cramer, H.; Dirnberger, M.; Goos, J.; Keller, K.; Lind, B.; Onken, F.; Wutke, M. (2012): Rinderproduktion in Deutschland 2011., Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V., Bonn
- Georg, H.; Rose, T.; Hellmuth, U. (2011): Untersuchung der Praxistauglichkeit eines Ortungssystems zur Verbesserung des Herdenmanagements eines Milchviehbetriebs. In: 10. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2011 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 27.–29.9.2011 Kiel, Darmstadt, KTBL
- Harms, J.; Wendl, G. (2010): Sensorik und Automatisierung in der Milchviehhaltung. In: Automatisierung und Roboter in der Landwirtschaft. KTBL-Tagung 21.–22.4.2010 Erfurt
- Ipema, A.H.; Bleumer, E.J.B.; Hogewerf, P.H.; Lokhorst, C.; De Mol, R.M.; Hansen, H.; Van Der Wal, T. (2009): Recording tracking behavior of dairy cows with wireless technologies. In: Precision Livestock Farming '09. Wageningen Academic Publishers, pp. 135–142
- Maalek, R.; Sadeghpour, F. (2013): Accuracy assessment of Ultra-Wide Band technology in tracking static resources in indoor construction scenarios. In: Automation in Construction 30, pp. 170–183
- Oberschätzkel, R.; Haidn, B.; Herms, J.; Peis, R.; Stitzelberger, I.; Rose, T.; Bernhardt, H. (2013): Vergleich verschiedener Verfahren zur automatisierten Erfassung des Verhaltens von Milchkühen bei Stallhaltung. In: 11. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2013 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. 24.–26.9.2013 Vechta, Darmstadt, KTBL
- Schlender, K. (2010): Methodischer Vergleich zur Erfassung von Verhaltensdaten beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung einer hochpräzisen Echtzeit-Positionierung. Inaugural-Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen
- Thurner, S.; Neumaier, G.; Wendl, G. (2011): Erste Erfahrungen zum Weidemanagement bei Junggrindern auf Almen mit einem GPS- und GSM-basierten Trackingsystem. In: 10. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2011 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. 27.–29.9.2011 Kiel, Darmstadt, KTBL
- Tilger, M. (2005): Biologische Rhythmen bei Nutztieren – Eine Literaturstudie. Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Mathematical modelling in silage mechanization

Mathematische Modellierung bei der Silagemechanisierung

MEHMET EVRENOSOGLU, HAMDİ BILGEN

Ege University, Department of Agricultural Machinery, 35100 Bornova, Izmir, Türkei

Keywords: mathematical models, forage harvesting, work performance, silage cycle, logistics, silage mechanization, ensiling system

Schlüsselwörter: Mathematische Modelle, Futterernte, Arbeitsleistung, Silagezyklus, Logistik, Silagemechanisierung, Siliersystem

Summary

A mathematical model can be described as a system using mathematical language. The process of developing a mathematical model is mathematical modelling. Mathematical models are used not only in the natural sciences and engineering disciplines but also social scientists, physicists, engineers, economists, statisticians, operation research analysts use mathematical models most extensively. In this study, different models for forage mechanization are studied and created simulations from these studies are used to investigate the conditions in Turkish forage harvesting systems. Empirical models of transport needs were developed and sizing guidelines for forage machinery sets are provided for future studies. In Turkey, the capacity of the harvesting and transporting are reasonably lower than EU because of the divided parcels and small areas. Special models and simulations are required for Turkish agricultural silage mechanization. Therefore the first part of the study focused on models that are suitable for the Turkish dairy farms.

Zusammenfassung

Ein mathematisches Modell kann beschrieben werden als ein System, welches eine mathematische Sprache benutzt. Der Prozess zur Entwicklung eines mathematischen Modells ist mathematisches Modellieren. Mathematische Modelle werden nicht nur in den Natur- und Ingenieurwissenschaften angewendet, sondern auch Sozialwissenschaftler, Physiker, Ingenieure, Ökonomen, Statistiker und Betriebsanalysten nutzen diese. In dieser Studie werden verschiedene Modelle zur Futtermechanisierung untersucht. Die daraus abgeleiteten Simulationen werden genutzt, um die Bedingungen der türkischen Futtererntesysteme zu untersuchen. Empirische Modelle zum benötigten Transport wurden entwickelt und Dimensionierungsrichtlinien für Futtermaschinen sind vorgesehen für künftige Studien. In der Türkei sind die Kapazitäten für Ernte und Transport wesentlich niedriger als in der EU aufgrund unterteilter Parzellen und kleinerer Flächen. Spezielle Modelle und Simulationen sind erforderlich für die Silagemechanisierung in der Türkei. Deshalb konzentriert sich der erste Teil der Studie auf passende Modelle für die türkische Milchviehhaltung.

1 Introduction

Harvesting machineries for forage mechanization are a large contributor to the cost of producing and delivering forages. For example, Turkey/Aegean Region custom rates for chopping, hauling and packing whole plant corn silage are approximately 34 €/ha (Provincial directorate of agriculture 2010). Values with rates per hour are more unstable due to large variety of machinery capacities. Of the corn silage value, approx. 10–20 % is typically due to harvest and storage machinery costs. Minimizing harvest costs depends on selecting the proper sizing and matching of equipment.

In forage harvesting systems, there are significant equipment interactions as the crop moves from the field to the silo. The harvester needs to interact with the transport units to align and either unload or switch trailers. Transport units need to interact at the unloading site to align and unload. The harvester machine is the most important equipment in the silage production chain. It is the most expensive component and therefore it should be kept busy to minimize production costs. Improving system capacity can only be achieved by avoiding bottlenecks within transport or unloading operations through matched components. That is the best option to decrease the cost of producing forages.

Aegean and Marmara Regions in Turkey are the primary regions for silage mechanization because of their suitable climate. The size of the land for silage in those regions is significantly smaller and divided comparing to EU and USA. Therefore, there is a huge variety of production techniques not only because of divided lands but also farmers having old habits and experiences from the past. In order to develop a reasonable strategy for silage mechanization in those regions, producers need benchmarks for the production chains. Point models and cycle analysis can help farmers to develop a strategy for minimizing cost of production between the silage production chain. However, there are no significant studies about that problem and no reasonable mathematical models for silage production have been formed since present days.

2 Models and methods used for silage mechanization planning

The first phase of this study is to research the literature of existing models for silage mechanization and either adapting them or creating new models for Turkish agricultural conditions. The existing literature has a chronology development parallel to the development of the silage mechanization. First models that are created focus on simple processes like pressing in silos, different silo dimensions, different knife forms and cutting techniques. According to that chronology four main models were chosen from many studies investigated. They are:

- factors affecting bunker silo densities
- equipment matching for silage harvest
- systems approach to forage harvest operations
- computerized cycle analysis of harvest, transport and unload systems

2.1 Factors affecting bunker silo densities

Attaining a high density in a silo is important for two primary reasons. Firstly and most importantly, density and dry matter content determine the porosity of the silage. Porosity, in turn, sets the rate at which air moves into the silo and subsequently the amount of spoilage which occurs during storage and feed out. RUPPEL et al. (1995) measured dry matter loss for silage and developed an equation to relate the loss to density. General recommendations have been to spread the crop in 15 cm layers and pack continuously with heavy, single-wheeled tractors. In a survey of alfaalfa silage in 25 bunker silos, RUPPEL et al. (1995) found tractor weight and packing time (min/t) were the most important factors affecting density.

In the study, measured densities in over 160 bunker silos containing either corn or haycrop (largely alfaalfa) silage. Density was measured with a 5 cm diameter corer (HOLMES 1996), taking cores at approximately chest height at four locations across the silage face. Core depth, distance from the top and distance from the floor were recorded. A survey was completed for each silo sampled. Information from farmers included: number of packing tractors, tractor weight, number of tires per tractor, tire pressure, tire condition, number of drive wheels, silage delivery rate, packing time per day, harvest time per day, filling time, filling technique, silo dimensions, maximum silage height, crop, crop maturity and theoretical length of cut. These factors were correlated with measured dry matter densities. Ranges of dry matter densities were similar for both haycrop and corn silages. Densities on the low end suggested little packing, whereas the highest densities were in the range observed in tower silos. Average dry matter densities were slightly higher than a recommended minimum density of 224 kg/m³.

Densities were positively correlated with the height of silage above the core, indicating the effect of self-compaction in bunkers. To put densities on common basis, all densities were adjusted to the median depth below the surface. Adjusted dry matter density was positively correlated with average packing tractor weight, packing time and dry matter content. Density was inversely correlated with the initial depth of the crop layer when spread in the silo.

Use of rear duals or all duals on packing tractors had little effect on density. Other factors such as tire pressure, cop and average particle size were not significantly correlated with density. One practical issue raised in the study was packing time relative to crop delivery rate to the silo. Packing time per ton was highest (1–4 min/t) under low delivery rates (< 30 t/h) and generally declined with increasing delivery rate. Packing time was consistently less than 1 min/t at delivery rates above 60 t/h in our survey. These results suggest that farmers using contractors to harvest their silage crops probably will need to pay particular attention to spreading the crop in a thin layer and would benefit from using several packing tractors simultaneously.

2.2 Equipment matching for silage harvest

Harvesting machinery and associated costs are a large contributor to the costs of producing and delivering forages. For example, Turkey's Aegean Region custom rates for chopping, hauling and packing whole-plant corn silage are approximately 280 €/ha (Aegean Region Provincial Directorate of Agriculture 2010) rates per hour depend largely on machinery capacities. With a typical corn silage yield of 50 t/ha, machinery costs

to harvest, transport and store silage away are approximately 8 €/t. Of the corn silage value, approximately 10–20 % is typically due to harvest and storage machinery costs. The objective of this study was to provide benchmark figures for matching forage harvesters, transport units and storage loading equipment such as baggers and bunker silo packing tractors, also use a spreadsheet model of cycle analysis to generate a simplified transport needs model for high-capacity forage harvest operations.

Four different factors can limit the capacity of a machine depending on the field conditions and the operation. These factors are power, throughput capacity, speed and traction. In systems where machines must interact (such as harvest, transport and unloading), the capacity of some machines can be limited by others; this may necessitate idle time for some machines. Logistics at the unloading site are critical to system performance. If forage cannot be packed, blown or bagged fast enough, the storage site can become the bottleneck of the overall harvest system (HOLMES and MUCK 2002). The blower and bagger capacity values are reasonably consistent with silo filling rates observed on 23 dairy farms; the visited farms included 22 tower silos, 23 bunker silos and 8 bags. For purposes of illustrating impact of transport system on harvester utilization and system capacity, a 350 HP self-propelled forage harvester harvesting either haycrop or whole-plant corn silage was considered with different truck sizes. Because the power requirement capacity is lower in haycrops than in whole-plant corn and the appropriate number of transport units is lower. The appropriate number and size of trucks required to keep a harvester maximally utilized depends on several factors, including transport distance, transport speed, unloading rate and harvester power. At the end of the study the cycle analysis method (HUNT 1986) was used to run with experimentally designed scenarios. For each scenario, the number of transport units required was determined algebraically by setting the system cycle time equal to harvester cycle time and solving for the number of transport units required. Since harvester capacity is proportional to harvester power, an expression of harvester power times transport distance divided by the product of transport unit capacity, specific energy and transport unit speed is dimensionless. The term of power times distance divided by transport unit capacity and speed was used to establish the functional form on an empirical model ($R^2 = 0,997$) for the number of transport units required to keep a harvester maximally utilized. The empirical model is:

$$N_{t,req} = 0,44 + 0.0746 \times \left[C_c \times PH_{kW} \times D_{t,km} \div (V_{t,tDM} \times S_{t,km/h}) \right] + 1,06I_d$$

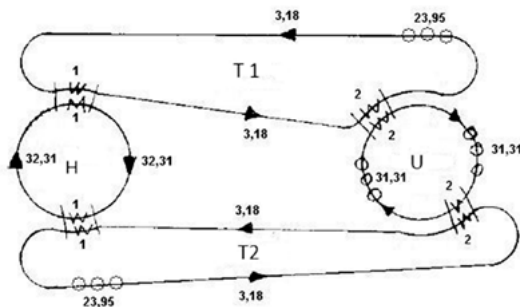
- $N_{t,req}$: Number of transport units required to keep the harvester as busy as possible
 C_c : Crop coefficient (1.6 for whole-plant corn, 1.0 for haycrops)
 PH : Power of the harvester, kW
 D_t : Round trip transport distance, km
 V_t : Capacity of each transport unit, tDM
 S_t : Average speed of transport unit, km/h
 I_d : Indicator for direct chopping into transport units (1 if material was chopped directly in to transport, = if a dump cart was used)

2.3 A systems approach to forage harvest operations

After the transport models were developed it became useful combining models with cycle analysis (WIERSMA and HOLMES 2000). Together it became much easier to investigate systems and find out their bottleneck points. The principles and developmental steps regarding the use of cycle diagrams were outlined by HUNT (1986). To manually draw a cycle diagram and perform an analysis, the developmental steps are:

- Sketch the cycle to show the proper machine relationships.
- Mark the support times between individual machine cycles with a zigzag line. Mark both machine loops at their points of interaction.
- Sum the cycle times required for each machine loop and select the largest to be the system cycle time.
- Add idle times to the other machine loops to bring their total times up to the total system time. Identify this on the diagram with circles.
- Field efficiency can now be estimated more accurately when the machine in question is a part of the system.

Outputs from a cycle analysis include system capacity, labor efficiency and utilization rates for each machine. Here is an example of a Turkish dairy farm's corn silage process cycle (Fig. 1).



$$H_{\text{cycle}} = 66,62 \text{ min } (\% 100)$$

$$H_{\text{cycle}}_{\text{idle}} = 0 \text{ min}$$

$$T_{\text{cycle}} = 9,36 \text{ min } (\% 29)$$

$$T_{\text{cycle}}_{\text{idle}} = 23,95 \text{ min } (\% 71)$$

$$H_{\text{cycle}}_{\text{system}} = 452,3 \text{ min}$$

$$T_{\text{cycle}}_{\text{system}} = 131,04$$

Fig. 1: Example of a corn silage process cycle diagram and output values

Abb. 1: Beispieldiagramm eines Maissilierungsprozesses

2.4 Computerized cycle analysis of harvest, transport and unload systems

Cycle diagrams are relatively simple tools which can provide insight concerning the impact of equipment and operational changes on dynamic agricultural systems with interacting components or machines (ROTZ et al. 1989). Cycle analysis of machine systems that include harvest, transport and unloading sub-systems requires machine capacity, operational data and parameter input for each machine and operation (LAVOIE et al. 1991, PARMAR et al. 1996, ROTZ et al. 1983). Outputs include cycle time, system capacity and idle time for each machine (ASAE 2005a, 2005b, 2005c). Efficiency measures of harvester, transporter, unloader and labor utilization can be computed. Often, the harvester is the most expensive machine; an evaluation of its actual field efficiency

can be important. With one cycle representing a “round” by all transport units, the volume per cycle is computed as:

$$V_c = V_t \times N_t$$

V_c : Volume per cycle, harvest units/cycle (t/cycle)

V_t : Volume of each transport unit, harvest units/transporter

N_t : Number of transport units

The productive portion of a harvester’s cycle consists of harvest time and interaction time with the transporter. The primary contributor to the harvester’s cycle time is the time to harvest the material per cycle. Productive transport time is spent interacting with the harvester or unloader or in transit. Interaction time with the unloader is a combination of alignment and working time. Productive unloading time is spent with the transporter(s). The system cycle time is the maximum of the cycle times of system components; time required to align the harvester and transporter is assigned to the less busy of harvester and transporter. Cycle time and idle time are therefore computed as:

$$C_{sys,a} = U_h \times E_{f,max} \times C_{m,max}$$

$$C_{sys,b} = V_c \div CT$$

$$E_{f,act} = C_{sys,a} \div C_{m,max}$$

$C_{sys,a}$: System capacity (harvest units/h)

$C_{sys,b}$: System capacity (harvest units/h)

$E_{F,ACT}$: Actual harvester field efficiency, fraction

3 Conclusions

In the first part of the study, models and simulations are studied and some of them are reorganized for Turkish agricultural systems. Especially problems in the bunker loading site are significant in Turkey. There has been no detailed study about the process chain of silage mechanization and there are no data for related conditions. In the second part of the study these models and simulations will be used to create a database for silage process. This database will be used to compare the current situation and routine working systems for preparing silage from forage material. There are extensive problems on silage quality. Some of them are mechanical and some are system based. For example, laborer’s and farmer’s inadequate knowledge on packing systems decreases the quality of the forage materials. Ordinary labor work focuses on packing as fast as possible but forgetting to control the bulk density of the material. Because of lack of unmatched equipment in the system processes, laborers only focus on the time of the work and spending efforts to keep it short. There no data or spreadsheet supporting producers for decision making. Economical production and better quality silage will become a key

factor in the future, having much more importance than present day because of global warming and more human population demanding on better and more efficient production in dairy industry. The second part of the study will be published after the values from the selected dairy farms in Aegean Region of Turkey are compared from the results of the used models.

Literature

- ASAE, S495 (2005a): Uniform terminology for agricultural machinery management. In: ASAE Standards. 49th ed., St. Joseph, MI, ASAE
- ASAE, EP496.2 (2005b): Agricultural machinery management. In: ASAE Standards. 49th ed., St. Joseph, MI, ASAE
- ASAE, D497.4 (2005c): Agricultural machinery management data. In: ASAE Standards. 49th ed., St. Joseph, MI, ASAE
- Holmes, B.J.; Muck, R.E. (2002): Documentation of bunker silo silage density calculator, University of Wisconsin, Madison.
- Hunt, D.R. (1986): Engineering Models for Agricultural Production. Westport, CT, AVI Publishing
- Lavoie, G.; Gunjal, K.; Raghavan, G.S.V. (1991): Soil compaction, machinery selection, and optimum crop planning. In: Trans. ASAE 34(1), pp. 2–8
- Parmar, R.S.; McClendon, R.W.; Potter, W.D. (1996): Farm machinery selection using simulation and genetic algorithms. In: Trans. ASAE 39(5), pp. 1905–1909
- Rotz, C.A.; Buckmaster, D.R.; Mertens, D.R.; Black, J.R. (1989): DAFOSYM: A dairy forage system model for evaluating alternatives in forage conservation. In: J. Dairy Sci. 72(11), pp. 3050–3063
- Rotz, C.A.; Muhtar, H.A.; Black, J.R. (1983): A multiple crop machinery selection algorithm. In: Trans. ASAE 26(6), pp. 1644–1649.
- Ruppel, K.A.; Pitt, L.E.; Chase, R.E.; Dalton, D.M. (1995): Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. J. Dairy Sci. 78(1): 141–153.
- Wiersma, D.W.; Holmes, B.J. (2000): Estimating the weight of forage in a forage wagon. In: J. Dairy Sci. 88(13), pp. 280–289.

Einsatz eines Wiederkäusensors zur Erfassung von Temperatureinflüssen auf die Wiederkäuaktivität von Milchkühen

Application of a rumination sensor to detect the temperature influence on the rumination activity of dairy cows

KATHRIN HENDRIKSEN, WOLFGANG BÜSCHER, SUSANNE KILIAN

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

Schlüsselwörter: Milchkuh, Sensortechnik, Wiederkäuen, Umgebungstemperatur, Hitzestress

Keywords: dairy cow, sensor technique, rumination, environmental temperature, heat stress

Zusammenfassung

Als entscheidende Voraussetzung für den physiologischen Ablauf der Verdauungsvorgänge im Vormagensystem stellt das Wiederkäuen eine wesentliche arttypische Eigenschaft des Rindes dar.

Ziel dieser Arbeit war es, zum einen das Wiederkäuverhalten sowohl einer Tiergruppe als auch von Einzeltieren mithilfe des Systems RuminAct™ der Firma Milkline auf dem Versuchsgut Frankenforst der Universität Bonn zu erfassen und zum anderen den Einfluss des Umweltfaktors Umgebungstemperatur auf die Wiederkäuaktivität der Milchkühe zu untersuchen.

Die Untersuchungen des Einflusses der Umgebungstemperatur auf die Wiederkäuaktivität der Kühe ergaben, dass einige Tiere auf erhöhte Temperaturen mit einer deutlichen Abnahme der täglichen Wiederkäuzeit reagierten. Bei anderen Tieren hingegen war kein Zusammenhang zwischen der täglichen Wiederkäuzeit und hohen Umgebungstemperaturen feststellbar.

Summary

Rumination is a typical characteristic of cattle and an essential requirement to ensure the physiological process in the forestomach system.

The aim of the study was to evaluate the rumination activity of a group of cows and of some singular cows by the system RuminAct™ (Milkline, Italy) on the research station Frankenforst of Bonn University. Furthermore, the influence of the environmental temperature on the rumination activity of dairy cows was measured.

The research of the temperature influence on the rumination activity show that in a warm period some cows react with a significant reduced daily rumination time. For other cows, however, no relationship between the daily rumination time and the high temperature could be shown.

1 Einführung

Die steigende Milchleistung und die damit verbundene erhöhte Wärmeproduktion des Tieres führen insbesondere bei hochleistenden Milchkühen in den Sommermonaten zu der Problematik, dass die zunehmende Körperwärme nicht ausreichend von den Tieren an die Umwelt abgegeben werden kann. Diese Wärmebelastung induziert ein vermindertes Wohlbefinden der Kühe und äußert sich in einem Rückgang der Futteraufnahme, einer verringerten Milchleistung, einer verminderten Fruchtbarkeit und einem mangelnden Gesundheitszustand der Tiere (HEIDENREICH et al. 2004).

Des Weiteren kann durch die veränderten Liege- und Stehzeiten der Kühe während des Belastungszustandes auch das Wiederkäuverhalten beeinträchtigt werden. Hierbei ist zu klären, in welchem Ausmaß die Tiere reagieren und ob es tierindividuelle Unterschiede gibt.

Die Quantifizierung der Wiederkäuaktivität erfolgt generell über die Messung der täglichen Wiederkäudauer. In diesem Bereich wurden in den vergangenen 60 Jahren verschiedene technische Geräte eingesetzt (BALCH 1958, NAGEL et al. 1975, KASKE et al. 2002).

Ziel dieser Arbeit ist es, das Wiederkäuverhalten von Milchkühen mithilfe des Systems RuminAct™ der Firma Milkline (Podenzano, Italien) zu erfassen. Neben dem allgemeinen Wiederkäuverhalten soll das Hauptaugenmerk auf die Untersuchung des Einflusses der Umgebungstemperatur auf die Wiederkäuaktivität gelegt werden.

2 Material und Methoden

Der Versuch wurde an der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn durchgeführt.

Die Milchviehherde besteht aus 60 Tieren der Rasse Deutsche Holsteins, welche in einem zweireihigen Liegeboxenlaufstall mit 30 computergesteuerten Futterwiegetrögen, vier Wasserwiegetrögen und 2 Kraftfutterstationen der niederländischen Firma Insentec B.V. (Marknesse, Niederlande) gehalten wurden. Die Durchschnittsleistung lag im Jahr 2011/2012 bei 10 285 kg Milch, mit 4,11 % Fett und 3,40 % Eiweiß.

Die Daten der Wiederkäuaktivität wurden mit dem Wiederkäusensor HR-Tag aufgezeichnet, welcher Bestandteil des Systems RuminAct™ der Firma Milkline ist und die Wiederkäugeräusche mithilfe eines akustischen Sensors ermittelt. Die Validierung des Wiederkäusensors erfolgte bisher unter anderem von SCHIRMANN et al. (2009), wobei der Wiederkäusensor im Vergleich zur visuell erfassten Wiederkäuaktivität zweier Beobachter eine Genauigkeit von 96 % bzw. 92 % zeigte.

Die Identifikationseinheit für das Auslesen der Daten wurde auf dem Rücktrieb aus dem Melkhaus, zwischen dem Selektionstor und der Tierwaage, montiert. Somit passierte jedes Tier auf dem Weg vom Melkstand in den Stall zweimal täglich die Ausleseeinheit. Die Speicherung der Daten erfolgte in 2-Stunden-Blöcken für 22 Stunden. Durch die Notwendigkeit des zweimal täglichen Auslesens konnten die Daten der trockenstehenden Kühe nicht erfasst werden.

Für die vorliegende Arbeit wurden die 10-Minutenwerte und die maximalen und minimalen Tageswerte der Lufttemperatur und der Luftfeuchte aus zwei Metern Höhe verwendet, welche mit einer Campbell-Klimastation des Geographischen Instituts ermittelt wurden.

Um einen Vergleich der Wiederkäuaktivität während eines thermoneutralen Zeitraums (HEIDENREICH et al. 2004, HOY et al. 2006) mit der Aktivität an Tagen mit erhöhten Tagestemperaturen durchzuführen, wurden die in Tabelle 1 aufgelisteten Temperaturbereiche gewählt.

Tab. 1: Temperaturbereiche „Thermoneutral“, „Warm I“ und „Warm II“, maximale Tagestemperatur und maximale Tagesluftfeuchte

Tab. 1: Temperature periods „Thermoneutral“, „Warm I“ und „Warm II“, maximum daily temperature and maximum daily air humidity

Thermoneutral			Warm I			Warm II		
Datum	maximale Temperatur	maximale Luftfeuchte	Datum	maximale Temperatur	maximale Luftfeuchte	Datum	maximale Temperatur	maximale Luftfeuchte
20.04.2012	14,1 °C	63,3 %	25.07.2012	27,8 °C	56,0 %	14.08.2012	26,2 °C	62,6 %
21.04.2012	10,9 °C	69,1 %	26.07.2012	29,2 °C	59,4 %	15.08.2012	29,8 °C	57,3 %
22.04.2012	11,8 °C	69,8 %	27.07.2012	29,2 °C	62,5 %	16.08.2012	25,6 °C	64,6 %
23.04.2012	12,7 °C	65,6 %	28.07.2012	32,6 °C	68,4 %	17.08.2012	28,2 °C	56,0 %
24.04.2012	11,8 °C	73,0 %				18.08.2012	32,4 °C	49,0 %
25.04.2012	13,1 °C	71,8 %				19.08.2012	36,3 °C	47,7 %
26.04.2012	14,4 °C	64,4 %				20.08.2012	27,9 °C	64,7 %
						21.08.2012	28,7 °C	70,6 %

3 Ergebnisse und Diskussion

Für die Untersuchung des Einflusses der Temperatur auf die tägliche Wiederkäuzeit, wurden die maximalen Tagestemperaturen vom 10.02.2012 bis zum 19.08.2012 und die durchschnittliche Wiederkäuzeit pro Tier und Tag verwendet. Da auf Herdenebene keine einheitliche Tendenz erkennbar war, wurde ein Einzeltier-Monitoring durchgeführt.

Abbildung 1 stellt den Zusammenhang zwischen der maximalen Tagestemperatur und der durchschnittlichen Wiederkäuzeit in Minuten pro Tag für Kuh 44 dar. Es wird deutlich, dass die tägliche Wiederkäuzeit mit steigenden Tagestemperaturen abnimmt, wobei eine große Streuung der Messwerte zu beobachten ist.

Die interindividuelle Varianz zwischen den einzelnen Tieren ist groß. Dies verdeutlicht die Abbildung 2, welche die Beziehung für Kuh 51 darstellt. Für den Zusammenhang dieser beiden Merkmale ergibt sich nur eine sehr schwache Korrelation.

Neben dem zuvor beschriebenen Zusammenhang der täglichen Wiederkäuaktivität und der maximalen Tagestemperatur wurde der Einfluss unterschiedlicher Temperaturniveaus über einen Zeitraum von mindestens 4 Tagen auf die Wiederkäuzeit in Minuten

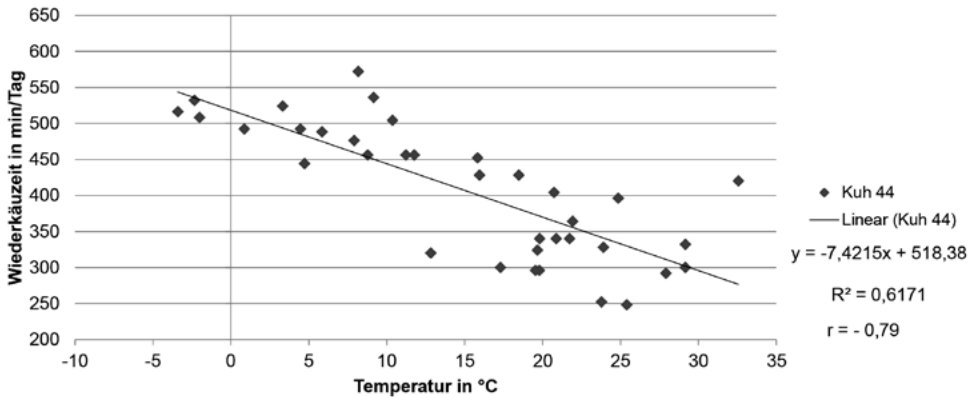


Abb. 1: Kuh 44 – Beziehung zwischen der täglichen Wiederkäuzeit und der maximalen Tagestemperatur
 Fig. 1: Cow 44 – Relationship between the daily rumination time and the maximum daily temperature

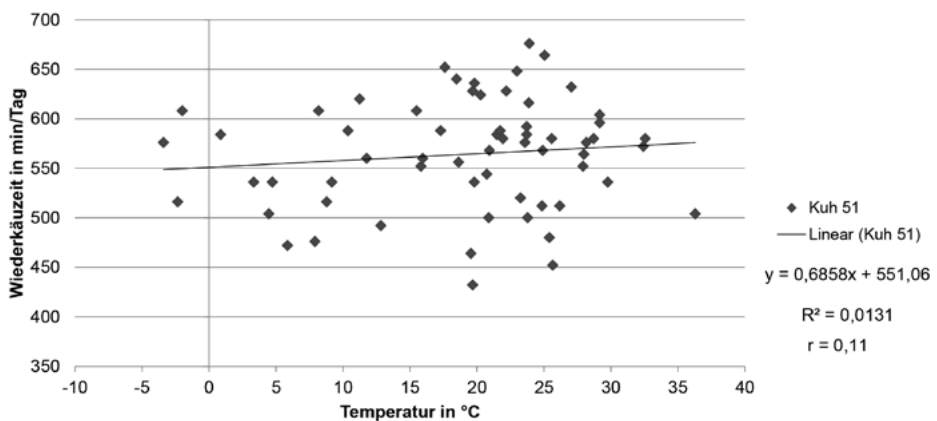


Abb. 2: Kuh 51 – Beziehung zwischen der täglichen Wiederkäuzeit und der maximalen Tagestemperatur
 Fig. 2: Cow 51 – Relationship between the daily rumination time and the maximum daily temperature

pro zwei Stunden untersucht. Dieser Ansatz wurde gewählt, um der Hypothese nachzugehen, dass hohe Temperaturen Auswirkungen auf den tageszeitlichen Verlauf haben.

Abbildung 3 zeigt die Kurvenverläufe der Wiederkäuzeit der Kuh 44 für die unterschiedlichen Zeiträume. Bei einem Vergleich der Wiederkäuzeit während des „Thermo-neutralen“ Bereichs mit der Wiederkäuzeit in dem Zeitraum „Warm I“ wird deutlich, dass Kuh 44 an Tagen mit hohen Umgebungstemperaturen (max. 32,6 °C) weniger Zeit mit dem Wiederkäuen verbrachte als an Tagen mit Temperaturen von maximal 14,4 °C. Besonders in den warmen Mittagsstunden ist eine Reduktion der Wiederkäuaktivität sichtbar. Anders verhält sich die Kuh im Bereich „Warm II“. In diesem ist nur eine leichte Reduzierung der Wiederkäuaktivität zu verzeichnen.

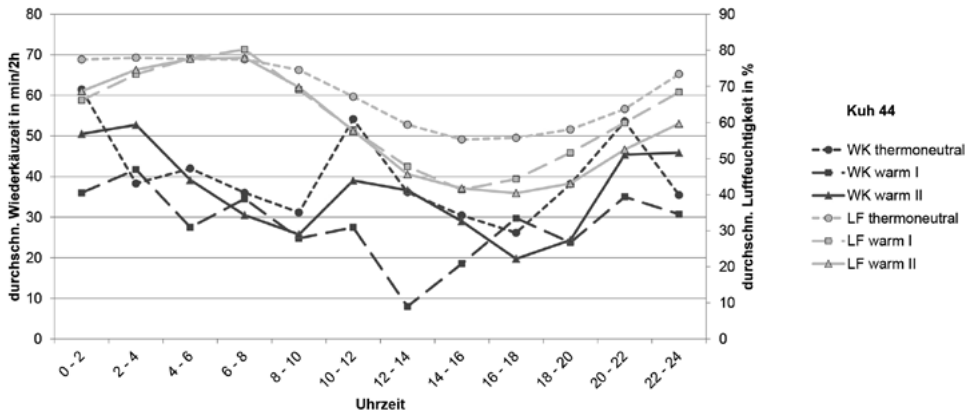


Abb. 3: Kuh 44 – Beziehung zwischen der durchschnittlichen Wiederkäuzzeit (WK) und den Temperaturbereichen bzw. der Luftfeuchtigkeit („Thermoneutral“, „Warm I“ und „Warm II“)
 Fig. 3: Cow 44 – Relationship between the average rumination time (WK) and the temperature ranges respectively the humidity (LF) „Thermoneutral“, „Warm I“ and „Warm II“

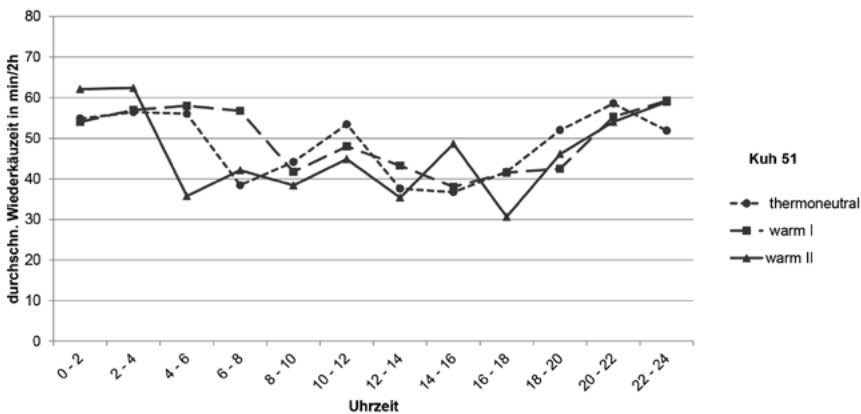


Abb. 4: Kuh 51 – Beziehung zwischen der durchschnittlichen Wiederkäuzzeit und den Temperaturbereichen „Thermoneutral“, „Warm I“ und „Warm II“
 Fig. 4: Cow 51 – Relationship between the average rumination time and the temperature ranges „Thermoneutral“, „Warm I“ and „Warm II“

Laut HEIDENREICH et al. (2004) sind es nicht ausschließlich die hohen Temperaturen, die die Wärmebelastung bei den Tieren auslösen. Ein entscheidender zusätzlicher Einflussfaktor ist die relative Luftfeuchtigkeit. Da der Verlauf der durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit für die Zeiträume „Warm I“ und „Warm II“ nahezu identisch war, konnten die Unterschiede der durchschnittlichen Wiederkäuzzeit während der beiden Zeiträume nicht durch den Einfluss der Luftfeuchtigkeit erklärt werden.

Die Betrachtung der verschiedenen Temperaturbereiche wurde auch für Kuh 51, welche keinen linearen Zusammenhang zwischen der täglichen Wiederkäuzzeit und der

maximalen Tagestemperatur zeigte, durchgeführt. Besonders für Kühe mit ähnlichen Wiederkäuzeiten pro Tag in thermoneutralen und warmen Zeiträumen bestand die Vermutung eines Kompensationseffektes in den Nachtstunden. Diese Hypothese konnte jedoch nicht bestätigt werden. Auch bei dieser Betrachtungsweise wird deutlich, dass Kuh 51 mit ihrer Wiederkäuaktivität nicht signifikant auf hohe Umgebungstemperaturen reagiert (Abb. 4).

4 Fazit

Ziel dieser Untersuchung war es, die Wiederkäuaktivität von Milchkühen mithilfe eines akustischen Sensors zu erfassen und insbesondere klimatische Effekte auf die Wiederkäuaktivität zu quantifizieren. In Bezug auf den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Wiederkäuaktivität konnten keine eindeutigen Ergebnisse ermittelt werden. Es gibt eine hohe tierindividuelle Variation, die weiterer Betrachtung bedarf. Vor allem die scheinbar „hitzestressstabilen Kühe“, sollen künftig in den Fokus rücken und unter Betrachtung weiterer Parameter wie der Futteraufnahme, der Milchleistung und der Tiergesundheit untersucht werden.

Literatur

- Balch, C. C. (1958): Observations on the act of eating in cattle. *British Journal of Nutrition* 12, pp. 330–345
- Heidenreich, T.; Büscher, W.; Cielejewski, H. (2004): Vermeidung von Wärmebelastungen bei Milchkühen. DLG-Merkblatt 336. Frankfurt a. M., Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
- Hoy, S.; Gauly, M.; Krieter, J. (2006): Nutztierhaltung und -hygiene – Grundwissen Bachelor. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag
- Kaske, M.; Beyerbach, M.; Hailu, Y.; Göbel, W.; Wagner, S. (2002): The assessment of the frequency of chews during rumination enables an estimation of rumination activity in hay-fed sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 86, pp. 83–89
- Nagel, S.; Harms, K.; Mahnke, E.; Piatkowski, B. (1975): Zur quantitativen Bestimmung der Kau- und Wiederkäuaktivität bei Milchkühen. *Archiv Tierernährung* 25, S. 21–26
- Schirmann, K.; von Keyserlingk, M. A. G.; Weary, Y. 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

Entwicklung einer automatischen Bremsdrucksteuerung für Siloschlauchpressen

Development of an automatic control brake system in case of bagging machines

MAREN HÖCKER, CHRISTIAN MAACK, WOLFGANG BÜSCHER

Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn

Schlüsselwörter: Siloschlauchpresse, Silomais, Bremsdrucksteuerung

Keywords: bagging machine, silage maize, automatic control brake pressure

Zusammenfassung

Bei dem Verfahren der Schlauchsilierung ist es möglich, die Bremsdruckregelung, die für den Pressvorgang essentiell ist, zu automatisieren. Dabei kann die aktuelle Ausdehnung der Folie über Abstandssensoren erfasst werden. Über einen Prozessrechner wird entschieden, ob der gewünschte Pressdruck erreicht ist oder, ob nachreguliert werden muss. Wird eine gewisse Sollwertdehnung über- oder unterschritten, wird innerhalb von max. zwei Sekunden gegengesteuert. Mithilfe dieser Regelung ist es möglich, den Maschinenbediener zu entlasten.

Da man die Pressdruckeinstellung mithilfe dieser Regelung konstant halten kann, konnten vergleichbare Dichtemessungen an der Anschnittfläche durchgeführt werden. Erste Ergebnisse dazu zeigen, dass es deutliche Unterschiede zwischen den momentanen Sollwertdehnungen von 7,0 % und 9,5 % gibt.

Summary

In case of bagging technology, it is possible to automate break pressure for pressing. Therefore distance sensors measure and calculate the extension of the tube. A process computer decides if the adjusted break pressure is correct or if it necessitates regulation. The break pressure steers in the opposite direction within max. two seconds if the set point is over- or undershot. Because of automation of break pressure, it is possible to disburden the operator.

With this regulation it is possible to take comparably values from the siloface to determine the density in the tube. First results show that there are different densities in tubes with distention of 7,0 % and 9,5 %.

1 Einleitung

Die Silierung von Futtermitteln in Folienschläuchen kann als eine Alternative zur Silierung in Hoch- und Flachsilos gesehen werden (MAACK 2011). Einsiliert werden können neben Gras- und Maissilagen ebenfalls Nebenprodukte wie Biertreber und Pressschnitzel. Weiterhin können auch rieselfähige Schüttgüter, Zuckerrüben oder Feuchtgetreide in einem Polyethylen-Folienschlauch gelagert werden (RÖSSEL und WAGNER 2011).

Bei dem Funktionsprinzip einer Rotormaschine ist auf der Tunnelrückwand ein Folienschlauch aufgefalteter, der mit dem einzusilierenden Material befüllt wird. Am Ende des Schlauches ist ein Gitter angebracht, welches über Stahlseile mit der Maschine verbunden ist und somit für den benötigten Druckaufbau bei der Zufuhr von Erntegut in den Schlauch sorgt. Über die Regulierung des Hydraulikdruckes an der Scheibenbremse der Seiltrommel kann diese Bremswirkung manuell vom Maschinenbediener eingestellt werden. Die daraus resultierende Foliendehnung sollte 10 % nicht überschreiten.

Ziel dieses Projektes ist es, diese Bremsdrucksteuerung zu automatisieren und den Maschinenbediener weitestgehend zu entlasten. Des Weiteren können die aufgezeichneten Daten zur Dokumentation verwendet werden.

Weiterhin wäre es möglich, eine zuvor eingestellte Dehnung konstant einzuhalten und das Siliergut homogen zu pressen; Dichtemessungen wären somit vergleichbar.

2 Material und Methode

2.1 Einlagerung in Folienschläuche

Für die Versuchsdurchführung wurde eine selbstfahrende Rotormaschine RM 8000 der Firma BUDISSA BAG mit einem Tunneldurchmesser von 2,70 m und einer Durchsatzleistung von 75 bis 120 t/h verwendet.

Um die Bremsenregelung zu automatisieren, wurde eine Software entwickelt, die den Bremsdruck überwacht und anpasst. Dafür wird um den Schlauch ein Rahmen angebracht, an dem drei Lasersensoren installiert sind, die den Abstand messen. Zwei davon werden jeweils links und rechts positioniert, sodass sie den Abstand messen und der Schlauchdurchmesser berechnet werden kann. Der dritte Sensor wird oben am Rahmen angebracht und bestimmt die aktuelle Höhe (Abb. 1).

Über einen Algorithmus in Kombination mit einem Korrekturfaktor kann in Echtzeit der Umfang und somit auch die Volumenausdehnung berechnet und auf einem Prozesscomputer aufgezeichnet werden. Wird eine vorgegebene Ausdehnung überschritten, reagiert die Bremse und der Druck wird abgesenkt. Folglich verringern sich das Volumen und somit auch die Foliendehnung. Umgekehrt gilt, die Bremse wird wieder angezogen, wenn die Dehnung einen bestimmten Wert unterschreitet. Die dabei erhobenen Daten können über ein speziell dafür entwickeltes Programm dokumentiert werden.

Neben der Dehnung werden der Flächeninhalt und der Umfang dokumentiert. Ein Weggeber, der zur vollständigen Volumenbestimmung notwendig ist, konnte seitlich der Maschine an die Stahlseiltrommel angebracht werden. Durch den Impulsgeber an der Seiltrommel können die Abrollbewegungen gemessen und somit die zurückgelegte Strecke erfasst werden.

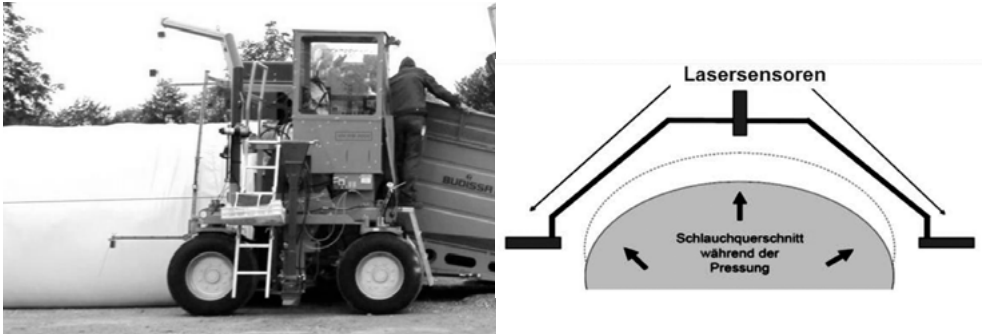


Abb. 1: Anordnung der Abstandslasersensoren um den Schlauch herum
 Fig. 1: Assembly of the distance laser sensors around the tube

Für die Versuchsdurchführung konnte über den Prozesscomputer eine bestimmte Sollwertdehnung mit einem Schwellenwert vorgegeben werden, sodass die Bremse in Abhängigkeit von der Dehnung geregelt wird.

Das Siliergut wurde in Schläuchen mit verschiedenen Sollwertdehnungen unter sonst konstanten Bedingungen gepresst. Im Ergebnisteil werden die Resultate der Einstellungen von einer Dehnung von 7,0 % bzw. 9,5 % vorgestellt.

2.2 Dichtemessungen

Da sich die Versuchsvarianten nur in ihrer Dehnung unterschieden, konnten anschließend vergleichbare Dichtemessungen an den Anschnittflächen der Schläuche durchgeführt werden. Dazu wurden an sechzehn Messpunkten Proben mit einem Bohrer, an dem ein Aufsatz angebracht war, entnommen (Abb. 2, rechts). Das genaue Beprobungsmuster ist in Abbildung 2, links, dargestellt. Für die Darstellung der Ergebnisse werden die Messpunkte in Gruppen zusammengefasst (Tab. 1).

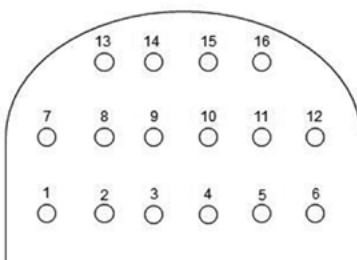


Abb. 2: Beprobungsmuster zur Dichtebestimmung an der Anschnittfläche (links), Akkubohrer mit Aufsatz (rechts)
 Fig. 2: Sample pattern for density determination of the silo face (left), battery drill (right)

Tab. 1: Zusammenfassung der einzelnen Messpunkte in Gruppen
 Tab. 1: Pooling of the measuring points in groups

Horizontaler Abstand zum Kern in cm	Messpunkte
35	3, 4, 9, 10
105	2, 5, 8, 11
175	1, 6, 7, 12
Vertikaler Abstand zum Boden in cm	Messpunkte
50	2, 3, 4, 5
110	8, 9, 10, 11
170	13, 14, 15, 16

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der automatischen Regelung

Die Ergebnisse zur automatischen Bremsdruckregelung sind in Abbildung 3 dargestellt. Diese Abbildung gibt einen Schlauchabschnitt von drei Metern detailliert wieder, wobei die Werte im Sekundentakt aufgezeichnet wurden. Die Sollwertdehnung war bei 9,5 % mit einem Schwellenwert von $\pm 0,5$ % eingestellt. Folglich reagiert die Bremse nur in den Bereichen außerhalb dieser Grenze. Bei einer Überschreitung wird die Bremse auf 20 bar heruntergeregelt und der Druck wird erst dann wieder erhöht, wenn die Dehnung einen Wert von 9 % unterschreitet. Der größte Vorschub liegt dabei in den Bereichen, in denen die Bremse gelöst ist. Dabei macht die Maschine teilweise ruckartige Vorwärtsbewegungen von bis zu 13 cm/s. Aber auch in Zeiträumen, in denen die Bremse fest angezogen ist, werden kleinere Vorwärtsbewegungen von 3 bis 5 cm/s realisiert. Es ist zu erkennen, dass die Maschine keine schleifenden, gleichmäßigen Bewegungen macht, sondern stoßweise durch den Gegendruck nach vorne bewegt wird.

3.2 Ergebnisse der Dichtemessungen

In dieser Versuchsreihe war es möglich, vergleichbare Dichtemessungen durchzuführen. Die automatische Bremsdrucksteuerung bewirkte, dass einheitliche Dehnungen bzw. Dichten zu gewährleisten waren. Da alle anderen Parameter wie Maschine, Bediener, Material und Untergrund gleich blieben, können die Dichten verschiedener Einstellungen direkt miteinander verglichen werden.

In Abbildung 4 sind die Dichteergebnisse einer Schlauchdehnung von 7,0 % und die einer Dehnung von 9,5 % dargestellt. Es wird deutlich, dass sich die Lagerungsdichte zwischen den beiden Einstellungen deutlich unterscheidet. Das Niveau der intensiver gepressten Variante liegt grundsätzlich höher. Dabei ist die Verdichtung in den mittleren Bereichen als gut einzuschätzen, da hier die Sollwertdichte von ca. 250 kg/m³ Trockenmasse kaum unterschritten wird. Allerdings liegt der Sollwert für die Dichte beider Varianten im Randbereich darunter. Dieses könnte gerade in den Sommermonaten dazu führen, dass Nacherwärmungen bzw. Schimmelbildungen aufgrund der geringeren Verdichtung auftreten könnten.

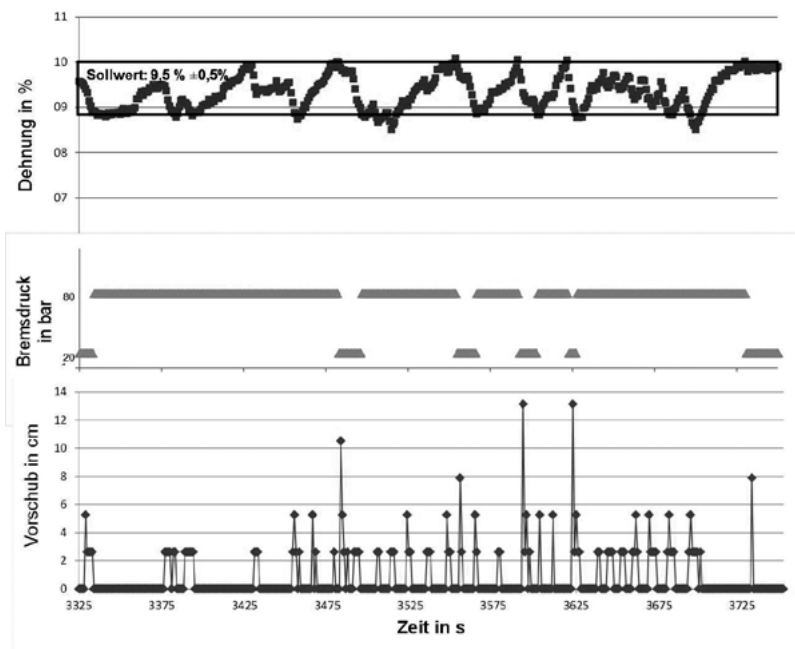


Abb. 3: Darstellung der Foliendehnung eines Schlauchabschnittes, des Bremsdruckes und des Vorschubes in Abhängigkeit von der Zeit
 Fig. 3: Illustration of the foil distention of a tube segment, break pressure and the advance in dependence of time

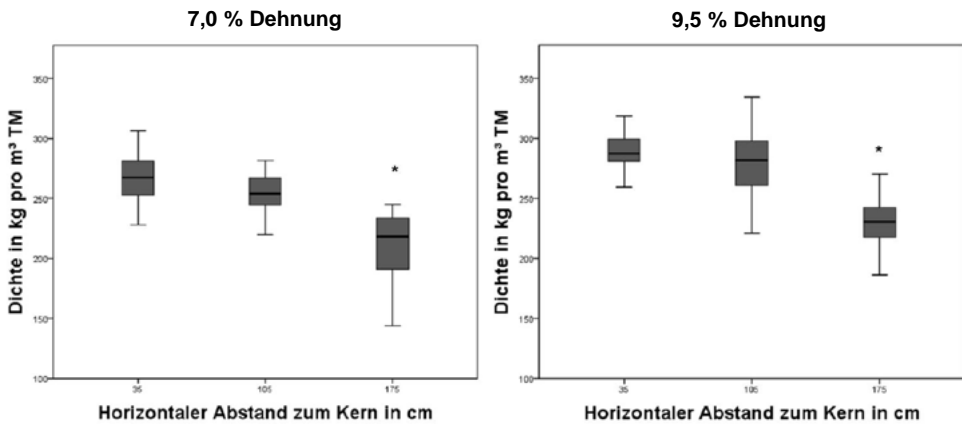


Abb. 4: Dichtegruppen in Abhängigkeit vom horizontalen Abstand zum Kern
 Fig. 4: Density groups in dependence of the horizontal distentance to the center

4 Schlussfolgerung

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass der Einsatz einer automatischen Bremsdrucksteuerung bei Siloschlauchpressen möglich ist. Das Verfahren arbeitet sehr zuverlässig und genau. Der Maschinenbediener könnte diesbezüglich entlastet werden.

Vergleichbare Dichtemessungen zeigen, dass es bei Siloschläuchen Bereiche gibt, die nicht genügend verdichtet sind und das Risiko der Nacherwärmung zu berücksichtigen ist. Die ersten Versuche wurden mit Maissilage durchgeführt. Weitere Versuche mit Grassilage werden im Sommer 2013 folgen.

Literatur

- Maack, C. (2011): Silagebereitung und Futterkonservierung in Folienschlauch und Folientunnel. In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, S. 129–133
- Röbl, G.; Wagner, A. (2011): Schlauchsilierung – Verfahrensbeschreibung und Bewertung. Nr. II – 13/2010. Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im „Biogas Forum Bayern“

Validation and application of an indoor localization system for cattle

Validierung und Anwendung eines Innenraum-Lokalisierungssystems für Rinder

BERT IPEMA¹, TOM VAN DE VEN², PIETER HOGEWERF¹

¹ Wageningen UR Livestock Research, P.O. Box 65, 8200 AB Lelystad, The Netherlands

² Wageningen University, Farm Technology Group, P.O. Box 317, 6700 AH Wageningen, The Netherlands

Keywords: localization system, system accuracy, animal behavior

Schlüsselwörter: Lokalisierungssystem, Systemgenauigkeit, Tierverhalten

Summary

Tests for validating a system for continuous localization of individual animals in their residence environment are described. The positioning system consists of fixed beacons mounted in a cattle barn. Animals are equipped with an electronic label attached to a collar. All beacons emit a low-frequency signal that is received by the labels. Each label measures with an adjustable frequency the strength of the received signals and passes this information via a UHF signal to an antenna connected with a processing computer. Here the location of the label (and animal) is calculated. The overall average accuracy of the system was 30.5 cm with a standard deviation of 25 cm. The accuracy was affected by iron obstacles. However, the obtained results offer sufficient perspectives to use the system for recording and analysing behavior of individual animals. Visual behavior observations showed a good match with the results of behavior analysis acquired with the positioning system.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Tests für die Validierung eines Systems für die kontinuierliche Überwachung einzelner Tiere in der Stallumgebung beschrieben. Das Positionierungssystem besteht aus Signalstellen, die in der Stallung befestigt sind. Die Tiere tragen ein Halsband mit einer elektronischen Marke. Alle Signalstellen emittieren ein niederfrequentes Signal, das von den Marken empfangen wird. Jede Marke misst mit einer regulierbaren Frequenz die Stärke des empfangenen Signals und leitet diese Information über ein UHF-Signal an eine Antenne weiter, welche mit einem Computer zur Datenverarbeitung verbunden ist. Hier wird die Lokalisation der Marke (und des Tiers) errechnet. Insgesamt lag die durchschnittliche Genauigkeit des Systems bei 30,5 cm mit einer Standardabweichung von 25 cm. Die Genauigkeit wurde von Eisengegenständen beeinflusst. Jedoch bieten die erhaltenen Ergebnisse genügend Perspektiven um das System für die Aufzeichnung und die Verhaltensanalyse einzelner Tiere zu nutzen. Visuelle Verhaltensbeobachtungen zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Verhaltensanalyse des Positionierungssystems.

1 Introduction

In 2011 the project Smart Dairy Farming (WUR 2011) started working on instruments, systems and sensors assisting farmers in monitoring and managing their animals better with respect to animal health and well-being. The instrumentation should help the farmer in his daily management in focussing on that processes or animals that need special attention. This should result in an increased profitability of the farm and better animal health and welfare. One of the tools used within the Smart Dairy Farming project is a cow positioning system. The system is able to determine the real time position of each cow inside a cow house. The position of the cows can easily be found on a map of the cow house which is displayed on a PC or smart phone. The main objective of the system is to support the finding of cows that need to be inspected, treated or milked. Besides finding cows, other applications of the positioning system might be possible. For just searching a cow inside the cow house an accuracy of about five meters might be sufficient, whereas a higher accuracy will be needed for determining behaviour or interactions of cows. GYGAX et al. (2007) showed that an Abatec positioning system based on radar technology with an accuracy ranging between 0 and 0.5 m could be used to track cows and to monitor social interactions. HUHTALA et al. (2007) stated that for monitoring cow behaviour an accuracy of about 1 m was needed for the position measurements. The research discussed in this paper has two objectives:

- validation of the positioning system by determining the overall accuracy and quantifying effects barn lay out on the accuracy and
- exploring the potential of the system for obtaining behavioural information from individual animals.

2 The positioning system

The positioning system is developed to determine the position of cows inside a cow house. The system consists out of beacons, labels and a processing computer which together determine the position of the cows. The beacons are placed at fixed locations in a cow house, with a maximum distance between each beacon of ca. 25 m. Each beacon sends out a continuous signal with a fixed strength at a unique frequency between 49 kHz and 55 kHz. These unique frequencies are used to determine which signal is sent out by which beacon. Low-frequent signals are used because they do not need a line of sight and are less sensitive for disturbances in the signal caused by reflections. The labels are attached to the collar of the cows. It measures the arrival strength of the signal from each beacon and sends this information to the processing unit. The processing unit uses the information about the signal strengths to determine the position of the cows.

Experiments were performed inside a cow house which was used for calves. The layout and dimensions of this cow house are shown in Figure 1. The positioning system that was used in the measurements consisted out of six beacons, twelve labels and a processing unit. The beacons (circles) were mounted at a height of 3.50 m at the wall of the cow house. Positions, from position measurements as well as real positions, were expressed with an x- and y-coordinate with the origin (dot) in the upper left corner

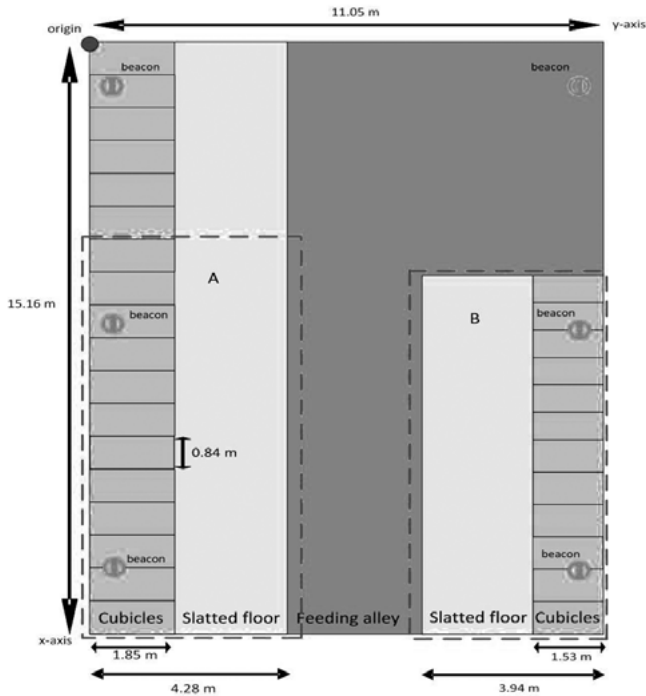


Fig. 1: Lay of barn with positioning system
 Abb. 1: Lageplan des Stalls mit Positionierungssystem

of the cow house. The x-axis was parallel and the y-axis was perpendicular to the feeding alley. The distances between the beacons in x-direction was about 6 m and in y-direction about 10 m. In the test set-up the signal strength information received by the labels was send to the processing unit one time per second.

Additionally a calibration of the positioning system had to be performed. In this procedure the strength of the signal from each beacon is measured with a label on different positions inside the cow house. Each calibration position is pointed out by hand on a map of the barn and used by the system to improve the accuracy of the position determinations. There should be at least one calibration point under each beacon and in each corner of the cow house. The calibration points under the beacons are used by the system to determine the positions of the beacons. The calibration points in the corners of the cow house are used to determine the boundaries of the area in which the labels (and cows) stay. Overall there was about 1 calibration point per 2.5 m².

3 Accuracy tests

Static accuracy tests were conducted in a pen for 12 calves, which was part of the cow house (Figure 1: section B within the right dashed rectangle). During the static experiments no calves were present in this pen.

In the experiments, measurements were done with the positioning system which measured the signal strength of each beacon on all label locations. The labels were placed on 60 different locations equally divided over section B. The positions were divided into five rows parallel to the x-axis and into twelve columns parallel to the y-axis. The rows were placed 1.0 m apart from each other and the columns were placed 0.75 m apart from each other. The real positions, x- and y-coordinates relative to the origin (red dot in Figure 1), were used as the golden standard. At all locations the signal strength of each beacon was measured by a label once every second. Each label sent this signal strength information to the processing unit for calculating the position. During a period of about 50-seconds measurements from the labels were collected and analysed by the processing unit, resulting in calculated label positions expressed as x- and y-coordinates relative to the origin. Because the precision, defined as the difference between the coordinates of a position measurement (each second) and the average coordinates of 30 measurements on a certain label location, showed to be rather high, it was chosen to use the average value of 30 measurements for each label position in the further analyses.

The effects of the barn construction and equipment were tested by analysing the differences in accuracy between the 5 rows and between the 12 columns in which the labels were placed in the test area. These rows and columns had different positions relative to the walls of the barn and the cubicles and the feeding fence in the test area.

Data from the static experiment was used to determine the accuracy expressed as differences in the x- and y-coordinates and the absolute distance between the real coordinates/positions and the coordinates/positions determined by the positioning system. For the differences in the x- and y-coordinates the values determined by the positioning system were subtracted from the values of the real positions. The effects of barn construction and equipment (comparison of rows 1 to 5 and columns 1 to 12) were analysed using analysis of variance (ANOVA).

For the validation tests 120 position measurements (60 label positions in 5 rows, 12 columns and at 2 heights) were made with the positioning system and compared with the real positions of the labels. In Figure 2 the 60 real locations of the labels in the test section of the barn are given as blue bullets on the crossings of the vertical (= columns)

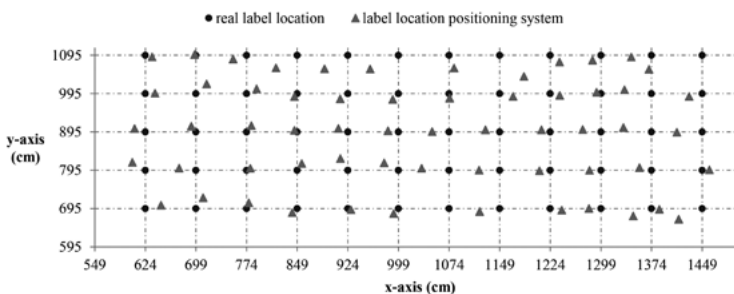


Fig. 2: Overview of the real label locations (bullets) and the locations estimated by the positioning system (triangles). The system configuration consisted of 6 beacons and had maximum calibration. *Abb. 2: Überblick über die tatsächliche Marken-Lokalisation (Kugeln) und die Lokalisation ermittelt durch das Positionierungssystem (Dreiecke). Die Systemkonfiguration besteht aus 6 Signalstellen und war maximal kalibriert.*

and horizontal (= rows) gridlines. The positions estimated by the positioning system are shown as red triangles.

For the situation with 6 beacons and maximum calibration the mean accuracy and standard deviation were -6 cm and 34 cm, respectively, for the x-coordinates and -2 cm and 19 cm, respectively, for the y-coordinates. The absolute distance between the real positions and the positions estimated by the positioning system was in average 30.5 cm with a standard deviation of 25 cm. Our results are comparable with the results of GYGAX et al. (2007), who validated a system developed by Abatec.

The absolute distance in rows 1 and 5 significantly ($p < 0.05$) differed from the other rows. The x-coordinates had the largest deviations in columns 8, 11 and 12; the y-coordinates in columns 2, 8 and 12. The resulting absolute distances showed the largest deviations in columns 8, 11 and 12. In general, worst accuracies were found in row 1 and in columns 11 and 12. On these locations the labels were closest to metal sheet pile profile walls and an aluminium roller door; obviously these affected the accuracy. Row 5 that was close to the feeding fence had a significant lower accuracy, too. This might be explained by the iron construction of this fence. GYGAX et al. (2007) also found that the accuracy of the Abatec positioning system depended on the position in the barn.

4 Animal behaviour recording

Ten calves (3–4 month old) carrying a neck collar with label of the positioning system were kept in a part of a pen of the barn (Figure 1: section A within the left dashed rectangle) consisting of 12 cubicles for lying, a walking area with slatted floor and a feeding fence. For each calf position measurements were recorded per second from March 22 till April 17, 2013. On April 10 the behaviour of the calves was visually recorded each 5th minute during at least 24 hours. Behaviour was classified as lying or standing in cubicle, standing on slatted floor or standing at feeding fence. These observations resulted in mean daily time budget (10 calves) for staying in cubicles, standing on slatted floor and standing at feeding fence of respectively 66.7 %, 12.2 % and 21.0 %. Data from the positioning system were transferred to mean coordinates over one minute (~ 60 measurements) for each label (calf). An example for one calf during one day is given in Figure 3. By defining the coordinates of the areas in which the calves were supposed to use the cubicles, the slatted floor or the feeding fence it was also possible to estimate the time budget based on the mean coordinates per minute as shown in Figure 3.

The mean daily time budgets calculated in this way for staying in cubicles, standing on slatted floor and standing at feeding fence were respectively 63.7 %, 15.5 % and 20.8 %. These results match reasonably with the visual observations.

5 Conclusions

In the basic configuration with 6 beacons and maximum number of calibration points, the mean accuracy and standard deviation were -6 cm and 34 cm, respectively, for the x-coordinates and -2 cm and 19 cm, respectively, for the y-coordinates. In general,

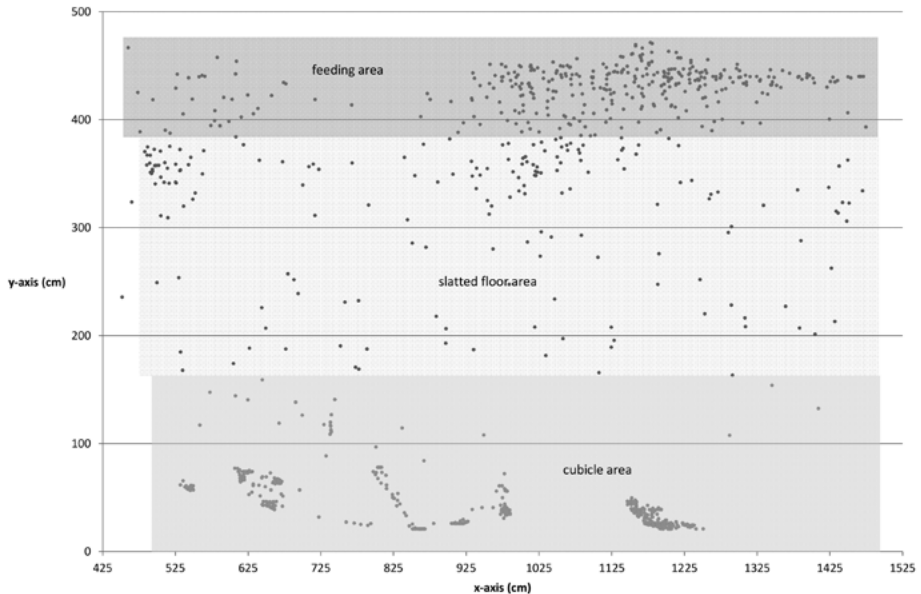


Fig. 3: Overview of staying positions of one calf during one day. Each dot represents the mean x- and y-coordinates of the position measurements in one minute.

Abb. 3: Übersicht über die Standpositionen eines Kalbs an einem Tag. Jeder Punkt repräsentiert die durchschnittlichen x- und y-Koordinaten der Positionsmessungen in einer Minute.

worst accuracies were found when labels were located in the proximity of iron obstacles (walls constructed from metal sheet pile profiles or feeding fence). The overall mean accuracy of the system was 30.5 cm with a standard deviation of 25 cm.

The results of the behaviour analysis matched quite well with visual observations. The positioning system offers good opportunities for using the acquired information in monitoring animal health and welfare on behalf of daily cattle management.

Literature

The literature can be delivered on request.

Acknowledgements

The authors wish to sincerely thank Nedap for providing and installing the positioning system used for this research partly supported by the Dutch research program Smart Dairy Farming, which is financed by FrieslandCampina, CRV, Agrifirm, Dairy Valley, Investment and Development Agency for the Northern Netherlands, the Dutch Dairy Board and the Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, Picken in de Delta.

Anwendungsfelder passiver SAW-Transponder in der Nutztierhaltung

Fields of application for passive SAW-transponder in livestock farming

CAROLINE KLUTKE¹, PETER SCHNEIDER², STEFFEN ZIETZSCHMANN³, THOMAS OSTERTAG⁴,
NIELS NEUMANN⁵, STEFFEN PACHE¹

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Am Park 3, 04886 Köllitsch

² Schneider Elektronik GmbH & Co.KG, Dresdener Str. 29, 01909 Großharthau

³ SAW Components Dresden GmbH, Manfred-von-Ardenne-Ring 7, 01099 Dresden

⁴ RSSI GmbH, Lindenstr. 33, 89077 Ulm

⁵ Technische Universität Dresden, Institut für Nachrichtentechnik, Lehrstuhl Hochfrequenztechnik, 01062 Dresden

Schlüsselwörter: Oberflächenwellen, Transponder, Tieridentifikation, Ortung

Keywords: surface wave, transponder, animal identification, localisation

Zusammenfassung

SAW-Transponder (surface acoustic wave) sind piezoelektrische Kristalle mit Reflektoren zur Darstellung des Tiercodes und funktionieren nach dem Prinzip einer reflektierten Verzögerungsleitung. Die nicht erforderliche Schwell-Energie zur Aktivierung des passiven SAW-Transponders durch einen hochfrequenten Abfrageimpuls im ISM-Band bei 2,4 GHz und eine Aktivierungszeit $< 3 \mu\text{s}$ erlauben eine schnelle Identifizierung von sich frei bewegenden Tieren auf größere Distanzen als die praxisüblichen Tieridentifikationssysteme. Mit Agro SAW IDENT steht ein an Milchkühen erprobtes System zur elektronischen Tieridentifikation für den kommerziellen Einsatz zur Verfügung. Die zusätzlichen Sensoreigenschaften der SAW-Transponder werden in einem Entwicklungsprojekt für die Indoor-Ortung von Milchkühen erschlossen. Erste Simulationsergebnisse in einem Rasterfeld erlauben die Positionsbestimmung mehrerer SAW-Transponder im Pulk.

Summary

SAW transponder (surface acoustic wave) are piezoelectric crystals with reflectors which represent the animal code and operate on the principle of a reflected delay line. For the activation of the passive SAW transponder no minimum energy level is needed. Instead it is activated by a high-frequency burst of 2.4 GHz in the ISM tape which results in an activation time $< 3 \mu\text{s}$ permitting a quick identification of freely moving animals on larger distances than the practice-customary animal identification systems. With Agro SAW IDENT an experienced system for dairy cows is available to the electronic animal identification for the commercial application. The additional sensor qualities of the SAW transponders are tested in a development project for the indoor detection for dairy cows. The first simulation in a raster array calculates the localisation of several SAW transponders in a group.

1 Einleitung

Auf dem Weg zu einer umfassenden Verfahrensautomatisierung in der Nutztierhaltung ist die elektronische Tierkennzeichnung die Schlüsseltechnologie. Für die Tieridentifikation sind RFID-Systeme (radio-frequency identification) im Niederfrequenzbereich (low frequency) zwischen 124,2 und 137,4 kHz Stand der Technik und in der ISO 11785 (1996) normiert. LF-Transponder sind induktiv gekoppelte Transponder mit integriertem Schaltkreis und Antennenspule ohne eigene Energiequelle. Der Mikrochip mit dem standardisierten Tiercode (ISO 11784, 1996) wird durch das Magnetfeld des Lesegerätes (Reader) aktiviert und kann nach 50–100 ms den Code senden. Während der Aktivierungszeit muss sich der vereinzelt LF-Transponder mit einem Abstand von 12–40 cm bzw. < 120 cm im Induktionsfeld des mobilen bzw. stationären Reader aufhalten.

Die SAW-Technologie (surface acoustic wave = akustische Oberflächenwellen) unterscheidet sich in Aufbau und Funktion grundsätzlich von LF-Systemen. SAW-Transponder sind passive Bauteile und können bei minimaler Sendeleistung im 2,4-GHz-ISM-Band auf größere Lesereichweiten und bei deutlich kürzerer Aktivierungszeit schnell bewegende Objekte identifizieren. Mit Agro SAW-IDENT wurde ein alternatives System zur Tieridentifikation in der Praxis erprobt. In dem aktuellen Projekt SAW-TierOrtung wird diese Technologie für ein Indoor-Ortungssystem erschlossen.

2 Prinzip der SAW-Technologie

Der SAW-Transponder besteht aus einem piezoelektrischen Kristall im Primärgehäuse und einem Dipol (Inlay) sowie dem Anwendungsgehäuse. Der SAW-Chip erhält im Herstellungsprozess einen Interdigitalwandler und Reflektoren zur Codierung. In einem 5 x 5 x 1 mm Keramikgehäuse verpackt, wird der Chip mit einer Dipolantenne elektrisch verbunden und in einem auf die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche ausgerichteten Sekundärgehäuse integriert. Für die Tieridentifikation wurden die SAW-Chips in Rundohrmarken aus Kunststoff eingebaut.

Der SAW-Transponder funktioniert nach dem Prinzip einer reflektierten Verzögerungsleitung. Ein hochfrequenter Abfrageimpuls (Burst) wird über die Dipolantenne eingekoppelt. Mittels inversem piezoelektrischen Effekt transformiert der Interdigitalwandler den Burst in eine akustische Oberflächenwelle. Durch hardwarecodierte Reflektoren erfolgt eine zeitlich selektive Reflexion, die nach dem umgekehrten Wirkprinzip ein codiertes Hochfrequenzsignal an den Reader zurückgibt. Die Reaktionszeit des SAW-Chips beträgt weniger als 3 μ s. Insgesamt liegt der Abfragezyklus zur Darstellung des Codes unter 10 ms. Im Herstellungsprozess wird der piezoelektrische Kristall nach dem ON/OFF-Prinzip codiert. Die Codestruktur enthält eine Prüfsumme.

Im Unterschied zu den passiven LF-Transpondern benötigen die ebenfalls passiven SAW-Transponder nur eine minimale Aktivierungszeit (< 3 μ s) und eine niedrige Impulsenergie (< 100 mW), um den Code zu übertragen. Dies erlaubt die Nutzung des lizenzfreien ISM-Frequenzbandes (Industrial, Scientific and Medical) bei 2,4 GHz für die Funkübertragung.

Im Gegensatz zu LF-Transpondern bedarf es zur Identifizierung von passiven SAW-Transpondern keiner Schwell-Energie. Die Lesereichweite kann nahezu beliebig durch den Faktor Zeit erhöht werden. Je größer die Entfernung zwischen SAW-Transponder und Ausleseinheit ist, desto schwächer ist das Antwortsignal, es ist jedoch stets vorhanden. Zudem können aus dem Antwortsignal weitere Zustandsgrößen des SAW-Chips wie Temperatur, Druck, Entfernung und Geschwindigkeit detektiert werden.

Eine große Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen wie mechanische Belastung, Verschmutzung, Kälte und hohe Temperaturen lässt die SAW-Kristalle auch in rauer Umgebung zuverlässig funktionieren. Durch die Hardwarecodierung des SAW-Chips ist der Code dauerhaft fälschungssicher. Das System ist resistent gegen elektromagnetische Felder und aufgrund der sehr geringen Sendeleistung von < 100 mW selbst nur für eine geringe elektromagnetische Belastung verantwortlich.

SAW-Transponder benötigen keine dem Verbrauch unterliegende, regelmäßig auszu-tauschende Energiequelle. Der miniaturisierte, robuste Aufbau des SAW-Inlay erlaubt eine fast unbegrenzte Betriebsdauer. SAW-Transponder zeichnen sich durch ein sehr geringes Gewicht aus, enthalten keine umweltgefährdenden Schwermetalle und sind recycelbar.

3 Anwendung der SAW-Technologie in der Tieridentifikation

Das im Rahmen des Projektes Agro SAW IDENT entwickelte SAW-basierte RFID-System besteht aus passiven SAW-Transpondern in Rundohrmarken, mobilen und stationären SAW-Readern, einer PC-Architektur mit Schnittstellen zum Reader und Software zur Parametrierung, Signalauswertung und Codedarstellung. Speziell für die Tierkennzeichnung wurde ein neuer SAW-Chip entworfen, der mit 2^{50} Codes in Anlehnung an die ISO 11 784 (1996) die 15-stellige Tiernummer darstellen kann. Eine neue Fertigungsrou-tine erlaubt die Hardwarecodierung der Chips mit großen Nummernserien, aber auch mit einzelnen Tiernummern für die Nachkennzeichnung.

Zur Kennzeichnung von Tieren mittels SAW-Transponder wurden unterschiedliche Applikationsorte untersucht. Besonders gut eignete sich die Anbringung am Kuhohr. Die Konstruktion der getesteten SAW-Ohrmarken erfolgte in Anlehnung an ein konventionelles Ohrmarkengehäuse einer LF-Rund-Ohrmarke. Material und Format des Anwendergehäuses erforderten die Konstruktion verschiedener Dipolstrukturen, um die Signaldämpfung zu minimieren. Für den Anwender ist kein Unterschied im Aussehen und der Handhabung zwischen LF-Rund-Ohrmarke und SAW-Ohrmarke erkennbar. Die Applikation der SAW-Ohrmarken am Tier erfolgte mit handelsüblichen Ohrmarkenzan-gen.

Für den Praxiseinsatz wurden spezielle mobile und stationäre Lesegeräte für die Verwendung in der Tierhaltung entwickelt. Sie bestehen aus der elektronischen Sen-de-/Leseeinheit sowie dem Antennensystem. Verwendet wurden sowohl FMCW-Reader sowie der im Projekt entwickelte Agro-SAW-Reader mit einer Signalvorverarbeitung und einer gleichzeitigen Abfrage von bis zu vier Antennen. Der FMCW (frequency modulated continuous wave)-Reader tastet den Frequenzbereich mittels Aussendung des Abfragesignals mit konstanter Amplitude, aber wechselnder Frequenz, ab. Der Agro-



Abb. 1: Mobiler Reader im praktischen Einsatz beim Scannen der SAW-Rundohrmarke (Kreismarkierung)
 Fig. 1: Mobile reader in the field while scanning the SAW round ear tag (in the circle)

SAW-Reader erlaubte eine höhere Lesegeschwindigkeit und einen größeren Erkennungsbereich im praktischen Einsatz.

Je nach Anwendungsszenario wurden unterschiedliche, handelsübliche RFID-Antennen für das ISM-Frequenzband geprüft. Dabei zeigte die Antenne SPA 2400/70/9/0/LCP mit 8,5 dBi von HUBER und SUHNER (2008) die besten Eigenschaften.

Für die Auswertung der Lesedaten wurde die Software Agro SAW IDENT Vers. 12.2.x mit einem breiten Leistungsumfang zur Verwaltung der Stammdaten, Reader-Parameter, Betriebsarten, I/O-Karte, Protokolle und Benutzeroberflächen, zur Personalisierung der SAW-Transponder, zur Umrechnung des SAW-Codes in den internationalen Tiercode in Anlehnung an ISO 11784 (1996), zur Datenerfassung mit Zeitstempel, Datenspeicherung und Datenexport, zur Darstellung der Empfangskurve sowie zur Unterstützung der Touchscreen-Bedienung, der Ausgangsleitungen für die Ansteuerung der Stalltechnik und externer Start-Stopp-Signale für die Ansteuerung des Readers entwickelt.

Die Systemintegration erfolgte in Varianten sowohl für mehrere stationäre und mobile Reader. Für den stationären Aufbau wurde ein lüfterloser Touchscreen-Computer (Mappit AF4) in einem komplett geschlossenen, stalltauglichen Aluminiumgehäuse entwickelt. Die Reader-Antenne und der Agro-SAW-Reader selbst wurden in einem handelsüblichen Kunststoffrohr untergebracht, welches gute Hochfrequenzeigenschaften hat und sicher gegen Stalleinflüsse gekapselt werden konnte. Der PC verfügt über ein Fernwartungsmodul und eine Anbindung an eine zentrale Datenbank.

Für den mobilen Einsatz wurde eine tragbare Einheit mit Einhand-Bedienung entwickelt bestehend aus einem Akku betriebenen, lüfterlosen Touchscreen Computer, FMCW-Reader und Reader-Antenne (Abb.1).

Die im Feldtest erprobten Demonstrator-Ohrmarken (n = 828) tragen den 15-stelligen Tiercode, wurden am rechten Ohr appliziert und konnten mit dem mobilen Reader in einer Entfernung bis zu 1,5 m sicher und schnell gelesen werden, ohne die Tiere einzeln oder fixieren zu müssen. Der einjährige, monatliche Funktionstest zeigte keine

Ausfälle. Für den im Eingangsbereich zum Melkkarussell installierten stationären Reader konnten in 78 ausgewerteten Melkserien ($n = 29896$) Erkennungsraten zwischen 64 % und 99 % erzielt werden. Mit dem vorhandenen Referenzsystem auf der Grundlage ISO-readerfähiger LF-Ohrmarken (ISO 11785, 1996; ISO 11784, 1996) lag die Erkennungsrate zwischen 72 % und 94 %.

Agro SAW IDENT steht als alternatives Tieridentifikationssystem für verschiedene kommerzielle Anwendungen zur Verfügung.

4 Anwendung der SAW-Technologie zur Tierortung im Stall

Ziel des Projektes SAW-TierOrtung ist die Entwicklung eines Indoor-Ortungssystems für Tiere auf dem Funktionsprinzip akustischer Oberflächenwellen. Der innovative Ansatz liegt in der energiearmen Hochfrequenzortung im 2,4-GHz-ISM-Band von passiven SAW-Transponder mittels Reader-Netzwerk und der Kommunikation mit den Stallmanagementsystemen.

Mit zunehmender Automatisierung der Milcherzeugung beansprucht das Auffinden von Einzeltieren in Großgruppen viel Arbeitszeit des Herdenmanagers. Die SAW-TierOrtung kann hier einen signifikanten Beitrag zur Effektivität der Herdenbetreuung erbringen.

Die erste SAW-TierOrtung-Anlage ist für einen sechsreihigen Milchviehlaufstall (116 x 40 x 13 m) mit außenliegenden Futtertischen und einer Gruppengröße bis 150 Tieren konzipiert. Die Kuhhalsbänder werden mit je zwei, neu konstruierten SAW-Chips mit spezifischer Codestruktur und minimaler Signaldämpfung ausgestattet. Diese passiven Ortungstransponder garantieren auch bei großen Abfragedistanzen von deutlich mehr als 10 m eine hohe Signalqualität und werden im Pulk identifiziert. Das reale Stalllayout wird einmalig vermessen und mit definierter Kantenlänge (2 m) gerastert. Mechanisch geschwenkte Ortungsantennen tasten die Grundfläche in Sektoren von etwa 20 x 20 m ab und ordnen den in den jeweiligen Rasterfeldern identifizierten SAW-Transpondern eindeutige Raum-Zeit-Koordinaten zu. Je nach Größe, Form und Struktur des auszurüstenden Laufstalles werden mehrere Ortungsantennen installiert und tasten zeitgleich die Aktionsflächen der Tiere ab. Gegenseitige Beeinflussungen der Ortungsantennen werden schaltungstechnisch ausgeschlossen.

Eine Datenbank protokolliert die Identifikationsergebnisse mit den Raum-Zeit-Koordinaten. Die Daten stehen dort für die Beantwortung von Suchanfragen durch den Herdenmanager sowie für die Auswertungen des Raum-Zeit-Verhaltens der Probanden zur Verfügung.

Aus den einzelnen Ortungspunkten des Probanden werden Trackingwege generiert und das Aktivitätsniveau der Tiere berechnet. Vermehrte oder reduzierte Laufaktivität in der Zeiteinheit geben Hinweise zum Tierwohl und Brunstverhalten der Kühe. Einen weiteren Informationsgewinn für die Gesundheitsüberwachung und Tierbeobachtung rund um die Uhr bietet die Auswertung der tierindividuellen Verhaltensmuster und der jeweiligen Aufenthaltsdauer in den verschiedenen Funktionsbereichen – Liege-, Lauf-, Fress-, Melk- und Selektionsbereiche. Durch die Abfrage des aktuellen Aufenthaltsortes

eines Tieres in der Großgruppe und die aktive Hinführung zum gesuchten Tier können weitere Vorteile für die Herdenbetreuung erschlossen werden.

Die ersten methodischen Untersuchungen eines Funktionsmusters zur SAW-TierOrtung wurden in einem Simulationsfeld 3,60 x 1,80 m mit acht Quadranten á 0,90 m Kantenlänge durchgeführt. Die Leseinheit mit der mechanisch schwenkbaren Ortungsantenne war 2,00 m über dem Simulationsfeld installiert. Mit voreingestellten Winkelpositionen tastete die Antenne määndernd das Simulationsfeld in 45 Sekunden wiederholt ab. Mit gleichzeitig bis zu acht SAW-Transpondern im Simulationsfeld wurde in verschiedenen Fragestellungen mit je zehn Wiederholungen die dynamische Identifizierung und Positionsbestimmung mittels SAW-Technologie ausgetestet.

Die Simulationsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Das System erkannte in jedem Scandurchlauf alle Transponder in den jeweiligen Rasterfeldern, unabhängig davon ob ein Transponder in allen acht oder vier in einem Feld platziert wurden. Dabei konnte noch nicht ausgeschlossen werden, dass bestimmte Transponder auch in benachbarten Rastern geortet wurden. Platziert man jeweils einen Transponder auf die Außenecken des Simulationsfeldes, konnten diese auch in den entsprechenden Rasterfeldern gefunden werden. Im Fall der Verschiebung der Transponder an die inneren Schnittkanten der Raster war die Positionierung der zwei bzw. vier Probanden unscharf, da sie dann allen vier Feldern zu geordnet wurden.

Mit einer tieferen Signalauswertung und weiterentwickelten Algorithmen lässt sich die Genauigkeit der Positionsbestimmung in einem feiner gerasterten Simulationsfeld verbessern.

Literatur

- ISO 11785 (1996): Radio-frequency identification of animals – Technical concept. International Organization of Standardization, Geneva
- ISO 11784 (1996): Radio-frequency identification of animals – Code structure. International Organization of Standardization, Geneva
- Huber, X.Y.; Suhner, A.B. (2008): RFID Antennen. Produktkatalog. Ausgabe 2008, S. 27, www.hubersuhner.de/co-de-tk/hs-p-rf-ant-rfid-cat_de.pdf, Zugriff 21.04.2010

Förderung

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Untersuchung der Mischgenauigkeit und Futteraufnahme bei einem automatischen Fütterungssystem für Rindvieh unter Veränderung der Trockensubstanz in der Mischration

Evaluation of mixing accuracy and feed intake when varying dry matter content of the mixed ration in an automatic feeding system for cattle

JOHANN HINRICH LILIENTHAL¹, FRANZ NYDEGGER¹, ANNE GROTHMANN¹,
ANGELIKA HAEUSSERMANN²

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, 8356 Ettenhausen, Schweiz

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

Schlüsselwörter: Mischgenauigkeit, Futteraufnahme, Trockensubstanz, Milchkuh

Keywords: mixing accuracy, feed intake, dry matter, dairy cattle

Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch wurde neben einer Methode zur Messung der Mischgenauigkeit eines automatischen Futtermischsystems die Futteraufnahme von Milchkühen bei zwei verschiedenen Trockenmassegehalten in der Mischration untersucht. Die Mischgenauigkeit wurde mit der Salz-Marker-Methode (Quantab Chlorid Teststreifen) untersucht. Aufgrund der Ungewissheit, ob das gemessene Salz aus der Salzzugabe oder aus den einzelnen Futterkomponenten stammt und der gleichzeitig großen Schwankung der Salzgehalte in den Einzelkomponenten, ist die Methode nicht ausreichend verlässlich, um die Mischgenauigkeit zu bestimmen.

Die Minderung des Trockensubstanzgehaltes der Mischration von 40 % auf 30 % durch Zugabe von Wasser hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Futteraufnahme oder die Milchleistung.

Summary

The test was done to evaluate the mixing accuracy of automatic feeding systems and the feed intake of dairy cows when using different dry matter contents in the mixed ration. The mixing accuracy was tested with the salt-marker-method (Quantab Chlorid teststripes). Because of the uncertainty if the measured salt content came from the added salt or from feeding components, with considerable variations in the latter, this method is not reliable enough to check mixing accuracy.

The reduction of dry matter content in the mixed ration from 40 % to 30 % by adding water had no effect on dry matter intake or milk yield.

1 Einleitung

Eine leistungsgerechte Fütterung der Milchkuh setzt eine genaue Mischung der Futtermischung voraus. Dabei ist es essenziell, die Konstanz der Zusammensetzung der Mischung über die Zeit zu wahren. Speziell gilt dies für die mengenmäßig kleineren Komponenten wie Leistungs- und Mineralfutter, die sich aufgrund ihrer Größe und äußeren Form stark von den Grundfuttermitteln unterscheiden. Diese Futtermittel weisen durch ihre hohe Dichte andere Mischeigenschaften als Grundfuttermittel auf. Die Menge an zu vermischenden Leistungs- und Mineralfuttern entspricht zudem nur einem geringen Prozentanteil der Gesamtmischung. Um die Verteilung der kleineren Komponenten (hier Viehsalz) zu prüfen, wird pro Mischung eine Anzahl an Proben mittels einer Marker-Methode auf ihre Salzgehalte untersucht.

Zusätzlich wurden im Versuch zwei identische Mischrationen an zwei Tiergruppen verfüttert, die sich lediglich in ihrem Trockensubstanzgehalt unterschieden. Hierfür wurde eine Mischung bei einem Trockensubstanzgehalt von 40 % (TS 40) belassen, die andere wurde durch Zugabe von Wasser auf einen Trockensubstanzgehalt von 30 % (TS 30) eingestellt.

Ziel des Versuchs war die Evaluierung einer geeigneten Methode zur Erhebung der Mischgenauigkeit von automatischen Fütterungssystemen. Zudem wurde untersucht, welchen Einfluss die Veränderung der Gesamttrockensubstanz auf die Mischgenauigkeit und Futteraufnahme der Tiere hat.

2 Material und Methoden

Der Versuch fand im Boxenlaufstall der Forschungsanstalt ART in Tänikon statt. Der Stall ist mit 61 Liege- und 65 Fressplätzen ausgestattet, die sich auf vier Gruppen aufteilen. Die Gruppen unterteilen sich in zwei Versuchsgruppen à 17 Liege- und Fressplätze, eine Pool- und eine Galtgruppe, die variabel miteinander kombinierbar sind. Alle Gruppen haben gemeinsamen Zugang zum Laufhof, auf dem sich die Kraftfutterstationen befinden. Die Gruppeneingänge sind mit Selektionstoren ausgestattet, sodass jedes Tier genau einer Futtergruppe zugeordnet werden kann.

Das automatische Fütterungssystem besteht aus einem Mischroboter sowie fünf Vorratsbehältern für Grund- und Kraftfutter. Die Grundfuttermittelvorratsbehälter sind mit einem Vorschubkratzboden und einem weiteren Kratzboden als Höhenförderer ausgestattet. Der an einer Tragschiene aufgehängte Mischroboter fährt zur Beladung zu jedem einzelnen Vorratsbehälter und holt sich die vorgegebene Menge ab, währenddessen und im Anschluss der Zusammenstellung mischt der Roboter die Ration. Das hier eingesetzte Mischverfahren (Freifallmischer) zeichnet sich durch die besonders schonende Futterbehandlung und den geringen Leistungsbedarf aus. Über die Software des Mischroboters können sämtliche Misch-, Be- und Entladezeiten definiert werden. So kann jede Komponente bzw. jede Ration den Bedürfnissen angepasst verarbeitet werden (GROTHMANN und NYDEGGER 2009).

2.1 Erfassung der Mischgenauigkeit

Zur Untersuchung der Mischgenauigkeit der vorgelegten Ration wurde die Viehsalz-Marker-Methode gewählt. Dabei werden der Mischung 60 Gramm Viehsalz je Tier und Tag zugegeben. Die Futtervorlage, die zur Untersuchung der Mischgenauigkeit genutzt wurde, war auf 93,8 kg TS fixiert, um möglichen Schwankungen der Rationsmenge durch die tägliche Anpassung der Gesamtfuttermenge vorzubeugen. Die Fixierung der Futtermenge diente dazu den Verdünnungseffekt durch das Futter konstant zu halten. Es wurden an jeweils fünf Tagen der Versuchswochen sieben Futterproben pro Ration entnommen. Zur Messung des Salzgehaltes wurde jede Probe auf ein Gewicht von 100 g eingewogen und mit 900 ml destilliertem Wasser aufgefüllt. Dieses Gemisch wurde für eine Minute in einem Mixer zerkleinert. Anschließend ruhte das zerkleinerte Gemisch für 20 Minuten. Danach wurden feste und flüssige Bestandteile durch ein feines Sieb voneinander getrennt. Die Flüssigkeit wurde zur Bestimmung des Chloridgehaltes mit einem Quantab-Chlorid-Teststreifen (RIPPEL et al. 1998) beprobt. Die Teststreifen stammen aus der analytischen Chemie und dienen dort dem Nachweis von Chloridionen in Wasser, Abwasser und anderen wässrigen Medien (HACH LANGE 2013). Der Variationskoeffizient (VK) ist das Maß der Streuung ($\text{Variationskoeffizient} = \text{Standardabweichung}/\text{Mittelwert}$) des Chloridgehaltes über die Proben in der Mischration.

2.2 Futteraufnahme in Abhängigkeit der Gesamttrockensubstanz in der Mischration

Für den zweiten Teil des Versuchs, die Evaluierung der Futteraufnahme in Abhängigkeit zweier verschiedener Trockensubstanzgehalte der vorgelegten Ration, wurden zwei Fütterungsgruppen à 17 Tiere gebildet. Durch das Cross-over-Design des Versuchs und der vor Versuchsbeginn homogenen Einteilung der Kühe hinsichtlich der Laktationsnummer, des Laktationstages und der täglichen Milchmenge auf die Versuchsgruppen ist eine Vergleichbarkeit der Gruppen hinsichtlich ihrer Leistung und Futteraufnahme erreicht. Das Erreichen des Trockensubstanzgehaltes der Rationen von 30 % und 40 %, wurde durch Zugabe von Wasser reguliert. Es wurden Trockensubstanzproben von der gefütterten Ration und den Krippenresten zur Kontrolle genommen. Beide Gruppen wurden jeweils durch eine einwöchige Eingewöhnungsphase an den veränderten Trockensubstanzgehalt der Ration gewöhnt. Danach folgte die Versuchswoche. Nach der Versuchswoche wurde wieder mit einer Eingewöhnungswoche begonnen. Die Futtervorlage fand sechsmal am Tag statt, dabei wurden Krippenreste zwischen fünf und zehn Prozent angestrebt. Die Futterreste wurden einmal täglich gewogen. Die Fütterungsprotokolle (Verbrauch Einzelkomponenten) wurden dem Fütterungsroboter entnommen und zum Gesamtverbrauch je gefütterte Ration/Gruppe summiert. Die erhobenen Verzehrdaten wurden mit einem gemischt linearen Model ausgewertet. Die erklärende Variable war die Gruppe.

3 Ergebnisse

3.1 Evaluierung der Methode zur Messung der Mischgenauigkeit

Die ermittelten Variationskoeffizienten (VK) der Chloridgehalte sind in Tabelle 1 ersichtlich. Die Mittelwerte der VK lagen in beiden Versuchswochen für die Ration TS 30 über denen der Ration TS 40. Die Schwankungsbreite lag für die Ration TS 40 in Woche 1 zwischen 12,5 % und 20,3 % und in Woche 2 zwischen 6,3 % und 20,7 %. Für die Ration TS 30 war die Schwankung deutlich höher und lag in der ersten Woche zwischen 6,5 % und 26,8 % und in Woche 2 zwischen 13,4 % und 32,6 %.

Tab. 1: Variationskoeffizienten der Futterrationen TS 30 und TS 40

Tab. 1: Coefficient of variation of the feeding rations TS 30 and TS 40

Woche 1	Gruppe1 TS 40	Gruppe2 TS 30	Woche 2	Gruppe 1 TS 30	Gruppe 2 TS 40
Tag 1	19.8	6.5	Tag 6	13.4	19.0
Tag 2	12.5	15.4	Tag 7	15.2	9.7
Tag 3	20.3	14.7	Tag 8	24.6	20.7
Tag 4	13.1	26.8	Tag 9	32.6	13.0
Tag 5	13.1	17.8	Tag 10	13.7	6.3
∅	15.8	16.2	∅	19.9	13.7

Jede der verwendeten Einzelfuttermittelkomponenten wies eine gewisse Schwankung des gemessenen Chloridgehaltes auf (Tab. 2), zum Beispiel „Heu“ mit einem Variationskoeffizienten von 20,9 %. Die Grundfuttermittel Grassilage, Maissilage, Heu und Zuckerrübenschnitzel nahmen in der vorgelegten Mischration einen Anteil von etwa 88 % ein und hatten somit einen deutlichen Einfluss auf den gemessenen Chloridgehalt der Ration.

Tab. 2: Variationskoeffizienten der Futterkomponenten und deren NaCl-Gehalte

Tab. 2: Coefficient of variation of feed components and their contents of NaCl

Futterkomponenten, Ration	NaCl-Gehalt [%]	∅ VK [%]
Maissilage	0.009–0.01	6.2
Grassilage	0.031–0.039	11.7
Zuckerrübenschnitzel	¹⁾	¹⁾
Heu	0.01–0.015	20.9
Leistungsfutter 1	0.014–0.017	10.6
Leistungsfutter 2	0.022–0.034	22.4
Leistungsfutter 3	0.024–0.026	4.7
Ration TS 40	0.022–0.062	14.7
Ration TS 30	0.026–0.072	18.1

¹⁾ Zuckerrübenschnitzel: Chloridgehalt zu niedrig, nicht im Messbereich.

3.2 Futteraufnahme bei verschiedener Gesamttrockensubstanz in der Mischration

Die gemessene Futteraufnahme sank nicht signifikant ($p = 0.7$) mit der Absenkung der Trockensubstanz von 40 % auf 30 %. Von der TS-30-Ration wurden durchschnittlich 19,7 kg TS je Tier und Tag mit einer Standardabweichung von 1,5 kg aufgenommen. Die TS-40-Ration wurde im Mittel mit 20,6 kg TS je Tier und Tag verzehrt. Die Standardabweichung betrug 1,1 kg. Die verringerte Futteraufnahme zog keine signifikante Änderung der Milchleistung (in kg) nach sich. Die mittlere Milchleistung der Tiere mit der TS-30-Ration betrug 30,9 kg Milch je Tier und Tag bei einer Standardabweichung von 5,5 kg Milch. Die Tiere mit der TS-40-Ration gaben durchschnittlich 30,8 kg Milch je Tier und Tag. Die Standardabweichung für die TS-40-Ration betrug 5,7 kg Milch. Lediglich der Milchinhaltstoff Eiweiß war signifikant ($p = 0.01$) gesunken; dieser Unterschied entspricht einer tatsächlichen Veränderung von 0.1 % Eiweiß je kg Milch.

4 Diskussion

4.1 Evaluierung der Methode zur Erfassung der Mischgenauigkeit

Die Ergebnisse der Variationskoeffizienten der Mischrationen lagen größtenteils zwischen 13 % und 20 %. Allerdings werden die Ergebnisse durch die große Schwankungsbreite der Chloridgehalte in den Einzelfuttermitteln stark relativiert, da die Quantab-Chloridteststreifen sowohl das zugegebene Viehsalz als auch das in den Einzelkomponenten enthaltene Salz messen. Um diese Methode für die Erfassung der Mischgenauigkeit verlässlicher machen zu können und den Effekt der Einzelfuttermittel zu minimieren, müsste die zugegebene Salzmenge erhöht werden. Die Höhe der Salzzugabe ist jedoch von der Bekömmlichkeit der Ration für die Tiere abhängig. Da in diesem Versuch die komplette Menge an Salz in 93,8 kg TS verabreicht wurden, die rund einem Drittel der Gesamtration entsprechen, ist diese Methode nicht auf den Futtermischwagen umzusetzen. Denn bei dem Futtermischwagen wird die tägliche Futtermenge auf maximal zwei Rationen je Tag verteilt, so würde der Verdünnungseffekt durch das Grundfutter deutlich erhöht werden.

4.2 Futteraufnahme bei verschiedener Gesamttrockensubstanz in der Mischration

Der Versuch hat keine signifikanten Unterschiede in der Milchleistung und der täglich gefressenen Menge der Rationen TS 30 und TS 40 gezeigt. Zu den gleichen Ergebnissen kamen FISH und DEVRIES (2012) die die Trockensubstanz von 61,7 % auf 51,9 % absenkten und dabei keine signifikante Senkung der Trockenmasseaufnahme und Milchleistung feststellten.

In Kontrast dazu stehen die Ergebnisse von MILLER-CUSHON und DE VRIES (2009) sowie FELTON und DEVRIES (2010). MILLER-CUSHON und DEVRIES (2009) senkten die Trockensubstanz von 57,6 % auf 47,9 % und stellte dabei eine signifikante Minderung der Trockenmasseaufnahme fest. Die Milchleistung änderte sich nicht signifikant. FELTON und DEVRIES (2010) senkten die Trockenmasse der Ration in drei Schritten von 56,3 % über 50,8 % auf 44,1 % und ermittelte dabei eine signifikante Abnahme der Trockenmasseaufnahme. Die Milchleistung blieb unverändert.

Literatur

- Felton C.A.; DeVries, T.J. (2010): Effect of water addition to a total mixed ration on feed temperature, feed intake, sorting behavior, and milk production of dairy cows. In: *Journal of Dairy Science* 93, pp. 2651–2660
- Fish, J.A.; DeVries, T.J. (2012): Short communication: Varying dietary dry matter concentration through water addition: Effect on nutrient intake and sorting of dairy cows in late lactation. In: *Journal of Dairy Science* 95, pp. 850–855
- Grothmann, A.; Nydegger, F. (2009): Automatische Fütterung von Rindvieh – Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2009, KTBL, 21.-23.09.2009, Berlin, S. 280–285
- Hach Lange (2013): Teststreifen Chlorid, Messbereich 30–600mg/L, 40 Tests. <http://www.hach-lange.de/view/product/EU-2744940/?productCode=EU-2744940>, Zugriff am 18.04.2013
- Miller-Cushon, E.K.; DeVries, T.J. (2009): Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. In: *Journal of Dairy Science* 92, pp. 3292–3298
- Rippel, C.M.; Jordan, E.R.; Stokes, S.R. (1998): Evaluation of Particle Size Distribution and Ration Uniformity in Total Mixed Rations Fed in Northcentral Texas. In: *Professional Animal Scientist* 14, pp. 44–50

Entwicklung und Vergleich eines Ortungssystems für Weidetiere auf Almen und Alpen basierend auf GPS- und GSM-Technologie

Development and comparison of a tracking system for grazing animals on alpine pastures using GPS and GSM technology

JAN MAXA¹, STEFAN THURNER¹, TIM-JULIAN HARTMANN²,
JULIAN HÖLSCHER², GEORG WENDL¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT),
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

² Libify GmbH, Rüdesheimer Str. 11, 80686 München

Schlüsselwörter: Almbewirtschaftung, GPS, GSM, Ortungssystem
Keywords: *alpine farming, GPS, GSM, tracking system*

Zusammenfassung

Ziel des Projekts ist die Entwicklung, Erprobung und Bewertung eines Ortungssystems auf Basis von GPS- und GSM-Technologie zur Optimierung des Managements von Weidetieren vor allem unter alpinen Bedingungen. Im Rahmen dieser Studie wurde das neu entwickelte Ortungssystem der Firma Libify mit Ortungssystemen weiterer Anbieter verglichen. Weiterhin wurde die Arbeitszeit auf fünf Almen mit Jungvieh im Jahr 2012 erfasst. Anhand der ersten Ergebnisse sollen Anhaltspunkte als Basisdaten für einen Vergleich des Arbeitszeitaufwands mit und ohne Ortungssystem gesammelt werden. Nach der ersten Almsaison ist das Gerät der Firma Telespor allen anderen Geräten bis auf die Punkte Akkulaufzeit und Software überlegen; das Ortungssystem der Firma Hotsure erwies sich als wenig geeignet und die Prototypen der Firmen Libify und ML-C bedürfen der Weiterentwicklung.

Summary

The aim of this project is to develop, test and evaluate new tracking system based on GPS- and GSM-technology for management optimization of grazing animals under alpine conditions. In this study, the new developed tracking system of the company Libify was compared with the tracking systems of other companies. Work-flow management was studied on five mountain pastures over the year 2012. The first results will be used to compare the workload with and without usage of the tracking system. After the first season we can conclude that the tracking system Telespor performed better except for battery life and software when compared with other systems. The tracking system Hotsure proved to be less appropriate and the prototypes of the companies Libify and ML-C need further development.

1 Einleitung

Im Vergleich zu Tallagen ist die Arbeitsbelastung auf Almen höher (HANDLER et al. 1999); in der Regel können auf der Alm nur niedrigere Einkommen als im Tal erzielt werden. Deswegen wurden mittlerweile viele Betriebe aufgegeben oder von einem Voll- auf einen Nebenerwerbsbetrieb umgestellt. Auf Jungviehalmen bindet die Arbeit mit Tieren einen großen Teil des gesamten Arbeitsaufwands. Vor allem die Viehsuche ist dabei schwierig zu planen, da sie unregelmäßig erforderlich ist und im Extremfall den ganzen Tag in Anspruch nehmen kann. Die physisch anstrengende Arbeit der Hirten könnte jedoch durch den Einsatz eines Ortungssystems erleichtert werden (THURNER et al. 2012). Aufgrund der bisher relativ hohen Kosten und dem hohen Stromverbrauch von Ortungssystemen wurden sie vor allem im Bereich der Forschung eingesetzt. In jüngerer Zeit haben sich durch die weite Verbreitung von Navigationssystemen die Kosten für Ortungssysteme stark reduziert, wodurch neue Einsatzgebiete denkbar werden. Aus oben genannten Gründen wurde am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL in Freising ein dreijähriges Verbundprojekt, das durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert wird, in Zusammenarbeit mit der Firma Libify GmbH (vormals Geodog) zum Thema „GPS-Weidemanagementsystem“ gestartet.

2 Zielsetzungen

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung, Erprobung und Bewertung eines Ortungssystems zur Optimierung des Managements von Weidetieren vor allem unter alpinen Bedingungen. Das Ortungssystem soll mithilfe spezieller Softwareanwendungen, die ebenfalls im Rahmen des Projekts konzipiert, programmiert und getestet werden sollen, automatisch die Standorte der Tiere dokumentieren, den Hirten bei der Tiersuche unterstützen, Warnmeldungen an den Hirten senden oder konkrete Handlungsalternativen zur Optimierung des Weidemanagements aufzeigen. Im Rahmen dieses Projekts werden daher auch Untersuchungen zum Arbeitszeitbedarf auf Almen und zum Tierverhalten durchgeführt. Weiterhin soll das Ortungssystem der Firma Libify mit Ortungssystemen weiterer Anbieter, wie BioControl (Norwegen), Hotsure (Südafrika), ML-C (Deutschland) und Telespor (Norwegen) verglichen werden.

3 Material und Methoden

Im Jahr 2012 wurde ein Prototyp mit β -Versionen der Software des Ortungssystems „Geocow“ der Firma Libify entwickelt und zusammen mit den verfügbaren Alternativsystemen Hotsure, ML-C und Telespor über den Almsommer 2012 auf verschiedenen Almen getestet und bewertet (Abb. 1). Folgende Kriterien wurden dabei zum Vergleich verwendet: Anschaffungs- und Betriebskosten, Ausstattung, Robustheit, Batterielaufzeit, verfügbare Positionsdaten, nutzbare Satellitensysteme, Funktionsicherheit bei schlechter Mobilfunknetzverfügbarkeit, Erfahrungen der Hirten im praktischen Einsatz und die angebotene Software (Benutzerfreundlichkeit, Auswertung, Dokumentation). Dazu muss



Abb. 1: Ortungssysteme mit verschiedenen Halsbändern der Firmen (von links) Telespor (mit Gegengewicht), Libify (mit Gegengewicht), Hotsure und ML-C

Fig. 1: Tracking systems with different collars of the companies (from left) Telespor (with counter weight), Libify (with counter weight), Hotsure and ML-C

angemerkt werden, dass sich die Systeme der Firmen Libify und ML-C zu diesem Zeitpunkt noch in der Entwicklungsphase befanden und für 2013 weitere Verbesserungen angekündigt wurden.

Weiterhin wurde die Arbeitszeit von den Hirten manuell mit Hilfe von Arbeitstagebüchern auf sechs Jungviehalmen zwischen Reit im Winkl und dem Ostallgäu von Mai bis Oktober erfasst. Die Almen verfügten über unterschiedlich große Lichtweiden und wurden je nach Bestoß und Höhenlage unterschiedlich lang beweidet. Die Arbeitszeiten wurden im Detail für bis zu 32 einzelne Tätigkeiten separat erfasst, welche wiederum zu fünf Kategorien (Organisation, Arbeit-Alm, Arbeit-Stall, Arbeit-Tier und Waldarbeiten) zusammengefasst wurden. Die Kategorie Arbeit-Tier beinhaltet dabei die Tierkontrolle auf der Weide, Tiere treiben, suchen und bergen, die Tierbehandlung und sonstige Arbeiten in Verbindung mit den Tieren. Zusätzlich trugen die Hirten während der Tätigkeiten auf der Alm ein Ortungssystem mit sich, das jede Minute die Position des Hirten und die Uhrzeit erfasste. Mithilfe dieser Daten können neben der täglich zurückgelegten Wegstrecke auch die täglich zurückgelegten Höhenmeter des Hirten ausgewertet werden.

4 Ergebnisse und Diskussion

Je nach Almgröße, Relief und den anderen Tätigkeiten auf der Alm nimmt die Kategorie Arbeit-Tier bis zu 99 % der Arbeitszeit aller Tätigkeiten in Anspruch (Tab. 1, Alm 1). Alm 5 stellt hier eine Ausnahme dar; dort wird der größte Teil der Arbeitszeit für die Bewirtung von Gästen aufgewendet, und die Alm 5 ist relativ gut überschaubar. Mithilfe der GPS-Daten konnten die von den Hirten zurückgelegten Wegstrecken und Höhenmeter errechnet werden, die ebenfalls eine hohe Variation zwischen den beobachteten Almen zeigten. Speziell die Almen 1 und 3 sind sehr weitläufig, mit schwierigem Terrain, was die anhand der GPS-Daten berechneten Ergebnisse in Tabelle 1 bestätigen.

Die Tätigkeiten Tierkontrolle und Tiersuche nehmen den größten Anteil an der gesamten Arbeitszeit der Kategorie Arbeit-Tier in Anspruch. Daher hat ein funktionierendes Ortungssystem das Potenzial den Hirten bei der Tiersuche und Kontrolle zu unterstützen und somit Zeit und Anstrengung einzusparen.

Tab. 1: Gesamtarbeitszeit und prozentuale Anteile der Kategorie Arbeit-Tier an der Gesamtarbeitszeit und Median der zurückgelegten Wegstrecken sowie Höhenmeter pro Hirte und Alm

Tab. 1: Total workload and ratio of the workload in the category work-animal of the total workload as well as median of distance and height differences passed by herdsman on the alpine pasture

Alm Alpine pasture	Gesamtarbeitszeit Total working time	Kategorie Arbeit-Tier Category work-animal	Median Wegstrecke Median distance	Median Höhenmeter Median metres in altitude
	h/d	%	km/d	m/d
Alm 1	4,7	99	9,0	1.446
Alm 2	3,9	94	6,8	1.152
Alm 3	8,2	67	8,5	1.602
Alm 4	3,0	62	6,6	1.105
Alm 5	2,6	30	4,8	432

In der Almsaison 2012 wurden die eingesetzten Geräte der Firmen Libify, Hotsure, ML-C und Telespor anhand verschiedener Kriterien bewertet. Erste Ergebnisse des Vergleichs werden in Tabelle 2 präsentiert.

Als erstes und sehr wichtiges Kriterium ist die Akkulaufzeit zu nennen. Mit der Vorgabe alle 20 Minuten eine Übermittlung der Positionsdaten vorzunehmen sollte der Akku mindestens eine ganze Almsaison überdauern. Obwohl die Ortungssysteme der Firma Libify nicht die ganze Almsaison getestet wurden, liegen die theoretisch errechneten Laufzeiten der implementierten Akkus bei mindestens 6 Monaten. Bei den anderen Anbietern konnten Akkulaufzeiten von maximal 90 Tagen errechnet bzw. getestet werden.

Ein weiteres wichtiges Kriterium, die Benutzerfreundlichkeit, gibt an, wie einfach bzw. zuverlässig die Geräte aufgebaut sind und so dem Hirten die gesamte technische Arbeit erleichtern. Die Geräte der Firmen Libify und ML-C sind in dieser Phase der Entwicklung noch kompliziert gebaut und es besteht Bedarf an weiteren Verbesserungen. Auch das Gerät der südafrikanischen Firma Hotsure hat sich als ziemlich kompliziert erwiesen. Das System von Telespor kann, basierend auf unseren Erfahrungen, als vorbildlich im Bereich der Benutzerfreundlichkeit und Zuverlässigkeit betrachtet werden.

Die teilweise sehr schwache Mobilfunknetzverfügbarkeit und der damit verbundene häufige Wechsel in Fremdnetze führten in der aktuellen Version des Gerätes der Fa. Libify dazu, dass keine Meldungen mehr verschickt werden konnten und somit keine Daten für den Hirten verfügbar waren.

Tab. 2: Vergleich der vier getesteten Ortungssysteme
 Tab. 2: Comparison of four tested tracking systems

Vergleichskriterien Comparison criterions	Libify	Hotsure	ML-C	Telespor
Akkulaufzeit	+/o	-/o	-	o
Benutzerfreundlichkeit	o	o/-	o	+/o
Webseite	+	-	o	+/o
Smartphone-Anwendungen	+	-	+/o	-
Weitere Funktionen	o	+	+/o	o
Gehäuse/Halsband	o	-	in Entwicklung	+
Kosten	nicht bekannt	-	nicht bekannt	+/o
Datenversand	SMS	SMS, GPRS	SMS, GPRS	GPRS
Satellitensystem	GPS	GPS	GPS, GLONASS	GPS

- = negativ bewertet ; o = neutral bewertet, + = positiv bewertet.
 - = rated negative, o = rated neutral, + = rated positive.

Wie bereits erwähnt, kann sich der Hirte jederzeit die genaue Position eines Tieres am PC anschauen (Abb. 2). Für den Benutzer ist jedoch wichtig, dass die Struktur der Internetseite übersichtlich, einfach und ohne größere Ansprüche an die Datenübertragung aufgebaut ist. Im Moment ist die Webseite der Firma Libify die einzige, die über diese Prämissen verfügt. Ein Ortungssystem soll aber nicht nur das Almpersonal bei der Tiersuche unterstützen, sondern auch Warnmeldungen an den Hirten senden oder nach entsprechender Auswertung der Positionsdaten konkrete Handlungsalternativen zur Optimierung des Weidemanagements aufzeigen. Im Vergleich zu den anderen Anbietern bietet die Firma Hotsure mehrere Möglichkeiten für Warnmeldungen (z.B. auffälliges Verhalten,

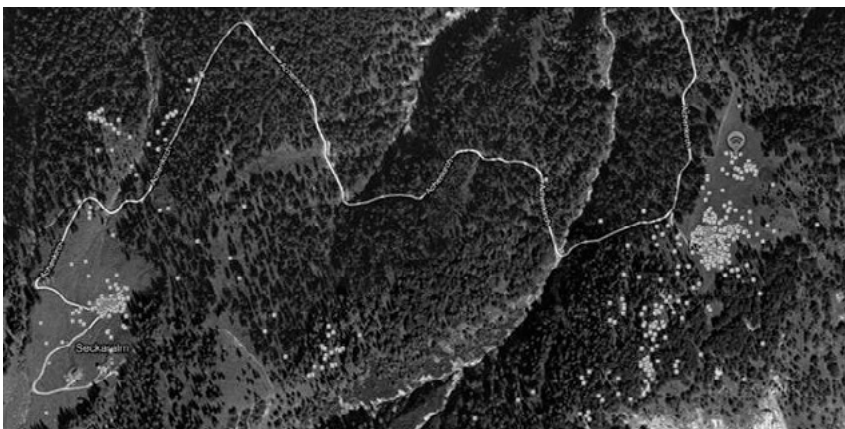


Abb. 2: Position einer Kuh auf der Alm im 20 Minuten Takt, über zwei Wochen, basierend auf Online-Daten vom Geocow Ortungssystem
 Fig. 2: The position of one cow on alpine pasture at 20 minutes intervals within a two-week period based on online data from the Geocow tracking system

extreme Temperaturschwankungen) und ergänzende Informationen (z.B. Temperatur des Tieres, Akkustatus) die automatisch online verschickt werden können, allerdings auch häufig Fehlalarme auslösen.

Das Gehäuse des Ortungssystems sollte klein und stabil gebaut sein. Es muss auch bei extremen Belastungen – Witterungseinflüsse oder Tierverhalten – viele Jahre funktionsfähig bleiben. Der Prototyp der Firma Libify hat sich zwar als robust erwiesen, ist aber derzeit noch zu groß und zu schwer. Die Firma Hotsure hat hier ein anderes System entwickelt. Das Gehäuse ist fest mit dem Halsband verbunden und hängt – im Gegensatz zu den anderen Modellen – unten am Hals des Tieres. Dies führt jedoch zu einem schlechteren Empfang der GPS-Satellitensignale und es treten vermehrt mechanische Beschädigungen am Halsband und am Ortungssystem auf. Die stabile und kleine Bauweise bei der Firma Telespor entspricht hingegen allen Anforderungen. In der Almsaison 2012 war das Gerät der Firma Telespor allen anderen Geräten bis auf die Punkte Akkulaufzeit und Software überlegen. Die Ortungssysteme der Firma Hotsure erwiesen sich als wenig geeignet und die Prototypen der Firmen Libify und ML-C bedürfen der Weiterentwicklung.

5 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Systeme der Firmen Libify und ML-C sind noch in der Entwicklung, daher sind weitere Verbesserungen notwendig und geplant. Eine genauere Analyse mittels Auswertung der auf den Geräten der Firma Libify gespeicherten Daten erfolgt derzeit, um in der kommenden Saison die Probleme mit der Verfügbarkeit der Daten für den Hirten zu vermeiden. Das Ortungssystem der Firma ML-C wird mit einem Gehäuse für die kommende Almsaison 2013 ausgestattet und wird während der Almsaison 2013 bewertet.

Das System der Firma Telespor ist eine gute, funktionierende Alternative, derzeit aber nur am skandinavischen Markt verfügbar. Darüber hinaus reicht die Akkulaufzeit nicht für die ganze Almsaison. Das System der Firma Hotsure kann schon nach der ersten Almsaison sowohl aus Sicht der Hirten als auch wegen den hohen Anschaffungskosten und der geringen Benutzerfreundlichkeit als wenig geeignet betrachtet werden.

Literatur

- Handler, F.; Kriegler, M.; Blumauer E.; Gremmel H. (1999): Arbeitszeitbedarf auf Almen. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Landtechnik Wieselburg, Heft 44
- Thurner, S.; Neumaier, G.; Wendl, G. (2012): Die Rinder per GPS schneller orten. Landfreund 5, S. 38–41

Optimierung des Gesundheitsmanagements von tragenden Sauen auf Basis serieller Informationen

Optimization of health management of pregnant sows using serial data

SUSANNE KARSTEN¹, ECKHARD STAMER², KRISTINA HAGEMANN¹,
FLORIAN NEWE³, WOLFGANG AUER⁴, JOACHIM KRIETER¹

¹ CAU Kiel, Olshausenstr. 40, 24098 Kiel

² TiDa Tier und Daten GmbH, 24259 Westensee/Brux

³ LVZ Futterkamp, 24327 Futterkamp

⁴ MKWelectronics, Jutogasse 3, 4675 Weibern, Österreich

Schlüsselwörter: Sensordaten, Beschleunigung, Positionsbestimmung, Gruppenhaltung
Keywords: sensors, acceleration, location data, group-housing

Zusammenfassung

Im Rahmen des Verbundprojektes „Findus“ wird ein computergestütztes Monitoringsystem entwickelt, das verschiedene Sensorinformationen wie Fress- und Trinkverhalten sowie Ohrbeschleunigung und Position der Sau berücksichtigt. Zur Aufbereitung und Speicherung der Daten wurde eine relationale, spatiale Datenbank entwickelt. Tragende Sauen zeigen ein tierindividuelles Muster in der Ohrbeschleunigung. Abweichungen von diesem Muster können Hinweise auf eine mögliche Lahmheit oder ein Umrauschen geben. Ebenso können Abweichungen von der normalen individuellen täglichen Wegstrecke Hinweise geben. Erste Auswertungen zeigen Tendenzen, die diese Hypothesen stützen.

Summary

In the current study an electronic monitoring system is developed processing sensor data like feeding and drinking behaviour as well as ear acceleration and individual location. Data from a number of sources are integrated in a relational spatial database providing near real-time access to data. Pregnant sows are showing individual patterns of acceleration values recorded by sensors in ear tags. Deviations from these patterns may be a consequence of health or fertility disorders. Lame sows may show reduced walking distances as well. First results show trends supporting the use of the system for automatic detection.

1 Einleitung

In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2006) ist seit dem 1. Januar 2013 die Gruppenhaltung tragender Sauen in Europa vorgeschrieben. Mit steigender Gruppengröße wird eine Einzeltierbeobachtung und damit das Fruchtbarkeits- und Gesundheitsmanagement erschwert. Es gibt bereits einige Hilfsmittel, um den Tierhalter zu unterstützen. Beispielhaft seien Alarmlisten bei Abruffütterungen genannt. In diesem Projekt werden serielle Daten der Futter- und Wasseraufnahme sowie Eberbesuche genutzt, um das Verhalten der Tiere zu untersuchen und in einem Monitoringsystem zu berücksichtigen. In der vorliegenden Untersuchung soll auf die Erfassung und Nutzung von Beschleunigungs- und Positionsdaten eingegangen werden. Es wird beschrieben, inwieweit aus dem Bewegungs- und Aktivitätsverhalten von Sauen Rückschlüsse auf den Gesundheitsstatus der Tiere gezogen werden können.

2 Material

2.1 Serielle Daten

Die Daten für diese Untersuchung wurden im Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp seit Anfang April 2011 erfasst. Die Datenaufnahme endete Ende Mai 2013. Der Wartestall (Grundriss etwa 37 x 20 m) bietet Platz für eine dynamische Großgruppe mit bis zu 250 Tieren sowie einen kleineren Bereich für Jungsaugen. Den Jungsaugen stehen eine Abrufstation und eine Tränke, der Großgruppe drei Abrufstationen sowie sechs Tränken zur Verfügung. An allen diesen Punkten sowie an einem Eberticketfenster in der Großgruppe werden Start- und Endzeit jedes Besuchs protokolliert, an den Abrufstationen zusätzlich die aufgenommene Futtermenge. Die Stamm-, Fruchtbarkeits- und Gesundheitsdaten werden durch die Mitarbeiter in einem Herdenmanagementprogramm erfasst.

Bei der Umstallung der Tiere in den Abferkelbereich sowie beim Absetzen werden zusätzlich Beurteilungen der Körperkondition und des Fundaments durchgeführt.

Für die Positionsbestimmung der Sauen wurden aktive Ohrmarken mit integriertem Sender entwickelt (Abb. 1). Im Stall wurden an zwölf Stellen sogenannte Anker installiert (Abb. 2), die die von den Ohrmarken gesendeten Signale aufnehmen und an einen lokalen

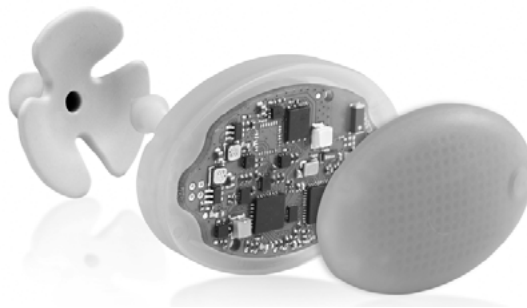


Abb. 1: Ohrmarke mit Gegenstück (MKW electronics)

Fig. 1: Ear tag (MKW electronics)

Server weiterleiten, der anhand der Empfangszeiten die x- und y- Koordinaten der Tiere berechnet. Weiterhin sind die Ohrmarken mit einem Beschleunigungssensor bestückt.

Zur Validierung der Positions- und Aktivitätsdaten wurden im Wartestall an verschiedenen Positionen Videokameras installiert, die das Verhalten der Sauen aufnehmen.

Den folgenden Auswertungen liegen die Daten seit Mai 2012 zugrunde. Zunächst waren nur 20 Sauen mit den Sendern ausgestattet, inzwischen sind es gut 100. Die Ohrmarken senden sekundlich. Für die Bestimmung der Position muss das Signal der Ohrmarke von mindestens drei Ankeren empfangen werden. Je nach Standort des Tieres und Position des Ohrs mit dem Sender ist diese Voraussetzung nicht immer gegeben. Durch Weiterentwicklung des Senders konnte bereits die Sendestärke bei gleicher Batterielaufzeit verbessert werden.

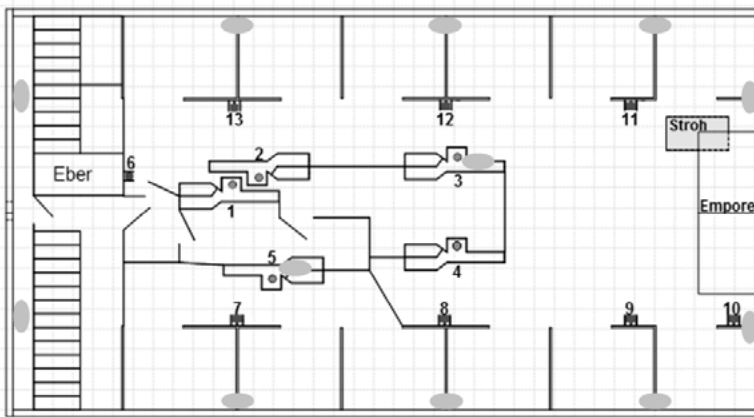


Abb. 2: Grundriss des Wartestalls; 1–5: Abrufstationen, 6: Eberticketfenster, 7–13: Tränken
 Fig. 2: Ground plan of group-housing system for pregnant sows; 1–5: electronic feeding stations, 6: boar ticket window, 7–13: water nipples

2.2 Gesundheitsdaten

Wöchentlich wird ein Lahmheitsscoring an allen Sauen in der Großgruppe durchgeführt. Hierfür werden alle Tiere nacheinander aufgetrieben und ihr Bewegungsverhalten in drei Stufen bonitiert (0 unauffällig, 1 lahm, 2 stark lahm). Im Mittel waren während der Bonitur 248 Tiere in der Gruppe, von denen 216 unauffällig waren. Die Anzahl lahmer Sauen schwankte zwischen den Terminen zwischen 3 und 47 Tieren, die Anzahl stark lahmer Tiere schwankte zwischen 1 und 25. Die Anzahl lahmer Sauen mit Sender schwankte zwischen 0 und 9 Tieren, die Anzahl stark lahmer Tiere mit Sender zwischen keinem und 11 Tieren.

In Tabelle 1 sind die Behandlungsfrequenzen der Tiere in der Großgruppe für den Zeitraum Mai 2012 bis April 2013 aufgeführt. Die Erkrankungen wurden in Kategorien zusammengefasst, um eine ausreichende Klassenbesetzung sicherzustellen (E: Allgemeine Erkrankungen, FR: Fruchtbarkeit, KL: Klauen und Gliedmaßen, SO: Sonstiges). 20 Tiere gingen in dem Zeitraum aufgrund von Fundament- oder Klauenproblemen ab.

Tab. 1: Behandlungsfrequenzen in der Großgruppe
 Tab. 1: Incidences of disorders in the group-housing system

Behandlungsgrund	Kategorie	Anzahl Behandlungen	Anzahl behandelte Tiere
Sonstige	E	2	2
Rauscheinduktion	FR	2	2
Klauenabriss	KL	1	1
Lahmheit	KL	152	90
Sonstige Klauenerkrankung	KL	3	1
Fieber	SO	6	6

3 Ergebnisse

3.1 Aktivitätsindex

Aus den Positionen der Tiere wurden unterschiedliche Aktivitätsindices berechnet. Zum einen wurde anhand der Koordinaten eine approximierte Wegstrecke je Sau und Tag berechnet und in Beziehung zur mittleren Wegstrecke der Herde an dem Tag gesetzt. Bei der zweiten Variante wurde der Stall in Quadrate (25 cm x 25 cm) aufgeteilt und aus der Anzahl der besuchten Quadrate je Tag ein Aktivitätsindex abgeleitet. In Abbildung 3 ist der Verlauf der beiden Indices für eine Sau abgetragen, die als lahm eingestuft und später aufgrund ihrer Lahmheit behandelt wurde. Der Verlauf der beiden Indices läuft

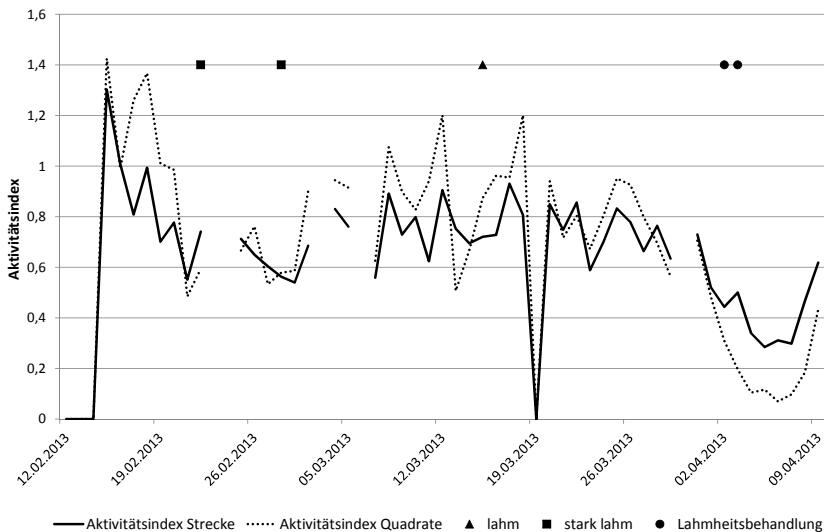


Abb. 3: Aktivitätsindices einer Sau im Verlauf der Zeit
 Fig. 3: Activity indices of an individual sow depending on time

parallel. Beide Indices zeigen einen Abfall, bevor die Sau beim wöchentlichen Auftreiben als lahm eingestuft wurde sowie in der Zeit, als die Sau aufgrund von ihrer Lahmheit behandelt wurde.

3.2 Ohrbeschleunigung

Abbildung 4 zeigt das typische Muster der Ohrbeschleunigung einer Sau im Verlauf eines Tages. Aufgetragen ist die absolute Beschleunigung, die sich aus den Beschleunigungswerten der einzelnen Achsen (acc_x , acc_y , acc_z) mit der Formel

$$acc_{abs} = (acc_x^2 + acc_y^2 + acc_z^2)^{0.5}$$

berechnen lässt.

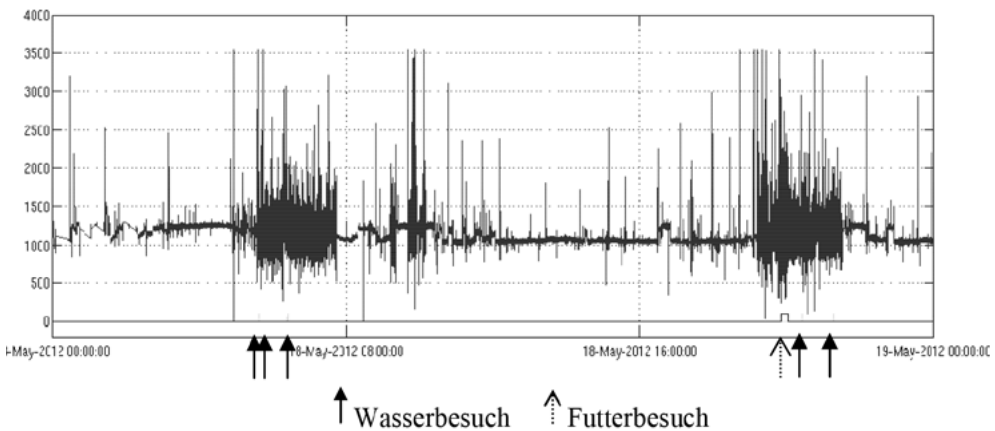


Abb. 4: Absolute Beschleunigungswerte (in mG) einer Sau im Verlauf eines Tages
 Fig. 4: Absolute acceleration values (in mG) of an individual sow during a day

Zu Zeiten der Wasser- bzw. Futteraufnahme variieren die Beschleunigungswerte, während in Ruhezeiten die Beschleunigungswerte konstant sind. Dieses tägliche Muster ist individuell gleichbleibend, da die Tiere den gleichen Tagesrhythmus je nach Rang in der Gruppe haben. Anhand einer Stichprobe wurde eine Wiederholbarkeit der mittleren Ohrbeschleunigung von 55,6–88,2 % berechnet.

Eine Fragestellung lautet, ob anhand der Ohrbeschleunigung frühzeitig Hinweise auf lahme Tiere gegeben werden können, da sich lahme Tiere weniger bewegen. Für eine erste Überprüfung wurde die Variation zwischen zwei aufeinanderfolgender Messungen an den Zeitpunkten t und $t-1$ nach der Formel von MARCHIORO et al. (2011)

$$Variation(t) = |acc_{x_t} - acc_{x_{t-1}}| + |acc_{y_t} - acc_{y_{t-1}}| + |acc_{z_t} - acc_{z_{t-1}}|$$

für die lahmen sowie die unauffälligen Tiere an zwei Beurteilungsterminen berechnet.

Die mittlere Variation unterschied sich zwischen den beiden Gruppen (189 vs. 167) ebenso wie die Standardabweichung der Variation (74 vs. 42) (Tab. 2). Diese Tendenz muss anhand einer größeren Stichprobe abgesichert werden.

Tab. 2: Mittlere Variation der Ohrbeschleunigung in Abhängigkeit vom Lahmheitsstatus

Tab. 2: Mean variation of ear acceleration depending on lame status

	Unauffällig	Lahm
Sautage	243	6
Mittelwert	189	167
Standardabweichung	74	42

4 Diskussion

Anhand von Positionsdaten wurden Aktivitätsindizes für einzelne Sauen berechnet, die zur Lahmheitserkennung von Sauen in einer Großgruppe herangezogen werden können. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die mit der gleichen Ohrmarke erfassten Beschleunigungsdaten zusätzlich berücksichtigt werden können. Signifikante Abweichungen von charakteristischen tierindividuellen Mustern könnten auf Veränderungen im Gesundheits- und Fruchtbarkeitsstatus hinweisen. Weitere statistische Analysen folgen.

Literatur

- Marchioro, G.F.; Cornou, C.; Kristensen, A.R.; Madsen, J. (2011): Sows' activity classification device using acceleration data - A resource constrained approach. In: Computers and Electronics in Agriculture 77, pp. 110–117
- Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2006): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (BGBl. I S. 2043)

Wasseraufnahmeverhalten als Indikator für das Gesundheitsmonitoring tragender Zuchtsauen

Water intake as an indicator for monitoring health in pregnant sows

MELANIE JUNGE, DAGMAR JEZIERNY, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

Schlüsselwörter: Wasseraufnahmeverhalten, Gesundheitsmonitoring, Sauen

Keywords: drinking behaviour, health monitoring, sows

Zusammenfassung

In einer dynamischen Großgruppe werden im Wartesauenstall der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim Untersuchungen mit 75 Sauen zum tierindividuellen Wasseraufnahmeverhalten durchgeführt. Es wurden im Zeitraum von April 2012 bis April 2013 $n = 85087$ Trinkereignisse registriert und ausgewertet. Im Mittel ergaben sich 3,6 Trinkereignisse pro Sau und Tag mit je 548 ml. 60 % der Trinkereignisse wiesen ein Volumen von < 500 ml auf. Bei hohen Temperaturen trinken die Sauen im Mittel seltener (2,85 Trinkereignisse pro Sau und Tag), gleichzeitig wird dabei aber mehr Wasser (688 ml) ausdosiert. Die Sauen bevorzugten zwei der acht Tränkestellen, sodass 86 % der registrierten Trinkereignisse dort stattfanden. Die Trinkereignisse folgten einem diurnalen Rhythmus mit einem Höhepunkt zwischen 13:00 und 16:00 Uhr. Sauen mit hohen Wurfnummern und Lebendmassen nahmen im Mittel mehr Wasser auf und tranken häufiger als Sauen mit geringen Wurfnummern und Lebendmassen.

Summary

Experiments concerning water intake of 75 waiting sows were carried out in the group housing stable at the Agricultural experimental station of the University of Hohenheim. Between April 2012 until April 2013 $n = 85087$ drinking events have been recorded and evaluated. On an average, 3.6 drinking events per sow and day of 548 ml were registered. 60 % of the recorded drinking events had a volume of < 500 ml. During times with high temperatures sows drank on the average less often (2.8 drinking events per sow and day) but at the same time, more water was dosed out (688 ml). Sows showed preferences for drinker places, so 86 % of all registered drinking events took place at only two of the eight drinker places. Distribution of drinking events followed a diurnal rhythm, showing a peak between 13:00 and 16:00 h. Sows with high numbers in parity and body weight, drank more frequently than sows with low numbers in parity and body weight.

1 Einleitung und Problemstellung

Die Entwicklung zu größeren Tierbeständen je Halter auch im Bereich der Ferkelerzeugung macht eine tierindividuelle, indikatorgestützte Erfassung von Verhaltensveränderungen und Gesundheitsbeeinträchtigungen, auch mit Blick auf den Tierschutz, sehr interessant. In verschiedenen Untersuchungen wurden bereits gute Ergebnisse für das Gesundheitsmonitoring von Wartesauen mithilfe von Fressreihenfolgen an Futterabrufstationen erzielt (CORNOU et al. 2008, HINRICHS und HOY 2011). Bei einer Untersuchung des Wasseraufnahmeverhaltens von jungen Schweinen (MADSEN und KRISTENSEN 2005) konnte unter Verwendung von Trinkmustern als Basis für ein Online-Monitoring 24 Stunden vor jeglichen klinischen Anzeichen eine Durchfallerkrankung vorhergesagt werden. Über die Charakteristik der Wasseraufnahme von Zuchtsauen in dynamischen Großgruppen ist bisher wenig bekannt. Die Ausprägung und Varianz der Indikatoren sowohl zwischen den Tieren als auch tierindividuell kann jedoch sehr unterschiedlich sein. Aus methodischer Sicht ist zudem zu berücksichtigen, dass mit verschiedenen Gesundheitsbeeinträchtigungen unterschiedlichste Symptome und zeitliche Verläufe einhergehen können.

2 Zielsetzung

In einem Verbundprojekt der BLE-Innovationsförderung der Projektpartner Universität Hohenheim, Claas Agrosystems KGaA mbH & Co KG und gridsolut GmbH & Co KG soll ein Monitoringmodell zur Überwachung von Gesundheits- und Verhaltensveränderungen von Wartesauen in Gruppenhaltung entwickelt werden. Als Basisindikatoren werden das Futteraufnahme-, Wasseraufnahme- und Bewegungsverhalten der Wartesauen herangezogen. Übergeordnetes Ziel ist es, das Monitoringmodell durch Implementierung in eine Managementsoftware für Landwirte als Managementhilfe nutzbar zu machen.

In diesem Beitrag werden die Vorgehensweise sowie erste exemplarische Ergebnisse zur Tierintervariabilität als auch Tierintravariabilität des Wasseraufnahmeverhaltens von tragenden Sauen einer dynamischen Großgruppe betrachtet.

3 Material und Methoden

Die Daten werden auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften, Standort Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim in einer dynamischen Großgruppe mit etwa 75 Zuchtsauen erhoben. Der Versuchsstall mit einer Grundfläche von 220 m² ist im Aktivitätsbereich hauptsächlich mit Spaltenboden und im Liegebereich mit planem Betonboden ausgestattet. Zusätzlich steht den Sauen ein uneingeschränkt nutzbarer Auslauf mit Tiefstreu von 124 m² zur Verfügung (Abb. 1). Jede der Zuchtsauen ist mit einem passiven RFID-Ohrmarkentransponder (Niedrigfrequenz) ausgestattet, mit dem sie über eine RFID-Antenne in den elektronischen Futterabrufstationen (EFA), an den acht Bechertränken, an der Ebererkennung sowie an den Ein- und Ausgängen zum Auslauf

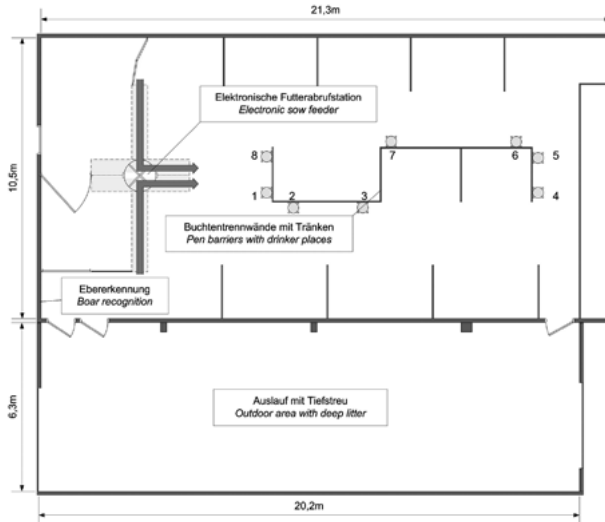


Abb. 1: Grundriss des Gruppenhaltungsstalls für rund 80 Wartesauen auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften Universität Hohenheim

Fig. 1: Ground plan of the group housing stable for about 80 pregnant sows at the Agricultural experimental station of the University of Hohenheim

registriert werden. Die Fütterung findet über zwei EFA statt, an denen die Sauen in Abhängigkeit von Alter und Trächtigkeitstag täglich Anspruch auf 2,3 bis 3,5 kg Futter haben.

Das Futter wird portionsweise zu je 70 g zusammen mit Wasser im Verhältnis 1:3 in einen Trog ausgegeben. Die EFA ist täglich zwischen 03:00 und 16:30 Uhr geöffnet. Um zusätzlich die tierindividuell abgerufenen Wassermengen an den acht Tränken bestimmen zu können, ist in jede Wasserzuleitung der Tränken ein Wasserdurchflussmesser (RS components) eingebaut. Über einen PC zur Datenerfassung werden die registrierten Tieridentitäten sowie die erfassten Wassermengen zusammengeführt und zu Trinkereignissen weiterverarbeitet. Ein Trinkereignis gilt dann als beendet, wenn der Wasserfluss länger als 60 s unterbrochen ist.

4 Ergebnisse und Diskussion

Im Zeitraum 1 von 13.04.2012 bis 04.04.2013 (ZR 1) werden insgesamt $n = 85087$ Trinkereignisse im Wartesauenstall registriert, die hier nun näher analysiert und bewertet werden sollen. In ZR 1 wurden pro Tag etwa 148 Liter Wasser ausdosiert. Im Mittel sind dies pro Sau und Tag drei bis vier Trinkereignisse (MW = 3,60), bei welchen je 548 ml (Min. 4 ml, Max. 11450 ml, SD 521 ml) Wasser ausdosiert werden.

Um wahrscheinliche Unterschiede bedingt durch Umwelteinflüsse wie hohe Temperaturen darzustellen, ist in Abbildung 2 zusätzlich für ZR 1 die Verteilung der Trinkereignisse aus einem beispielhaften Zeitraum mit hohen Temperaturen vom 24.07. bis 27.07.2012 (ZR 2) dargestellt. Während ZR 2 werden Maximaltemperaturen zwischen

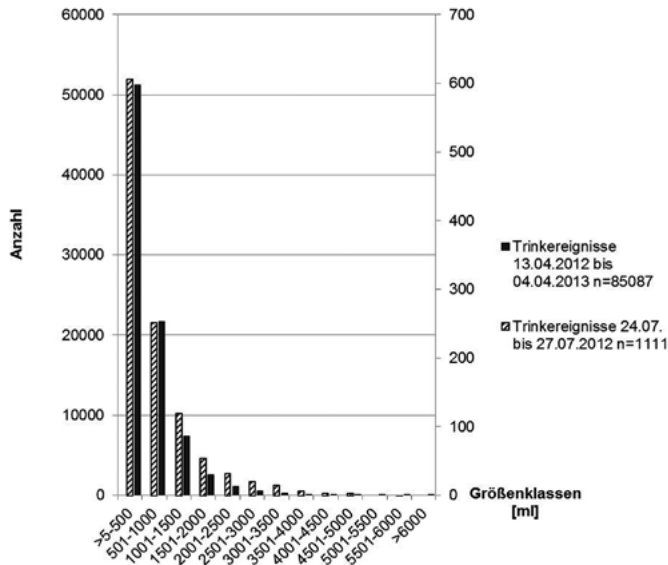


Abb. 2: Verteilung der Trinkereignisse nach Größenklassen im Zeitraum 13.04.2012 bis 04.04.2013 und 24.07. bis 27.07.2012

Fig. 2: Distribution of drinking events according size ranges from 04.13.2012 until 04.04.2013 and from 07.24.2012 until 07.27.2012

28 und 32 °C gemessen mit Tagesmittelwerten für 24.07. = 18,3 °C, 25.07. = 19,8 °C, 26.07. = 21,6 °C und 27.07. = 23,0 °C. Es wurden $n = 1111$ Trinkereignisse registriert. Betrachtet man ZR 1, fallen 60 % der Trinkereignisse in die Größenklasse < 500 ml und in 94 % der Fälle werden maximal 1500 ml Wasser ausdosiert. Während ZR 2 entfallen nur 55 % der Trinkereignisse auf die Größenklasse < 500 ml und in 88 % der Fälle werden 1500 ml oder weniger Wasser ausdosiert. Trinkereignisse bei denen mehr als 1500 ml Wasser ausdosiert werden, nehmen in ZR 2 mit 12 % einen deutlich größeren Anteil im Vergleich zu ZR 1 mit nur 6 % ein. Dabei trinken die Sauen ($n = 67$) während ZR 2 im Mittel seltener (2,85 Trinkereignisse pro Tag), aber mit durchschnittlich 688 ml (Min. 8 ml, Max. 5860 ml, SD 782 ml) fallen die Trinkereignisse größer aus.

Die Verteilung der Trinkereignisse über den Tag ist in Abbildung 3 dargestellt. Hier fällt eine diurnale Verteilung auf. Obwohl bereits ab 03:00 Uhr die Fütterung an der EFA beginnt, wird erst mit Beginn der Beleuchtungsphase ab etwa 8:00 Uhr bis 17:00 Uhr vermehrt an den Tränken Wasser ausdosiert. Innerhalb von nur drei Stunden zwischen 13 und 16 Uhr ereignen sich mehr als ein Drittel (37,5 %) der durchschnittlichen täglichen Trinkereignisse. Wie sich lange Hellphasen während der Sommerzeit auswirken, muss noch genauer analysiert werden.

Obwohl acht Bechertränken vorhanden sind, finden 86 % der Trinkereignisse an nur zwei der acht Tränken statt (Tränke 1: 48 % und Tränke 3: 38 %). Außerdem findet die überwiegende Mehrheit der 1094 Trinkereignisse, bei denen > 2500 ml ausdosiert werden, zu 89 % an Tränke 3 statt. Diese Präferenzen sind nicht durch unterschiedliche Durchflussraten an den einzelnen Tränken zu erklären.

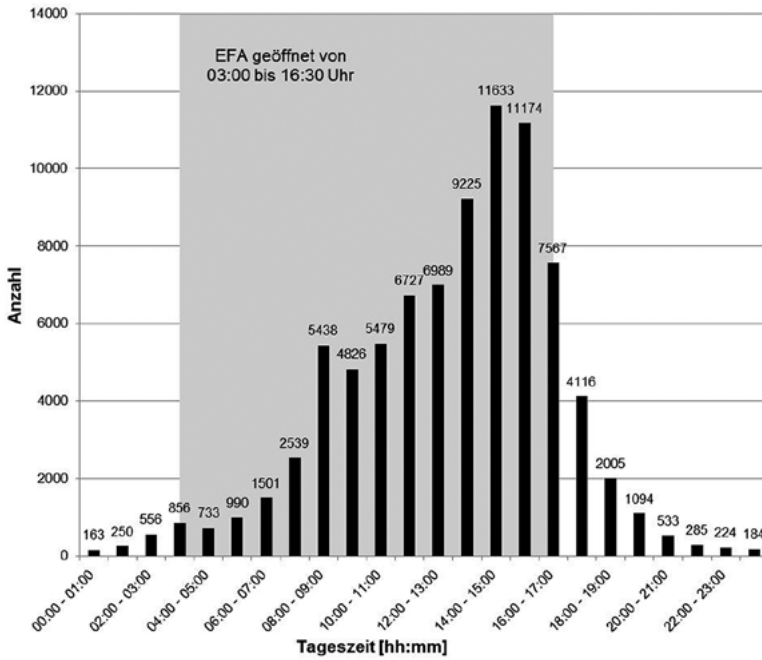


Abb. 3: Verteilung aller Trinkereignisse über 24 Stunden (n = 85 087)
 Fig. 3: Distribution of all drinking events over 24 hours (n = 85 087)

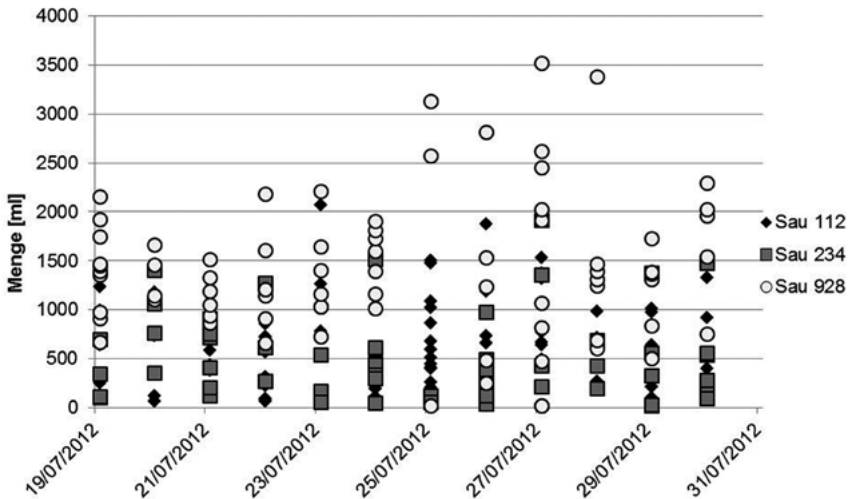


Abb. 4: Trinkereignisse dreier Sauen vom 19.07. bis 31.07.2012
 Fig. 4: Drinking events for three sows from 07.19.2012 until 07.31.2012

In Abbildung 4 sind beispielhaft die Trinkereignisse dreier Sauen für den Zeitraum (ZR 3) von 12 Tagen dargestellt (20.07. bis 31.07.2012). Sau 112 (Wurfnr. 5, 265 kg LM), Sau 234 (Wurfnr. 2, 220 kg LM) und Sau 928 (Wurfnr. 6, 270 kg LM) befinden sich innerhalb ZR 3 alle im letzten Drittel ihrer Trächtigkeit. Betrachtet man die Anzahl der Trinkereignisse je Tag für die einzelnen Tiere, fällt auf, dass diese stark schwanken. Sau 112 trank im Mittel 8-mal täglich (Min. 5, Max. 15), wohingegen Sau 234 im Mittel nur 5-mal täglich Wasser ausdosierte (Min. 2, Max. 7). Sau 928 trank im Mittel am häufigsten, nämlich 6-mal täglich (Min. 4, Max. 10). Auch die Mengen an ausdosiertem Wasser je Trinkereignis variieren sehr stark von Trinkereignis zu Trinkereignis. Sau 234 dosierte eher geringere Mengen an Wasser (< 500 ml) aus; Sau 928 dafür häufig größere Mengen > 1000 ml und sogar über 3 500 ml während eines Trinkereignisses. Betrachtet man die Gesamtmenge an ausdosiertem Wasser innerhalb ZR 3, so zeigen sich ebenfalls deutliche Unterschiede für die drei Sauen. Sau 112 dosierte insgesamt 58 l Wasser aus, Sau 234 29 l und Sau 928 sogar 108 l.

5 Fazit und Ausblick

Diese hier beispielhaft vorgestellten Ergebnisse aus den ersten 12 Monaten der Datenerhebung zeigen, dass das Wasseraufnahmeverhalten tragender Zuchtsauen komplex und sehr variabel ist. Diese ersten Erkenntnisse müssen weiter statistisch abgesichert werden, damit sie in Monitoringmodelle zur Krankheitsfrüherkennung für tragende Sauen einfließen und validiert werden können.

Literatur

- Cornou, C.; Vinther, J.; Kristensen, A.R. (2008): Automatic detection of oestrus and health disorders using data from electronic sow feeders. *Livestock Science* 118, pp. 262–271
- Hinrichs, B.; Hoy, B (2011): Use of feeding data from electronic sow feeders to detect impairments of health. 5th European Conference on Precision Livestock Farming. Czech Centre for Science and Society, 11.–14. Juli 2011, Prag, pp. 205–209
- Madsen, T.N.; Kristensen, A.R. (2005): A model for monitoring the condition of young pigs by their drinking behaviour. *Computer and Electronics in Agriculture* 48, pp. 138–154

Förderhinweis

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BLE-Innovationsförderung, Förderkennzeichen 313-06.01-28-13700110.

Temperaturabhängiges Wasseraufnahmeverhalten von Aufzuchtferkeln

Temperature-dependent water intake behaviour of weaned piglets

JULIA HOECK, WOLFGANG BÜSCHER

Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn

Schlüsselwörter: Klimacomputer, Schweinestall, Umgebungstemperatur, Wassertemperatur

Keywords: climate control system, piggery, ambient temperature, water temperature

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines Tränkesystems in Kombination mit einem Klimacomputer, das das Wasseraufnahmeverhalten von Aufzuchtferkeln in Abhängigkeit von der Stalltemperatur berücksichtigen kann. Die Versuche fanden in der 5. bis 9. Lebenswoche der Tiere statt. Den Ferkeln sind drei Tränken mit unterschiedlichen Wassertemperaturen (kalt, stalltemperiert, warm) angeboten worden. Der Klimacomputer kann die Parameter Stall- und Wassertemperatur sowie Wasserverbrauch erfassen. Es liegt eine eindeutige Präferenz hinsichtlich der kalten Tränke, unabhängig von der Stalltemperatur, vor. Signifikante Reaktionen im Trinkverhalten der Tiere konnten ab einer Stalltemperaturveränderung $> 5 \text{ }^\circ\text{C}$ festgestellt werden.

Summary

Aim of the study was the development of a trough system in combination with a climate control system that can take into account the water absorption behaviour of rearing piglets depending on the temperature stable. The experiments took place from the 5th to 9th week of life instead. The piglets have been offered three drinking troughs with different water temperatures (cold, stable tempered, warm). The climate computer is able to detect the parameters of stable and water temperature and water consumption. There is a distinct preference of cold drinking, independently of the stable temperature. Significant reactions in the drinking behavior of the animals could be observed at a change in stable temperature of $> 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

1 Einleitung

Die Anpassungsfähigkeit von Schweinen auf stallklimatische Veränderungen ist sehr unterschiedlich. In der sogenannten thermisch neutralen Zone (TNZ) werden die notwendigen physiologischen Funktionen mit dem geringsten Energieumsatz aufrechterhalten (MOUNT 1968). Die Leistung und das Wohlbefinden und somit auch die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Nutztiere kann durch die Temperatur beeinflusst werden (BANHAZI et al. 2007). Es gibt Studien, die die Auswirkungen hoher und niedriger Umgebungstemperaturen auf Schweine untersucht haben. Neben dem Futterverbrauch spielen beispielsweise das Liegeverhalten, die Verschmutzung der Buchten mit Kot und Harn und die Respirationsrate eine Rolle (HUYNH et al. 2007, BANHAZI et al. 2007, BEHNINGER et al. 1997). In Schweineställen wird die Beurteilung des Stallklimas auf Grundlage von vorgegebenen Temperaturwerten durchgeführt. Der beste Indikator für ein adäquates Stallklima und somit das Wohlbefinden sind jedoch die Tiere selbst (SHAO 2008). In den Arbeiten von HUYNH et al. (2005) und STEIGER (1978) wird beschrieben, wie Schweine durch „social huddling“ oder durch Seitenlage ihr Liegeverhalten an extreme Umgebungstemperaturen anpassen und so Thermoregulation betreiben.

Ziel dieser Arbeit war es, die Reaktion der Tiere auf die Umgebungstemperatur anhand ihres Trinkverhaltens zu erfassen. Den Ferkeln sind drei unterschiedlich temperierte Tränken angeboten worden. Das Wasseraufnahmeverhalten der Tiere soll von einem Klimacomputer verarbeitet werden. Dieser Klimacomputer soll entsprechend dem Bedarf der Tiere Veränderungen an der Einstellung der Solltemperatur vornehmen können.

2 Material und Methode

Die Tiergruppen haben ein Tränkesystem erhalten, welches über drei Tränken mit unterschiedlich temperiertem Wasser verfügt. Von der stalltemperierten Tränke (Tränke 2) abweichend, gibt es eine Tränke (Tränke 1) mit 10 °C kälterem und eine Tränke (Tränke 3) mit 10 °C wärmerem Wasser. Die Wassertemperaturen orientierten sich an der stalltemperierten Tränke und wurden automatisch mithilfe von Temperatursensoren durch ein Regelgerät eingestellt. Dieses Regelgerät erfasste neben der Stall- und Wassertemperatur mithilfe von digitalen Durchflussmengenmessern den Wasserverbrauch der Tiere. Die Durchflussmengenmesser verfügten über einen Durchflussbereich von 0,5–30,0 l/min bei etwa 480 Impulsen/l und einer Messgenauigkeit von $\pm 2\%$ (Abb. 1).

In Abbildung 2 ist schematisch der Zusammenhang zwischen dem Wasseraufnahmeverhalten der Tiere, der Stalltemperatur und dem Klimacomputer dargestellt.

Die Versuche sind auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn im Bereich der Ferkelaufzucht durchgeführt worden. Gruppen mit 21 Ferkeln (Deutsche Landrasse, Pietrain x Duroc) erhielten ein Tränkesystem mit drei unterschiedlichen Wassertemperaturen. Die Futterautomaten befanden sich gegenüberliegend und die Futtervorlage fand ad libitum statt. Der Versuchszeitraum bezog sich auf die fünfte bis neunte Lebenswoche. Erfasst wurden die Außen-, Stall- und Wassertemperatur sowie der Wasserverbrauch.

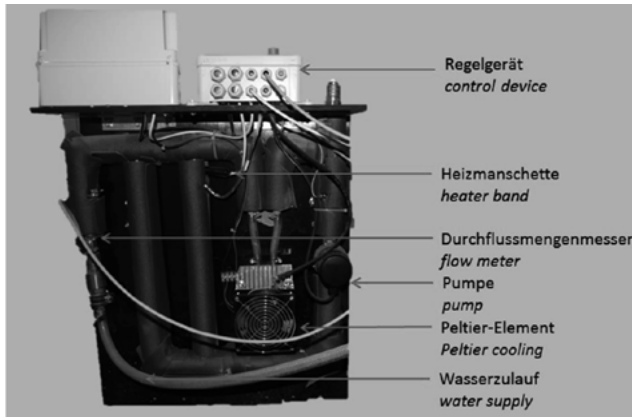


Abb. 1: Bestandteile des Tränkesystems zur Erfassung des Wasserverbrauchs von Aufzuchtferkeln in der Hinteransicht

Fig. 1: Parts of the drinking system to detect water consumption of weaner piglets in rear view

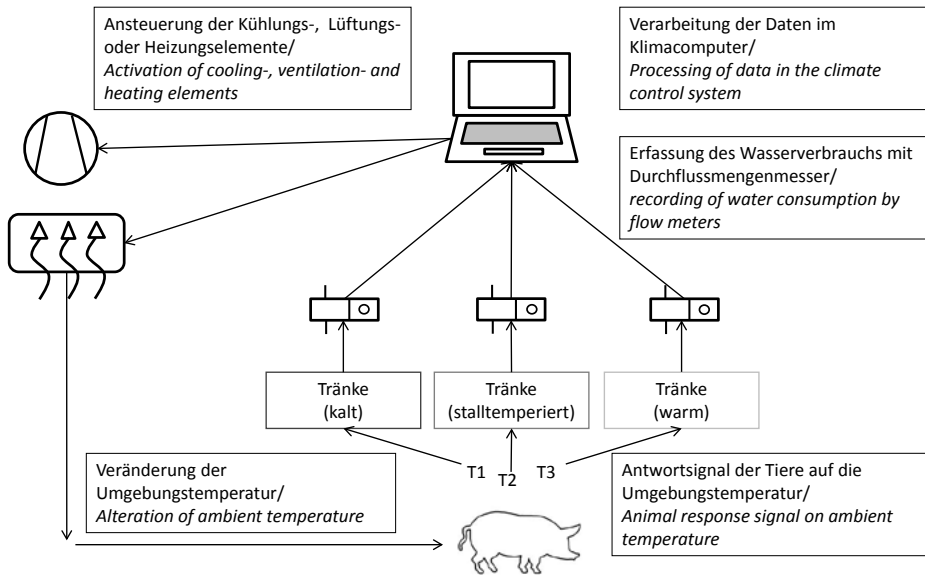


Abb. 2: Funktionsprinzip der Versuchsanlage

Fig. 2: Principle of the test facility

3 Ergebnisse

3.1 Funktionsfähigkeit des Tränkesystems

Das entwickelte Tränkesystem war in der Lage alle geforderten Parameter zu erfassen. Der Wasserverbrauch wurde mit den digitalen Durchflussmengenmessern für jede Tränke aufgezeichnet. Die Stalltemperatur wurde mit Temperatursensoren erfasst. Die Wassertemperaturen der Tränke 1 und Tränke 3 konnten mit 10 °C Unterschied zur Stalltemperatur eingestellt werden. Es waren jedoch Abweichungen von der Wasser-Solltemperatur bei den einzelnen Tränken zu verzeichnen. Bezieht man alle Versuche mit ein, wick die kalte Tränke im Durchschnitt um 21,5 % von der Solltemperatur ab. Die raumtemperierte Tränke lag bei 5 % und die warme Tränke bei 2,9 % Abweichung. In warmen Umgebungen war es deutlich schwieriger, Wasser zu kühlen, als es zu erhitzen. Die Kühlleistung des Peltier-Elements war dabei der begrenzende Faktor.

3.2 Wasseraufnahmeverhalten der Ferkel

Der durchschnittliche Wasserverbrauch der Aufzuchtferkel lag in allen Versuchsdurchgängen, die ohne technische Ausfälle durchgeführt werden konnten, bei durchschnittlich 2 592 l. Ein Ferkel verbrauchte an einem Tag etwa 4,4 l Wasser und innerhalb einer Aufzuchtperiode 123,4 l. In den Sommermonaten verbrauchten die Tiere mehr Wasser als in den Wintermonaten. Der höchste Verbrauch im Sommer lag bei 3 881 l und im Winter bei 1 552 l.

Innerhalb der einzelnen Versuche wurde die Stalltemperatur verändert. Die Temperaturdifferenz ΔT variierte zwischen 5 und 10 K. Werden alle Durchgänge mit einbezogen lag ΔT zwischen 18 und 33 K. Jede Versuchsgruppe zeigte eine deutliche Präferenz für eine Wassertemperatur. In Abbildung 1 sind die relativen Wasserverbräuche aller Versuche in Abhängigkeit von Stalltemperaturklassen und dem Alter der Tiere dargestellt.

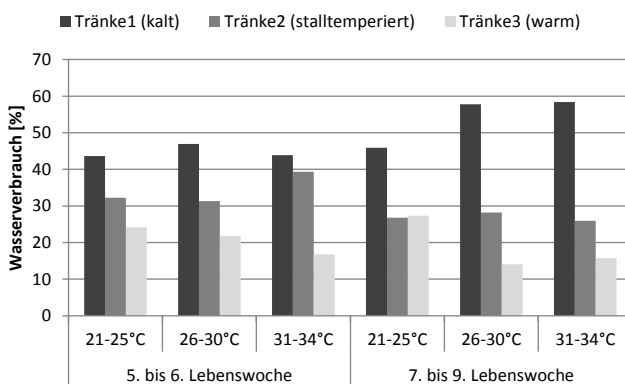


Abb. 3: Darstellung des relativen Wasserverbrauchs aller Tierversuchsgruppen zusammengefasst in Abhängigkeit von Stalltemperaturklassen und dem Lebensalter der Ferkel

Fig. 3: Representation of the relative water consumption of all tests summarized in dependence of stable temperature classes and the age of piglets

Es wird deutlich, dass die Tiergruppen bei jeder Stalltemperatur die kalte Tränke bevorzugen (Ø 49,4 %). An zweiter Stelle steht die stalltemperierte Tränke (Ø 30,63 %). Der Wasserverbrauch an der warmen Tränke (Ø 19,93 %) ist am geringsten.

Anhand einer einfaktoriellen Anova können innerhalb der Versuche Veränderungen im Trinkverhalten an den einzelnen Tränken, im Zusammenhang mit der Stalltemperatur, festgestellt werden. In den Versuchen, in denen die Temperaturdifferenz ΔT kleiner als 5 °C ist, kommt es zu keiner signifikanten ($p = 0,05$) Reaktion im Trinkverhalten der Ferkel. Erst bei Stalltemperaturunterschieden von > 5 K können signifikante Änderungen festgestellt werden. Der Wasserverbrauch steigt bei hohen Stalltemperaturen (> 27 °C) signifikant an der kalten Tränke an und nimmt an der warmen Tränke ab. Im Umkehrschluss steigt der Verbrauch an der warmen und stalltemperierten Tränke bei niedrigen Stalltemperaturen (< 24 °C) signifikant an. Es ist zu beachten, dass der Verbrauch an der kalten Tränke, wie oben beschrieben, durchschnittlich am höchsten ist. Aufgrund des geringen Verbrauchs an der stalltemperierten und warmen Tränke sind auch die Veränderungen an diesen Tränken verhältnismäßig klein.

4 Schlussfolgerungen

Das entwickelte System erfüllt alle gestellten Anforderungen. Die Daten über die Stall- und Wassertemperaturen sowie des Wasserverbrauchs werden erfasst und verarbeitet.

In allen Tiergruppen ist eine Präferenz für die kalte Tränke, unabhängig von der Stalltemperatur, festzustellen. Signifikante Veränderungen im Trinkverhalten der Tiere treten erst ab Temperaturveränderungen von > 5 K auf. Hinzu kommen die individuellen Reaktionen der Tiergruppen auf die Stalltemperatur. Die Wasserverbräuche an den Tränken werden zueinander ins Verhältnis gesetzt. Hierdurch hebt sich der Klimacomputer von herkömmlichen Systemen ab. Die herkömmlichen Systeme können nur den Gesamtwasserverbrauch einer Tiergruppe ermitteln. Die Tiere reagieren auf hohe Umgebungstemperaturen mit einem Mehrverbrauch an Wasser an der kalten Tränke. Mit diesem Signal kann der Klimacomputer eine Schaltempfehlung an den Landwirt geben. Dieser kann nach einer Kontrolle des Abteils manuell die Einstellung der Solltemperatur verändern.

Literatur

- Banhazi, T.; Aarnink, A.; Thuy, H.; Pedersen, S.; Hartung, J.; Maltz, E.; Payne, H.; Mullan, B.; Berckmans, D. (2007): Issues related to livestock housing under hot climatic conditions including the animal response to high temperatures. CIGR Workshop Animal Housing in Hot Climate. Cairo, Egypt, <http://www.cigr.org/CIGRWorkingGroupReports.htm>.
- Behninger, S.; Haidn, B.; Schön, H. (1997): Aussenklimaställe für Mastschweine-Untersuchungsergebnisse zu Stallklima, Tierverhalten und Leistungsparametern. 3. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Sonderdruck, Kiel

- Hunyh, T.; Aarnink, A.; Gerrits, W.; Heetkamp, M.; Canh, T. T.; Spoolder, H.; Kemp, B.; Verstegen, M. (2005): Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Applied Animal Behaviour Science* 91, pp. 1–16
- Hunyh, T.; Aarnink, A.; Heetkamp, M.; Verstegen, M.; Kemp, B. (2007): Evaporative heat loss from group-housed growing pigs at high temperatures. *Journal of Thermal Biology* 32, pp. 293–299
- Mount, L.E. (1968): *The climatic physiology of the pig*. London, Edward Arnold
- Steiger, A. (1978): Das Verhalten von Mastschweinen in Abhängigkeit vom Klima. 1st World Congress on Ethology Applied to Zootechniques. Madrid, S. 145–156

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Das Projekt basiert auf einer Zusammenarbeit mit der Firma Möller GmbH Agrarklima-Steuerungen.

Untersuchungen zur Lesbarkeit von UHF-Transponderohrmarken auf einem Prüfstand und in der Praxis

Studies on readability of UHF-transponder ear tags on a test bench and in practice

NORA HAMMER, FELIX ADRION, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Tierkennzeichnung, RFID, Transponder
Keywords: *electronic animal identification, RFID, transponder*

Zusammenfassung

RFID-Systeme, die in ultrahochfrequenten Bereichen arbeiten, galten in der Tierkennzeichnung trotz ihrer Vorteile bisher als ungeeignet, da sie eine große Empfindlichkeit gegenüber Störgrößen wie Wasser und Metall aufweisen. Mittlerweile ist es jedoch möglich UHF-Transponder zu konstruieren, die weniger empfindlich gegenüber diesen Störgrößen sind oder sich diese sogar zunutze machen. Es gilt diese Transponder weiterzuentwickeln und den Anforderungen der Nutztierhaltung anzupassen. In diesem Beitrag wurden drei unterschiedliche von Projektpartnern entwickelte Musterohrmarken und eine zugekaufte UHF-Ohrmarke auf einem dynamischen Prüfstand und im Praxisversuch an Schweinen miteinander verglichen. Zwei der entwickelten Musterohrmarken erzielten gute bis sehr gute Erfassungsquoten. Jedoch müssen Größe und Haltbarkeit der Musterohrmarken weiter an die Stallbedingungen angepasst werden.

Summary

Up to now it was considered that ultra-high frequency RFID systems are not suitable for animal identification because of their sensitivity to water and metal. Meanwhile there are possibilities to develop UHF-transponders which are less sensitive to these disturbances or even can take advantage of them. It is important to improve these transponders and adapt them to the needs of animal production. In this article three in-house designed ear tags of project partners and one commercial UHF ear tag were compared on a dynamic test bench and in practice with pigs. Two of the newly designed ear tags showed very good identification rates, whereas the size and stability of the ear tags have to be improved.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Bei der Radio-Frequenz-Identifikation (RFID) wird ein Transponder an einem zu identifizierenden Objekt (z.B. Tier) angebracht und von einem Lesegerät automatisch und kontaktlos ausgelesen. Die RFID-Technologie verwendet unterschiedliche Frequenzbereiche, die sich durch verschiedene Charakteristika auszeichnen. Bei Systemen, die im ultrahochfrequenten (UHF) Bereich arbeiten, ist die Simultanerfassung mehrerer Transponder möglich. Außerdem bieten diese Systeme den Vorteil einer schnelleren Datenübertragung als auch die Möglichkeit Transponder über größere Distanzen auszulesen. Nachteilig hingegen ist eine starke Anfälligkeit gegenüber Störgrößen wie Wasser und Metall (FINKENZELLER 2012).

Ein von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gefördertes Verbundprojekt hat die Entwicklung elektronischer Ohrmarken für Schweine, Rinder und Schafe sowie stationärer und mobiler Lesegeräte auf UHF-Basis zum Ziel. Des Weiteren sind eine Simultanerfassung der Tiere, eine Hotspotüberwachung in bestimmten Bereichen der Haltungsumwelt und eine tierindividuelle Lokalisierung Ziele des Projektes.

In diesem Beitrag liegt der Fokus auf den ersten Tests verschiedener UHF-Musterohrmarken im Hinblick auf die Simultanerfassung am Prüfstand und in der Praxis.

2 Material und Methode

Die Versuche mit den Ohrmarken und Lesegeräten wurden an einem dynamischen Prüfstand und im Schweinestall der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim, Standort Lindenhöfe (Unterer Lindenhof), durchgeführt.

Mithilfe des dynamischen Prüfstands (Abb. 1) können die Erfassungsquoten der verschiedenen Transponderohrmarken in unterschiedlicher Ausrichtung zum Lesegerät (hier 0° , 90°) und in mehreren Geschwindigkeiten (hier 3 m/s) ermittelt werden (TRAUNECKER et al. 2012). Hierzu werden die Ohrmarken auf einem Schlitten durch das Antennenfeld gefahren. Des Weiteren kann die Entfernung der Transponder zum Lesegerät (hier 25 cm) und der Lesegerättyp (hier UDL 800 deister) variiert werden.

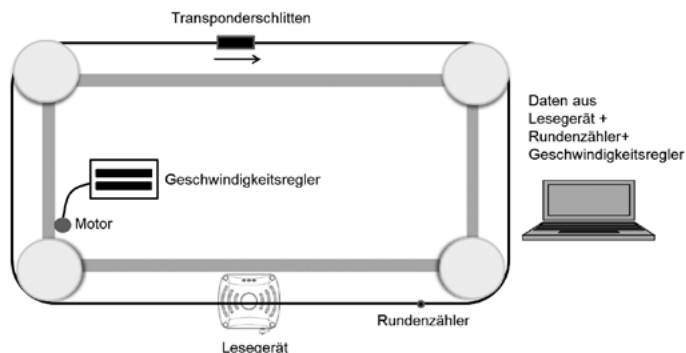


Abb. 1: Skizze des dynamischen Prüfstandes
 Fig. 1: Sketch of the dynamic test bench

Der erste Versuch wurde mit der ersten Generation Musterohrmarken des Projektes durchgeführt (P1 n = 15, W1 n = 8, I1 n = 12). Bei diesen Ohrmarken handelte es sich um flexible Ohrmarken in der Größe von Rinderohrmarken in „Schulter“-Form. Jede dieser Ohrmarken wurde sechzig Mal durch das Antennenfeld gefahren.

Bei einem zweiten Versuch wurden zugekaufte UHF-Ohrmarken (MS Tag, Firma Schippers, n = 15) getestet, um Vergleichswerte zu den im Projekt entwickelten Ohrmarken zu erhalten. Bei diesen Ohrmarken handelte es sich um starre, runde und für Mastschweine konzipierte UHF-Ohrmarken. Jede dieser Ohrmarken wurde sechzig Mal durch das Antennenfeld gefahren. Für die prozentuale Auswertung der Tests am dynamischen Prüfstand wurde der jeweilige Mittelwert aller Fahrten einer Transponderohrmarke (P1, W1, I1, MS Tag) verwendet.

Bei den Praxisversuchen zur Simultanerfassung im Mastschweineestall werden die Tiere mehrfach durch ein Gate (Gangbreite 157 cm) aus Lesegeräten getrieben (STEKELER et al. 2011). Der Einfluss der Haltungsumwelt auf die Funktionssicherheit und Langlebigkeit der Ohrmarken sowie die Eignung zur Simultanerfassung am Tier soll ermittelt werden. Die UHF-Ohrmarken, die Lesegeräte und deren Anordnung bzw. Ausrichtung sowie die Höhe der Lesegeräte können variiert werden. In diesem Versuch strahlte das in Laufrichtung rechts gelegene Lesegerät den Laufgang nach vorne und schräg unten aus, während das linksseitige Lesegerät von hinten nach schräg unten auf die Tiere strahlte. Diese Anordnung (in 165 cm Höhe) wurde gewählt, um den gesamten Laufbereich der Tiere zu erfassen und eine gegenseitige Beeinflussung der Lesegeräte (je 2 Watt Leistung) zu verhindern. Bei den Versuchen wurden sowohl die Musterohrmarken (W1, P1, I1) als auch die kommerziellen Ohrmarken (MS Tag) in zwei Versuchen zufällig auf die Tiere dreier Mastgruppen verteilt (Tab. 1) und in das rechte Ohr des jeweiligen Tieres eingezogen.

Tab. 1: Transponderverteilung auf sechs Mastgruppen in den Praxisversuchen

Tab. 1: Transponder distribution on six feeding groups for practice trials

Mastgruppe	Versuch (06.–08.11.13) Musterohrmarken			Mastgruppe	Versuch (23.04.–03.05.13) Kommerzielle Ohrmarke
	P1	W1	I1		MS Tag (Firma Schippers)
Nr. 1	4	3	3	Nr. 4	10
Nr. 2	5	2	4	Nr. 5	11
Nr. 3	5	2	4	Nr. 6	11

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des ersten Versuchs (Musterohrmarken) werden in Tabelle 2 dargestellt. Hier sind bereits Unterschiede bei den Erfassungsquoten zwischen Prüfstand und Praxisversuch zu erkennen.

Tab. 2: Erfassungsquoten der ersten Generation Musterohrmarken auf dem dynamischen Prüfstand und im Praxisversuch

Tab. 2: Identification rates of the 1st generation prototype ear tags on the dynamic test bench and in practice

Versuche am dynamischen Prüfstand				Praxisversuche		
<i>0° Transponderausrichtung zum Lesegerät (60 Runden)</i>				<i>Nach dem Einziehen (30 Runden)</i>		
Transponder	W1	P1	I1	W1	P1	I1
Mögliche Lesungen	480	900	720	70	140	110
Erreicht	480	900	716	70	140	59
Erfassungsquote (%)	100	100	99,4	100	100	53,6
<i>90° Transponderausrichtung zum Lesegerät (60 Runden)</i>				<i>Nach 24 Stunden (30 Runden)</i>		
Mögliche Lesungen	480	900	720	60	140	110
Erreicht	271	900	702	50	99	19
Erfassungsquote (%)	56,5	100	97,5	83,3	70,7	17,3

Diese Unterschiede waren zu erwarten, da Wasser und Metall in der Versuchsumgebung Absorptionen und Reflexionen verursachen, welche das Leseverhalten der Lesegeräte und das Signal des Transponders stark beeinflussen können. Der Einfluss dieser Parameter lässt sich nur sehr schwer abschätzen. Die Musterohrmarken mit den Transpondern W1 und P1 schnitten im Praxisversuch besser ab, als die Musterohrmarke mit dem Transponder I1. Vermutlich wurden die Transponder W1 und P1 nicht negativ von der Stallumgebung (Metall) oder dem Tier (Wasser) beeinflusst, sondern waren vielleicht sogar in der Lage den Körper des Tieres zur Verstärkung ihres Signals durch Vergrößern der Massefläche der Antenne zu nutzen. Erfassungsquoten der Transponder W1 und P1 von 100 % nach dem Einziehen der Ohrmarken sind sehr gut und zeigen deren Eignung für den Einsatz am Tier. Leider stellte in diesem Versuch die Haltbarkeit der Ohrmarken ein Problem dar. Nach drei Versuchstagen war der Großteil aller Ohrmarken durch Bisse, Dreck und Feuchtigkeit funktionsuntüchtig und konnte nicht für weitere Versuche verwendet werden. Auch die Größe dieser Musterohrmarken war für Mastschweine suboptimal. Sie boten ein Spielobjekt, was teilweise zu Ohrentzündungen der Schweine führte. Zu betonen ist, dass es sich bei diesen Ohrmarken um die erste Generation Musterohrmarken und um eine Übergangslösung handelte. Ein komplettes Eingießen des Transponders in die Ohrmarke war zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich.

Tabelle 3 gibt die Ergebnisse des zweiten Versuchs mit den kommerziellen MS Tags im Vergleich zu den Musterohrmarken wieder. Am dynamischen Prüfstand ist kein Unterschied zu den Musterohrmarken erkennbar. Zu beachten ist jedoch, dass bei diesen Versuchen der Abstand zwischen Lesegerät und Transponder (25 cm) für UHF-Anwendungen als zu gering und nicht praxisnah eingeschätzt werden kann. Trotzdem zeigen die Ergebnisse im Hinblick auf die Einzellesungen je Runde einen deutlichen Unterschied zwischen den Musterohrmarken und dem MS Tag (weniger Lesungen). Die Erfassungsquoten des MS Tag im Stall fielen etwas geringer aus (siehe Tab. 2 und 3). Die Stallumgebung oder das Tier selbst scheint die Lesbarkeit des Transponders zu beeinflussen, wie aus dem Unterschied zwischen Praxis und Prüfstand gut ersichtlich wird. Ursache hierfür ist wahrscheinlich die in diesem Produkt gewählte Transponderstruktur (Loop-Antenne), die das Lesen des Transponders nur aus bestimmten Winkeln erlaubt und Verstimmungen durch

das Tier oder die Umwelt nicht ausgleichen kann. Mit durchschnittlichen Erfassungsquoten von maximal 67,2 % an einem der Versuchstage, schnitt der MS Tag im Praxisversuch schlechter ab als die Musterohrmarken W1 und P1 (Tab. 2). Die Funktionstüchtigkeit hingegen war bis zum Ende der Untersuchungen bei allen MS Tags gegeben.

Tab. 3: Erfassungsquoten des MS Tag auf dem dynamischen Prüfstand im Vergleich zu den Musterohrmarken und im Praxisversuch

Tab. 3: Identification rates of the MS Tag on the dynamic test bench and in practice compared to the 1st generation prototype ear tags

Versuche am dynamischen Prüfstand		Praxisversuche (12 Wochen nach dem Einziehen)	
<i>0° Transponderausrichtung zum Lesegerät (60 Runden)</i>		<i>23.04.2013 (30 Runden)</i>	<i>30.04.2013 (30 Runden)</i>
Transponder	MS Tag	MS Tag	MS Tag
Mögliche Lesungen	900	320	320
Erreicht	844	215	123
Erfassungsquote (%)	93,8	67,2	38,4
<i>90° Transponderausrichtung zum Lesegerät (60 Runden)</i>		<i>26.04.2013 (30 Runden)</i>	<i>03.05.2013 (30 Runden)</i>
Mögliche Lesungen	900	320	320
Erreicht	900	175	72
Erfassungsquote (%)	100	54,7	22,5

Tabelle 3 stellt eine Zusammenfassung der drei im zweiten Versuch getesteten Mastgruppen dar. Hier wurde ein Unterschied zwischen den einzelnen Mastgruppen und den Versuchsterminen festgestellt (Abb. 2).

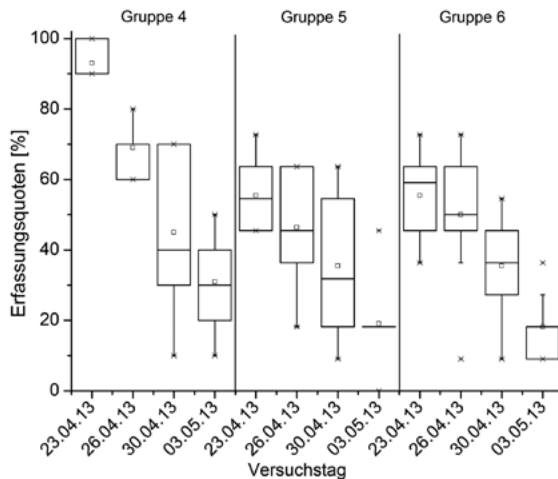


Abb. 2: Erfassungsquoten der MS Tags (n = 32); alle Gruppen und Versuchstermine
Fig. 2: Identification rates of the MS Tags (n = 32); all groups and all trial dates

Zu erkennen ist, dass jeweils die ersten beiden Versuchstermine die besten Erfassungsquoten zeigten. Mit Erfassungsquoten von bis zu 100 % wies die Gruppe 4 das beste Ergebnis auf. Auch sichtbar ist, dass am vierten Versuchstermin über alle Mastgruppen hinweg die geringsten Erfassungsquoten erreicht wurden. Diese unterschiedlichen Ergebnisse könnten mit der Laufgeschwindigkeit der Tiere zusammenhängen.

Bei rennenden Schweinen bewegen sich die Ohren der Tiere stark auf und ab, was den Winkel des Transponders zum Lesegerät ändert und somit die Chance einer erfolgreichen Lesung erhöhen kann. Ein Einfluss der Versuchsbedingungen konnte nicht verzeichnet werden.

4 Fazit und Ausblick

Zwei der drei im Projekt entwickelten Musterohrmarken, sowie der MS Tag erzielten in ersten Versuchen am dynamischen Prüfstand gute bis sehr gute Erfassungsquoten. Im Praxisversuch schnitten zwei der Musterohrmarken im Vergleich zu den MS Tags besser ab. Bei den Musterohrmarken besteht jedoch Entwicklungsbedarf beim Eingießen des Transponders in die Ohrmarke um diesen vor Schäden zu schützen. Weitere Versuche mit weiterentwickelten Musterohrmarken in unterschiedlichen Größen und mit verschiedenen Lesegeräten sowie Lesegerätenanordnungen auf dem dynamischen Prüfstand als auch in der Praxis an Mastschweinen und Rindern sind in Vorbereitung. Auf dem Markt erhältliche Ohrmarken sollen fortlaufend in die Versuchsreihen einbezogen werden. Des Weiteren wird zur genaueren Einschätzung der Charakteristika von Transpondern und Lesegeräten ein automatisierter statischer Prüfstand zur Erstellung von Lesefeldern in Betrieb genommen.

Literatur

- Finkenzeller, K. (2012): RFID Handbuch, Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. München, Carl Hanser Verlag
- Traunecker, J.; Steckeler, T.; Rößler, B.; Gallmann, E.; Jungbluth, T. (2012): Automatisierung eines RFID-Prüfstandes. In: Landtechnik 67(3), S. 184–187
- Stekeler, T.; Herd, D.; Rößler, B.; Jungbluth, T. (2011): Einsatz eines UHF-Transponders zur Simultanerfassung von Mastschweinen. In: Landtechnik 66(2), S. 132–135

Förderhinweis

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

Qualitätssichernde Methoden in der Arbeitswirtschaft

Quality assurance in working time measurements

CHRISTOPH HERZOG, MATTHIAS SCHICK

Forschungsanstalt Agroscope, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Qualitätssicherung, Arbeitszeitmessung, Automatisierung

Keywords: *quality assurance, working time measurement, automatization*

Zusammenfassung

Die Methoden der Arbeitsanalyse auf landwirtschaftlichen Betrieben unterliegen einem ständigen Optimierungsprozess. Aktuelle Methoden der Arbeitszeit- und Einflussgrößen-erfassung sind zeitintensiv und fehleranfällig. Zudem besteht bei den Messungen immer ein Einfluss der Messperson auf die Arbeitsperson (HAIDN 1992, SCHICK 2005).

Ziel des Projekts ist es, ein Qualitätssicherungssystem zu erarbeiten, neue Methoden der Datenaufnahme zu entwickeln und hinsichtlich ihrer Qualität zu überprüfen. Zur Entwicklung neuer Methoden der Arbeitszeitmessung werden Sensortechniken, wie GPS, Radar, Infrarot, Ultraschall, RFID oder videobasierte Systeme auf ihre Eignung hin untersucht und bewertet.

Summary

The measurement of working time requirement in agriculture is a very time-consuming process. As well, the manual measurements of working time and its influence factors are very error-prone. Measurement errors are mostly due to the measuring person. On the other hand there is an influence of the presence of the measuring personnel on the observed working person (HAIDN 1992, SCHICK 2005).

The aim of the project is to develop new methods of work time measurement which can be used for labour in outdoor-work and livestock farming. Therefore different sensor technology like GPS, radar technology, infrared, ultrasonic technique, RFID or video analysis will be examined.

1 Problemstellung

Auf landwirtschaftlichen Betrieben ist die menschliche Arbeit in der Regel der knappste Produktionsfaktor. Ziel der Arbeitsanalyse ist es, die Produktivität der Betriebe zu erfassen, um diese anschließend durch effizienteren Einsatz zu erhöhen (SCHICK 2006). Die Erfassung der Arbeitszeit kann nach LUCZAK (1998) in finale und kausale Methoden gegliedert werden. Während bei der finalen Methode die Arbeitszeit indirekt mithilfe von Arbeitstagebüchern oder Fragebögen ermittelt wird, findet bei der kausalen Methode eine direkte Arbeitsbeobachtung während der Arbeitserledigung statt.

Hierbei wird der Arbeitsvorgang in Arbeitselemente gegliedert und zugehörige Einflussgrößen werden bestimmt (AUERNHAMMER 1986). Nachteile dieser Methode liegen im hohen Zeitbedarf für die Messperson während der Messung sowie in der anschließenden Datenauswertung und der Einschränkung, dass von einer Messperson jeweils nur eine Arbeitsperson gleichzeitig erfasst werden kann (SCHRADER et al. 2004). Durch die Anwesenheit der Messperson ist die Arbeitskraft zudem in ihrer Arbeitsweise beeinflusst, was auch das Messergebnis beeinflussen kann (HAIDN 1992). Diese Einflussgrößen können zu einer Qualitätsminderung der arbeitswissenschaftlichen Untersuchung führen.

Da die Generierung von arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen und Planzeitwerten in mehreren Schritten, teilweise von Hand durchgeführt wird, ist in jedem Schritt von Mess- und Verarbeitungsfehlern auszugehen.

2 Zielsetzung

Ziel des Projekts ist es, für bestehende Methoden der Arbeitszeitmessung ein Qualitätssicherungssystem aufzubauen. Zunächst sollen Qualitätskriterien von Arbeitszeitmessungen erstellt und auf diese angewendet werden. Hierbei sind teilweise Kriterien wie der Epsilon-Test bei einer Zeitmessreihe zyklischer Arbeitselemente schon vorhanden.

Abgeleitet davon, sollen neue Methoden entwickelt und nach denselben Kriterien bewertet werden. Die neu entwickelten Methoden der Arbeitszeitmessung sind durch einen möglichst hohen Automatisierungsgrad gekennzeichnet. Die Methoden sollen für verschiedene landwirtschaftliche Tätigkeiten anwendbar sein und diese möglichst vollständig erfassen.

3 Material und Methoden

Um Planzeitwerte landwirtschaftlicher Arbeiten zu messen, werden die Zeitmessungen auf den Erfassungsbetrieben mit elektronischen Zeiterfassungssystemen (Tablet-PC mit Software) durchgeführt. Die Messung der wesentlichen Einflussgrößen wie z.B. „Wegstrecken“, „Volumina“ oder „Fahrgeschwindigkeiten“ werden während der Zeitmessung teilweise mit manuellen Hilfsmitteln erfasst. Sowohl bei der Erfassung der Arbeitszeit, als auch der Messung der Einflussgrößen ist es durch standardisiertes Vorgehen möglich, die Qualität der Messergebnisse zu verbessern.

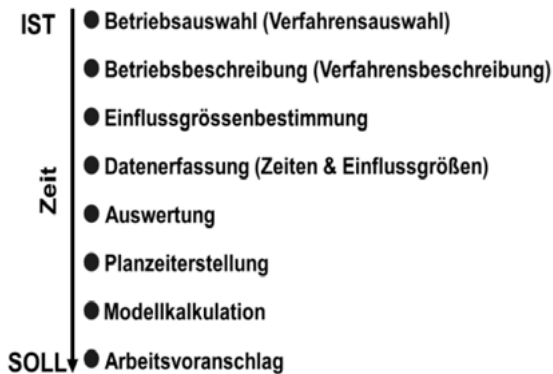


Abb. 1: Prozess der Durchführung von Arbeitszeitstudien (SCHICK 2006)

Fig. 1: Process for carrying out working-time studies (SCHICK 2006)

Hierbei helfen Checklisten, sodass der Prozess „Arbeitszeiterfassung“ auch von verschiedenen Messpersonen in derselben Art und Weise durchgeführt wird.

Zudem sollen an signifikanten Punkten des Prozesses „Arbeitszeitstudie“ (Abb. 1) immer dieselben Gütekriterien angewendet werden z.B. der Epsilon-Test bei zyklisch gemessenen Arbeitselementen.

Für einzelne Schritte dieses Prozesses ist es möglich, diese zu automatisieren. Dies soll vor allem in den arbeitsintensiven und fehleranfälligen Schritten der Datenerfassung und Auswertung möglich gemacht werden.

Zur Entwicklung optimierter und automatisierter Methoden der Arbeitsanalyse wird zunächst ein Anforderungskatalog erstellt. Darin werden Muss- und Kann-Kriterien festgelegt. Nachfolgend werden vorhandene Systeme und Sensortechniken als Instrumente zur automatisierten Arbeitszeit- und Einflussgrößenmessung erfasst und auf Eignung entsprechend der Anforderungskriterien überprüft. Hierbei sind Ansätze sowohl für außenwirtschaftliche als auch für innenwirtschaftliche Arbeitsverfahren vorhanden.

Auch Systeme aus dem außerlandwirtschaftlichen Bereich werden hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungskriterien überprüft. Im nächsten Schritt werden Versuche und Arbeitszeitstudien auf Betrieben geplant.

4 Ergebnisse

Ein Anforderungskatalog mit Kriterien für ein automatisiertes Messverfahren wurde erstellt. Wichtige Kriterien sind neben der Messgenauigkeit und der Datenstruktur auch die Flexibilität im Einsatz. Die Anforderungen wurden in Muss- und Kann-Kriterien unterteilt. Tabelle 1 zeigt einen Auszug aus dem erstellten Katalog.

Tab. 1: Beispiele für Muss- und Kann-Kriterien zur Entwicklung einer automatisierten Arbeitszeiterfassung

Tab. 1: *Examples of mandatory and optional criteria for the development of an automatic working-time measurement*

Muss-Kriterien Must criteria	Bemerkungen Comments
Messung auf Arbeitselementebene	Um die Planzeitwerte für weitere Berechnungen in einem Modell verwenden zu können, sollten diese als Elementwerte vorliegen.
Messung in Echtzeit	Die Daten sollen in Echtzeit zur Verfügung stehen und es soll keine aufwendige Nachbearbeitung notwendig sein.
Offene Datenstruktur	Um die Daten als Teil eines Messverfahrens verwenden zu können, müssen diese unverschlüsselt vorliegen.
Kann-Kriterien	
Messung für innen- und außenwirtschaftliche Tätigkeiten gleichzeitig möglich	Einflussgrösse „Wegstrecke“ kann im Gebäude als auch außerhalb kontinuierlich und genau (+/- 10 cm) gemessen werden.
Durchgängige Messung von mehreren Tagen	Um möglichst viele Daten zu erhalten, soll die Messung über mehrere Tage durchführbar sein.

4.1 Arbeitszeitmessung in der Außenwirtschaft

Verschiedene Verfahren, welche bereits in der Praxis zur Dokumentation von Arbeitsverfahren in der Außen- und Innenwirtschaft eingesetzt werden, wurden recherchiert. Für Arbeitsverfahren in der Außenwirtschaft setzt die Landtechnikindustrie GPS-Systeme ein, welche Zeit und zugehörige zurückgelegte Distanzen für Feldarbeiten erfassen. Zudem können weitere den Arbeitszeitbedarf beeinflussende Größen wie der Ertrag je Hektar oder die Arbeitsbreite automatisiert erfasst werden. Diese Verfahren sind in der Regel an landwirtschaftliche Fahrzeuge gekoppelt (FLEUREN 2009).

In ersten Untersuchungen zweier Verfahren für die Außenwirtschaft zeigte sich, dass die Genauigkeit meist in einem unbefriedigenden Bereich von etwa 2 m liegt. Auch sind die Verfahren durch eine geschlossene Datenstruktur relativ unflexibel. Für innenwirtschaftliche Verfahren sind Methoden auf Basis von GPS-Systemen aufgrund von Gebäudeabschattungen zur Messung von Strecken noch nicht geeignet.

4.2 Arbeitszeitmessung in der Innenwirtschaft

Für Arbeitsverfahren in der Innenwirtschaft sind ebenfalls Ansätze automatisierter Arbeitszeiterfassung vorhanden. So wurde für das Arbeitsverfahren Melken von der Industrie ein Messverfahren entwickelt, welches den Arbeitszeitaufwand pro Kuh misst, um Empfehlungen zur Verbesserung der Melkroutine zu erstellen. Mithilfe dieses Verfahrens ist es jedoch nicht möglich, weitere Einflussgrößen, wie z. B. die zurückgelegte Strecke des Melkers zu erfassen.

Es soll deshalb anhand des erstellten Anforderungskatalogs überprüft werden, inwiefern weitere Mess-, Sensor- und Datenübertragungstechniken wie WLAN-Ortung, RFID (radio frequency identification), Radarsensoren, Ultraschall oder Videoanalyseverfahren, welche in anderen Bereichen – beispielsweise im Rettungswesen – verwendet werden, zur automatisierten Arbeitszeitmessung, zur Lokalisierung von Arbeitspersonen und zur Einflussgrößenerfassung geeignet sind. Diese dienen hauptsächlich dazu die Haupteinflussgröße „Wegstrecke“ abzubilden. Ein sehr wichtiges Kriterium ist hierbei die Genauigkeit der Positionsangabe. In Tabelle 2 werden verschiedene Sensortechniken hinsichtlich ihrer Genauigkeit miteinander verglichen (MAUTZ 2009).

Tab. 2: Vergleich von Sensortechniken zur Erfassung von Einflussgrößen

Tab. 2: Comparison of different sensor technology for measuring influence factors

Sensortechnik	Max. Genauigkeit	Bemerkungen
Funkwellen auf WLAN-Basis	± 5 m	Störung durch Metall Infrastruktur oft schon vorhanden
Radar	± 2 km/h	kann Strecke aufzeichnen, jedoch keine Positionsangabe
RFID	± 0.5 m	Störung abhängig von Frequenz
Infrarot	± 0.05 m	Störung durch Staub
Videoverfahren	± 0.4 m	Störung durch Licht
Ultraschall	± 0.02 m	Störung durch Metall

Neben der Genauigkeit der Wegstreckenmessung, ist es zudem wichtig, dass sich die Sensortechnik in das gesamte Messverfahren integrieren und mit weiteren Sensoren und Zeitmesseinrichtungen verbinden lässt.

5 Schlussfolgerungen

Zur Entwicklung einer automatisierten Methode der Arbeitszeit- und Einflussgrößenerfassung soll eine Sensortechnik verwendet werden, welche eine möglichst hohe Genauigkeit aufweist. Da in landwirtschaftlichen Gebäuden jedoch ein erhebliches Störpotenzial durch Metall, Feuchtigkeit oder Staub herrscht, ist in weiteren Untersuchungen zu klären, welche Sensorik am besten geeignet ist.

Bei der Auswahl ist des Weiteren eine möglichst hohe Flexibilität der Sensortechnik zu berücksichtigen. Das Messverfahren soll sowohl für Arbeiten in der Außenwirtschaft als auch in der Innenwirtschaft verwendet werden können.

Literatur

- Auernhammer, H. (1986): Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskriptdruck der Vorlesung am Institut für Landtechnik der TU-München
- Fleuren, T. (2009): iGreen - Landwirtschaft der Zukunft. ICSY Report. TU Kaiserslautern 4, S. 1-2
- Haidn, B. (1990): Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Modellkalkulationen in der Zuchtsauenhaltung. Dissertation. TU München-Weihenstephan
- Luzcak, H. (1998): Arbeitswissenschaften. Berlin, Springer Verlag
- Mautz, R. (20089): Overview of current indoor positioning systems. In: Geodesy and cartography 35, pp. 18-22
- Schick, M. (2006): Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung. Ergonomia Verlag
- Schrade, S.; Keck, M.; Schick, M. (2004): Vergleichende Bewertung von Methoden zur Erfassung des Arbeitszeitaufwandes in der Mutterkuhhaltung. FAT-Schriftenreihe 62, S. 27-36

Die Beurteilung der Tiergerechtheit von intensiven Haltungssystemen durch die Bewertung nach Welfare Quality®: Die Mastschweinehaltung in Nordwestdeutschland

The application of animal welfare standards in intensive production systems using the assessment protocols of Welfare Quality®: Fattening pig husbandry in Northwest Germany

DENNIS OTTEN, ELISA ANNAS, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Tiergerechtheit, Welfare Quality, Mastschweinehaltung
Keywords: animal welfare, Welfare Quality, fattening pig husbandry

Zusammenfassung

Die folgende Studie ist ein erster Schritt, um die Reliabilität und Praktikabilität der Tiergerechtheitsbewertung intensiver Haltungssysteme der Mastschweinehaltung durch den tierbasierten Ansatz nach Welfare Quality® zu analysieren. Es wurde deutlich, dass das System mit einer geringen Variabilität in der Bewertung den Anforderungen unter intensiven Produktionsbedingungen grundsätzlich gerecht werden kann. Die verhaltensbasierten Bewertungen hatten hierbei mit einer höheren Variabilität stückweit eine vermehrte Subjektivität in der Bewertung als die klinisch- und ressourcenorientierten Messungen. Ebenso scheinen nicht immer alle Messungen für die Bewertung intensiver Haltungsformen sensibel genug zu reagieren, weil sich bei einigen unterschiedlichen Messungen exakt die gleichen Werte ergaben. Abgesehen hiervon zeigt die Primärstudie, dass das System ein gutes Instrument ist, um die intensive Mastschweinehaltung valide und praktikabel zu bewerten.

Summary

This paper is a first step to analyze the reliability and feasibility of the on-farm welfare assessment with regard to the animal-related measures of Welfare Quality® in intensive fattening pig husbandries. It became apparent that the system in essence, fulfils the requirements of a sound assessment of animal welfare under intensive production with low on-farm variability. The behavior-based measurements had a higher degree of within-farm variability than clinical- and resource-based measurements as the assessment involves a greater degree of subjectivity. Some measurements seemed to be of low sensitivities. Despite this, this preliminary study indicates that the assessment system is a reliable and feasible tool for assessment.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Tiergerechtigkeit von Produktionssystemen ist in der Vergangenheit zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses gerückt (BLOKHUIS et al. 2008). Insbesondere intensive Haltungssysteme werden häufig unter dem Aspekt des Wohlergehens der Tiere kritisch diskutiert (TEMPLE et al. 2011a, 2011b). Diese zunehmenden Ansprüche lassen die Forderungen nach einem übergreifenden Ansatz eines On-Farm-Bewertungssystems stetig steigen (Welfare Quality 2009). Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des „6th Framework Programme on Food Quality and Safety“ der Europäischen Union das System nach Welfare Quality® konzipiert, welches einen neuen international führenden Ansatz darstellt, um die Aspekte der Tiergerechtigkeit in die Produktion tierischer Erzeugnisse zu integrieren. Das Projekt wurde von 2006 bis 2010 abgewickelt. Beteiligt waren 13 europäische und vier lateinamerikanische Länder mit insgesamt 44 Institutionen (Welfare Quality, BLOKHUIS et al. 2008).

Ziel der Studie war es, am Beispiel der Mastschweinehaltung aufzuzeigen, inwiefern das Bewertungssystem nach Welfare Quality® geeignet ist, die Tiergerechtigkeit in intensiven Haltungssystemen zu analysieren. Es werden Anhaltspunkte für die vor- und nachteiligen Aspekte der Mastschweinehaltung in intensiven Haltungssystemen aus Sicht des Systems herausgearbeitet und die Durchführung als auch die Wiederholbarkeit der Bewertung dargestellt.

2 Tiere und Methodik

Auf drei Mastbetrieben mit intensiver Haltungssysteme wurden jeweils sechs Analysen (wöchentlich) mit dem Bewertungssystem durchgeführt. Die Betriebe lagen in Nordwestdeutschland und entsprachen sowohl von der Bestandsgröße (1 700–2 500 Tiere) als auch von der Ausstattung und dem Technikstand den typischen Gegebenheiten intensiver Haltungssysteme der Mastschweinehaltung dieser Region. Alle Ställe waren wärmege-dämmt, zwangsbelüftet und mit Vollspaltenboden ausgestattet.

Grundlage für die Analyse des Bewertungssystems nach Welfare Quality® ist ein dreistufiger Prozess. Die Gesamtbewertung des Welfare-Quality-Systems, setzt sich aus vier Prinzipien zusammen: „Gute Fütterung“, „Gute Unterbringung“, „Gute Gesundheit“ und „Artgemäße Verhaltensweisen“. Diesen Prinzipien liegen zwölf Kriterien zugrunde, welche sich aus verschiedenen Indikatoren ergeben. Tabelle 1 stellt diesen dreistufigen Prozess der Bewertung der Tiergerechtigkeit nach Welfare Quality® zusammenfassend dar (Welfare Quality 2009, BOTREAU et al. 2007).

Tab. 1: Der dreistufige Bewertungsprozess nach Welfare Quality® (BOTREAU et al. 2007, VEISSIER und MIELE 2007)

Tab. 1: The three-step evaluating process of Welfare Quality® (BOTREAU et al. 2007, VEISSIER and MIELE 2007)

Prinzipien	Kriterien	Indikator
Gute Fütterung	1. Abwesenheit von länger anhaltendem Hunger	Konditioneller Zustand des Tierkörper
	2. Abwesenheit von länger anhaltendem Durst	Verfügbarkeit von Wasser
Gute Unterbringung	3. Ruhekomfort	Schleimbeutelentzündungen, Kot am Körper
	4. Thermischer Komfort	Zittern, Hecheln, Haufenliegen
	5. Bewegungsfreiheit	Platzangebot
Gute Gesundheit	6. Abwesenheit von Verletzungen	Lahmheiten, Wunden am Körper, Schwanzbeißen
	7. Abwesenheit von Krankheit	Verlustrate, Husten, Pumpen, verdrehte Schnauze, Mastdarmvorfall, Durchfall, Zustand der Haut, Hoden- und Nabelbruch
	8. Abwesenheit von Schmerz durch falsches Management	Kastration, Schwanzkürzen
Artgemäße Verhaltensweisen	9. Ausdruck von sozialem Verhalten	Sozialverhalten
	10. Ausdruck anderer Verhaltensweisen	Erkundungsverhalten
	11. Gute Mensch-Tier-Beziehung	Angst vor Menschen
	12. Abwesenheit von genereller Angst	Qualitative Verhaltenserfassung

Die genaue Durchführung der Erhebung der jeweiligen Indikatoren sind nach dem „assessment protocol for pigs“ (Welfare Quality®) durchgeführt worden. Um die valide Umsetzung der Protokolle zu gewährleisten, wurde eine Schulung im Rahmen des Welfare-Quality-Konsortiums absolviert. Die Datenauswertung erfolgte mittels „calculation of Welfare Scores“.

3 Ergebnisse

In der Gesamtbewertung (excellent, enhanced, acceptable, not classified) wurden 72,3 % aller Untersuchungstage in die zweite Kategorie „enhanced“ eingestuft, während 27,7 % der Untersuchungstage der Kategorie „acceptable“ zugeordnet wurden. Wesentliche Kritikpunkte wurden in der Studie in der Wasserversorgung, dem Platzangebot und dem Ausleben artgemäßer Verhaltensweisen deutlich.

Die „Abwesenheit von Schmerzen durch falsches Management“ wird durch die Kastration und dem Schwanzkupieren abgewertet. Die letzten vier Kriterien in Abbildung 1 stellen das „Ausleben artgemäßer Verhaltensweisen“ dar. Lediglich der „Ausdruck von Sozialverhalten“ (\bar{x} 74,8 \pm 11,4) zeigt ein positives Ergebnis. Demgegenüber wird der „Ausdruck anderer Verhaltensweisen“ (\bar{x} 41,0 \pm 9,9) als auch die „Gute Mensch-Tier-Beziehung“ (\bar{x} 40,9 \pm 14,9) deutlich abgewertet. Die Ursachen liegen in dem geringen Erkundungsverhalten in der Bucht oder haben mit möglichen veränderbaren Materialien

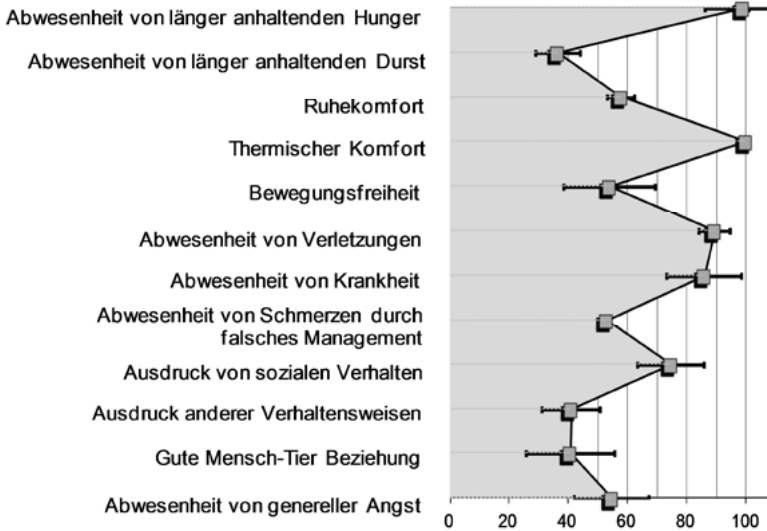


Abb. 1: Auftreten der zwölf Kriterien (Mittelwert/StA)
 Fig.1: Present of the twelve criteria (mean/SA)

und schreckhaften Verhalten gegenüber dem Tierhalter beim Betreten der Bucht zu tun. Abbildung 1 stellt die zwölf Kriterien nach Welfare Quality® grafisch dar.

Beim Mittelwertvergleich zwischen den Betrieben treten signifikante Unterschiede lediglich bei den Kriterien „Abwesenheit von anhaltendem Hunger“, „Abwesenheit von anhaltendem Durst“, „Bewegungsfreiheit“ und dem „Ausdruck von Sozialverhalten“ auf. Die sechs Wiederholungen zeigen ebenso eine geringe innerbetriebliche Variabilität. Der „thermische Komfort“ und die „Abwesenheit durch Schmerz durch falsches Management“ zeigen keine und die „Abwesenheit von lang anhaltendem Hunger“ eine sehr geringe Variabilität. Demgegenüber weist die Messung des Prinzips „artgemäßen Verhaltensweisen“ (0,089) den höchsten Variationskoeffizienten auf (Ausdruck von Sozialverhalten = 0,089; Ausdruck anderer Verhaltensweisen = 0,045; Gute Mensch-Tier-Beziehung = 0,312; Abwesenheit von genereller Angst = 0,155).

Der Zeitaufwand für die Durchführung eines Betriebsbesuches beläuft sich auf vier bis fünf Stunden. Abhängig ist dieses von der Betriebsgröße, deren Struktur und dem Nachgespräch für die Erläuterung der Ergebnisse. Wichtig für die Bewertung sind insbesondere die Beachtung von Fütterungszeiten, Umstellungen von Tieren oder durchgeführte Behandlungen, welche die Untersuchungsergebnisse beeinträchtigen können. Insgesamt stellt die Analyse der Welfare-Quality-Protokolle in intensiven Tierhaltungsbetrieben dar, dass die Anwendungsbreite des Ansatzes auch für die Analyse von intensiven Haltungsformen geeignet ist um die Tiergerechtigkeit des Systems zu bewerten.

Abbildung 2 stellt die sich aus den dargestellten Kriterien ergebenden Prinzipien für die drei Betriebe und deren Standardabweichungen innerhalb der einzelnen Besuche dar.

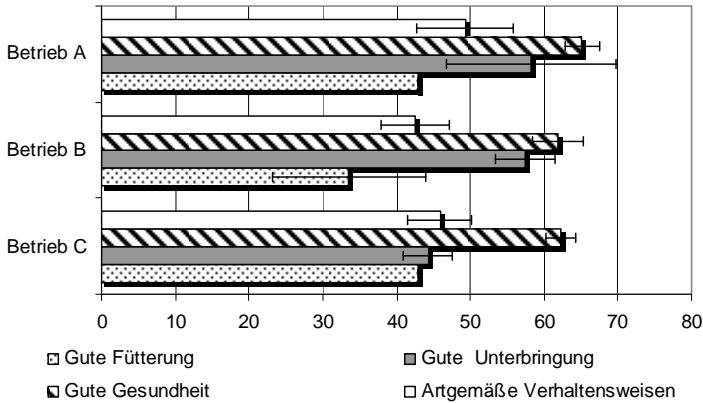


Abb. 2: Darstellung der vier Prinzipien nach Welfare Quality®
 Fig. 2: Evaluation of the four principles of Welfare Quality®

Es wird deutlich, dass die Betriebe bezüglich der Erfüllung der vier Prinzipien durchaus eine einheitliche Richtungsweisung durch das System erkennen lassen, aber dennoch Unterschiede in der Bewertung bestehen.

Die Fütterung stellt bei allen Betrieben das am schlechtesten bewertete Prinzip dar. Die Begründung hierfür liegt in der Wasserversorgung. Insbesondere Betrieb B hatte funktionstechnische Mängel und mit 30 Schweinen je Tränke wurden die Anforderungen der Tierschutznutztierhaltungsverordnung nicht eingehalten. Ansonsten präsentieren sich die Tiere in einem guten Ernährungszustand, sodass auch Schwankungen bei der Bewertung einer „Guten Fütterung“ ausblieben. Das Prinzip der „Artgemäßen Verhaltensweisen“ zeigte, dass die Tiere keine groben negative Verhaltensweisen aufweisen, es jedoch in dem Ausleben bestimmter Verhaltensweisen Defizite gibt. Das fehlende Erkundungsverhalten und eine geringe Mensch-Tier-Beziehung bei gleichzeitig gutem Ausdruck sozialer Verhaltensweisen und positivem emotionalen Zustand waren hierfür ausschlaggebend. Die „Gute Unterbringung“ wurde im oberen Mittel eingestuft. Insbesondere im Betrieb C waren verschmutzte Tiere und Schleimbeutelentzündungen dafür verantwortlich. Neben einem guten thermischen Komfort kritisierte das System insbesondere das vorhandene Platzangebot. Den besten Wert erreichte das Prinzip der „Guten Gesundheit“. Hier traten Krankheitsbilder und Verletzungen nur vereinzelt und latent auf. Wesentlicher Kritikpunkt ist hier die Kastration auf den Betrieben.

4 Diskussion

Wesentliche Kritikpunkte wurden in der Wasserversorgung und dem Ausleben artgemäßen Verhaltensweisen deutlich. Eine ausreichende Wasserversorgung sollte auch bei der Wasserzugabe über das Futter selbstverständlich sein. Positiv sind der körperliche Gesundheitszustand und die Unterbringung der Tiere (TEMPLE et al. 2011a). Bei dem Ausleben artgemäßer Verhaltensweisen sind die Tiere weniger durch negatives Verhalten

aufgefallen, sondern eher durch das fehlende Ausleben positiver Verhaltensweisen. Bessere Beschäftigungsmöglichkeiten sind ebenso aus Sicht des Systems wie eine bessere Mensch-Tier-Beziehung für eine bessere Tiergerechtigkeit wünschenswert. Auch wenn die qualitative Verhaltensanalyse einer gewissen Subjektivität in der Bewertung unterliegt (TEMPLE et al. 2011b), trägt sie gut der Forderungen Rechnung, neben den physiologischen Parametern auch die Psyche als „cognitive process“ einzubeziehen (DUNCAN und PETHERICK 1991). Insbesondere intensive Haltungssysteme stehen oftmals in der Kritik. Insgesamt entspricht der Ansatz nach Welfare Quality® den zunehmenden Forderungen, das Tier vermehrt im Mittelpunkt der Bewertung zu sehen (Welfare Quality 2008). Die tierbezogene Analyse des Ansatzes nach Welfare Quality® trägt jedoch nicht nur dem langjährigen polarisierenden Lagern des Paradigmenstreites zwischen den Verfechtern einer haltungssystembezogenen und einer gesundheitsbezogenen Perspektive Rechnung, sondern ist auch vor dem Hintergrund der Bewertung intensiver Haltungsformen als positiv zu bewerten. Häufig werden intensive Haltungsformen mit enger Betrachtung auf ressourcenorientierten Indikatoren deklariert. Die starke Orientierung des Bewertungssystems am Tier entspricht besonders der Tatsache, dass die Tiergerechtigkeit dieser Haltungsformen im hohen Maße vom Management und Umgang des Nutztierhalters mit dem System geprägt wird (KNIERIM und WINKLER 2008). So ist es in heutigen Produktionsprozessen der Nutztierhaltung generell schwierig, das Wohl eines Tieres nur vor dem Hintergrund des Systems ressourcenorientiert zu bewerten. Das Tier selbst kann am besten den Umgang mit der physikalischen und sozialen Umwelt und damit den aktuellen Status des Wohlbefindens reflektieren.

Literatur

- Blokhuis, H.J.; Keeling, L.J.; Gavinelli, A.; Serratos, J. (2008): Animal welfare's impact on the food chain. *Trends Food Sci. Technol.* 19(1), pp. 79–87
- Duncan I.J.; Petherick, J.C. (1991): The implications of cognitive processes for animal welfare. *J. Anim. Sci.* 69(12), 5017–5022
- Knierim, U.; Winkler, C. (2009): On-farm welfare assessment in cattle: Validity, reliability and feasibility issues and future perspectives with special regard to the Welfare Quality approach. *Anim. Welfare* 19, pp. 451–458
- Temple, D.; Dalmau, A.; Ruiz de la Torre, J.L.; Manteca, X.; Velarde, A. (2011a): Application of the Welfare Quality® protocol to assess growing pigs kept under intensive conditions in Spain. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 6(2), pp. 138–149
- Temple, D.; Manteca, X.; Velarde, A.; Dalmau, A. (2011b): Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 131(1-2), pp. 29–39
- Welfare Quality (2009): Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sow and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, The Netherlands

Messprotokoll zur Ermittlung repräsentativer Emissionsdaten aus offenen Stallanlagen – Ein Beitrag zur Qualitätssicherung

Test protocol for naturally ventilated housing systems to provide reliable and comparable emission data – A contribution to quality management

BRIGITTE EURICH-MENDEN¹, BARBARA AMON², WERNER BERG², EVA GALLMANN³, EWALD GRIMM¹, HANS-DIETER HAENEL⁴, EBERHARD HARTUNG⁵, THOMAS HEIDENREICH⁶, MARGRET KECK⁷, STEFAN NESER⁸, INGA SCHIEFLER⁹, SABINE SCHRADE⁷, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE¹⁰

¹ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt

² Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

³ Universität Hohenheim, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

⁴ Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

⁵ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel

⁶ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Versuchsgut Köllitsch, 01311 Dresden

⁷ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Schweiz

⁸ LfL Bayern, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

⁹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn

¹⁰ Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechna

Schlüsselwörter: Messprotokoll, Stallsysteme, Volumenstrombestimmung

Keywords: test protocol, housing systems, ventilation rate

Zusammenfassung

Belastbare, vergleichbare und repräsentative Daten sind eine Grundvoraussetzung, um Emissionsfaktoren aus Quellen der Tierhaltung ableiten zu können. Das KTBL hat daher gemeinsam mit der KTBL Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ Messprotokolle zur Ermittlung vergleichbarer Emissionsdaten aus geschlossenen und offenen Stallanlagen erstellt. Die Messprotokolle machen Vorgaben zur Beschreibung des Messobjektes, geben Hinweise auf die zu verwendenden Messverfahren, die Anzahl der Wiederholungen und die Messdauer. In offenen Stallsystemen stellt insbesondere die Ermittlung des Luftvolumenstroms eine besondere Herausforderung dar. Am Beispiel eines Milchviehstalles wird aufgezeigt, welche Methoden zur Messung des Luftvolumenstroms bei Stallgebäuden mit freier Lüftung und von Flächenquellen verfügbar sind und wo deren Vor- und Nachteile bei der Messung liegen.

Summary

To derive emission factors from animal husbandry reliable and comparable data are required. KTBL and the KTBL working group “Emission factors animal husbandry” have developed test protocols to provide comparable emission data from closed and naturally ventilated housing systems. The test protocols outline the description of the measuring object, the methods to apply, the number of repetitions and the duration of measurements. In naturally ventilated housing systems the measuring of the ventilation rate is a challenge. At the example of cubicle housing methods available for free ventilation and area sources and their advantages and disadvantages are described.

1 Einleitung

Emissionsfaktoren für Tierhaltungsverfahren sind eine wesentliche Grundlage zur Berechnung von Emissionen sowohl im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung, als auch für die Beurteilung der Umweltwirkung von Stallbauvorhaben in Genehmigungsverfahren. Die Ableitung vergleichbarer und repräsentativer Emissionsfaktoren aus Messungen ist nur dann möglich, wenn diese Messungen in Art und Häufigkeit Mindestkriterien erfüllen, nachvollziehbar und standardisiert durchgeführt wurden und darüber hinaus die Begleitparameter ausreichend dokumentiert sind.

Nicht nur auf nationaler Ebene sondern auch international wird gefordert, Emissionsfaktoren aus Quellen der Tierhaltung und die Wirkung von Emissionsminderungsmaßnahmen nach gleichen Vorgaben zu ermitteln, um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Aufbauend auf einem von Experten aus Dänemark, den Niederlanden und Deutschland erstellten Messprotokoll hat das KTBL gemeinsam mit der KTBL Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ Messprotokolle für die Messung in geschlossenen und offenen Stallsystemen erarbeitet.

2 Beschreibung des Messobjektes

Zur Interpretation der Messergebnisse und für deren Übertragung in der Praxis ist es erforderlich, das Messobjekt hinsichtlich der Parameter zu beschreiben, die einen Einfluss auf die zu messenden Emissionen haben. In Tabelle 1 sind einige der wichtigsten Parameter am Beispiel eines Liegeboxenlaufstalls für die Milchviehhaltung dargestellt.

Zudem ist eine Skizze oder Zeichnung (Draufsicht, Schnitt) notwendig, aus der die Lage der Zu- und Abluftpunkte bzw. auch die Messpunkte hervorgehen.

3 Messstrategien

Im Messprotokoll werden zwei verschiedene Messstrategien vorgegeben. Wird eine Vergleichsmessung gegenüber einer Referenz ermittelt, sind auf mindestens zwei Betrieben Messungen durchzuführen. Beide Betriebe sollten das gleiche Haltungssystem beschreiben und eine vergleichbare Ausgestaltung und Organisation aufweisen.

Untersucht man einen Betriebstyp ohne Referenzanlage, sind die Messungen auf mindestens vier Betrieben mit demselben Haltungssystem durchzuführen. Dies gilt für Messungen von Stallsystemen und Minderungsmaßnahmen.

Tab. 1: Auszug aus dem Messprotokoll für offene Stallsysteme – Beschreibung des Messobjektes
 Tab. 1: Part of the test protocol for naturally ventilated housing systems – description of the measuring object

Tierkategorie: Milchvieh

Produktionsrichtung: Milch

Kennzahlen zur Tierleistung: Milch: u. a. Leistung, Inhaltsstoffe, Milchwahnhstoffwert, Laktationsstadium, Reproduktionsleistung, Erstkalbealter, Zwischenkalbezeit

Kurzbeschreibung Haltung: Liegeboxenlaufstall

Bauausführung: u. a. Fassaden, Dach, ggf. Wärmedämmung, Raumgestaltung, Stallgröße, Bodengestaltung (Bodenart(en), Funktionsbereiche, Flächenanteil zuordnen, Neigung der Flächen)

Tierplatzzahl bzw. Abmessungen: Gruppengröße, Flächen pro Tier (Lauf- und Liegeflächen), Luftvolumen pro Tier, mit und ohne Auslauf, Aufenthaltsdauer im Laufhof (ständig zugänglich? Welche Fütterung?), Liegeplatzgestaltung (Art der Liegefläche, Einstreu), Laufflächengestaltung (Bodenbelag, Gefälle)

Fütterung: Beschreibung der Technik und des Managements (Fütterungszeiten, Nachschiebezeiten usw.), Ration (Masse, Inhaltsstoffe, TS-Gehalt, Rohprotein-Gehalt usw.)

Lüftung/Klimatisierung: Ausrichtung Stall, Hauptwindrichtung, Standortbeschreibung extra durchführen (wo ist der Stall, wie ist die Umgebung gestaltet, Lageplan usw.), Beschreibung Stallöffnungen, Temperaturniveau im Stall, allgemeine Angaben zum Standortklima (Jahresmitteltemperatur, Sommer-/ Winter, Tages- und Jahresgänge), Außen- und Stallklima (Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, relative Luftfeuchtigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Strahlung)

Entmistung: Art, Häufigkeit der Entmistung (Lagerdauer im Stall, Dauer der Lagerung unterm Stall, Intervall der Homogenisierung), Lauffläche der Gülle und Güllelager im Stall (Masse, N-Gehalt, TS-Gehalt, pH-Wert), Laufflächenverschmutzung, Entmistung Laufhof beschreiben, Festmist- und Jaucheanfall

... weitere Beschreibungen: **Lager Wirtschaftsdünger, Management** (Melkzeiten, Fütterungszeiten usw.), vorhandene Minderungsmaßnahmen usw.

Für alle Tierkategorien werden sechs 2-Monatsperioden pro Jahr berücksichtigt. Pro Betriebsstandort ist eine Messung pro Periode durchzuführen, um eine Verteilung der Probenahmetage über das Jahr zu gewährleisten. Die Verteilung der Probenahmetage über ein Jahr hängt jedoch vom Verlauf der Emissionen der betrachteten Tierkategorie ab:

- stabiler Emissionsverlauf, z. B. Milchviehhaltung
- linearer Anstieg der Emissionen im Verlauf des Produktionszyklus verbunden mit dem Wachstum des Tiers, z. B. Schweineproduktion
- exponentieller Anstieg der Emissionen im Verlauf des Produktionszyklus verbunden mit dem Wachstum des Tiers, z. B. Masthähnchenproduktion

Für Tierkategorien mit stabilem Emissionsverlauf (z. B. Milchviehhaltung) sollten die Probenahmetage zufällig in jeder 2-Monatsperiode ausgewählt werden. Für Messungen in Milchviehbetrieben mit Weidehaltung sollten die Messungen nur in Perioden durchgeführt werden, wenn die Tiere im Stall gehalten werden.

Weitere Einzelheiten finden sich in den internationalen Testprotokollen von VERA (2012).

3 Messbedingungen und Messmethoden

Die Messungen können mit unterschiedlichen Messmethoden durchgeführt werden. Diese sind im Messprotokoll genau zu dokumentieren. Hinsichtlich der Messbedingungen und -methoden sind bestimmte Mindestanforderungen zu erfüllen. Tabelle 2 stellt für die Parameter Geruch und Ammoniak die Messbedingungen und Messmethoden dar.

Im Vorfeld der Messungen müssen repräsentative Messorte in Abhängigkeit von Stall, Standort, Witterung und Messmethode begründet und dokumentiert werden. Neben Stoffkonzentrationen sind weitere Parameter, die z.B. zur Bilanzierung von N- und C-Strömen sowie zur Beurteilung der Wirkung von Minderungsmaßnahmen relevant sind, zu erfassen. Diese können u. a. die Zusammensetzung des Futters, der Wirtschaftsdünger aber auch Energie- und Wasserverbrauch sein. Weitere zu messende Parameter sind im Messprotokoll aufgelistet.

Tab. 2: Messbedingungen und -methoden zur Messung von Geruch und Ammoniak (KTBL 2013)

Tab. 2: Measurement conditions and -methods for measuring odour and ammonia (KTBL 2013)

Parameter/ Einheiten Parameter/ Unit	Messbedingungen (wo, wie und wie oft) Measurement conditions (where, how, how often)	Messmethode (Referenz zur Methode) Measurement method (reference to method)
Geruch OU/m ³	Diskontinuierlich: <ul style="list-style-type: none"> • Mindestanzahl und Verteilung der Messtage (Tab. 1 und 2) • Mindestens drei Proben pro Tag • Messungen zur Tages- und zur Nachtzeit • Messdauer: zwischen 30 und 120 Minuten • Messgefäß: Nalophan; Mindestgröße 10–12 l • Probenahme: repräsentative Orte im Stall oder in der Abluft, repräsentativ räumlich und zeitlich 	<ul style="list-style-type: none"> • VDI-Richtlinie: DIN EN 13725 • Methoden, die den CEN Standard erfüllen • VDI-Richtlinie: VDI 3880
Ammoniak mg/m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Mindestanzahl und Verteilung der Messtage (Tab. 1 und 2) • Messdauer: 24 Stunden • kontinuierliche Messungen basierend auf Stundenwerten (24 Proben) • Probenahme: repräsentative Orte im Stall oder in der Abluft, repräsentativ räumlich und zeitlich • Korrektur der Hintergrundkonzentration 	<ul style="list-style-type: none"> • NDIR • FTIR • PAS • NO_x-Konverter, • Anreicherung: Richtlinie VDI zu Impinger

4 Volumenstrombestimmung

Parallel zu den Konzentrationsmessungen ist der Volumenstrom zu erfassen. Insbesondere in offenen Stallsystemen stellt die Ermittlung des Luftvolumenstroms aufgrund der oft sehr großen Stallöffnungen und der dadurch bedingten starken Witterungseinflüsse eine besondere Herausforderung dar. Die KTBL-Arbeitsgruppe hat in diesem Zusammenhang die wichtigsten Methoden zur Messung des Volumenstroms bzw. der Emissionen bei Stallgebäuden mit freier Lüftung und von Flächenquellen zusammengestellt und diese hinsichtlich des Einsatzbereiches bewertet.

Eingesetzt werden können diese Methoden bei

- freigelüfteten Ställen (u.a. Trauf-First-Lüftung, Offenstall mit Querlüftung, Offenfrontstall, Schachtlüftung, Spaceboard- und Firstlüftung)
 - freigelüfteten Ställen mit Auslauf/Laufhof: Stall freigelüftet, Auslauf/Laufhof am Stallgebäude angebaut oder zwischen zwei Stallgebäuden integriert, Mehrgebäude-ställe
 - Flächenquellen wie Futterlager, Wirtschaftsdüngerlager (Flüssig- bzw. Festmist) usw..
- Zur Ermittlung der Emissionen aus offenen Stallsystemen eignen sich verschiedene Tracergas-Methoden und bei entsprechenden Gradienten auch Bilanzierungsmethoden. Bei Flächenquellen kann auf die Kammertechniken zurückgegriffen werden.

In Tabelle 3 sind beispielhaft die Tracergas-Methoden und ihre Einsatzmöglichkeiten dargestellt. Weitere Methoden sind im Messprotokoll für offene Stallsysteme (KTBL 2013) beschrieben.

Tab. 3: Tracergas-Methoden zur Messung des Luftvolumenstroms bzw. der Emissionen in Stallgebäuden mit freier Lüftung und von Flächenquellen (KTBL 2013)

Tab. 3: Trace gas methods for measuring ventilation rate respectively emissions in naturally ventilated housing systems (KTBL 2013)

Methode Method	Einsatzbereich, Prinzip Application field, principle	Bewertung Evaluation	Weitere Anmerkungen Further comments
Tracergas-Methoden			
Konstante Zudosierung (Tracer-Ratio)	<ul style="list-style-type: none"> • Flächenquellen: Stall, Laufhof, Lager Abbildung der Emissionsquelle anhand eines zudosierten Tracergases; • Berechnung der Emission aus dem zudosierten Tracergas-Massenstrom und dem Konzentrationsverhältnis von Tracergas zu emittierendem Gas 	<ul style="list-style-type: none"> • unter Praxisbedingungen möglich • Echtzeit-Messungen • etabliert bei freier Lüftung • hohe zeitliche Auflösung möglich • hoher technischer Aufwand erforderlich • gute Durchmischung von Tracer und Stallluft zwingend • repräsentative Zudosierung und Probenahme notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • geeignet für freigelüftete Stallsysteme auch mit Laufhof • kontinuierliche Messung bei konstanter Zudosierung möglich
Abklingmethode		<ul style="list-style-type: none"> • sehr genaue Abklingkurven möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • keine kontinuierliche Messung bei der Abklingmethode möglich
Konstante Konzentration		<ul style="list-style-type: none"> • hoher Tracerverbrauch und aufwendiges Regulationssystem 	<ul style="list-style-type: none"> • technisch kaum realisierbar bei stark dynamischen Prozessen

5 Fazit

Die Messprotokolle stellen einen ersten Schritt zur Qualitätssicherung bei der einheitlichen Ermittlung von Emissionsdaten bei Stallsystemen und insbesondere bei freigelüfteten Stallsystemen dar. Eine Überprüfung der Protokolle in regelmäßigen Abständen ist geplant. Dabei werden die praktischen Erfahrungen aus der Anwendung der Protokolle berücksichtigt. Insgesamt tragen die Messprotokolle dazu bei, die Ergebnisse verschiedener Versuchsanstellungen vergleichbar und übertragbarer zu machen.

Literatur

KTBL (2013): http://www.ktbl.de/fileadmin/Bilder/Fachinfo/Umwelt/Messprotokoll__offener__Stall_2013.pdf, Zugriff am 16.05.2013

VDI-Richtlinie: DIN EN 13725 Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie; Deutsche Fassung EN 13725:2003, Berichtigungen zu DIN EN 13725:2003-07; Deutsche Fassung EN 13725:2003/AC: 2006, Beuth Verlag, Berlin

VDI 3880: Olfaktometrie – Statische Probenahme. 2011-10, Beuth Verlag, Berlin

VERA (2012): <http://www.veracert.eu/en/technology-manufacturers/test-protocols/>, S. 52ff, Zugriff am 16.05.2013

LfL-Modellbetrieb – Investitionsbedarf in der Ökosauenhaltung

LfL-model operation – Investment requirements for organic sow husbandry

JOCHEN SIMON, FRANK SCHNEIDER, CHRISTINA JAIS

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

Schlüsselwörter: Bauwesen, ökologische Ferkelerzeugung, Baukosten
Keywords: livestock buildings, ecological piglet production, investment requirements

Zusammenfassung

*In der ökologischen Ferkelerzeugung werden derzeit unterschiedliche Konzepte für Hal-
tungsverfahren und Stallgebäude umgesetzt. Um fundierte Aussagen zum Investitionsbe-
darf zu erhalten, wurden Modellplanungen in baulich und funktional unterschiedlichen
Varianten erarbeitet. Basis dieser Planungen ist ein Betrieb mit 168 produktiven Sauen.
Die Herde besteht aus sieben Sauengruppen und wird im 3-Wochen-Rhythmus geführt.*

*Für die drei Produktionsbereiche Abferkeln, Decken/Warten und Ferkelaufzucht wur-
den Stallanlagen in zwei Grundmodellen geplant. Flächen und die sonstige Ausstattung
entsprechen der EG-Öko-Verordnung (EG) Nr. 889/2008.*

*Der Investitionsbedarf der Stallmodelle wurde gemäß DIN 276 „Kosten im Hochbau“
über Firmenangebote sowie einer eigenen Kostendatenbank ermittelt. Der Investitions-
bedarf je Sauenplatz beträgt für die 168er Modelle bei reiner Fremdleistung etwa 7.300
bis 7.650 € netto.*

Summary

*In ecological piglet production, different concepts for housing techniques and animal
house buildings are currently being implemented. In order to obtain well-founded data
about the investment requirements, model plans based on different constructional and
functional variants were developed. The basis of these plans is a farm with 168 produc-
tive sows. The herd consists of 7 sow groups and is managed in a 3-week rhythm.*

*For the three production areas farrowing, mating/waiting, and piglet rearing, two
basic models of animal housing facilities were planned. Area sizes and other features
meet the requirements of the EC Eco Directive (EC) number 889/2008.*

*The investment requirements of the animal house models were determined according
to the DIN 276 standard “Costs in Building Construction“ based on company offers and
the institute’s own data base. If construction is carried out entirely by outside compa-
nies, the investment requirements per sow place amount to approximately € 7,300 to
7,650 net for the “168“ models.*

1 Einleitung und Zielsetzung

An Stallgebäude und Betriebskonzepte für Öko-Ferkelerzeugerbetriebe werden hohe Anforderungen, insbesondere bzgl. der klimatischen Bedingungen im Abferkelbereich und in der Ferkelaufzucht gestellt. Durch geringe Besatzdichten in den Kaltställen und Wärmeverluste über die Auslauföffnungen konnte über erste Messungen auf Praxisbetrieben gezeigt werden, dass im Winterhalbjahr die für die Tiere erforderlichen Temperaturen häufig nicht erreicht werden (ABRIEL und JAIS 2011). Baulich-technische Lösungen zur Temperaturhaltung sind z.B. die Dämmung der Gebäudehülle sowie die Schaffung von Kleinklimabereichen, um den Temperaturansprüchen der Tiere gerecht zu werden.

Zudem finden sich keine belastbaren Aussagen zum Investitionsbedarf. Aufgrund der Vielzahl an Produktionsverfahren und Stalltypen, die in der Praxis zu finden sind, ist ein direkter Vergleich in der Regel nicht möglich. Deshalb wurden Gesamtbetriebskonzepte in Form von Modellstallplanungen für spezialisierte Betriebe zur Erzeugung und Vermarktung von 30-kg-Ferkeln in unterschiedlichen baulichen, technischen und funktionalen Varianten erarbeitet.

2 Material und Methoden

Die Modellplanung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Fachbereichen Tierhaltung und Arbeitswirtschaft sowie mit der Naturland Fachberatung. Die Modellkonzepte umfassen alle Haltungs- und Produktionsabschnitte sowie alle erforderlichen Nebeneinrichtungen (Hygieneschleuse, Bergehalle, Gülletiefbehälter mit befahrbarer Festmistplatte, Ferkelwaage mit Verladebox, Konfiskatbehälter, Umzäunung). Ausgangsgröße war ein Modell für 84 Sauen. Mit Blick auf zukunftsfähige Betriebskonzepte wurde die Bestandsgröße auf 168 Sauen verdoppelt. Dieser Bestand wird im 3-Wochen-Rhythmus mit sieben Sauengruppen á 24 Tiere geführt. Die weibliche Nachzucht wird selbst erzeugt (Remontierungsrate etwa 35 %). Der Abferkelbereich bietet in zwei Stallabteilen Platz für insgesamt drei Sauengruppen. Im Deckbereich stehen 24 Plätze in zwei Buchten für Altsauen und zwei Gruppenbuchten für zu besamende Jungsauen zur Verfügung (inkl. etwa 20–25 % Reserveplätze). Im Wartebereich sind 96 Plätze, verteilt auf 8 Buchten vorgesehen.

Die Ferkelaufzucht beruht auf der Annahme von 10,7 abgesetzten Ferkeln je Wurf (Verkaufsalter ca. 11 Wochen). Es können zwei Wellen abgesetzter Ferkel (je Welle 12 Buchten mit ca. 22 Tieren) eingestallt werden. Flächenausstattung sowie Gestaltung der Buchten entsprechen der EG-Öko-Verordnung (Rat der Europäischen Union 2008). Der Investitionsbedarf wurde gemäß DIN 276 „Kosten im Hochbau“ über Firmenangebote sowie auf Basis einer eigenen Kostendatenbank ermittelt (SCHNEIDER und SIMON 2011).

3 Beschreibung der Modellanlagen

Bei der Planung von Modell I (mehrhäusige Anlage) wurden die Produktionsbereiche Abferkeln, Decken/Warten und Ferkelaufzucht in getrennten Gebäuden organisiert. Bei Modell II (kompakte Anlage) sind die Funktionsbereiche Abferkeln und Decken/Warten

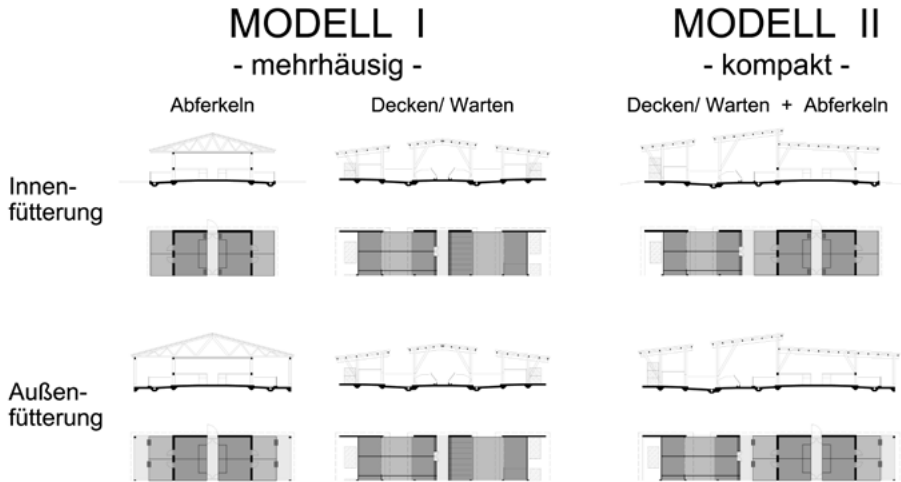


Abb. 1: Übersicht der Stallmodellvarianten
 Fig. 1: Overview of the different model variants

zusammengefasst. Als Varianten wurden die Buchten im Abferkelbereich mit Innenfütterung am zentralen Betreuungsgang und mit Außenfütterung an der Auslaufaußenseite geplant (Abb. 1).

Wesentliches Ausstattungsmerkmal bei den Abferkelbuchten ist die Abdeckung mit wärmegeprägten Sandwichelementen zur Temperaturhaltung von 12–15 °C im Liege-/Säugebereich. Zusätzlich ist die Bodenplatte gedämmt. Die Liegekisten im Deck-/Wartebereich und die Ferkelaufzuchtthütten sind ähnlich ausgestattet. Die Entmistung erfolgt in allen Stallbereichen manuell in die Ausläufe und von dort mobil zu dezentralen Sammelcontainern bzw. auf die Festmistplatte.

4 Baukonstruktion der Stallgebäude

Für die Konstruktion wurden definierte statische Annahmen getroffen. Als Tragwerk für den Deck-/Wartebereich sowie für die Ferkelaufzucht wurden verbandsausgesteifte Rahmenkonstruktionen mit flach geneigten Pultdächern gewählt. Für den Abferkelstall bei Modell I wurde als Dachtragwerk eine Konstruktion mit Satteldach-Nagelplattenbindern auf eingespannten Holzstützen angenommen (Abb. 1). Bei Modell II ist der Abferkelbereich ebenfalls als verbandsausgesteifte Rahmenkonstruktion vorgesehen. Eindeckungs-material ist Trapezblech mit einer Holzschalung als Unterdach, die einen notwendigen Schutz vor starker Aufheizung im Sommer bietet. Die Außenwände der Abferkelställe bestehen im Sockelbereich aus monolithischen Stahlbetonfertigteilen. Für die Öffnungen in die Ausläufe sind selbstschließende Auslauftüren vorgesehen. Die darüber aufgehenden Wände sind als Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Deckleistenschalung ausgeführt. Belichtung und Belüftung erfolgen über kippbare Stallfenster. Zur Verringerung des Raumvolumens und damit zur Optimierung der Raumtemperatur dient bei einer mittlere-

ren Raumhöhe von etwa 2,80 m eine abgehängte Polyurethan-Hartschaum-Decke. Die Ausläufe sind vollständig überdacht.

4.1 Deck- und Wartebereich

Bei den mehrhäusigen Stallmodellen ist der Deck-/Wartebereich als separates Gebäude in zweireihiger Aufstallung mit einem zentralen Futter- und Betreuungsgang geplant (Abb. 1). Im Deckbereich sind 24 Plätze vorgesehen. Neben einer Eberbucht (Natur sprung) sind neun weitere Plätze für deckfähige Jungsauen über 150 kg in zwei Buchten eingepplant. Dazu zwei Buchten für insgesamt 12 Jungsauen von 70–110 kg sowie drei Buchten für insgesamt 14 Jungsauen von 110–150 kg. Zusätzlich sind zwei Kranken- und Reservebuchten vorgesehen. Im Wartebereich stehen den Sauen 96 Plätze, aufgeteilt in 8 Buchten à 12 Tiere zur Verfügung.

Die Dreiflächenbuchten sind mit Selbstfangfressständen ausgestattet. An den Außenseiten befinden sich Liegekisten sowie eine dezentrale Strohlagerung für etwa 50 Quaderballen unter dem Vordach. Das Stroh wird manuell bei (teil-)geöffneten Kistenabdeckungen eingestreut. Die Entmistung erfolgt von Hand in die Ausläufe und von dort mobil. Durch den vorgelagerten Strohvorrat entsteht ein zusätzlicher Witterungsschutz nach außen.

4.2 Ferkelaufzucht

Im Raumprogramm der Modellanlage sind insgesamt 528 Ferkelaufzuchtplätze vorgesehen. Diese sind in 24 Gruppenbuchten für je 22 Ferkel in zwei Stallabteile aufgeteilt. Zusätzlich sind in jedem Stallabteil zwei Gruppenbuchten für je sechs Zuchtläufer unter 70 kg (insgesamt 24 Tiere) sowie jeweils eine Reservebucht eingepplant. Der hier vorgestellte Produktionsbereich ist in allen Modellvarianten als einreihige Aufstallung ausgeführt. Die Gebäude sind als Offenfrontställe mit den vollständig überdachten Ausläufen nach Südosten ausgerichtet. Die Ferkelhütten werden manuell von den Betreuungsgängen aus mit dem im Stall lagernden Stroh eingestreut, später manuell über die Aktivitätsbereiche in die Ausläufe und von dort mobil entmistet. Im Strohlager jedes Stallabteils steht eine Lagerkapazität für etwa 56 Quaderballen zur Verfügung. Hierdurch kann nahezu der gesamte Jahresbedarf an Stroh im Gebäude eingelagert werden. Darüber hinaus bietet das Strohlager einen zusätzlichen Witterungsschutz für den Liegebereich der Tiere. In den Aktivitätsbereichen wird Kraftfutter ad libitum über Futterautomaten angeboten.

5 Investitionsbedarf der Stallmodelle

Enthalten sind alle Stall- und Nebengebäude inkl. der haustechnischen Ausstattung, die Aufstallung mit Fütterungstechnik, das erforderliche Gülle- und Festmistlager mit den entsprechenden Zuleitungen sowie die erforderliche Umzäunung der Gesamtanlage. Gesondert gerechnet wurden die Funktionsbereiche für die weibliche Nachzucht, da diese einen eigenen Betriebszweig darstellt sowie die Außenanlagen (u. a. befestigte Wegeflächen und Vegetationsflächen). Diese Flächen können innerhalb eines Gesamtbetriebskonzeptes auch von anderen Betriebszweigen mit genutzt werden. Die Endsummen entsprechen einer Ausführung des Bauvorhabens in reiner Fremdleistung. Alle Kosten sind als Netto-Baukosten ohne Mehrwertsteuer erhoben.

6 Sauenplatzkosten der 168er Modelle

Die erforderliche Gesamtinvestition je Sauenplatz für die vier Stallmodelle mit den anteiligen Kosten der unterschiedlichen Produktionsbereiche und Nebenanlagen kann Abbildung 2 entnommen werden. Jedes Modell ist hierbei in zwei Kostenblöcke bzw. zwei Säulen aufgeteilt. Der erste Kostenblock umfasst die Bereiche Abferkelstall, Deck-/Wartestall, die produktionsbedingten Nebenanlagen, Gülle-/Festmistlager und Ferkelaufzucht. Im zweiten Kostenblock sind die Nachzucht und die Außenanlagen zusammengefasst.

Innerhalb des ersten Kostenblocks ergibt sich als teuerste Variante Modell Ia mit ca. 7.650 €/SP, gefolgt von der Variante Modell IIa mit ca. 7.470 €/SP. Die günstigsten Sauenplätze ergeben sich für die Modelle IIi und Ii mit jeweils ca. 7.300 €/SP. Die Differenz vom teuersten zum kostengünstigsten Modell beträgt somit etwa 350 €/SP. Damit wären die Modelle mit Außenfütterung tendenziell etwas teurer als die mit Innenfütterung. Hinsichtlich der Bauweise ergibt sich für die mehrhäusigen und die kompakten Modelle mit Innenfütterung kein Unterschied, bei der Außenfütterung hingegen ein Vorteil von rund 180 €/SP für die kompakte Bauweise.

Beim Vergleich innerhalb der Modelle fällt auf, dass der Deck-/Wartebereich jeweils gleich viel kostet. Das liegt an der gleichen baulichen Ausführung dieser Produktionsbereiche. Die Differenz von 350 €/SP zwischen Modell Ia und Ii ergibt sich beim Abferkelbereich. Bei Modell IIa und IIi beträgt der Unterschied hier 170 €/SP. Die höheren Kosten für die Modelle mit Außenfütterung ergeben sich aus dem größeren baulichen Aufwand für Bodenplatte und Dach durch die zusätzlichen Betreuungsgänge sowie dem breiteren Auslauf in Folge der außenliegenden Tröge.

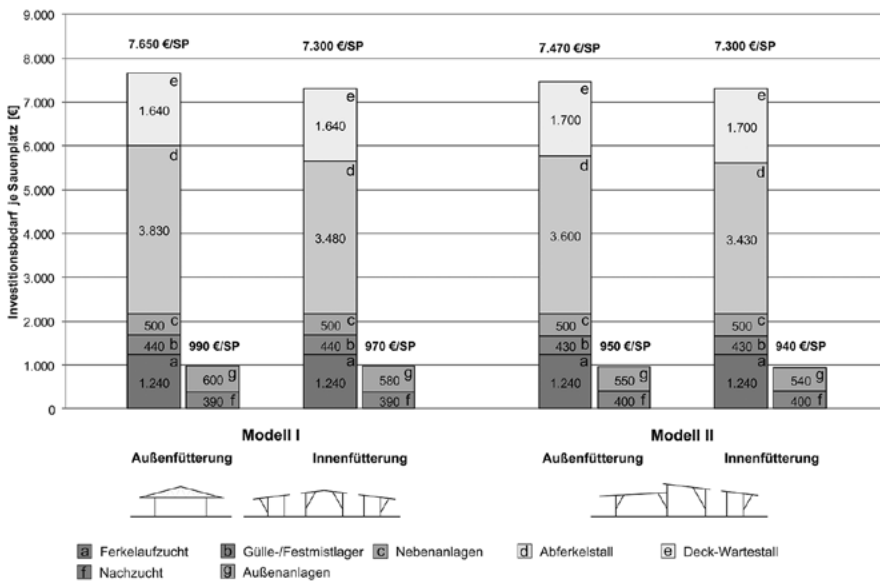


Abb. 2: Investitionsbedarf je Sauenplatz für 168 Sauen
 Fig. 2: Investment requirements per sow for 168 sows

Beim Vergleich der Modelle untereinander zeigt sich, dass die Abferkelbereiche der Modelle I in mehrhäusiger Bauweise teurer sind als die Modelle II in kompakter Bauweise. Die Kostenunterschiede betragen für die Varianten mit Außenfütterung ca. 230 €/SP und für die Varianten mit Innenfütterung ca. 50 €/SP. Die Ursache für den jeweiligen Kostenunterschied liegt am teureren Tragwerk der mehrhäusigen Abferkelbereiche (Nagelplattenbinder auf eingespannten Stützen).

Dagegen sind die Deck-/Wartebereiche bei den mehrhäusigen Modellen günstiger als bei den kompakten. Die Kostenunterschiede betragen hier für die Varianten mit Innen- und Außenfütterung etwa 60 €/SP. Die Ursachen dafür ergeben sich aus den Mehraufwendungen für Unterdächer und Giebelwände, welche die Aufteilung in zwei einreihige Aufstallungen innerhalb der kompakten Modellvarianten (Modell II) mit sich bringt.

7 Schlussbetrachtung

Insgesamt zeigt sich für die ökologische Ferkelerzeugung ein erhebliches Potenzial, wenn die entsprechenden baulich-technischen Belange berücksichtigt werden. Die Baukosten für die untersuchten Stallmodelle unterscheiden sich nicht grundlegend. Hinsichtlich des hohen Kostendrucks müssen weiterhin vor allem im Abferkelbereich die Temperaturhaltung und das Stallklima, mit allen Folgen für die baulich-technische Ausführung, untersucht werden. Es wird davon ausgegangen, dass diese Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die Zahl der abgesetzten Ferkel und damit den Erfolg des gesamten Produktionszweigs haben.

Literatur

- Abriel, M.; Jais, C. (2011): Abferkelbucht und Ferkelaufzucht – Temperaturen unter Kontrolle halten. LfL-Schriftenreihe 9/2011, S. 45–75. In: Ökologische Ferkelerzeugung unter die Lupe genommen, Tagungsband zur Abschlussstagung des Forschungsprojekts „Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der ökologischen Ferkelerzeugung in Bayern vom 25.05.2011, Grub
- Rat der Europäischen Union (2008): Verordnung (EG) Nr. 889/2008 des Rates der Europäischen Union vom 05. September 2008 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/ biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle
- Schneider, F.; Simon, J. (2011): Modellbetriebsplanung - Investitionsbedarf in der Ökosauehaltung. LfL-Schriftenreihe 9/2011, S. 77–104. In: Ökologische Ferkelerzeugung unter die Lupe genommen, Tagungsband zur Abschlussstagung des Forschungsprojekts „Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der ökologischen Ferkelerzeugung in Bayern vom 25.05.2011, Grub

Arbeitszeitanalyse ausgewählter Verfahren zum Einstreuen und Entmisten in der Milchviehhaltung

Work time analysis of selected techniques for bedding and manure removal in dairy farming

JULIANA MAČUHOVÁ, CHRISTOPH MANGOLD, BERNHARD HAIDN

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

Schlüsselwörter: Arbeitszeitbedarf, Einstreu, Boxenpflege, Tiefliegeboxen
Keywords: labour time requirement, bedding, maintenance, deep bedding

Zusammenfassung

Aus hygienischen Gründen und um den Komfort für die Tiere zu gewährleisten, ist es nötig, die Liegeboxen täglich zu reinigen und regelmäßig mit frischem Einstreumaterial aufzufüllen. Bei Tiefliegeboxen kann dies bei größeren Beständen zu einer hohen Arbeitsbelastung führen. Darum steigt das Interesse der Landwirte an der Mechanisierung bzw. Automatisierung in diesem Bereich. Ziel dieser Arbeit war es, Kalkulationsmodelle zu erstellen, die die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs bei der Nutzung zweier Techniken (gezogener Futtermischwagen (FMW) als Fremdbefüller und Verteilschaufel als Anbaugerät) zum Einstreuen von Tiefliegeboxen für drei ausgewählte Verfahren (Unterschied im Verteilen der Einstreu in die Boxen (FMW, von Hand, Verteilschaufel)) ermöglichen. Mit den Kalkulationsmodellen kann der Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussgrößen (z. B. Bestandsgröße, Entfernungen, Einstreumenge) berechnet werden.

Summary

For reasons of hygiene as well as to ensure the comfort of the animals, it is necessary to clean daily the cubicles and regularly replenish with fresh bedding material. In the stables with deep cubicle design, this can lead to high physical effort. Therefore, the interest of the farmers in mechanization or automation is increasing in this area.

The aim of this study was to create a calculation model for the estimation of labour time requirement by application of two techniques (pulled fodder mixing wagon (FMW) with external loading and disperser bucket as attachment device) for bedding of deep litter cubicles for three selected methods (different ways of bedding material distribution in the boxes (FMW, manually, disperser bucket)). The labor time requirement can be calculated dependend on several variables (e.g. herd size, distances, amount of bedding) in the model.

1 Einleitung

In der Milchviehhaltung spielt die Qualität der Liegeflächen eine wichtige Rolle, um mehr Tierkomfort und damit verbunden Tiergerechtigkeit sowie optimale Leistung zu gewährleisten. Da Milchkühe im Idealfall einen Großteil des Tages liegen (12 h und mehr) (HALEY et al. 2000, TUCKER et al. 2004, MUNKSGAARD et al. 2005, MAČUHOVÁ et al. 2008, HILLMANN 2008), sollten möglichst komfortable, tiergerechte und eine ausreichende Anzahl Liegeboxen angeboten werden.

Rinder sind eigentlich an das Liegen auf Steppen-, Gras- oder Waldboden angepasst (HILLMANN 2008). Im Liegeboxenlaufstall kommen Liegeboxen mit einer Stroh-Mist- bzw. Kalk-Stroh-Matratze – sogenannte Tiefliegeboxen – den Anforderungen der natürlichen Bedürfnisse und Verhaltensweisen von Rindern am nächsten. Aus hygienischen Gründen sowie auch um den Komfort für die Tiere zu gewährleisten, ist es nötig, die Liegeboxen täglich zu reinigen und regelmäßig mit frischem Einstreumaterial aufzufüllen. Dies erhöht jedoch den Arbeitszeitbedarf sowie auch die Arbeitsbelastung im Vergleich zur Pflege von Hochliegeboxen mit Gummi- oder Komfortmatratzen. Mit steigenden Herdengrößen wächst darum das Interesse an mechanisierten Verfahren oder sogar einer Automatisierung dieser Arbeiten.

Die Untersuchungen in den Praxisbetrieben zeigen, dass für alle Arbeiten im Laufstall, die zum Einstreuen und Entmisten zu zählen sind, im Durchschnitt zwischen 2 und 5 Arbeitspersonnenstunde (APh) pro Kuh und Jahr (mit einer großen Spannweite (1–14 APh)) erforderlich sind (KÜMMEL 2005, OVER und KÜMMEL 2006, BAUMGARTEN 2009, HESSE 2009, LAUR 2010, MAČUHOVÁ et al. 2011). Es handelt sich jedoch um die Mittelwerte mehrerer Betriebe mit verschiedenen Verfahren sowie Ausführungen der Liegeboxen, sodass sich der Arbeitszeitaufwand für einzelne Verfahren nicht wirklich ableiten lässt.

Ziel dieser Arbeit war es, Kalkulationsmodelle zu erstellen, die die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für das Einstreuen von Tiefliegeboxen mithilfe zweier Techniken (gezogener Futtermischwagen (FMW) als Fremdbefüller und Verteilschaufel als Anbaugerät) zum Einstreuen der Wasser-Kalk-Stroh-Mischung für drei ausgewählte Verfahren ermöglichen:

- Verfahren 1: Einstreu vorbereiten und diese mit dem FMW ausbringen und in den Liegeboxen verteilen (Verfahren FMW).
- Verfahren 2: Einstreu vorbereiten, und diese mit dem FMW ausbringen und in den Liegeboxen von Hand (Verfahren FMW + von Hand) verteilen.
- Verfahren 3: Einstreu Vorbereiten mit FMW, Ausbringen und Verteilen in die Liegeboxen mit Verteilschaufel (Verfahren FMW + Verteilschaufel).

2 Material und Methoden

Die Kalkulationsmodelle für die Arbeitszeitbedarfsberechnung basieren auf den Planzeiten (bzw. Planzeitfunktionen) des Arbeitszeitbedarfs für einzelne Arbeitselemente, die bei den ausgewählten Verfahren durchgeführt werden. Um die benötigten Planzeiten bzw. Planzeitfunktionen für die drei ausgewählten Verfahren zu ermitteln, wurden Arbeitszeitmessungen in Form von Arbeitsbeobachtungen auf zwei Praxisbetrieben vor-

genommen. Die Erfassung der Daten erfolgte mittels eines digitalen Zeiterfassungsgeräts (MULTIDATA, Drigus®). Die statistische Auswertung und die Erstellung der Planzeiten sowie der Kalkulationsmodelle wurden in Excel durchgeführt. Die Kalkulationsmodelle sind hierarchisch aufgebaut und ermöglichen, den Arbeitszeitbedarf bis auf einzelne Arbeitselemente zu berechnen, um die gesamte Arbeitsroutine verfolgen zu können und damit den Arbeitszeitbedarf auch für einzelne Arbeitsteilvorgänge beurteilen zu können. Dabei ist es möglich, mehrere Einflussgrößen (z.B. Bestandsgröße, Stallform, Anzahl Gruppen, Entfernungen, Einstreumaterialmenge, Häufigkeiten, Anzahl der Absperrungen, Tore und Türen, Anzahl und Fläche der Querübergänge) zu modifizieren und damit zu simulieren, wie sich der Arbeitszeitbedarf bei einzelnen Einstellungen verändert.

Für die präsentierten Ergebnisse wurden folgende Annahmen getroffen: 3-reihige (ab 140 Kühe eine zweimal 3-reihige Form) Stallform mit separatem Melkhaus, Entfernung vom Einstreulager (letzte Komponente bzw. Zwischenlager der vorbereiteten Einstreu) zum Stall 50 m, Breite der Übergänge 3,75 m, Einstreumenge 0,7 kg pro Liegebox und Tag. Das Einstreumaterial (Kalk-Stroh-Mischung) wird alle 14 Tage mit dem FMW vorbereitet und damit auch in die Liegeboxen verteilt; bei der Variante 3 – mit Verteilschaufel (1 m³ Fassungsvermögen (Volumen bei den Arbeitszeitmessungen) – erfolgt das Verteilen alle 7 Tage. Das Ausbringen der Einstreu wird bei Doppelliegeboxenreihen nur von einer Seite durchgeführt und die Liegeboxenpflege mit der Reinigung der Übergänge von Hand wird einmal pro Tag durchgeführt. Das Einstreuen erfolgt während der Melkzeiten, d. h., melkende Kühe müssen nicht umgetrieben werden (Umtrieb von Kühen in den Trockensteherbereich wird nicht berücksichtigt).

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Arbeitsvorgangs Einstreuen und Entmisten im Liegeboxenlaufstall werden mehrere Tätigkeiten durchgeführt. Auch wenn das Entmisten der planbefestigten Laufflächen am häufigsten mit einer stationären Entmistungsanlage durchgeführt wird und bei Spaltenbodenlaufflächen eine Selbstreinigung vorausgesetzt wird, können im Stall weitere Flächen vorhanden sein, z.B. Übergänge, die von Hand oder mit mobilen Entmistungsgeräten entmistet werden müssen. Darum werden in dem erstellten Kalkulationsmodell außer dem Einstreuen der Liegeboxen auch die regelmäßige Liegeboxenpflege sowie die Entmistung der Übergänge von Hand berücksichtigt.

Der Vergleich des gesamten Arbeitszeitbedarfs für die drei ausgewählten Einstreuverfahren inklusive einmaliger täglicher Liegeboxenpflege mit der Reinigung der Übergänge von Hand in Abhängigkeit von der Bestandsgröße ist in Abbildung 1 dargestellt. Je nach Verfahren und Bestandsgröße liegt der gesamte Arbeitszeitbedarf bei den unterstellten Modellannahmen zwischen 1,86 und 4,17 Arbeitskraftstunden (AKh) pro Kuh und Jahr und nimmt mit zunehmender Bestandsgröße bei allen Verfahren ab. Der größte Anteil des Arbeitszeitbedarfs pro Kuh und Jahr mit Werten zwischen 1,74 (bei 200 Kühen) und 3,46 AKh (bei 40 Kühen) wird dabei für die tägliche Liegeboxenpflege mit der Reinigung der Übergänge benötigt. Davon erfordert letzteres mit 30–36 % einen nicht gerade kleinen Anteil. Damit liegen die Werte für die einmalige tägliche Liegeboxenpflege je nach Bestandsgröße zwischen 1,07 und 1,49 AKh pro Kuh und Jahr. Bei zweimaliger täglicher

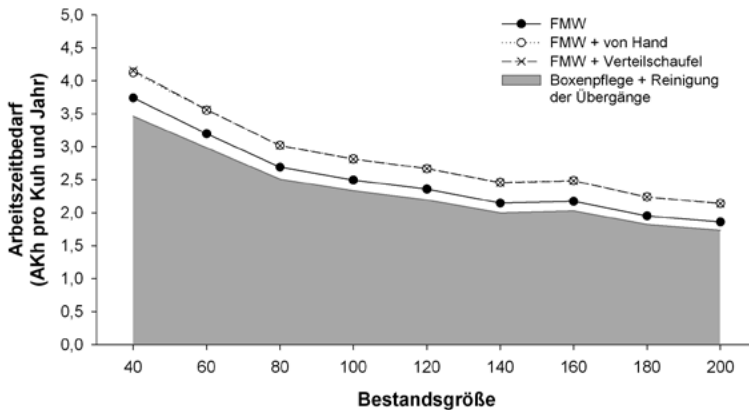


Abb. 1: Arbeitszeitbedarf für ausgewählte Einstreuverfahren inklusive täglicher Boxenpflege und Reinigung der Übergänge von Hand (FMW = Futtermischwagen)

Fig. 1: Labour time requirement for selected technique for bedding of cubicles including their daily maintenance and cleaning of the cross-over passages by hand (FMW = fodder mixing wagon)

Liegeboxenpflege sollte dann mit dem doppeltem Arbeitszeitbedarf gerechnet werden. Die von KANSWOHL et al. (2010) zusammengestellten Ergebnisse mehrerer Studien zeigen, dass der Arbeitszeitaufwand für die Boxenpflege der Tiefliegeboxen zwischen 1,40 und 2,43 APh pro Liegebox und Jahr und damit etwas höher als bei den Hochliegeboxen mit einem Arbeitszeitaufwand zwischen 1,20 und 1,92 APh pro Liegebox und Jahr lag. Da die Kühe in den Tiefliegeboxen im Bereich der Hinterhand und des Euters in der Regel sauberer sind als in der Hochbox (KANSWOHL et al. 2010), kann sich dadurch der Arbeitszeitaufwand im Melkstand verringern (laut HÖRNING (1997) und ENGELHARD und BLUM (1998) um 0,20 bis 0,50 APh pro Kuh und Jahr).

Nur das Einstreuen betreffend, zeigen die Untersuchungen, dass der Arbeitszeitaufwand für das Einstreuen der Tiefliegeboxen zwischen 0,46 und 0,68 APh pro Liegebox und Jahr liegt (KANSWOHL et al. 2010). Nach eigenen Modellrechnungen liegt der Arbeitszeitbedarf pro Kuh und Jahr für das Einstreuen der Tiefliegeboxen je nach Verfahren und Bestandsgröße zwischen 0,18 AKh (größte Bestandsgröße und FMW-Verfahren) und 0,71 AKh (kleinste Bestandsgröße und Verfahren FMW + Verteilschaufel); (Abb. 2). Der geringste Arbeitszeitbedarf ist bei dem Einstreuverfahren festzustellen, bei dem das Einstreumaterial direkt mit dem FMW in die Liegeboxen verteilt wird. Mehrere Firmen bieten technische Lösungen für das Ausbringen der Einstreu in einem Arbeitsgang für Doppelliegeboxenreihen mittels FMW an. Vorausgesetzt werden dafür befahrbare Laufflächen im Stall. Durch das relativ kleine Fassungsvermögen der an dem untersuchten Betrieb angewendeten Schaufel (1 m³) benötigt der Einsatz einer Verteilschaufel, die oft nachgefüllt werden muss, um die benötigte Menge an Einstreumaterial in die Liegeboxen zu bringen, etwa die Arbeitszeit wie das Verteilen von Hand. Ein angepasstes Schaufelvolumen und optimierte Wegstrecken zwischen Einstreuvorrat und Stall können das Einstreuverteilen mit Verteilschaufel effizienter gestalten. Mehrere Firmen bieten auch Verteilschaufeln mit einem Fassungsvermögen bis 2,5 m³ an. Bei der Annahme,

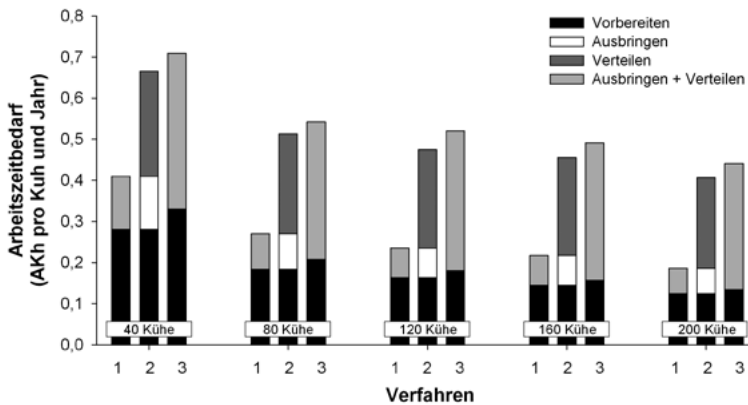


Abb. 2: Arbeitszeitbedarf für das Liegeboxeneinstreuen für ausgewählte Einstreuverfahren (Verfahren: 1 = FMW; 2 = FMW + von Hand; 3 = FMW + Verteilschaufel; FMW = Futtermischwagen)
 Fig. 2: Labour time requirement for bedding of cubicles for selected technique (Technique: 1 = FMW; 2 = FMW + manually; 3 = FMW + Verteilschaufel; FMW = fodder mixing wagon)

dass die Planzeiten bzw. Planzeitfunktionen für die einzelnen Arbeitselemente, die bei dem Einstreuverteilen durchgeführt werden, auch für Schaufeln mit größerem Fassungsvermögen gleich sind, kann der Arbeitszeitbedarf für das Einstreuen z. B. bei einem Fassungsvermögen von 2 m³ um 0,10 bis 0,13 AKh pro Kuh und Jahr je nach Bestandsgröße reduziert werden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei der Wahl von mechanisierten Verfahren für das Einstreuen Arbeitszeit eingespart sowie die Arbeitsbelastung reduziert werden kann. Die Kalkulationsmodelle ermöglichen einen objektiven Vergleich ausgewählter Verfahren zum Einstreuen. Weitere Messungen sind jedoch notwendig, um die Datengrundlage zu verbessern und zu erweitern.

Literatur

- Baumgarten, W. (2009): So werden Liegeboxen in der Praxis gemanaged. *Milchpraxis* 4, S. 149
- Engelhard, T.; Blum, H. (1998): Hoch- oder Tiefbox – welche ist besser? *Top Agrar* 2, S. R20–R24
- Haley, D.B.; Rushen, J.; de Passillé, A.M. (2000): Behavioural indicators of cow comfort : activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Journal of Dairy Science* 80, S. 257–263
- Hesse, A. (2009). Arbeitsproduktivität in der Milchviehhaltung. In: BZA-Rind 2008, (Hg.) AG der Milchviehberatungsringe Rheinland-Pfalz, Rinderreport Rheinland-Pfalz 2008, April 2009, S. 44–48
- Hillmann, E. (2008): Womit verbringen Kühe im Laufstall die Zeit? 9. Jahrestagung – Futterkamp, 17./18.09.2008, S. 14–19

- Hörning, B. (1997). Tiergerechtigkeit und Verfahrenstechnik eingestreuter Milchviehlaufställe in der Praxis. Dissertation, GhK Kassel
- Kanswohl, N.; Schaub, D.; Schlegel, M.; Wiedow, D. (2010): Die richtig Einstreu für Leistung und Wohlbefinden. *Milchpraxis* 48(2), S. 48-52
- Kümmel, A. (2005): Arbeitszeitbedarf der Rinderhaltung – Erhebungen in Praxisbetrieben. https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1164588_11/rps_Arbeitszeitbedarf%20oder%20Rinderhaltung%20-%20Erhebungen%20in%20Praxisbetrieben.pdf, Zugriff am 19.01.2012
- Laur, D. (2010): Bachelorarbeit HfWT Nürtingen. Laur, D.; Münch, T.; Over, R. (2011): Arbeitzeiteffizienz steigern mit moderner Melktechnik oder – die 35-Stunden Kuh ist Realität. *Landinfo* 4, S. 34–35
- Mačuhová, J.; Enders, S.; Peis, R.; Gutermann, S.; Freiberger, M.; Haidn, B. (2008): Untersuchungen zur Optimierung des Stallklimas in Außenklimaställen für Milchvieh. Einfluss des Außenklimas auf das Stallklima und das Liegeverhalten von Milchkühen. *LfL Schriftreihe* 8
- Mačuhová, J.; Heinrich, A.; Haidn, B. (2011): Determination of labour input on Bavarian dairy farms with four different organisation forms. In: *Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry, XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011, 29.06-01.07.2011 Vienna, Austria*, pp. 99–101
- Munksgaard, L.; Jensen, M.B.; Pedersen, L.J.; Hansen, S.W.; Matthews, L. (2005): Quantifying behavioural priorities-effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science* 92, pp. 3–14
- Over, R.; Kümmel, A. (2006): Erst Effizienz, dann Mitarbeiter. *DLG-Mitteilungen* 7, S. 20–23
- Tucker, C.B.; Weary, D.M.; Frasser, D. (2004): Free-stall dimensions: effects on preference and stall usage. *Journal of Dairy Science* 87, S. 1208–1216

Planungsdaten für Raumprogramme in der Ferkelerzeugung

Planning data for space allocation plans in piglet production

FRANK SCHNEIDER¹, EVA-MARIA BRUNLEHNER², CHRISTINA JAIS¹, HEINZ BERNHARDT²

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrewächter-Platz 2, 85586 Poing-Grub

² Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weißenstephan

Schlüsselwörter: Gruppenabferkelung, Produktionsrhythmen, Rein-Raus-Umtriebsverfahren
 Keywords: *synchronous farrowing, production rhythm, all-in/all-out management*

Zusammenfassung

Auf Basis von Interviews, die mit 12 Ferkelerzeugern in ganz Bayern geführt wurden, wurden Analysen zu Raumprogrammen in der Gruppenabferkelung erstellt. Im Rahmen detaillierter Befragungen wurde der zeitliche Ablauf der Stallplatz- und Abteilbelegung erfasst. In die Auswertungen flossen mehrjährige Aufzeichnungen zu den einzelnen Würfen (Wurfstag, geborene und abgesetzte Ferkel usw.) sowie die Jahresabschluss-Ergebnisse dieser Betriebe auf Basis der LKV (Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung)-Daten ein.

Allgemein ist festzustellen, dass die ursprüngliche Planung in den Betrieben meist nicht konsequent umgesetzt wird. Abferkel- und Ferkelaufzuchtbereiche sind häufig zu knapp dimensioniert. Reserveplätze in allen Produktionsbereichen werden oft dauerhaft belegt. Abhilfe könnte durch eine Begrenzung von Deck- und Warteplätzen im Verhältnis zum Abferkelbereich und durch 20 % mehr Aufzuchtplätze geschaffen werden.

Summary

Based on data from interviews conducted with 12 Bavarian piglet producers, analyses of space allocation plans for synchronous farrowing were performed. Through in-depth surveys the sequence of utilisation of sow and piglet places were recorded. Multi-annual records of data from individual litters (date of birth, born and weaned piglets etc.) were considered in the evaluations as well as the yearly results by the LKV (national control association).

A general result is that original plans were not implemented consistently by farmers. Farrowing and piglet rearing units are often too small. Reserve places in all production areas are often permanently occupied. A restriction of mating- and waiting places in comparison to the farrowing area could be helpful as well as 20 % more piglet rearing places.

1 Einleitung und Problemstellung

Die Gruppenabferkelung und der Einsatz von Produktionsrhythmen stellen unbedingte Grundvoraussetzungen im Herdenmanagement der modernen Ferkelerzeugung dar.

In der Literatur werden unterschiedliche Produktionsrhythmen mit den dazugehörigen Raumprogrammen beschrieben (Bauförderung Landwirtschaft 2012, ALB Bayern 2010/11). Es besteht jedoch die Vermutung, dass diese Planungsvorgaben zwar bei den baulichen Umsetzungen angewendet, im praktischen Betriebsablauf aber nicht konsequent eingehalten werden. Folge dieser Gegebenheiten ist, dass reale Platzangebote in den verschiedenen Produktionsbereichen nicht aufeinander abgestimmt sind. Es kommt zu Überbelegungen z.B. in der Ferkelaufzucht sowie zum vorzeitigen Absetzen von Saugferkeln. Dies ist mit einem erheblichen Mehraufwand an Arbeit und außerdem mit Nachteilen für das Produktionsergebnis verbunden. Eine konsequente Rein-Raus-Belegung der Stallabteile ist in diesem Zusammenhang nicht mehr gegeben. Derartige Abstimmungsfehler lassen sich im Nachhinein nur schwer korrigieren.

2 Zielsetzungen

Es sollen optimierte Planungsdaten für unterschiedliche Produktionsrhythmen entwickelt werden, die dem Nutzungsverhalten der Landwirte besser Rechnung tragen.

Eine kontinuierliche Leistungssteigerung der abgesetzten Ferkel je Sau und Jahr ist in die Raumplanungen mit einzubeziehen.

3 Methoden

Grundlage dieser Arbeit sind Analysen aus einem Forschungsprojekt zu Wachstumskonzepten für Ferkelerzeugerbetriebe mit 250–600 produktiven Zuchtsauen.

In detaillierten Interviews wird die betriebliche Organisation wie der zeitliche Ablauf der Stallplatz- und Abteilbelegung, die in der Vergangenheit realisierten Wachstumsschritte sowie die aktuelle Situation dieser Betriebe erfasst. Zugleich werden mehrjährige Aufzeichnungen zu Daten der einzelnen Würfe (Wurfstag, geborene und abgesetzte Ferkel usw.) auf Basis der LKV-Daten ausgewertet. Hieraus kann z.B. die Schwankungsbreite der zeitgleich abferkelnden Sauen einer Gruppe sowie der jeweils abgesetzten Ferkel ermittelt und in der Raumplanung entsprechend umgesetzt werden.

4 Ergebnisse

4.1 Nutzung der Stallplätze in Praxisbetrieben

Die Vermutung, dass die einer Planung zugrunde liegenden Raumprogramme nur selten konsequent in der Praxis umgesetzt werden, hat sich bestätigt. So werden z.B. die im 3-Wochen-Rhythmus zur Umstallung vorgesehenen Plätze der 4. Wartegruppe nicht selten zu einer Bestandsaufstockung der Herde genutzt. Gleiches gilt für zur Reserve

gedachte Plätze im Deck-, Warte- und Abferkelbereich. Reserveplätze zur Aufnahme sporadisch größerer Sauengruppen im Abferkelbereich stehen dann häufig, obwohl zuvor eingeplant, nicht mehr zu Verfügung. Der Ursprung dieser „stillen Bestandsaufstockung“ scheint ein Überangebot an Deckplätzen zu sein, da viele Betriebsleiter die Anzahl der zu besamenden Sauen mehr an den Kapazitäten des Deckbereichs als an den Kapazitäten des Abferkelbereichs orientieren. Sollen Reserveplätze im Abferkelbereich tatsächlich als solche zur Verfügung stehen, muss daher die Zahl der Deck- und Warteplätze im Vergleich zum Abferkelbereich, stärker als bisher üblich begrenzt werden.

Das zweite Problemfeld stellt die Dimensionierung der Ferkelaufzucht dar. Bei fast allen Ferkelerzeugerbetrieben sind bereits wenige Jahre nach einer Baumaßnahme die Stallplatzkapazitäten in der Ferkelaufzucht zum Beispiel zu knapp. Hauptgrund hierfür ist die kontinuierliche Leistungssteigerung der abgesetzten Ferkel je Sau und Jahr. Schwankungen der Anzahl an Sauen, die gleichzeitig zum Abferkeln anstehen sowie Schwankungsbreiten gleichzeitig abgesetzter Ferkelwellen stellen eine Herausforderung an die Abteildimensionierung dar. Zu geringe Platzkapazitäten führen in der Praxis nicht selten zur Vermischung der Belegungswellen und damit zur Verletzung des Rein-Raus-Prinzips. Im anschließenden Kapitel sollen diese Beobachtungen anhand eines Beispiels dargestellt werden.

4.2 Fallbeispiel Praxisbetrieb mit 3-Wochen-Abferkelrhythmus

Der Betrieb, dessen Abferkelwellen mit den daraus resultierenden Absatzferkeln in der nachfolgenden Grafik (Abb. 1) dargestellt ist, zeigt im Vergleich zu anderen Betrieben durchaus „maßvolle“ Schwankungsbreiten. Im betreffenden Wirtschaftsjahr wurde laut LKV-Jahresabschluss ein mittlerer Sauenbestand von 322,3 produktiven Sauen gehalten. Das entspricht beim 3-Wochenrhythmus mit sieben Sauengruppen durchschnittlich 46 Sauen pro Abferkelgruppe. Gemäß der in der Grafik dargestellten Datenbasis, bewegten sich die tatsächlich abferkelnden Sauen innerhalb einer Spanne von 36 bis 51 Tieren, mit einem Mittelwert von 44,4 Sauen pro Gruppe. Im Abferkelbereich des Betriebes gibt es jedoch nur zwei reguläre Stallabteile mit je 42 Buchten, die im dreiwöchigen Wechsel belegt werden. Zusätzlich ist ein Reserveabteil mit 7 weiteren Buchten vorhanden, sodass insgesamt 91 Abferkelbuchten zur Verfügung stehen. Die Differenz von 2,4 mehr ferkelnden Sauen je Gruppe, als im Regelabteil Plätze vorhanden sind, ergibt sich aus dem Umstand, dass der Betriebsleiter regelmäßig Plätze des Reserveabteils mitbelegt. Infolgedessen sollten diese 2,4 Plätze eigentlich in die Regelabteile verlagert werden (min. 44 statt 42 Plätze).

Wie aus der Grafik zu entnehmen ist, ist bei nur vier von 17 Stalldurchgängen das reguläre Abferkelabteil mit 42 Plätzen voll- bzw. unterbelegt (36–42 Sauen pro Gruppe), sodass hier eine „saubere“ Rein-Raus-Belegung erfolgen konnte. Bei 11 weiteren Durchgängen, mit 44–46 Sauen pro Gruppe musste z.T. bereits auf bis zu 57 % des Reserveabteils (vier von sieben Buchten) zurückgegriffen werden, sodass eine Rein-Raus-Belegung in diesen Fällen zumindest noch für die Regelabteile erfolgen konnte. Bei den Durchgängen Nr. 6 und 11 mit je 51 ferkelnden Sauen je Gruppe, reichten die Kapazitäten eines Regelabteils und des ganzen Reserveabteils ($42 + 7 = 49$ Plätze) definitiv nicht aus bzw. wurde die Gesamtkapazität von 91 Abferkelbuchten für die beiden säugenden Gruppen überschritten (siehe Durchgangfolge 5–6–7; 11–12; 13–14). In diesen Fällen müssen

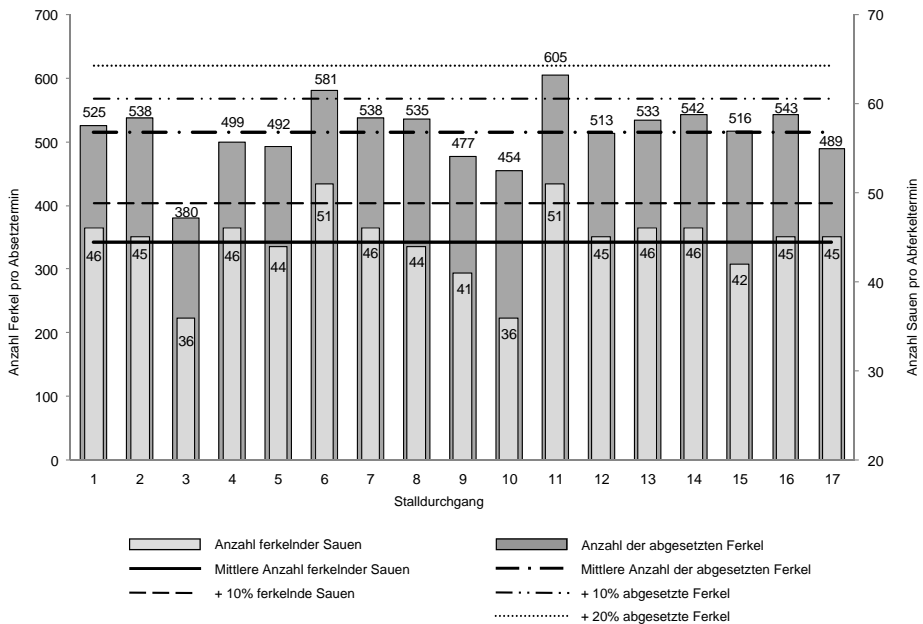


Abb. 1: Schwankungen der Anzahl an Sauen und Ferkeln pro Abferkel- bzw. Absetztermin
 Fig. 1: Variation of the number of sows and piglets per time of farrowing or weaning

entweder Würfe früher abgesetzt werden, um die erforderlichen Plätze frei zu machen oder ferkelnde Sauen müssten zumindest „rechnerisch“ mit ins Nachbar-Regelabteil zu einer anderen Sauengruppe gestellt werden. Der hygienische Anspruch der Rein-Raus-Belegung ist dann keinesfalls zu realisieren.

Die Anzahl der Absatzferkel, die je Absetztermin in der Ferkelaufzucht aufgestellt werden müssen, bewegt sich im dargestellten Fallbeispiel – bei einer durchschnittlichen Leistung von etwa 11,6 abgesetzten Ferkeln je Wurf – zwischen 380 und 605 Tieren bzw. einem Mittelwert von 515,3 Ferkeln pro Gruppe.

4.3 Konsequenzen aus den Beobachtungen

Um den oben beschriebenen Schwankungen der Tierzahlen im Abferkelbereich Rechnung zu tragen, sollten zusätzlich zu den eigentlich erforderlich regulären je 44 Plätzen der beiden Hauptabferkelabteile weitere 10 % Reserveplätze (zweimal je 5 Plätze) in einem Reserveabteil vorgesehen werden (Abb. 1). Dadurch könnten fast alle Schwankungen der Sauenzahlen je Abferkeltermin aufgefangen werden. Das Ziel, ein vorzeitiges Absetzen von Würfen (unter 21 Tagen) zu vermeiden, würde erreicht, da nie mehr Sauen im Abferkelbereich eingestallt werden müssten, als insgesamt Plätze vorhanden sind.

Gegenüber der auf der durchschnittlichen Sauenzahl (44,4) und der durchschnittlich je Wurf abgesetzten Anzahl Ferkel (11,6) beruhenden Kalkulation des Platzbedarfs in der Ferkelaufzucht ist ein Zuschlag von 10 % auf 567 Ferkelaufzuchtplätze je Gruppe

nötig, um die Schwankungen der Absatzwellen zu mildern. Weitere 10 % Zuschlag – im Beispiel also insgesamt 618 Plätze je Absatzwelle – sind erforderlich, um die zukünftigen Leistungssteigerungen für einen Zeitraum von ca. 5 Jahren zu berücksichtigen.

4.4 Raumprogramme für die Produktionsrhythmen

Im Folgenden werden Raumprogramme für den 2-, 3- und 5-Wochen-Abferkelrhythmus auf Basis ähnlich großer Herden dargestellt (Tab. 1). Den Modellen wurde einheitlich eine 28-tägige Säugezeit bzw. ein 21-wöchiger Produktionszyklus zugrunde gelegt. Weiterhin wurde berücksichtigt, dass gemäß Tierschutz-Nutztierverordnung (2009) Jungsauern und Sauen im Zeitraum von über vier Wochen nach dem Decken bis eine Woche vor dem voraussichtlichen Abferkeltermin in der Gruppe zu halten sind (BMELV 2001).

Tab. 1: Raumprogramme für 2-, 3- und 5-Wochenrhythmus
 Tab. 1: Space allocation plans for 2-, 3- and 5-weekly pattern

Parameter	Produktionsrhythmus in Wochen Production rhythm in weeks		
	2	3	5
Produktive Sauen	340	336	336
Anzahl Sauengruppen	10	7	4
Sauen je Gruppe	34	48	84
Abgesetzte Ferkel/Wurf	12	12	12
Deckbereich			
Anzahl Gruppen	3	2	1
Plätze regulär	102	96	84
Reserveplätze	10 ¹⁾	7 ²⁾	13 ²⁾
Plätze insgesamt	112	103	97
Wartebereich			
Anzahl Gruppen	5	4	3
Plätze regulär	170	192	252
Reserveplätze (2 %)	3	4	5
Plätze insgesamt	173	196	257
Abferkelbereich			
Anzahl Gruppen	3	2	1
Plätze regulär	102	96	84
Reserveplätze (10 %)	10	10	8
Plätze insgesamt	112	106	92
Ferkelaufzucht			
Anzahl Einstallwellen	4	3	2
Plätze je Welle	$34 \cdot 12 + 20 \% = 490$	$48 \cdot 12 + 20 \% = 691$	$84 \cdot 12 + 20 \% = 1\,210$
Plätze insgesamt	1\,958	2\,073	2\,420

¹⁾ 15 % Reserveplätze für zwei Gruppen. ²⁾ 15 % Reserveplätze für eine Gruppe.

Exemplarisch wird nachfolgend der 3-Wochen-Rhythmus beschrieben: Bei einer Herdengröße von 336 produktiven Sauen ergeben sich sieben Sauengruppen à 48 Tiere. Im Deckzentrum sind 96 reguläre Plätze (2 Gruppen) für Jung- und Altsauen nötig. Die Anzahl an Reserveplätzen für umrauschende Tiere wird mit nur 15 % für nur eine Gruppe (7 Plätze) bewusst gering gehalten. Im Wartebereich sind für vier Gruppen à 48 Tiere insgesamt 192 reguläre Plätze bereitzustellen, zuzüglich 2 % Reservekapazitäten (4 Plätze). Im Abferkelbereich muss Platz für zwei reguläre Gruppen (96 Plätze) zuzüglich 10 % Reserve (10 Plätze), insgesamt also 106 Plätze, vorhanden sein.

Ausgehend von 48 Sauen je Gruppe und durchschnittlich 12 abgesetzten Ferkeln je Wurf werden, unter Berücksichtigung von 20 % Zuschlag, 691 Ferkelplätze je Absetztermin benötigt. Bei drei gleichzeitig aufgestellten Absetzwellen ergeben sich 2073 Aufzuchtplätze.

5 Schlussfolgerungen

Im Vergleich zu bisher veröffentlichten Planungsdaten wird empfohlen, die Anzahl der Deck- und Wartepplätze im Verhältnis zum Abferkelbereich stärker zu begrenzen. Dadurch sollen Reserven im Abferkelbereich zur Aufnahme schwankender Sauenzahlen erhalten bleiben.

In der Ferkelaufzucht ist gegenüber einer Kalkulation mit Durchschnittswerten ein Zuschlag von 20 % zur Aufnahme schwankender Ferkelzahlen und zur Berücksichtigung von zu erwartenden Leistungssteigerungen der abgesetzten Ferkel je Sau und Jahr erforderlich.

Literatur

- ALB Bayern e.V. (2010/2011): Zuchtsauenhaltung I und II, (Arbeitsblatt Nrn.: 03.02.04/03.02.05). Freising, ALB Bayern e.V.
- Bauförderung Landwirtschaft e.V. (Hrsg.) (2012): Zuchtsauenhaltung und Ferkelaufzucht. BauBrief 50. Münster, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2001): Neugefasst (1.10.2009): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung (TierSchNutzV). Bonn
- KTBL e.V. (Hrsg.) (2005): Stallbaulösungen für die Ferkelaufzucht. KTBL-Schrift 439. Darmstadt

Monitoring von landwirtschaftlichen Nutzgebäuden in Holzmastenbauart gemäß DIN 18900

Monitoring of wooden pole farm buildings according to DIN 18900

JOCHEN SIMON¹, JOHANNES MAUTNER², WOLFGANG SCHÖN¹, PETER STÖTZEL¹,
JOHANNES ZAHNER¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürnwächter-Platz 2, 85586 Poing-Grub

² Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Pfarrkirchen, Lärchenweg 10, 84347 Pfarrkirchen

Schlüsselwörter: Bauwesen, Mastenbauart, Schadensfall

Keywords: farm construction, wooden pole design, damage

Zusammenfassung

Holz hat im landwirtschaftlichen Bauwesen eine große Bedeutung. Als organischer Baustoff muss es durch konstruktive oder vorbeugende chemische Holzschutzmaßnahmen vor schädigenden Umwelteinflüssen (insb. Pilzen, Insekten) geschützt werden. Aus Kostengründen wurde Mitte der 1980er-Jahre die DIN-Norm 18900, Holzmastenbauart für Tragkonstruktionen mit eingespannten Rundholzstützen erarbeitet. Aufgrund eines Schadensfalls bei einem Stallgebäude in dieser Bauweise wurden bisher 52 Objekte in Deutschland untersucht. 26 Gebäude mussten wegen defekter Stützen sofort gesperrt werden, bei 10 besteht akuter Sanierungsbedarf. Nur bei zwei von vier Anlagen mit kesseldruck- bzw. teerölimprägnierten Stützen wurden keine Schäden festgestellt. 14 Gebäude wurden anderweitig ausgeführt. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Holzmastenbauart nach DIN 18900 keine dauerhafte Bauweise für das landwirtschaftliche Bauwesen darstellt.

Summary

Wood is very important in farm construction. As an organic construction material, it must be protected against harmful environmental influences (in particular fungi, insects) by means of appropriate design or preventive chemical wood protection measures. For cost reasons, the DIN standard 18900 "Wooden pole design for supporting structures with fixed round wooden pillars" was developed in the middle of the 1980s. Due to a case of damage in an animal house built according to this design, 52 objects have been examined in Germany so far. 26 buildings had to be closed immediately due to defective pillars. 10 buildings are in acute need of renovation. In only two out of four structures with pillars impregnated by means of boiler pressure or tar oil, no damage was found. 14 buildings were constructed based on other designs. As result it could be shown, that DIN standard 18900 "Wooden pole design for supporting structures with fixed round wooden pillars" is not a long life construction for farm buildings.

1 Einleitung und Zielsetzung

Holz ist einer der ältesten von Menschen verwendeten Baustoffe und für vielfältige Konstruktionen und Gebäudenutzungen einsetzbar. Auch im landwirtschaftlichen Bauwesen ist Holz neben Stahl und Stahlbeton für Tragwerke, Wand-, Decken- und Dachbekleidungen sowie für Stalleinrichtungen der Baustoff mit der größten Bedeutung. Grundsätzlich ist bei der baulichen Verwendung von Holz zu beachten, dass es sich um einen organischen Baustoff handelt, dessen Bestandteile bestimmten Organismen (Pilzen, Insekten) als Nahrungsgrundlage dienen. Voraussetzung für einen möglichen Befall ist eine Holzfeuchte von mehr als 20 % über einen längeren Zeitraum. Um diese Schadmechanismen auszuschließen, müssen Maßnahmen getroffen werden, die einen Befall mit holzerstörenden Organismen verhindern. Beispiele dafür sind:

- Trocknung von einer Holzfeuchte von etwa 60 % nach dem Einschlag auf unter 20 % gem. DIN 1052
- konstruktiver Holzschutz gem. DIN 68800-2
- vorbeugende chemische Holzschutzmittel nach DIN 68800

Aus Kostengründen wurde Mitte der 1980er-Jahre die DIN 18900, Holzmastenbauart für Tragkonstruktionen im landwirtschaftlichen Bauen mit eingespannten Rundholzstützen, erarbeitet. Diese Norm ist nach wie vor gültig. Kennzeichen dieser Bauweise ist die direkte Einspannung der tragenden Stützen in gebohrte und mit Beton vergossene Punktfundamente (Abb. 1).

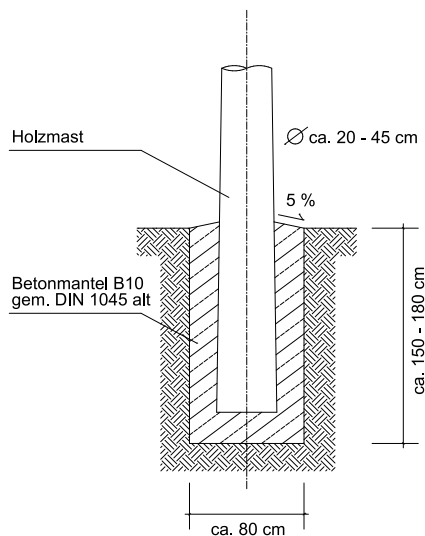


Abb. 1: Schematische Darstellung eines gebohrten Punktfundaments zur Einspannung von Rundholzstützen nach DIN 18900, Holzmastenbauart

Fig. 1: Schematic representation of a drilled point foundation for the fixation of round wood pillars according to DIN 18900, wooden pole design

Durch diese Gründung wird nach dem Einbringen und Aushärten des Betons eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Stütze und gewachsenem Erdreich hergestellt. Über die Einspannung in die Fundamente hinaus sind bei dieser Bauweise keine weiteren konstruktiven Bauteile für die Aussteifung der Tragkonstruktion vorgesehen.

An Stelle des notwendigen Abstands zwischen Stützenfuß und Bodenplatte bzw. Geländeoberkante wird der konstruktive Holzschutz durch vorbeugende chemische Holzschutzmaßnahmen (Teeröl- bzw. Kesseldruckimprägnierung nach DIN 68800-3) ersetzt. Dabei ist die Wirksamkeit dieser Maßnahmen von eingeschränkter Dauer. So weist die Norm bei kesseldruckimprägnierten Holzmasten auf die Notwendigkeit einer ersten Kontrolle nach 20 Jahren hin. Aufgrund eines Schadensfalls bei einem Stallgebäude in dieser Bauweise unter Schneelast im Winter 2011 sollte daher der Zustand landwirtschaftlicher Gebäude mit Fundamenten in Holzmastenbauart erfasst und die Gebäude hinsichtlich ihrer Standsicherheit beurteilt werden.

2 Material und Methode

Die untersuchten Gebäude wurden über eine Adressliste für versendete Statiken und Konstruktionspläne sowie entsprechende Anschreiben mit Fragebogen ausgesucht und anschließend bereit. Bisher wurden 52 Gebäude in 11 Bundesländern untersucht. Das Baujahr liegt zwischen 1987 und 2006. Genutzt werden die Gebäude als Unterstellhallen für Maschinen, als Hallen zur Heu- bzw. Strohbergung. Darüber hinaus als Stallanlagen für die Rinder-, Schweine-, Pferde-, Damwild- und Schafhaltung.

Vor Ort wurde als erster Indikator für den Zustand der Stütze die Holzfeuchte am Fußpunkt gemessen. Um den Zustand des Holzes im Innern der Stütze zu erfassen, wurde darüber hinaus mit einem Zuwachsbohrer (Länge 30 cm, Innendurchmesser 5 mm), gleichfalls am Stützenfußpunkt, schräg von oben in das Holz eingebohrt. Teilweise wurden die Stützen als Anprallschutz bzw. vermeintlichem Schutz vor Nässe oberhalb der Fundamente zusätzlich mit Beton ummantelt. Um auch hier Zugang zu den besonders beanspruchten Fußpunkten zu erhalten, wurden diese Ummantelungen aufgebohrt bzw. aufgestemmt. Ebenso wurden Folien, Bleche oder Bitumen-Dachpappe, die gleichfalls als Feuchtigkeitsschutz dienen sollten, entfernt.

Abgesehen von den Ummantelungen ist über die Bohrkerns ein zerstörungsfreier Einblick in den statisch hoch beanspruchten Bereich am Schnittpunkt der Stütze mit dem Fundament möglich. Eine weitere Bestimmung der vorliegenden Schadorganismen (z.B. Braunfäule) über Laboruntersuchungen erfolgte nicht.

3 Ergebnisse

3.1 Zustand der Stützen im Fußpunkt

Beim Bau wurde überwiegend Fichte, aber auch Douglasie oder Kiefer verwendet. Mit Ausnahme von vier Gebäuden wurden bei den untersuchten Anlagen keine vorbeugenden chemischen Holzschutzmaßnahmen durchgeführt.

Bei intakter Holzstruktur lassen sich zum Teil vollständige Bohrkerne mit einer z. B. für die Fichte charakteristischen hellen Färbung ziehen, wie man sie auch von frisch geschnittenem Holz kennt. Anzeichen eines ersten Befalls mit holzerstörenden Pilzen sind Verfärbungen der Bohrkerne. Im fortgeschrittenen Stadium wurden nur mehr unvollständige Kerne mit bröseliger bis mehligter Konsistenz gezogen, die bereits auf dem Entnahmelöffel zerfallen (Abb. 2). Häufig war das Holz spürbar feucht. Im Endstadium verbleibt vom Stützenquerschnitt nur mehr eine Restwandstärke von wenigen Zentimetern. Nach dem Durchbohren konnte der Bohrer häufig ohne weiteren Kraftaufwand auf seine gesamte Länge eingeschoben werden. Das bedeutet, dass in diesem Bereich die tragfähige Holzsubstanz nicht nur beschädigt, sondern überhaupt nicht mehr vorhanden ist. Äußerlich häufig nicht erkennbar, ist diese von innen heraus fortschreitende Zerstörung besonders heimtückisch. Dabei können Insektenausfluglöcher ein Indikator für eine fortgeschrittene Zerstörung im Fußpunkt sein. Nach dem Entfernen der beschriebenen Ummantelungen oberhalb der Bodenplatte wurde häufig das Phänomen festgestellt, dass in diesem Bereich der Befall mit Insekten deutlich höher war als nur wenige Zentimeter darüber.



Abb. 2: Untersuchte Maschinenhalle, Stützenfuß ohne äußerlich erkennbare Schädigung und schadhafter Bohrkern

Fig. 2: Condition of an examined machine hall; detail: pillar foot and damaged drilling core

Ist im Stützenfußpunkt das Holz in seiner Festigkeit beeinträchtigt bzw. überhaupt keine Substanz mehr vorhanden, kann es vor allem bei zusätzlicher Lasteinwirkung (z. B. Wind oder Schnee) zum Versagen der eingespannten Stützen und damit der gesamten Konstruktion kommen.

3.2 Zustand der Gebäude insgesamt

Bei 26 Gebäuden war der Anteil der defekten Stützen so hoch, dass diese gesperrt werden mussten, sodass die Anlagen von unbeteiligten Außenstehenden nicht mehr betreten werden können. Bis zur Sanierung oder dem Rückbau muss bei diesen Anlagen zudem über Schilder auf die Gefahr hingewiesen werden. Bei 10 Gebäuden besteht Sanierungsbedarf. Lediglich bei zwei der vier Gebäude mit kesseldruck- bzw. teerölimprägnierten Stützen wurden keine Schäden festgestellt. Hier konnte eine wiederkehrende fachliche Begleitung durch einen Sachverständigen für Holzbau gem. DIN 18900 empfohlen werden. Bei den restlichen 14 Gebäuden wurde die Einspannung der Stützen anderweitig ausgeführt (Abb. 3). Betroffen sind sowohl außen- als auch innenliegende Stützen. Da die DIN 18900 den Einsatz dieser Bauweise bei Stallgebäuden zulässt, kann es vor allem im Tierbereich durch Kot und Harn, aber auch Tränkwasser zu einer ständigen Be- bzw. Durchfeuchtung des Stützenfußes kommen. Die Untersuchung zeigt, dass darüber hinaus auch bei Lager- und Maschinenhallen ohne weiteren Feuchtigkeitseintrag im Gebäudeinnern die innenliegenden Stützen akut sanierungsbedürftig sein können.

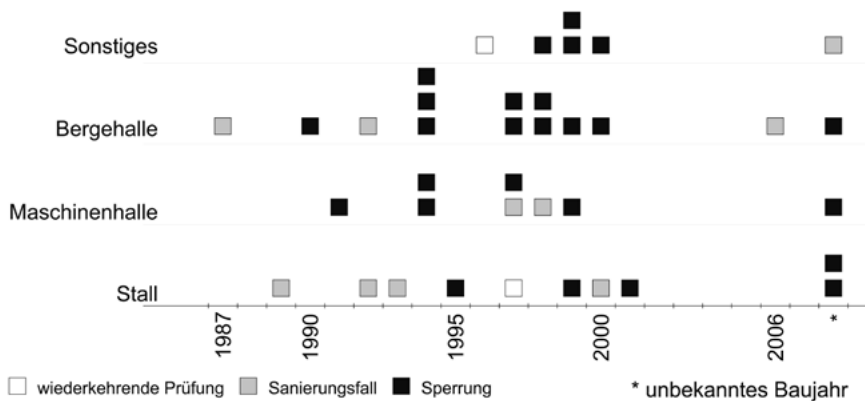


Abb. 3: Baulicher Zustand der direkt eingespannten Stützen bei den untersuchten Gebäuden (nach Alter und Nutzung)

Fig. 3: Constructional condition of the directly fixed pillars in the examined buildings (depending on age and use)

Über Geschwindigkeit und zeitlichen Verlauf der Schäden können derzeit keine Aussagen getroffen werden. Dafür sind die Abhängigkeiten im Hinblick auf die natürliche Inhomogenität des Baustoffes bzw. Vorschäden, der Holzfeuchte beim Einbau sowie den Bedingungen am Einbauort zu groß. Bisher wurden zu dieser Fragestellung noch keine Langzeituntersuchungen durchgeführt.

Soweit die Zahl der Gebäude eine Interpretation zulässt, ist auffallend, dass es keine Häufung von Schadensfällen mit zunehmendem Alter der Gebäude gibt. Für das bisher jüngste Gebäude hatte der Eigentümer die Errichtung in 2006 angegeben. Bereits hier

waren einzelne Stützen im Fußpunkt zerstört. Bei älteren Gebäuden konnten alle Stadien vom intakten Bohrkern über erste Anzeichen eines Befalls bis hin zur vollkommenen Zerstörung nachgewiesen werden. Aus diesem Grund wurde bei der Untersuchung in der Regel der Zustand aller Stützen erfasst, weil pauschale Aussagen nicht möglich sind.

4 Schlussfolgerung

Im Ergebnis zeigt sich, dass diese Bauweise auch in Verbindung mit vorbeugenden chemischen Holzschutz keine dauerhafte Konstruktion darstellt, da das Holz durch das direkte Einbetonieren und den Feuchtigkeitseintrag aus dem Erdreich bzw. von oben durch die Fuge zwischen Fundament und Stütze Bedingungen ausgesetzt wird, die offensichtlich zu den vorliegenden Schäden geführt haben. Auch beim Einsatz von vorbeugenden chemischen Holzschutzmaßnahmen ist der Zustand der Gebäude nach den festgelegten Zeiträumen der DIN 18900 zu prüfen. Dass dies notwendig ist, zeigte sich an Praxisbeispielen, wo trotz der vorgeschriebenen Kesseldruckimprägnierung Totalausfälle an einzelnen Stützen festgestellt werden konnten. Ein nachträglicher Auftrag vorbeugender chemischer Holzschutzmittel, wie er sonst bei bewitterten Außenbauteilen durchgeführt werden kann, ist bei dieser Bauweise nicht möglich. Jeglicher Versuch, den Stützenfußpunkt konstruktiv durch zusätzliche Maßnahmen (Verblechungen, Folien bzw. Bitumenpappe, Betonschäfte etc.) zu optimieren, hat zu keiner Verbesserung geführt.

Neben der Frage der Haltbarkeit stellt sich die Frage der Sanierung. An Lösungen zur Entfernung des Altholzes aus den Fundamenten wird derzeit zusammen mit Herstellern entsprechender Geräte intensiv gearbeitet. Da Fräsmaschinen zur Entfernung von Holz in dieser Beschaffenheit, Dimension und unter diesen Zugangsbedingungen am Markt serienmäßig nicht angeboten werden, werden derzeit Betonkernbohrmaschinen erprobt. Über Bohrkronen mit entsprechenden Durchmessern wird um den abgetrennten Stützenfuß zylindrisch in den Fundament-Körper aus Beton gebohrt. Werden diese Kerne erfolgreich gezogen, können in die verbleibenden Löcher paarweise eingestellte Stahlprofile mit Quellbeton vergossen werden. Diese dienen wiederum als Einspannung für neue Rundholzstützen oberhalb der Fundamente. Im Hinblick auf geltendes Baurecht wird dabei keine grundlegende Änderung der Tragkonstruktion vorgenommen, die ansonsten z.B. nach Art. 55 Abs. 1 der Bayerischen Bauordnung (BayBO) genehmigungsbedürftig wäre.

Literatur

- DIN 1052 (2008): Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Holzbau, Ausgabe: 2008 – 12, DIN - Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
- DIN 68800 (2011): Holzschutz, Ausgabe: 2011 – 10, DIN - Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
- DIN 18900 (1982): Holzmastenbauart, Ausgabe: 1982 – 10, DIN - Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin

Entwicklung einer Musteranlage für Aufzucht und Haltung des Fohlens bis zur Remonte unter Berücksichtigung von Tiergerechtigkeit, Bau- und Verfahrenstechnik sowie Wirtschaftlichkeit

Design of a general concept for the further development of a functional and constructional-technical housing and nursing system for foals up to the age of two years

NADJA WORSCHER¹, ENGEL F. HESSEL², HERMAN F. A. VAN DEN WEGHE²

¹ Thüringer Reit- und Fahrverband e.V., Alfred-Hess-Str. 8, 99094 Erfurt

² Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Haltungsverfahren, Pferd, Zuchtstutenhaltung, Fohlen- und Jungtieraufzucht
Keywords: animal welfare, horse, young horses

Zusammenfassung

Auf der Grundlage einer Literaturanalyse entwickeln die Autoren ein Leitbild für die Weiterentwicklung des funktionellen und baulich-technischen Aufzucht- und Haltungssystems vom Fohlen bis zur Remonte. Das zyklische Betriebskonzept wird dabei auf ein Planungskonzept für eine konkrete Beispielanlage übertragen. Diese Beispielanlage dient weiteren wirtschaftlichen Untersuchungen wie der Investitionskosten-, Arbeitsstunden- und Betriebskostenanalyse.

Summary

On the basis of a literature analysis, the authors designed a model for the further development of a functional and structural-technical rearing and housing system for foals up to an age of two years. The cyclic operational concept is transferred to a planning concept for a concrete example barn. This facility serves for further economic studies, such as the analysis of investment costs, labor hours and operating cost.

1 Ziel

Der Beitrag verfolgt das Ziel, auf dem Gebiet der Pferdehaltung den aktuellen Wissensstand über die Grundlagen und die praktisch angewandten Formen der Aufzucht von Jungtieren systematisch zu analysieren sowie aus diesen Erkenntnissen eine Konzeption als Leitbild für die Weiterentwicklung des funktionellen und baulich-technischen Aufzucht- und Haltungssystems vom Fohlen bis zur Remonte anwendungsbezogen vorzuschlagen. Unter Berücksichtigung der maßgeblichen Bedingungen und Anforderungen gilt es, eine artgerechte Zuchtstuten- und Jungpferdehaltung einerseits mit den Nutzungsansprüchen des Menschen andererseits ökologisch nachhaltig in Einklang zu bringen. Die daraus abzuleitende komplexe Gestaltung einer Musteranlage soll als Beitrag der Leitbildentwicklung dienen und als Referenzmodell für das beispielhaft abgeleitete Betriebskonzept sowie künftigen Vertiefungen und Anwendungen zur Verfügung stehen.

2 Methoden

Mit der ausführlichen Analyse des aktuellen Forschungsstandes und der Erfahrungen aus der Praxis soll den Anwendern eine Art Kompendium an die Hand gegeben werden. Zu den Sachverhalten einer der Tierart gerecht werdenden Haltung, zu Fragen der Bau- und Verfahrenstechnik sowie Organisation und Wirtschaftlichkeit sind orientierende Antworten aufgezeigt. Neben den allgemeinen Kennzeichen der tiergerechten Pferdehaltung und den Grundsätzen des Tierschutzes wird der wissenschaftliche Forschungsstand bezogen auf die biologischen Anforderungen von Zuchtstuten und Jungpferden beschrieben. Hierbei erfolgt die Konzentration auf die Themengebiete Bewegung und Sozialkontakt, Entwicklungs- und Ernährungsphysiologie sowie Gesundheitsvorsorge, jeweils unter der Prämisse der Zucht, Aufzucht und Haltung von langfristig als Freizeit- und Sportpferd nutzbaren Pferden. Enthalten sind die wichtigsten Entwicklungsschritte in den ersten drei Lebensphasen der Fohlen. Neben dem Pferd als solches bildet die Bau-, Gebäude- und Verfahrenstechnik einen weiteren Schwerpunkt der Literaturrecherche. Von Planungs-, Bau- und Umweltrecht über den Entwurf und die Bautechnik bis hin zur Gebäude- und Verfahrenstechnik werden Voraussetzungen und fachbezogene Entwicklungstendenzen für die Errichtung von Anlagen für die Aufzucht von Pferden, Grundlagen der Gebäude- und Anlagengestaltung sowie die funktionellen Kriterien der Gestaltung von Stallungen und Ausläufen zusammenfassend beschrieben. Die Darstellung der ökonomischen und ökologischen Kriterien für Aufzuchtbetriebe setzt neben der Beschreibung der wichtigsten Grundlagen des Vertrags- und Versicherungswesens in der Jungpferdeaufzucht einen weiteren Schwerpunkt.

3 Ergebnisse

3.1 Betriebskonzept

Das weiterentwickelte Leitbild für die Haltung von Zuchtstuten und Aufzuchtperden, d.h. von Absetzern, Jährlingen und Zweijährigen, überträgt die wissenschaftlichen

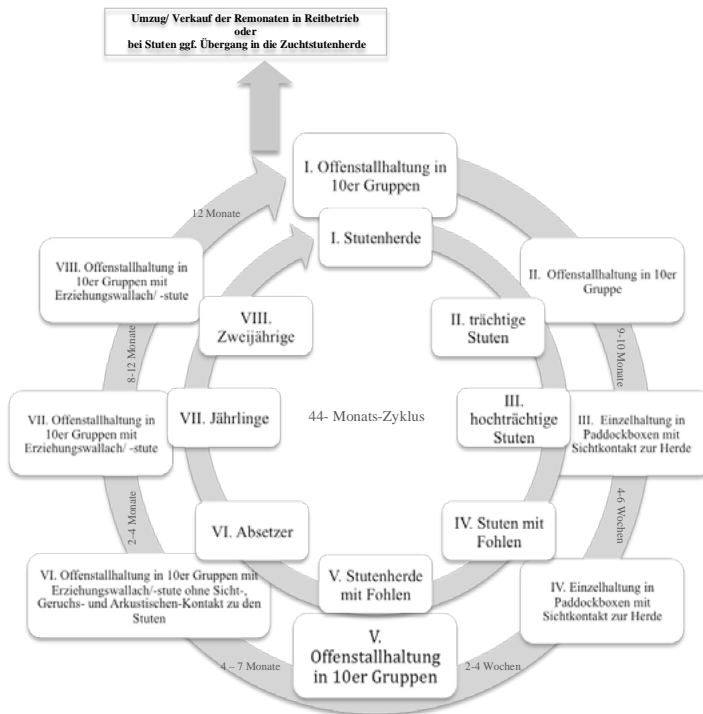


Abb. 1: Betriebskonzept im 44-Monatszyklus
 Fig. 1: Operational concept in the 44-month cycle

Erkenntnisse (AHLWEDE 2000, HARTMANN 2006, HELESKI et al. 2002, LEINWEBER 2008, VAN DEN WEGHE 2009) eines für die weitere Vertiefung und Umsetzung geeigneten fiktiven Bauprojektes.

Ausgangspunkt ist die Zusammenfassung der spezifischen Anforderungen des jungen Pferdes und die Ableitung einer Gruppen-, Fütterungs-, Bewegungs- und Hygienekonzeption (Abb. 1). Der entwickelte 44-Monatszyklus entsteht aus einer Phase der Trächtigkeit, der Geburts- und Prägungsphase, der Phase der Herdenhaltung von Fohlen mit den Mutterstuten sowie die Absetzzeit. Abgeschlossen wird der 2-jährige Zyklus der Jungpferdehaltung in geschlechtsspezifischen Gruppen in einer Lauf- und Offenstallhaltung. Ein darauf aufbauendes Lastenheft enthält den Kriterienkatalog für die Standortbewertung bei der Auswahl geeigneter Grundstücke zur Errichtung einer solchen Musteranlage. In einem Raum- und Funktionsprogramm sind die hergeleiteten Anforderungen in baulich-räumliche Kategorien übersetzt (NEUERT et al. 2009).

3.2 Planungskonzept

Mit dem Planungskonzept für eine Musteranlage mit 20 Zuchtstuten, 60 Aufzuchtpferden und 6 Erziehungspferden werden die wesentlichen Gestaltungsnotwendigkeiten auf den Ebenen der Gebäude-, Technik- und Freiraumplanung unter investiven und lebenszyklischen Aspekten abstrahierend in einen Prinzipvorschlag überführt. Die Konzept-

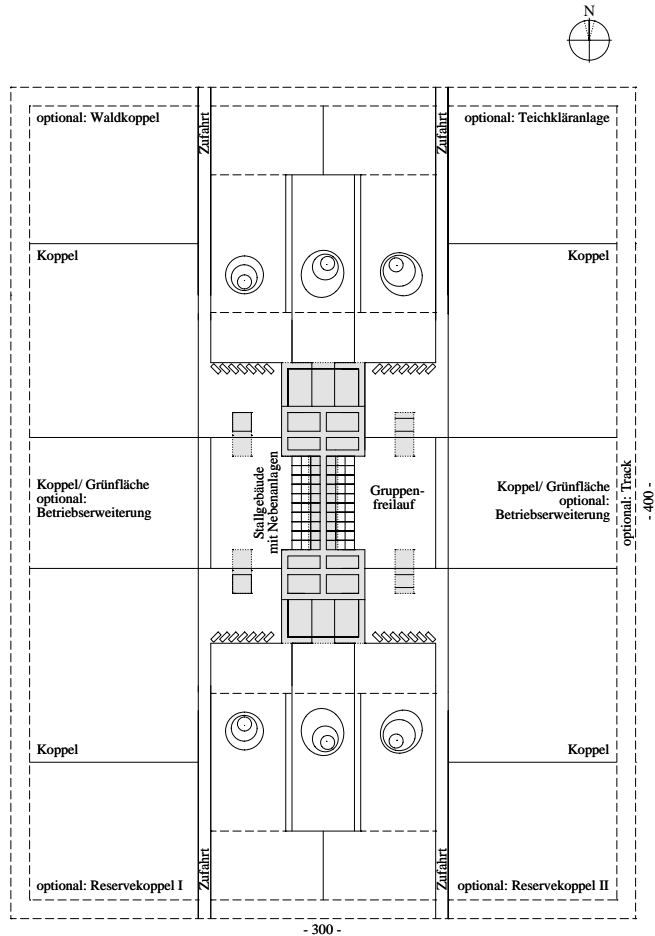


Abb. 2: Musteranlage 20/60 – Gesamtanlage 300 x 400 m

Fig. 2: Model plant 20/60 – Total facility 300 x 400 m

beschreibungen veranschaulichen zeichnerische Grundriss-Darstellungen (Abb. 2 und Abb. 3) unterstützt von Quer- und Längsschnitten (Abb. 4).

Wie in Abbildung 3 zu erkennen entsteht im standortlosen und allgemeingültigen Musterkonzept, unter Berücksichtigung möglichst kurzer Wege für die Bewirtschaftung, eine zweireihige Boxenanordnung mit je 10 Boxen und Mittelganglösung in Ost-West-Ausrichtung, der Zuchtstutenbereich als Kernbereich der Anlage mit den zugeordneten Paddocks und den unmittelbar angrenzenden Freilaufbereichen. An den jeweiligen Enden, also im Norden und im Süden, schließen sich drei quer liegende Raumgruppen an: 1. Funktionsbereiche, 2. Lagerbereiche, 3. Stallgebäude für Absetzer/Jährlinge/2-Jährige. Abbildung 2 zeigt, wie um die bauliche Kernzone herum die Nahzone besetzt von Freilaufbereichen und vier Hofzonen angeschlossen sind. Daran schließt sich ein äußerer Ring mit Koppelflächen an, dessen Mindestflächen sich aus den spezifischen Bedarfszah-

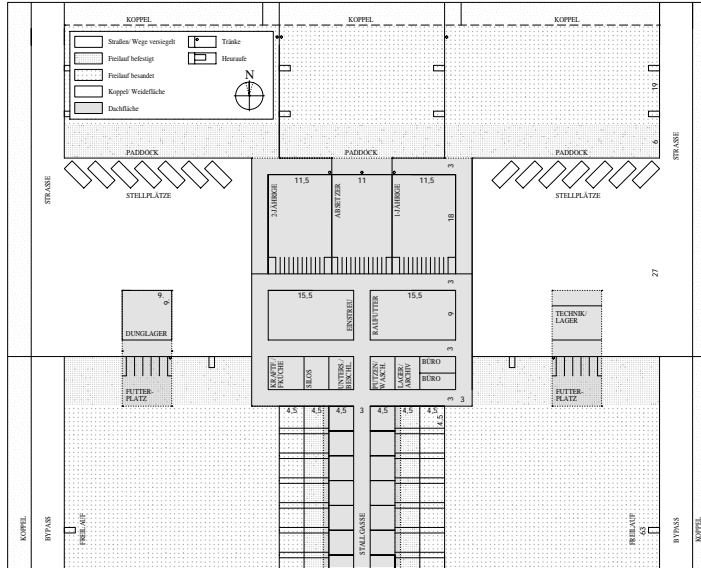


Abb.3: Musteranlage 20/60 – Kernzone 120 x 200 m
 Fig. 3: Model plant 20/60 – Core zone 120 x 200 m

len für den Weidegang ergeben und dessen Ausdehnung lediglich bestimmt wird von der flächenmäßigen Verfügbarkeit und Eignung des Rohlandes in Verbindung mit den dafür erforderlichen Kosten des Erwerbs bzw. der Pacht und der Bewirtschaftung (KTBL 2008).

Für die Musteranlage mit den gewählten Haupt-Nutzungskennziffern, d.h. einem Pferdebestand von 20 Stuten sowie 60 Fohlen und Jungpferden, ist die Mindestgröße der Gesamtanlage mit 12 ha bei einer Ausdehnung von 400 m in Nord-Süd- und 300 m in Ost-West-Richtung bestimmt. Hierbei ist ein umlaufender Tracking-Pfad von 6 bis 9 m Breite optional eingeschlossen. Diese Fläche kann sowohl der Distanzwahrung zu ggf. angrenzenden Einrichtungen als auch der Arbeit mit den unterschiedlichen Pferdegruppen der Anlage dienen (ZIMMERMANN 2009).

Aus der Vervielfältigung der kleinsten entworfenen Ordnungseinheit von 30 cm ergeben sich in Grund- und Aufriss modulare Gestaltungsbezüge, die nicht nur eine koordinierte Planungsgrundlage ermöglichen sondern auch den Einsatz industriell vorgefertigter Bauelemente- und Systemaggregationen fördern (Abb. 4; NEUFERT et al. 2009).

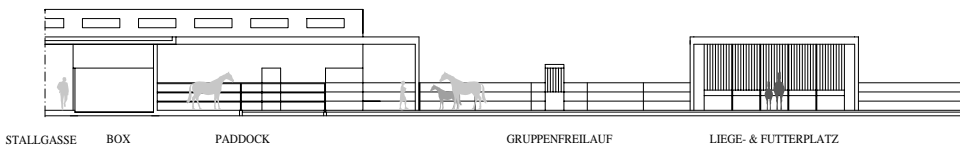


Abb. 4: Musteranlage 20/60 – Querschnitt Südhälfte Stallgebäude
 Fig. 4: Model plant 20/60 – Cross-section of barn south half

Für den Beispielbetrieb erfolgt die Dimensionierung mit 5,10 m lichte Raumhöhe und damit ebenfalls im 30-cm-Raster. Dadurch werden zugleich eine effiziente Stapelung der gebundenen Stroh- und Heuvorräte (wie mit Quaderballen) und die erforderliche Querlüftung im oberen Raumbereich über Lüftungsöffnungen ermöglicht, die oberhalb benachbarter Dach-Randanschlüsse angeordnet sind. Die technische Gebäudeausrüstung und Verfahrenstechnik umfasst die Anlagengruppen in Form von Systemen und Komponenten, wie sie die Industrie und die verarbeitenden Betriebe zum Errichtungszeitpunkt anbieten können. Tendenziell sollten dabei die Grundsätze der Ökologie und der Nachhaltigkeit angewandt und praktisch umgesetzt werden.

3.3 Wirtschaftlichkeitsrechnung

Das Leitbild erfährt eine wirtschaftliche Untersetzung. In der Literatur systematisierte und quantifizierte Arbeitsvorgänge und Teilvorgänge werden auf den Modellbetrieb bezogen und der jährliche Arbeitszeitbedarf ermittelt. Für die Zuchtstutenhaltung umfassen diese rund 2120 Arbeitskraftstunden im Jahr. Für die Gruppen der Jungpferdeaufzucht mit Absetzern, Jährlingen, Zweijährigen und Erziehungspferden ist von jährlich rund 3 215 Arbeitskraftstunden auszugehen. Die ermittelten Jahreskosten pro Pferd liegen zwischen 4.161 € für die Aufzucht von Jungpferden und 6.186 € für die Betreuung und Unterbringung von Zuchtstuten.



Abb. 5: Anteile der Haltungskosten im Beispielbetrieb gehaltener Pferdegruppen
 Fig. 5: Comparison of housing costs in the example barn of held groups of horses

Die Zuchtstutenhaltung und Jungpferdeaufzucht stellt die Betreiber einer qualifizierten Anlage, die artgerechten und ökologischen Zielen verpflichtet ist, vor eine ökonomische Herausforderung. Gleichwohl vermittelt das hier weiterentwickelte Leitbild dafür einen komplexen Ansatz. Unter geeigneten Standortbedingungen ist es aussichtsreich, einen letztlich erfolgreichen Betrieb zu führen, der die Anforderungen des Tieres nahezu idealtypisch mit denen der bestehenden und sich künftig erhöhenden Nachfrage auf dem Sportpferdemarkt nach physisch und psychisch gesunden Leistungsträgern für den Reitsport und die Freizeit verbindet.

Literatur

Das Literaturverzeichnis ist bei den Autoren erhältlich.

Entwicklung einer sehr exakt arbeitenden viertelindividuellen Vakuumregelungseinheit für Melksysteme

Developing a very precise working, quarter individual vacuum control unit for milking systems

ULRICH STRÖBEL, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER, REINER BRUNSCH

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

Schlüsselwörter: Vakuumdrosselventil, Vakuumregelungseinheit, Zitzen Spitze, Milchfluss
Keywords: vacuum control valve, vacuum control unit, teat-end, milk flow

Zusammenfassung

Ein Problem der verfügbaren Melktechnik besteht darin, dass das zitzenendige Melkvakuum mit ansteigendem Milchfluss stets absinkt. Im Zentrum dieser Arbeit steht deshalb eine neu entwickelte Regelungseinheit zur viertelindividuellen Steuerung des zitzenendigen Melkvakuums. Das Vakuumverhalten am Zitzenende der Kuh im Melksystem Multilactor® mit und ohne Regelungseinheit wird in dieser Arbeit verglichen. Als Ergebnis konnten folgende Unterschiede mit und ohne Regelungseinheit beobachtet werden: In Melkabschnitten mit einem niedrigen Milchfluss wird in beiden Pulszyklusphasen das Melkvakuum auf 8 kPa (Entlasten) und 17,5 kPa (Saugen) mit Regelung eingestellt. Ohne Regelung erreicht das Melkvakuum hingegen Werte von 29 kPa (Entlasten) und 33,5 kPa (Saugen). In Melkabschnitten mit einem hohen Milchfluss bleibt das Melkvakuum mit und ohne Regelungseinheit mit etwa 31 kPa relativ hoch und erlaubt in beiden Fällen ein zügiges und gewebeschonendes Melken.

Summary

A problem of the currently available milking technology is that the teat-end milking vacuum always falls as the milk flow increases. A recently developed unit for the quarter individual control of the teat-end vacuum therefore constitutes the focus of this paper, which compares the vacuum behaviour at the teat end of the cow in the Multilactor® milking system with and without a control unit. As a result, the following differences with and without a control unit were observed: In low-flow milking stages, the milking vacuum is set to 8 kPa (release) and 17.5 kPa (suction) with a control unit in both pulse-cycle phases. By contrast, the milking vacuum reaches values of 29 kPa (release) and 33.5 kPa (suction) without a control unit. In high-flow milking phases the milking vacuum remains relatively high at approximately 31 kPa, in both settings, with and without using the control unit. That allows a speedy and udder-tissue-friendly milking process.

1 Einführung

Die Melktechnik stellt eine wichtige Techniksparte im Bereich der Verfahrenstechnik der Nutztierhaltung dar (STRÖBEL et al. 2013). Was die Vakuumpplifikation in Melkssystemen betrifft, so kann festgestellt werden, dass stabile Vakuumverhältnisse in Melkssystemen von mehreren Autoren als die unumstößliche Voraussetzung für das erfolgreiche maschinelle Melken angesehen werden (HOEFELMAYR und MAIER 1979, NORDEGREN 1980, SCHLAISS 1994). Inzwischen erzeugen die allermeisten Melkssysteme stabile Vakuumverhältnisse an den Zitzenenden der Kühe, trotzdem sind immer noch häufig Gewebebeeinträchtigungen nach dem Melken der Tiere zu beobachten. Über die optimale Feineinstellung des Melkvakuums am Zitzenende wird noch immer heftig diskutiert (STRÖBEL et al. 2013). HAMANN (1987) und andere Autoren stellen fest, dass das Zitzengewebe an der Zitzenspitze gesund und sauber gehalten werden muss. Grundlegend stellt REINEMANN et al. (2001) fest, dass ein niedriges Melkvakuum einen positiven Effekt auf den Zitzenzustand hat, dass sich bei niedrigem Vakuum aber die Melkdauer verlängert, was wiederum tendenziell die Gewebelastung an den Zitzen erhöht.

Eine vorsichtige Behandlung der Zitzen und eine Optimierung der Vakuumpplifikation in modernen Melkssystemen ist aufgrund der Literatursituation daher notwendig, auch wenn der Forschungsschwerpunkt der Melktechnik in den letzten Jahren dieses Thema nicht mehr stark berücksichtigt hat (STRÖBEL et al. 2013).

2 Material und Methoden

In den durchgeführten Versuchen wurde jeweils der Einfluss von Ventileinstellung und Milchdurchfluss auf die Vakuumveränderung im Milchschauch am Zitzenende gemessen. Technisch war ein Vakuumdrosselventil (VDV) als Akteur in einen der Milchschräuche des viertelindividuellen Melksystems Multilactor® eingebaut (Abb. 1 (4)), mit dem eine Veränderung der Öffnungsfläche im Inneren des Milchschräuches vorgenommen werden konnte (STRÖBEL et al. 2013). Das Melkssystem wurde im Jahr 2009 installiert, das Anlagenvakuum betrug 35 kPa, das Pulsationsverhältnis 65:35 und der Innendurchmesser der vier viertelindividuellen Milchschräuche betrug 10 mm.

Es wurden Vakuumnassmessungen nach der Nassmessmethode (DIN ISO 2007) am Versuchsmelkstand des Leibniz-Institutes für Agrartechnik Potsdam Bornim e.V. durchgeführt. Die Nassmessungen wurden mit künstlichen Zitzen durchgeführt, welche nach DIN ISO 6690 angefertigt wurden (DIN ISO 2007). Wasser wurde verwendet, um den Milchfluss im Kuheuter zu simulieren und die eingestellten Durchflussmengen lagen zwischen 0,0 und 1,1 l/min je Viertel, da bis zu dieser maximalen Durchflussmenge eine Vakuumreduzierung für notwendig gehalten wurde (STRÖBEL et al. 2013). Zur Simulation des Milchflusses wurden vier Durchflussbegrenzer (Parker Hannifin Corporation, Cleveland, USA), die auf einer Grundplatte angebracht sind, verwendet. Bei jedem Durchflussbegrenzer kann der Durchfluss mithilfe von einem Stellhahn zwischen 0,0 und 2,0 l/min je Viertel eingestellt werden, wobei die Messgenauigkeit $\pm 2\%$ beträgt. Im Detail wurden Versuche mit den nachfolgend aufgezählten Durchflussmengen durchgeführt: 0,0; 0,3;

und paarweise angesetzt. Das Abnehmen der Melkbecher erfolgt automatisch, allerdings nicht viertelindividuell (ROSE und BRUNSCH 2007).

Das Vakuumdrosselventil (VDV), welches elementare Bedeutung für die durchgeführten Versuche hat, ist in Abbildung 1 dargestellt. Zur Regelungsentwicklung wurden mehrere VDV Prototypen entwickelt und produziert. Zweck der VDV's war über den gesamten Entwicklungszeitraum, jeweils die möglichst exakte und schnelle Einstellung unterschiedlicher Öffnungsquerschnitte für Milchschräuche bereitstellen zu können (STRÖBEL et al. 2013). Die zwölf unterschiedlich einstellbaren Öffnungsflächen im VDV lagen zwischen 0,0 und 78,5 mm². Ein Milchschräuch mit einem Innendurchmesser von 10 mm hat eine Querschnittsöffnungsfläche von 78,5 mm² (STRÖBEL et al. 2013).

Die Berechnung des durchschnittlichen Vakuums für die einzelnen Melkphasen erfolgte nach den Vorgaben der DIN ISO 6690 (2007). Mit dieser Berechnungsmethode wurden genaue Zusammenhänge zum zitzenendigen Melkvakuum in Abhängigkeit vom

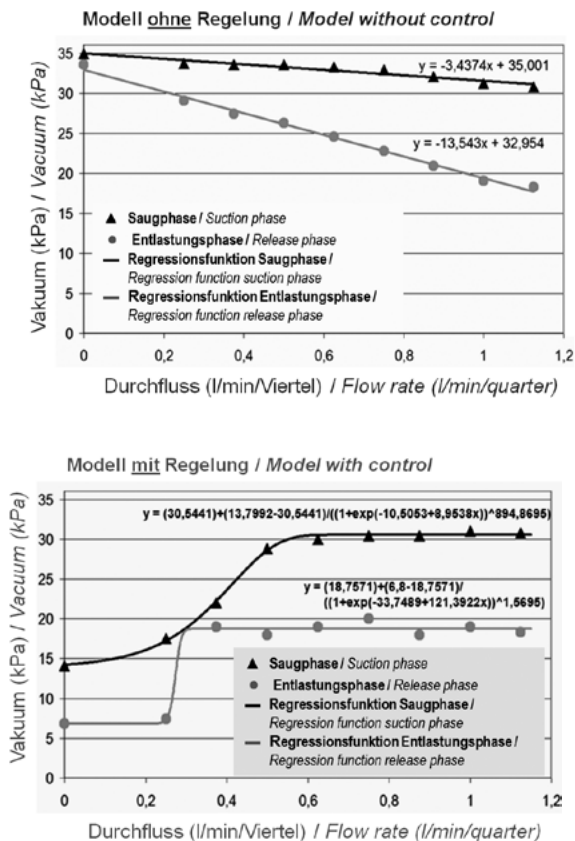


Abb. 2: Einfluss der Vakuumregelungseinheit auf das zitzenendige Vakuum in Abhängigkeit des Milchflusses (LEIBNITZ-INSTITUT 2011)

Fig. 2: Effect of the vacuum control unit on the teat-end vacuum depending on the milk flow rate (LEIBNITZ-INSTITUT 2011)

Milchfluss gefunden. Für jede gemessene Kombination von Milchfluss und Öffnungsquerschnitt am VDV wurden acht Wiederholungen durchgeführt. Aus dem Gesamtpool aller möglichen Einstellungsvarianten wurden dann die Einstellungskombinationen zur Softwareerstellung manuell ausgewählt, die dem Ziel entsprachen, bei einem steigenden Milchfluss einen Anstieg des Melkvakuums zu erzeugen (STRÖBEL et al. 2013).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Wirkung der Versuchsreihe mit Vakuumregelung lässt sich mit Abbildung 2 erklären. In Abbildung 2 ist zu sehen, dass das Vakuum mit Regelungseinheit auf etwa 16 kPa in der Saug- und auf ca. 7 kPa in der Entlastungsphase gesenkt werden kann. Im Fall ohne Regelungseinheit wirken bei demselben Durchfluss von 0,2 l/min je Viertel hingegen 34 kPa bzw. 29 kPa an den Zitzenenden in der Saug- und Entlastungsphase. Dies ergibt, insbesondere bei niedrigem Durchfluss, eine deutlich geringere Vakuumbelastung für die Kuhzitzen durch den Einsatz der Regelung (STRÖBEL et al. 2012b). Der Vergleich der beiden Diagramme zeigt, dass die entwickelte Regelungseinheit eine deutliche Reduzierung des zitennahen Vakuums bei niedrigen Milchflüssen bewirkt. Dies ist sinnvoll, da hier kein hohes Vakuum zum Milchabtransport benötigt wird. Das niedrige Vakuum in diesen Melkabschnitten verhindert eine hohe Belastung für das Zitzengewebe und sorgt so für einen „sanften“ Milchentzug (STRÖBEL et al. 2012a). In Melkabschnitten mit einem hohen Milchfluss wird dagegen während der Saugphase mit hohem Vakuum im Milchschauch gemolken. Meist wird dabei annähernd die Höhe des Anlagenvakuums erreicht. In der Saugphase soll durch ein Vakuum, das in etwa auf dem Niveau des Anlagenvakuums liegt, ein zügiges Ausmelken ermöglicht werden. In der Entlastungsphase hingegen ist eine Reduzierung des Vakuums an der Zitze erwünscht, denn ein niedriges, an den Milchfluss exakt angepasstes Vakuum, schon das empfindliche Eutergewebe der Kühe (STRÖBEL et al. 2012a).

Mit der neuen Regelungseinheit lässt sich das Vakuum passgenau steuern – mit zu erwartenden positiven Effekten auf die Tiergesundheit. So ist anzunehmen, dass sich Eutererkrankungen verringern werden. Der Einsatz der schonenden viertelindividuellen Melktechnik kann somit voraussichtlich das Leben und die Leistungsfähigkeit der Milchkühe verlängern. Damit ergäben sich auch positive Effekte für die energetische Gesamtbilanz der Milchproduktion: Durch eine gesteigerte Lebensdauer der Milchkühe kann theoretisch die Energie, die das Tier in der Aufzuchtphase „ohne Milchproduktion“ aufnimmt, über einen verlängerten Produktionszeitraum verteilt werden (STRÖBEL et al. 2012a).

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die beschriebene Vakuumregelungseinheit erzielt die gewünschte Vakuumapplikation, bei der das zitennahe Melkvakuum in der Entlastungsphase und in den Melkphasen mit niedrigem Milchfluss deutlich gesenkt wird (STRÖBEL et al. 2012b). Viele weitere Neuerungen auf dem Markt der Melktechnikausstattung zeigen, dass die Weiterentwicklung

viertelindividueller Melksysteme großes Potenzial für eine wesentlich tier- und melkerfreundlichere Milchgewinnung birgt (STRÖBEL et al. 2012a). Da die benötigten Elektronikbaugruppen zur Verbesserung der Melkbedingungen für Mensch und Tier schon heute prinzipiell zur Verfügung stehen, ist es die Aufgabe der Melktechnikindustrie und -forschung die verfügbaren elektronischen Komponenten an die Nutzungsbedingungen in der Tierhaltung anzupassen und damit robuste Technik für den Einsatz in der Praxis zu entwickeln (STRÖBEL et al. 2012a).

Literatur

- DIN ISO (2007): DIN ISO 6690: Milking machine installations - mechanical tests. International Organization for Standardization
- Hamann, J. (1987): Machine Milking and Mastitis Section 3: Effect of Machine Milking on Teat-end Condition – A Literature Review. In: Bull. Int. Dairy. Fed. 215, pp. 33–53
- Hoefelmayer, T.; Maier, J. (1979): Vom klassischen Zweiraumbecher und seinen Funktionsmängeln. In: Milchpraxis 17, pp. 62–64
- Leibniz-Institut for Agr. Engineering Potsdam-Bornim (2011): Verfahren und Kit zum automatischen Melken von Tieren (Method and Kit for the automatic milking of animals). DE 10 2011 075 138.6, Registration: 2011.05.03, Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Brunsch, R.; Zieger, E.; Maier, J.; Hatzack, W.
- Nordegren, S.A. (1980): Cyclic Vacuum Fluctuations in Milking Machines. Dissertation. Stuttgart-Hohenheim, Germany
- Reinemann, D.J.; Davis, M.A.; Costa, D.; Rodriguez, A.C. (2001): Effects of Milking Vacuum on Milking Performance and Teat Condition. Proceedings of Annual meeting of the National Mastitis Council. International Symposium on Mastitis and Milk Quality
- Rose, S.; Brunsch, R. (2007): Quarter Individual Milking in Conventional Milking Systems. Landtechnik 62(3), pp. 170–171
- Schlaß, G. (1994): Einfluss von modifizierter Sitzgummibewegung auf Milchabgabeparameter und zyklische Vakuumschwankungen. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik des AK Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Nr. 255, Hohenheim
- Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Müller, A. (2012a): Vier Viertel sind mehr als ein Ganzes, Viertelindividuelle Melktechnik – wie Milchkühe, Melker und Landwirte von den neuen Möglichkeiten profitieren. In: Forschungsreport 23(1), pp. 20–23
- Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Hoffmann, G.; Ammon, C.; Amon, T.; Brunsch R. (2012b): Vacuum application for individual quarters in modern milking systems. In: Landtechnik 67(6), pp. 405–408
- Ströbel, U.; Rose-Meierhöfer, S.; Brunsch, R. (Savary, P. und Schick, M.) (2013): Entwicklung einer präzisen viertelindividuellen Vakuumregelung für Melkmaschinen. 4. Täglicher Melktechniktagung – Automatisierung rund ums Melken, 21.03.–22.03.2013, Ettenhausen (Schweiz), ART-Schriftenreihe, S. 21–25

Verfahrensbewertung automatischer und konventioneller Melksysteme im Vergleich

Comparative review of automatic and conventional milking systems

RENÉ POMMER, INGO HEBER, ANNETT RINDFLEISCH, ALBRECHT BART

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

Schlüsselwörter: Milchproduktion, Melken, Melksysteme, Verfahrensbewertung
Keywords: *milk production, milking, milking systems, process review*

Zusammenfassung

Für das Melken großer Milchviehherden mit automatischen Melksystemen (AMS) ist neben höheren Investitionskosten auch mit höherem Unterhaltungsaufwand und Stromverbrauch je Produkteinheit zu rechnen. Ob diese höheren Kosten durch die Arbeitszeiteinsparung ausgeglichen werden, hängt vom Lohnniveau ab. Unter den gegenwärtigen Bedingungen in Sachsen ist der Einsatz konventioneller Melktechnik grundsätzlich kostengünstiger. Erst bei Lohnkosten über 20 € je Stunde kann eine Kostenäquivalenz erreicht werden.

In kleinen Betrieben können AMS wirtschaftlicher sein als konventionelle Melkanlagen. Die notwendige Arbeitszeiteinsparung von etwa 13 Arbeitskraftstunden gegenüber konventionellen Systemen wird hier erreicht. Voraussetzung ist eine hohe Auslastung der Melkboxen.

Bei Investitionsplanungen können Fördermöglichkeiten sowie bauliche und örtliche Gegebenheiten zu abweichenden Einschätzungen führen.

Summary

For milking large dairy herds with automatic milking systems (AMS) is in addition to higher investment costs also be expected with higher maintenance costs and energy consumption per unit of product. Whether these higher costs are compensated by working time reduction depends on the wage level. Only when wage costs about € 20 per hour, an equivalence cost can be achieved.

In small companies AMS can be more economical than conventional milking systems. The necessary labor time savings of about 13 labor hours compared to conventional systems is achieved here. This requires a high utilization of the milking boxes.

When planning investments must be noted that funding opportunities as well as structural and local conditions can lead to different assessments.

1 Zielstellung

Ziel der Untersuchungen war die vergleichende Betrachtung der verfahrensabhängigen Kosten des Prozessabschnittes der Milchgewinnung bei Einsatz unterschiedlicher praxisüblicher Melksysteme sowie die Ableitung von Orientierungswerten für die Praxis.

2 Material und Methoden

Untersucht wurden die der Milchgewinnung zuzurechnenden Verfahrenskosten in 12 Betrieben mit Bestandsgrößen von 56 bis 1419 Milchkühen mit unterschiedlichen Melksystemen verschiedener Hersteller.

Die Investitionskosten, Materialverbräuche und Unterhaltungsaufwendungen wurden rechnungsgenau aus der betrieblichen Buchhaltung erfasst. Als Abschreibungssätze kamen einheitlich 10 % für Technik und 4 % für Bau zum Ansatz.

Der Unterhaltungsaufwand setzt sich insbesondere aus Reparaturleistungen, Ersatzteilen (auch Zitzengummis), Leistungen aus Serviceverträgen, Schmierstoffen und eigenen Reparaturleistungen zusammen. Zu den Materialaufwendungen gehören insbesondere Ausgaben für Reinigungs- und Desinfektionsmittel, Dippmittel und -becher, Euterreinigung (Euterlappen oder -papier, Waschmittel für Euterlappen, Desinfektionsmittel usw.), weitere Milchhygieneartikel (Zelltest, Desinfektionsmittel für Melkzeug-zwischendesinfektion, Blindzitzen, Vormelkbecher usw.) sowie Arbeitsschutzbekleidung (Melkerschürzen, Hygienehandschuhe usw.).

Für die Ermittlung von Strom- und Wasserverbrauch wurden Unterzähler installiert. Der gemessene Wasserverbrauch wurde einheitlich mit 4,90 €/m³ (inkl. Kosten der Ausbringung mit der Gülle) und die Energie mit 15 Ct/kWh (Mischkalkulation Strom/Wärme) bewertet. Die dem Prozessabschnitt Milchgewinnung zuzurechnende Arbeitszeit wurde durch Arbeitszeitmessungen ermittelt. Die ermittelte Melkarbeitszeit wurde einheitlich mit 12,50 €/AKh (Arbeitgeberbruttolohn) bewertet.

3 Ausgewählte Ergebnisse der Datenerhebung

Arbeitswirtschaft

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Arbeitszeitmessungen dargestellt. Die AMS-Betriebe benötigen für die Milchgewinnung je Kuh und Jahr zwischen 4,4 und 8,3 Arbeitskraftstunden (AKh). Ein Degressionseffekt ist dabei nicht erkennbar. Die eingesetzte Arbeitszeit hängt vielmehr von Managementfestlegungen ab, z.B. Anzahl Stallrundgänge zum Nachtreiben von Kühen mit Melkanrecht.

Tab. 1: Übersicht über die gemessenen Arbeitszeiten im Prozessabschnitt der Milchgewinnung
 Tab. 1: Overview of the measured working time in the process section of milk production

Melksystem ¹⁾	Melk- plätze	Kuhzahl	Gemelke / Kuh u. d	AKh / Kuh u. a	AKmin / Gemelk	Gemelke / AKh
FGM 2 x 5	10	62	2,00	30,1	2,81	21
Karussell Innenmelker	24	482	2,00	18,4	1,74	34
Karussell Außenmelker	40	529	2,77	12,9	0,91	66
SbS 2 x 16	32	655	2,00	13,9	1,39	43
FGM 2 x 18	36	825	2,87	21,3	1,45	41
SbS 2 x 24	48	1.258	2,00	12,2	1,14	53
Karussell Innenmelker	40	1.419	3,00	13,9	0,92	65
AMS freier Kuhverkehr	1	56	2,56	4,4	0,32	185
AMS mit Vorselektion	1	66	2,17	5,0	0,45	133
AMS Mehrboxensystem mit Vorselektion	3	134	2,51	6,4	0,48	125
AMS freier Kuhverkehr	8	514	2,74	8,3	0,58	103

¹⁾ FGM – Fischgrätenmelkstand; SbS – Side-by-side-Melkstand; AMS – automatisches Melksystem.

In den konventionellen Melksystemen liegt die gemessene Arbeitszeit zwischen 12,2 und 30,1 AKh je Kuh und Jahr. Für die große Schwankungsbreite spielen verschiedene Einflussfaktoren, wie Art und Größe des Melkstandes, Anzahl der Melker, bauliche Besonderheiten, Managementfestlegungen, aber auch Anzahl der Problemtiere (euterkrank, lahm, schwermelkend) eine Rolle.

Bei der Beurteilung der Variabilität der gemessenen Arbeitszeiten muss berücksichtigt werden, dass die Betriebe über unterschiedliche bauliche Gegebenheiten verfügen. Diese wirken sich insbesondere auf Reinigungszeiten sowie auf den Zeitaufwand für Zu- und Rücktrieb aus. Betrachtet man die aufgewendete Arbeitszeit je Gemelk der konventionellen Systeme (Tab. 2), erkennt man im Gegensatz zum AMS einen deutlichen Degressionseffekt.

Tab. 2: Melkarbeitszeiten der einzelnen Arbeitsgänge der konventionellen Melksysteme in Minuten je Gemelk

Tab. 2: *Milking working times of the individual operations of conventional milking systems in minutes per milking*

Arbeitsgang	FGM 2 x 5	FGM 2 x 18	SbS 2 x 18	SbS 2 x 24	Kar. IM 24	Kar. IM 40
	Kuhzahl gesamt					
	62	825	655	1.258	482	1.419
Melkstand vorbereiten	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03
Melken inkl. Service und techn. Wartezeiten	1,32	0,95	0,84	0,84	0,84	0,70
Nachbereitung Melkstand, Vor- und Nachwartebereich	0,99	0,14	0,31	0,10	0,49	0,07
Treiben zum Melkstand und zurück	0,43	0,34	0,22	0,18	0,37	0,13
Summe	2,81	1,45	1,39	1,14	1,74	0,92

¹⁾ FGM – Fischgrätenmelkstand; SbS – Side-by-side-Melkstand; Kar. IM – Karussell Innenmelker.

4 Diskussion der Ergebnisse

Um betriebsindividuelle Einflüsse auszuschließen wurden Kalkulationsmodelle entwickelt, in die als Berechnungsgrundlagen einheitliche DIN-Werte, Herstellerangaben und Richtwerte sowie Ableitungen aus den eigenen Untersuchungen eingebracht wurden. Investive Förderung wurde nicht berücksichtigt, da diese zeitlich und regional begrenzt sowie in Abhängigkeit von betrieblichen Fördervoraussetzungen gewährt wird.

Im Ergebnis der Kalkulation für große Bestände von 700 Milchkühen (Tab. 3) wird festgestellt, dass das Melken mit AMS-Einzelboxen deutlich teurer ist als in der Vergleichsvariante mit einem 2 x 16 Side-by-side-Melkstand. Der sich aus einer Arbeitszeiteinsparung in Höhe von 5,8 AKh je Kuh und Jahr ergebende Kostenvorteil reicht beim derzeitigen Lohnniveau (12,50 €/AKh in Sachsen) nicht aus, um die Mehrkosten zu decken. Erst bei Lohnkosten von 28,72 €/AKh wären die Verfahrenskosten der Modelle identisch.

Tab. 3: Modellkalkulation der verfahrensabhängigen Kosten des Prozessabschnittes der Milchgewinnung (side-by-side vs. AMS)

Tab. 3: Model calculation of the costs of milk production (side-by-side vs. AMS)

	SbS 2 x 16		10 AMS	
Milchkühe gesamt	700		700	
Verkaufte Milch [kg/Kuh]	8000		8000	
Investition Technik [€]	288.000		1.000.000	
Investition Bau [€]	288.000		120.000	
Kostenart	Ansatz	Verk. Milch €/dt	Ansatz	Verk. Milch €/dt
1. Investitionsbedingte Kosten				
Abschreibung Technik	10 %	0,51	10 %	1,79
Abschreibung Bau	4 %	0,21	4 %	0,09
2. Unterhaltungsaufwand				
Unterhaltung	30 €/1000 Gemelke	0,24	65 €/1000 Gemelke	0,67
3. Materialverbrauch				
Energiekosten	107 kWh/(Kuh · a)	0,20	258 kWh/(Kuh · a)	0,48
Wasserkosten	3,59 m ³ /(Kuh · a)	0,22	6,13 m ³ /(Kuh · a)	0,38
Sonstiger Materialverbrauch	25 €/(Kuh · a)	0,31	30 €/(Kuh · a)	0,38
4. Arbeitsaufwand				
Personalkosten	12,8 AKh/(Kuh · a)	2,00	7,0 AKh/(Kuh · a)	1,09
Gesamtkosten		3,69		4,86

Für kleine Bestände (Tab. 4), die mit einer einzigen Melkbox automatisch gemolken werden können, stellt sich die Situation anders dar. Die Differenz der Investitionskosten ist deutlich geringer. Sämtliche Aufwendungen, die unabhängig von der Zahl der zu melkenden Kühe sind, z.B. Maschinenlaufzeiten für die Spülung oder manuelle Reinigungszeiten nach dem Melken, bedingen im konventionellen System einen deutlich höheren Energie-, Wasser- und Arbeitszeitbedarf je Dezitonne Milch als im großen Bestand. Der Aufwand je Dezitonne Milch im AMS ändert sich hingegen kaum. Die Arbeitszeiteinsparung von fast 15 Stunden je Kuh im Jahr reicht aus, die Mehrkosten zu überdecken. Das Melken mit AMS ist im kleinen Betrieb günstiger als mit einem 2 x 6 Fischgrätenmelkstand.

Tab. 4: Modellkalkulation der verfahrensabhängigen Kosten des Prozessabschnittes der Milchgewinnung (FGM vs. AMS-Einzelbox)

Tab. 4: Model calculation of the costs of milk production (FGM vs. AMS-single box)

	FGM 2 x 6		1 AMS	
Milchkühe gesamt	70		70	
Verkaufte Milch [kg/Kuh]	8000		8000	
Investition Technik [€]	84.000		120.000	
Investition Bau [€]	36.000		12.000	
Kostenart	Ansatz	Verk. Milch €/dt	Ansatz	Verk. Milch €/dt
1. Investitionsbedingte Kosten				
Abschreibung Technik	10 %	1,50	10 %	2,14
Abschreibung Bau	4 %	0,26	4 %	0,09
2. Unterhaltungsaufwand				
Unterhaltung	30 €/1000 Gemelke	0,24	65 €/1000 Gemelke	0,67
3. Materialverbrauch				
Energiekosten	203 kWh/(Kuh · a)	0,38	255 kWh/(Kuh · a)	0,48
Wasserkosten	8,20 m ³ /(Kuh · a)	0,50	6,13 m ³ /(Kuh · a)	0,38
Sonstiger Materialverbrauch	25 €/(Kuh · a)	0,31	30 €/(Kuh · a)	0,38
4. Arbeitsaufwand				
Personalkosten	21,7 AKh/(Kuh · a)	3,40	7,0 AKh/(Kuh · a)	1,09
Gesamtkosten	6,59		5,22	

Bereits bei einer Verdoppelung des Kuhbestandes auf 140 Kühe ist der Degressioneffekt im konventionell melkenden Betrieb ausreichend, um einen Kostenausgleich zwischen den Systemen zu realisieren. Voraussetzung für die erfolgreiche Arbeit mit AMS ist unabhängig von der Bestandsgröße eine hohe Auslastung des AMS und die Beherrschung des anspruchsvolleren Herdenmanagements. Einzelbetrieblich kann sich bei der Auswahl eines Melksystems durch unterschiedliche Ausgangsbedingungen sowie Fördermöglichkeiten eine abweichende relative Vorzüglichkeit ergeben.

Der vorgelegte Beitrag ist Bestandteil des Forschungsberichtes „Nutzung von AMS in der sächsischen Milchproduktion“ und kann im Internet des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie abgerufen werden: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/18690/documents/25137>

Danksagung

Es ist uns ein Bedürfnis, uns recht herzlich bei unseren Untersuchungsbetrieben für ihr engagiertes Mitwirken zu bedanken. Weiterhin gilt unser spezieller Dank Frau Dr. Kathrin Heidig, HTW Dresden, für die Erstellung der Arbeitszeitstudie eines Betriebes, Herrn Peter Wehner, Uni Halle, für die Analyse in ausgewählten kleinen Betrieben im Rahmen seiner Masterarbeit sowie Frau Kerstin Schmied, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, für die Mitarbeit bei mehreren Arbeitszeitmessungen.

Haptoglobin in Milch – Ein immunologischer Parameter zur Gesundheitsüberwachung in der On-Farm-Analytik

Haptoglobin in milk – Immunologic biomarker for monitoring health status in dairy cows by on-farm analysis

THERESA MÖLLMER¹, KATHARINA ZOLDAN², STEFFEN PACHE¹, RALF FISCHER¹

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Am Park 3, 04886 Köllitsch

² Fraunhofer Institut für Zelltherapie und Immunologie, Abteilung Zelltechniken/GLP, Perlickstr. 1, 04103 Leipzig

Schlüsselwörter: Haptoglobin, Milch, Gesundheitsüberwachung, On-Farm-Test, Holstein Frisian
 Keywords: *haptoglobin, milk, monitoring health status, on-farm analysis, Holstein Frisian*

Zusammenfassung

Im Bereich der Gesundheitsüberwachung des Milchrindes wurde im Rahmen des Verbundprojektes „On-Farm-Recording“ ein Verfahren zur Durchführung der Analyse des immunologischen Parameters Haptoglobin (Hp) in der Milch entwickelt. Dazu wurden ab dem 2. bis 44. Tag nach der Kalbung im 2- bzw. 3-Tage-Rhythmus Rohmilchproben von 101 Holstein-Frisian-Kühen der 1. bis 6. Laktation gewonnen und analysiert. Mit dem neuen Testverfahren ist eine schnelle Bestimmung von Hp in der Rohmilch im Milchviehbetrieb möglich. Bei einem Schwellenwert von 1,55 µg Hp/ml Milch wurden für die Vorhersage von als „krank“ oder als „gesund“ eingestufte Probanden die Sensitivität und Spezifität von 0,71 geschätzt.

Summary

With the objective to monitoring the health status of dairy cows, a new method for the analysis of immunological biomarker haptoglobin (Hp) in milk directly on farm was developed. Raw milk samples collected from the 2nd day p.p. up to the 44th day p.p. in a 2- or 3-day rhythm of 100 Holstein Friesian cows of the 1st to 6th lactation. With the on-farm test, a fast determination of the Hp-concentration in the raw milk is possible on the dairy farm. At a threshold value of 1.55 µg/ml Hp in milk for the prediction as “ill” or “healthy” classified subjects, sensitivities and specificity are estimated 0,71.

1 Einleitung

Die Anfälligkeit gegenüber Erkrankungen des Milchrindes ist aufgrund peripartaler Immunsuppression, des hohen Leistungspotenzials und der damit verbundenen hohen physiologischen Belastungen gerade in den ersten Laktationswochen gegeben.

Haptoglobin (Hp) ist ein der angeborenen Immunantwort zugehöriges Akut-Phase-Protein. Verschiedene Studien zeigen einen schnellen Konzentrationsanstieg des Proteins im Serum während infektiöser und entzündlicher Erkrankungen (ALSEMGEEST et al. 1994, ECKERSHALL et al. 2010, HUZZEY et al. 2009). Beim Auftreten von Mastitiden konnten zudem bereits in der Milch stark erhöhte Werte nachgewiesen werden (HAGHKHAH et al. 2010, HISS et al. 2007).

Im Bereich der Gesundheitsüberwachung wurde im Rahmen des Verbundprojektes On-Farm-Recording ein Verfahren zur Durchführung der Analyse des Hp in der Milch unmittelbar im Produktionsbetrieb entwickelt. Ziel der Arbeit war die Erprobung des On-Farm-Analyse-Verfahrens im Praxisbetrieb hinsichtlich:

- Handling und Praktikabilität
- Prüfung tierindividueller Reaktionskurven in Abhängigkeit der Erkrankungsarten
- Ermittlung Sensitivität und Spezifität des Testes

2 Material und Methoden

Für die Untersuchung wurden 101 Holstein-Frisian-Kühe der 1. bis 6. Laktation ausgewählt. Beginnend ab dem zweiten Tag nach der Kalbung wurden bis zum 44. Laktationstag im 2- bzw. 3-Tage-Rhythmus Rohmilchproben gewonnen. Die Tiere befanden sich während des Versuchszeitraumes im Programm der veterinärmedizinischen Bestandsbetreuung des Betriebes. Alle gestellten Diagnosen und durchgeführten Behandlungen sind im Managementprogramm HERDE erfasst und für die Beurteilung des Gesundheitszustandes der Probanden herangezogen worden.

Die Messung der Hp-Konzentrationen erfolgte in den Rohmilchproben mittels eProCheck®. Die automatische Analyse erfolgt nach dem Prinzip eines Sandwich-ELISA, der für den Hp-Nachweis in der Rohmilch auf diesem Gerät entwickelt wurde. Insgesamt wurden 1554 Hp-Analysen durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Rohmilchproben wurden in der Morgenmelkzeit während des Routinebetriebes gewonnen und anschließend auf dem eProCheck® analysiert. Für die Analyse wurden je 50 µl Milch in mit Antikörper präparierten Wells pipettiert. Vom Gerät werden je Untersuchungsgang bis zu 22 Proben automatisch analysiert und die Ergebnisse nach etwa 75 min im Display wie auch als Datei bereitgestellt. Bei entsprechender Einarbeitung des Bedienpersonals arbeitet das Gerät stabil und lässt sich auch bei größerem Probenumfang gut in das Herdenmanagement einordnen.

Die Häufigkeitsverteilung der Gesamtdaten zeigt eine linksschiefe Verteilung mit einem Median von 1,1 µg/ml bei einer Gesamtvarianz von 18,77 in einem Wertebereich von 0–30 µg/ml.

Die Darstellung der tierindividuellen Reaktionskurven (Abb. 1–3) enthält neben den Hp-Werten auch die aus dem Managementprogramm extrahierten Tierinformationen wie Geburtsverlauf, MLP-Daten, erfasste Diagnosen und Behandlungen, Laktationsnummer sowie die tägliche Milchmengenerfassung. Die verschiedenen Diagnosen sind den Erkrankungsarten Bewegung (BW), Euter (EU), Stoffwechsel (SW), Puerperalkontrolle (PK) und Sonstiges (SO) zugeordnet.

Wie in Abbildung 1 zu sehen, ist der Hp-Wert (schwarzer Kreis) auf der y-Achse in µg/ml dem jeweiligen Laktationstag auf der Abszisse zugeordnet. Die Hp-Konzentrationen wurden für eine bessere Darstellung auf 10 begrenzt und darüber liegende Werte als > 10 angezeigt. Ebenfalls auf der Abszisse abgebildet sind die Diagnosen entsprechend der Erkrankungsart. Für die Bewertung des Gesundheitszustandes des Tieres wurden mithilfe der vorhandenen Tierinformationen bestimmte Tage als „auffällig“ hinsichtlich einer möglichen Entzündungssymptomatik gesetzt, welche als Dreiecke ebenfalls auf der Abszisse zu finden sind. Die obere Achse zeigt die während MLP ermittelten Zellzahlen (ZZ), wobei das Datum der MLP als Sternchen angezeigt wird.

Die Abbildung 1 zeigt den Hp-Konzentrationsverlauf für ein im Versuchszeitraum klinisch unauffälliges Tier. Nach einem Geburtsverlauf von 2, d.h. mit mindestens 2 Helfern oder einem mechanischem Hilfsmittel, sowie Fieber in den ersten drei Tagen (SO) zeigt der Hp-Wert in den ersten sieben Tage schwach erhöhte Werte von 1,4–1,6 µg/ml. Im weiteren Versuchsverlauf fiel das Tier während der Bestandsbetreuung nicht mit klinischen Symptomen auf. Die Eintragungen zu PK sind Anwendung des betriebsinternen Fruchtbarkeitsregime und werden nicht als Erkrankungssymptomatik bewertet. Auf ein klinisch unauffälliges Tier weisen auch die hohe Milchleistung und die im Normbereich liegenden Ergebnisse der MLP hin. Die für dieses Tier ermittelten Hp-Werte liegen in diesem Zeitraum gleichbleibend im niedrigen Bereich von 0,1–0,5 µg/ml.

Im folgenden Beispiel (Abb. 2) ist der Hp-Verlauf bei einer während des Versuchszeitraumes auftretenden Mastitis (EU) dargestellt. Es ist eine deutliche Steigerung von 0,7 µg/ml auf 3,9 µg/ml am 28. Laktationstag bis weit über 10 µg/ml innerhalb von sie-

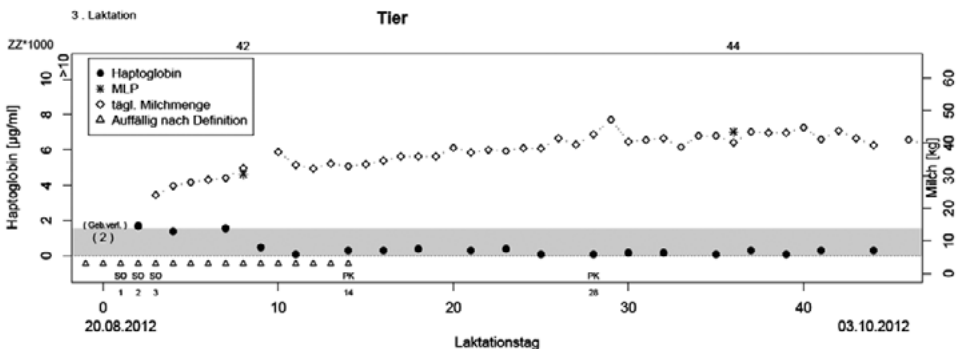


Abb.1: Darstellung der Haptoglobinwerte in µg/ml am Beispiel eines klinisch unauffälligen Tieres
 Fig. 1: Presentation of the haptoglobin values in µg/ml using the example of a clinically normal animal

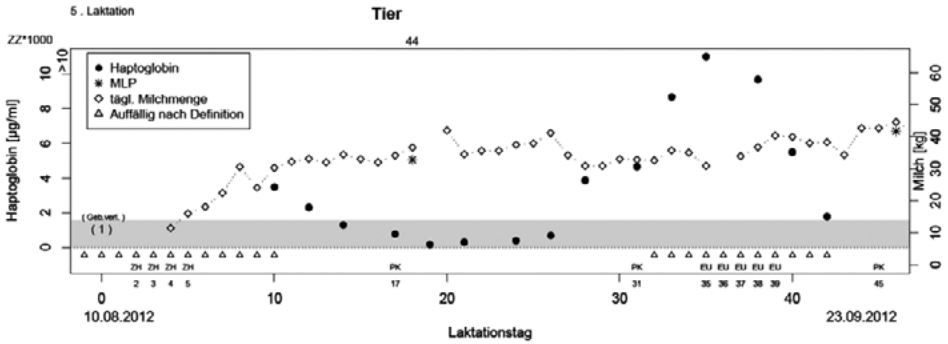


Abb. 2: Darstellung der Haptoglobinkonzentration in $\mu\text{g/ml}$ am Beispiel eines während Versuchszeitraum an Mastitis (EU beginnend am 35. Laktationstag) erkrankten Tieres

Fig. 2: Presentation of the haptoglobin concentration in $\mu\text{g/ml}$ using the example of a diseased animal with mastitis (EU starting on the 35th day of lactation) during the test period

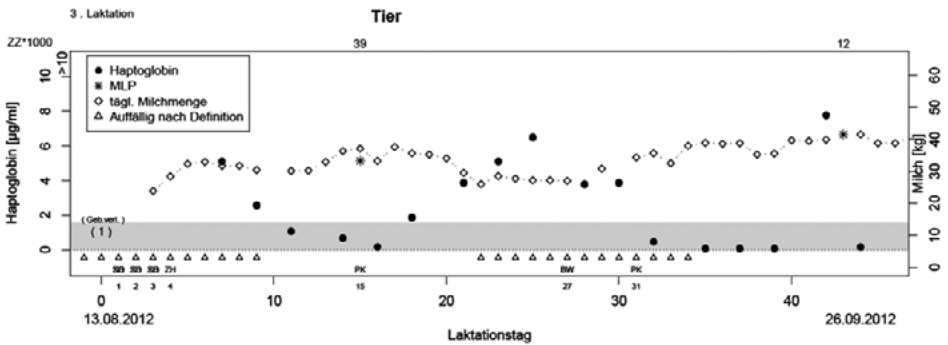


Abb. 3: Darstellung der Haptoglobinkonzentration in $\mu\text{g/ml}$ am Beispiel eines während Versuchszeitraum am Bewegungsapparat erkrankten Tieres

Fig. 3: Presentation of the haptoglobin concentration in $\mu\text{g/ml}$ using the example of an animal with a disease of the musculoskeletal system during the test period

ben Tagen zu verfolgen. Wie in Abbildung 2 zu erkennen, konnte bereits 7 Tage vor dem Erkennen klinischer Symptome durch das Stallpersonal eine erhöhte Hp-Konzentration nachgewiesen werden. Die Absenkung des Hp-Wertes nach Einsetzen der Behandlung deutet auf ein Abklingen der Immunreaktion und kann auf eine erfolgreiche Behandlung zurückgeführt werden.

Ein weiteres Beispiel (Abb. 3) zeigt den Haptoglobinverlauf bei einer entzündlichen Erkrankungen des Bewegungsapparates. Ähnlich wie im vorangegangenen Beispiel kann eine Steigerung des Hp-Wertes im Zeitraum der vergebenen Diagnose BW verfolgt werden. Im Gegensatz zum Beispiel der diagnostizierten Mastitis zeigt sich bei der Erkrankungsart BW ein langsames Ansteigen des Hp-Wertes von $0,2 \mu\text{g/ml}$ über $1,9 \mu\text{g/ml}$ bis zu $6,5 \mu\text{g/ml}$ im Zeitraum von acht Tagen. Auch in diesem Beispiel sind neun Tage

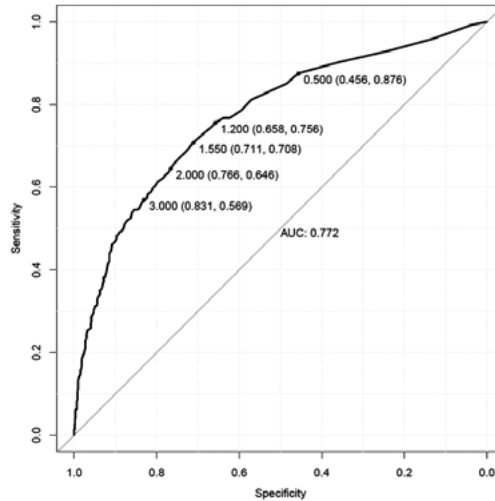


Abb. 4: Darstellung der Spezifitäten und Sensitivitäten unterschiedlicher Grenzwerte mittels ROC-Kurve
 Fig. 4: Presentation of the specificities and sensitivities of different limits using ROC-curve

vor der Erkennung der Erkrankung durch das Betreuungspersonal bereits erhöhte Hp-Werte nachweisbar.

In den drei vorgestellten Beispielen können kurz nach der Kalbung erhöhte Hp-Werte in der Milch nachgewiesen werden. In Abhängigkeit der gestellten Diagnosen wie Nachgeburtsverhalten (ZH) oder Fieber (SO) ist die Absenkung des Haptoglobinwertes auf ein Grundniveau an unterschiedlichen Laktationstagen zu beobachten. Ein statistischer Zusammenhang ist anhand der vorliegenden Daten noch zu prüfen.

Für die Bewertung des Testes hinsichtlich Sensitivität und Spezifität bei verschiedenen Grenzwerten wurde die ROC (Receiver Operating Characteristics)-Analyse angewandt. Die Sensitivität beschreibt dabei den prozentualen Anteil der richtig als positiv erkannten Werte an Gesamtwerten, während die Spezifität den Anteil der richtig negativ erkannten Werte beschreibt. Für die Ermittlung der Sensitivitäten und Spezifitäten wurden die Tiere hinsichtlich ihres Gesundheitszustandes als „auffällig“, d.h. es wird das Vorkommen einer Entzündungssymptomatik vermutet, und „unauffällig“ eingestuft. Dabei wurden die eingetragenen Diagnosen und die MLP-Ergebnisse für die Einstufung herangezogen. In Abhängigkeit der Erkrankungsart wurden die Tage vor und nach der Diagnosevergabe bzw. dem MLP-Datum als „auffällig“ eingestuft. Bei Diagnosen an hintereinanderliegenden Tagen zählt jeder Diagnosetag erneut als Ausgangstag, sodass sich bei mehrmaliger Vergabe der Diagnose die Erkrankungsstage summieren.

In Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Sensitivitäten und Spezifitäten bei unterschiedlichen Grenzwerten, die als Punkte auf der Kurve markiert sind, dargestellt. Der erste Wert in der Klammer hinter dem Grenzwert bezeichnet die Spezifität, während der zweite die Sensitivität ausdrückt.

Mithilfe der ROC-Analyse wurde für den On-Farm-Test ein optimaler Grenzwert beim Vorliegen der höchsten Summe der Sensitivität und Spezifität von 1,55 µg/ml berechnet. Ein Maß für die Güte des Testes ist die Fläche unter der ROC-Kurve (AUC – area under

curve), wobei ein höherer Wert die bessere Güte anzeigt. Der ausgegebene Wert von 0,772 zeigt die Möglichkeit einer guten Erkrankungserkennung mittels der On-Farm-Analyse des Haptoglobins in der Rohmilch.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem neuen Testverfahren ist eine schnelle Bestimmung von Hp in der Rohmilch im Milchviehbetrieb möglich.

- Es konnten mit dem On-Farm-Test erhöhte Hp-Werte bei Vorliegen klinischer Symptome nachgewiesen werden. Bereits einige Tage vor dem Auftreten sichtbarer klinischer Symptome konnte eine Erhöhung des Hp-Wertes beobachtet werden.
- Der Test weist die beste Spezifität von 0,711 und Sensitivität von 0,708 bei einem Grenzwert von 1,55 µg/ml auf.
- Anhand der vorliegenden Stichprobe sollen weitere mögliche Zusammenhänge von Geburtsverlauf und Erkrankungsrisiko mit den unterschiedlich langen Nachweisbarkeiten von Haptoglobins nach der Kalbung untersucht werden.
- Für die praktische Anwendung des Tests für ein Gesundheitsmonitoring von Milchkühen muss ein realisierbares Proberaster festgelegt werden.
- Die unterschiedlichen Hp-Verläufe und die Möglichkeit der Detektion systemischer Erkrankungen deuten auf die Möglichkeit einer züchterischen Nutzung hin.

Literatur

- Alsemgeest, S.P.M.; Kalsbeek, H.C.; Wensing, T.; Koeman, J.P.; Van Ederen, A.M.; Gruys, E. (1994): Concentration of serum amyloid-A (SAA) and Haptoglobin (HP) as parameters of inflammatory diseases in cattle. In: *Vet. Quart.* 16, pp. 21–23
- Eckershall, P.D.; Bell, R. (2010): Acute phase proteins: Biomarker of infection and inflammation in veterinary medicine. In: *Vet. J.* 185, pp. 23–27
- Haghkhah, M.; Nazifi, S.; Jahromi Ghaderian, A. (2010): Evaluation of milk haptoglobin and amyloid A in high producing dairy cattle with clinical and subclinical mastitis in Shiraz. In: *Comp. Clin. Pathol.* 19, pp. 547–552
- Hiss, S.; Mueller, U.; Neu-Zahren, A.; Sauerwein, H. (2007): Haptoglobin and lactate dehydrogenase measurements in milk for the identification of subclinically diseased udder quarters. In: *Veterinarni Medicina* 52, pp. 245–252
- Huzzey, J.M.; Dufield, T.F.; Leblanc, S.J.; Veira, D.M.; Weary, D.M.; Von Keyserlingk, M.A.G. (2009): Short communication: Haptoglobin as an early indicator of metritis. In: *J. Dairy Sci.* 92, pp. 621–625

Einflüsse der technischen und organisatorischen Ausgestaltung des Melkprozesses auf die Arbeitsproduktivität

Influence of technical and organizational aspects of the milking process on the labour productivity

HAUKE BRONSEMA, WINNIE SONNTAG, LUDWIG THEUVSEN

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

Schlüsselwörter: Melkprozess, Melkstände, technische Ausstattung, Arbeitsproduktivität
Keywords: milking process, milking parlour, technical equipment, labor productivity

Zusammenfassung

Der Melkprozess nimmt an der Gesamtarbeitszeit in der Milchviehhaltung den größten Anteil ein. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Durchsatzleistungen in verschiedenen Melkstandtypen und baulich-technische sowie organisatorische Einflüsse auf die Arbeitsproduktivität ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Melkstandtypen sich in ihrer Leistungsfähigkeit deutlich unterscheiden. Hinsichtlich der Einflüsse auf die Arbeitsleistung pro Melkperson und Stunde ließ sich herausarbeiten, dass großdimensionierte Melkstände eine wesentliche Voraussetzung für eine hohe Produktivität sind. Das Verzicht auf einzelne Arbeitsvorgänge wie die Zitzenpflege nach dem Melken bringt keine Produktivitätsvorteile. Ein höherer Technisierungsgrad verbessert die Arbeitsproduktivität, wird jedoch vom Effekt der Kapazitätsausweitung überlagert. Der Einsatz von mehr als einem Melker führt zu tendenziell sinkender Arbeitsleistung pro Melkperson und Stunde.

Summary

The milking process represents the major part of the total working hours in dairy farming. The present study investigates the throughput rate of various types of milking parlours as well as structural, technical and organizational influences on the labor productivity. The results show that the various types of milking parlours differ considerably in their performance capability. With regard to the influences on the labor productivity per milker and hour, it was found that large-sized milking parlours are a key prerequisite for high productivity. Abandoning some individual processes, such as the post-milking teat care, does not provide any advantage in productivity. A higher level of mechanization improves the labor productivity but is displaced by the effect of capacity expansion. The employment of more than one milker tends to result in a decreasing work performance per milker and hour.

1 Einleitung

Der Melkprozess ist in der Milchviehhaltung der mit Abstand zeitintensivste Arbeitsvorgang. Bei betriebsindividuell deutlichen Schwankungen weisen Untersuchungen einen Anteil von über 40 % am gesamten Arbeitszeitbedarf für das Melken bei Einsatz konventioneller Melktechnik aus (HAIDEN 2012). Daher ist eine effiziente Gestaltung des Melkvorganges einer der wichtigsten Ansatzpunkte zur Reduktion der Arbeitserledigungskosten. Im Rahmen einer Studie der Universität Göttingen wurde auf 82 Praxisbetrieben in Norddeutschland eine Erhebung zum Arbeitszeitbedarf für den Melkprozess durchgeführt. Zielstellung ist es, zunächst aufzuzeigen, inwieweit sich bisher bekannte Kalkulationsgrundlagen für Durchsatzleistungen von verschiedenen Melksystemen am Beispiel der untersuchten größeren Familienbetriebe verifizieren lassen. Des Weiteren sollen Unterschiede in der baulich-technischen und organisatorischen Ausgestaltung des Melkprozesses und ihre Auswirkungen auf die Arbeitsproduktivität aufgezeigt werden. Neuartig ist, dass als Parameter – im Gegensatz zu den meisten bisherigen Untersuchungen – die gemolkenen Kühe je Arbeitskraft (AK) und Stunde (h) als besonders aussagekräftige Kennzahl der Arbeitsproduktivität im Fokus steht (LASSEN 2012).

2 Studiendesign und Stichprobe

Die Produktivität des Melkvorganges als Arbeitsprozess ist multifaktoriell determiniert. Zu berücksichtigen sind tierbedingte Einflüsse, die Ausgestaltung der Melktechnik, die bauliche Einbindung der Melktechnik in das Stallkonzept und die Melkroutine, die die Prozessgestaltung des Melkens umschreibt (HERD 2010). Der Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung liegt auf der baulich-technischen und der organisatorischen Ausgestaltung des Melkprozesses bei konventionellen Melkanlagen. Automatische Melksysteme und Melkkarusselle sind wegen der eingeschränkten Vergleichbarkeit aufgrund der systembedingten Unterschiede nicht berücksichtigt. Als Untersuchungsregion wurde das nördliche Niedersachsen gewählt, da sich in dieser Region viele wachstumsorientierte Betriebe befinden, für die die Ausgestaltung des Melkbereiches im Zuge der Betriebsentwicklung von besonderer Bedeutung ist (HERDT 2010).

Die 82 in die Auswertung einbezogenen Familienbetriebe halten im Durchschnitt 130 Kühe mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 8623 kg. Als Haltungssystem ist in den Betrieben ausschließlich der Boxenlaufstall mit Vollspaltenboden (79 %) oder planbefestigten Laufflächen (21 %) vorzufinden. Ergänzende Weidehaltung wird von 61 % der Befragten vornehmlich als Tagesweide oder stundenweise Beweidung vorgenommen.

Eine Übersicht über die technischen Lösungen im Melkbereich gibt Tabelle 1. Der Fischgrätenmelkstand ist mit Abstand am häufigsten vorzufinden. Dies ergibt sich im Wesentlichen durch die bereits lange Verbreitung dieser Bauart, die bis heute auch bei Neuinvestitionen Berücksichtigung findet. Daneben erlangen im Zuge von Melkstandneubauten der steile Fischgräten-, der Swing-Over- und der Side-by-Side-Melkstand zunehmende Verbreitung. Eine Sonderrolle nimmt der Tandemmelkstand ein, der nur wenig und vornehmlich in kleineren Betrieben genutzt wird und dessen Bedeutung weiter rückläufig ist.

Tab. 1: Ausstattung und Arbeitsproduktivität der verschiedenen Melkstandtypen
 Tab. 1: *Capability and labor productivity in various types of milking parlours*

Melkstandbauart	Alle (n = 82)	Fischgräte (n = 56)	Steile Fischgräte (n = 9)	Swing over (n = 6)	Tandem (n = 6)	Side-by-Side (n = 5)
Ø Anzahl Melkplätze	16	13	22	40	7	30
Ø Anzahl melkender Kühe	118	97	130	193	70	298
Ø AK zum Melken	1,48	1,46	1,52	1,37	1,33	1,90
Ø Kühe je AK/h	47	41	54	87	32	69

Die Anzahl der in den jeweiligen Systemen gemolkene Kühe und der vorhandenen Melkplätze bestätigen die Ergebnisse anderer Untersuchungen, die Fischgrätenmelkständen eine universelle Verbreitung attestieren, Tandemmelkstände kleineren Beständen zuordnen und als Anwendungsgebiet der übrigen Techniken größere Herden ausmachen (LASSEN 2011). Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen eine deutliche Rangfolge bei der Anzahl der gemolkene Kühe je Arbeitskraft und Stunde in Abhängigkeit von der Melkstandbauart. Ein besonders geringer Durchsatz – deutlich unterhalb bisheriger Kalkulationswerte – wird bei den Tandem-Melkständen erzielt. Ebenso bleiben Standard-Fischgrätenmelkstände und die steile Variante hinter üblichen Plan-Annahmen zurück. Überdurchschnittliche Melkleistungen, die auch übliche Kalkulationsannahmen überschreiten, können für den Side-by-Side- und den Swing-Over-Melkstand festgehalten werden (FÜBBEKER 2004, HARSCH 2011).

3 Einflüsse auf die Arbeitsproduktivität

Im Rahmen der Untersuchung wurde die gesamte Melkzeit in verschiedene Abschnitte zerlegt und neben der eigentlichen Melkdauer auch die Zeit zur Melkstandvorbereitung und zur Reinigung erfasst. Im Durchschnitt benötigen die Landwirte 104 min für das eigentliche Melken, für Vorbereitung und Nachbereitung kommen 15 bzw. 18 min hinzu. Damit entfallen 26 % der Gesamtarbeitszeit auf Vor- und Nacharbeiten. Die weiteren Auswertungen, die auf den Produktivitätsparameter gemolkene Kühe je Arbeitskraft und Stunde abstellen, nehmen dennoch nur Bezug auf die direkte Melkzeit, die definiert wurde als der Zeitabschnitt zwischen dem Betreten des Melkstandes durch die erste Kuh und dem Verlassen des Melkstandes durch die letzte Kuh. Hierdurch sollen Verzerrungen, die durch Unterschiede in den Vor- und Nacharbeiten entstehen, vermieden werden. Die Auswertung untergliedert sich in die Darstellung des Einflusses betriebsstruktureller Merkmale, der organisatorischen Ausgestaltung des Melkprozesses und baulich-technischer Gegebenheiten auf die Arbeitsproduktivität.

3.1 Betriebsstrukturelle Merkmale

Im Rahmen bivariater Korrelationsanalysen konnten signifikante Zusammenhänge zwischen betriebsstrukturellen Merkmalen und der Arbeitsproduktivität festgestellt werden (Tab. 2).

Tab. 2: Korrelation zwischen betriebsstrukturellen Merkmalen und Arbeitsproduktivität
 Tab. 2: Correlation between farm structure and labor productivity

Betriebsstrukturelle Merkmale	Arbeitsproduktivität Kühe je AK/h	
	Korrelation r	Signifikanzniveau p
Anzahl Melkplätze	0,702	0,000
Anzahl melkender Kühe	0,575	0,000
Anzahl Fremdarbeitskräfte im Betrieb	0,479	0,001
Anzahl Arbeitskräfte im Melkstand	-0,262	0,019

Die eminente Bedeutung der Melkstandkapazität für hohe Durchsatzleistungen unterstreicht die starke Korrelation zwischen der Anzahl der Plätze im Melkstand und den gemolkenen Kühen je AK/h. Ebenfalls deutlich positiv korreliert ist die Anzahl der zu melkenden Kühe mit der Arbeitsproduktivität. Das bei Einsatz von mehr Fremdarbeitskräften auf dem Betrieb die Melkleistungen je AK/h ebenfalls deutlich steigen, kann ein Hinweis darauf sein, dass mit der Beschäftigung von familienfremden Arbeitskräften eine effizientere Organisation einhergeht. Diese These wird zudem dadurch untermauert, dass sich dieser Zusammenhang bei steigender Anzahl von Familienarbeitskräften nicht nachweisen lässt. Ein offensichtlich negativer Einfluss auf die Arbeitsproduktivität ist beim Einsatz von mehr als einem Melker zu erkennen. Dieses Ergebnis bestätigt vorausgegangene Untersuchungen, die eine mangelnde Auslastung von mehr als einem Melker vor allem bei zu kleinen Melkständen mit der Folge einer deutlichen Herabsetzung der Leistung je Melkperson konstatieren (KÜMMEL 2005).

3.2 Organisatorische Ausgestaltung

Die Arbeitsroutinen während des Melkens umfassen die Vorbereitung der Kuh bis zum Untersetzen des Melkgeschirrs und die Maßnahmen nach Abnahme des Melkzeuges vom Euter. Hierzu wurden im Rahmen der Erhebung verschiedene Möglichkeiten der Ausgestaltung dieser Arbeitsprozesse abgefragt. Aufgrund des Zeitanspruches für jeden einzelnen Arbeitsgang ist zunächst davon auszugehen, dass der Verzicht auf einzelne Maßnahmen die Arbeitsproduktivität erhöht.

Im Rahmen der vorbereitenden Maßnahmen ist das Vormelken gesetzlich vorgeschrieben und wird mit Ausnahme von drei Untersuchungsteilnehmern auch von allen Betrieben durchgeführt. Eine Zitzenreinigung findet auf 59 % der Betriebe bei jedem Tier statt, bei den restlichen 41 % nach Bedarf. Nach Zitzenreinigung bzw. Vormelken ist es unter physiologischen Aspekten für den Prozess der Milchabgabe der Kuh von Vorteil, noch eine kurze Zeit zu warten, bevor das Melkgeschirr untergesetzt wird. Von 79 %

der Teilnehmer wird dieses Vorgehen auch in der Praxis umgesetzt. Nach Abschluss des Melkvorganges ist der Einsatz eines Dippmittels zur Euterpflege und Desinfektion für 79 % der Betriebe eine Standardmaßnahme. 21 % der Teilnehmer geben an, eine Zwischendesinfektion der Melkgeschirre nach jedem Melkvorgang durchzuführen.

Um zu überprüfen, inwieweit sich die Arbeitsproduktivität zwischen den Gruppen der Betriebe, die eine der aufgezeigten Maßnahmen durchführt oder auf diese verzichtet, unterscheidet, wurden für jede der Arbeitsroutinen Gruppenmittelwertvergleiche durchgeführt. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Damit lässt sich festhalten, dass die Einsparung einzelner Arbeitsgänge bei den Betrieben der Stichprobe nicht zu einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität führt. Die Vermutung, dass dieses Ergebnis durch unterschiedliche betriebsstrukturelle Merkmale, für die zuvor ein starker Einfluss nachgewiesen werden konnte, bedingt ist, ließ sich anhand weiterer Mittelwertvergleiche widerlegen. Auch hier zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

3.3 Baulich-technische Aspekte

Je nach technischer Ausstattung können sich Melkstände deutlich in ihrem Automatisierungsgrad unterscheiden. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die verschiedenen technischen Unterstützungssysteme, die in den untersuchten Betrieben vorhanden sind. Zudem wird der Wartebereich als wesentliche bauliche Einrichtung für einen zügigen Melkbetrieb mit aufgeführt.

Tab. 3: Arbeitsproduktivität bei verschiedenen technischen Ausstattungsvarianten

Tab. 3: Labor productivity depending on level of mechanization

	Kühe je AK/h ohne...	Kühe je AK/h mit...	Steigerung %	Melk- plätze ohne...	Melk- plätze mit...	Steigerung %
Automatische Abnahme	37 (n = 22)	51 (n = 60)	37,8	10	19	90,0
Automatische Treibhilfe	44 (n = 63)	57 (n = 19)	29,6	14	24	71,4
Nachmelkautomatik	47 (n = 74)	52 (n = 8)	10,6	16	23	43,8
Automatische Separation	43 (n = 74)	89 (n = 8)	107,0	15	32	113,3
Schnellaustrieb	44 (n = 75)	82 (n = 7)	86,4	15	35	133,3
Wartebereich	38 (n = 41)	56 (n = 38)	47,4	11	22	100,0

Die aufgeführten Techniken sind unterschiedlich stark verbreitet. Eine automatische Abnahme ist als Basistechnologie der Automatisierung auf einem Großteil der Betriebe vorhanden. Relativ häufig vorzufinden sind automatische Treibhilfen. Ein Großteil der Teilnehmer verfügt zudem über einen Wartebereich. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass eine Steigerung des Technisierungsgrades in allen Fällen zu einer signifikanten Verbesserung der Arbeitsproduktivität beiträgt. Weitere Vergleiche belegen, dass sich

die Nutzer von den Nichtnutzern in ihren betriebsstrukturellen Merkmalen ebenfalls signifikant unterscheiden. Die Teilnehmer mit dem höheren Automatisierungsgrad verfügen über deutlich größere Tierzahlen und Kapazitäten. Am Beispiel der Melkplätze wurde zudem überprüft, ob die prozentuale Kapazitätssteigerung mit der Steigerung der Arbeitsproduktivität durch die verschiedenen technischen Ausstattungen konform geht. Die Steigerung entspricht nicht dem Umfang des Kapazitätsanstieges der technisch besser ausgestatteten Melkstände, wie der Vergleich des prozentualen Produktivitäts- und Kapazitätszuwachses zeigt.

4 Fazit

Die vorliegende Studie macht deutlich, dass nur eine Auswertung der Arbeitsleistung je Arbeitskraft und Stunde eine eindeutige Aussage zur Arbeitsproduktivität beim Melken zulässt. Großdimensionierte Melkstände ließen sich als wesentliche Voraussetzung für eine hohe Arbeitsproduktivität identifizieren. Optimierungsbedarf besteht jedoch hinsichtlich der Anpassung der Zahl der Melkpersonen an die Kapazitäten, wie die abnehmende Arbeitsproduktivität bei mehreren Melkern, wie sie in großen Melkständen erforderlich sind, zeigt Produktivitätssteigerungen durch einen hohen Automatisierungsgrad werden ebenfalls durch Kapazitätssteigerungen überlagert. Damit zeigt sich, dass der Schlüssel zur Produktivitätsverbesserung im Wesentlichen in einer optimal auf die Anzahl der eingesetzten Melker abgestimmten Größe und technischen Ausstattung des Melkstandes liegt.

Literatur

- Fübbeker, A. (2004): Welcher Melkstand kommt in Frage? In: Milchviehhaltung, Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverlag, S. 29–32
- Haiden, B. (2012): Arbeitsfalle Milchviehstall!? In: LfL (Hrsg): Managementhilfen im Milchviehstall, Weihenstephan, S. 7–20
- Herd, D. (2010): Trends zur Optimierung von Melkverfahren. Vortrag im Rahmen des Bauleherschau-Tages, 17.6.2010, Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, Stadt
- Herdt, M. (2010): Effizienzsteigerung für wachsende Milchviehbetriebe. Vortrag im Rahmen der ALB Fachtagung, 24.3.2010, Hohenheim
- Lassen, B. (2012): Zusammenhang zwischen Betriebsstruktur, Melktechnik und Produktivität – Ergebnisse einer europaweiten Befragung von Milcherzeugern. In: Berichte über Landwirtschaft 89(3), S. 376–399

Untersuchung des hydrostatischen Drucks beim Halten eines Melkbeckers

Study of the hydrostatic pressure while holding a teat cup

TONI LUHDO¹, ULRICH STRÖBEL², SANDRA ROSE-MEIERHÖFER²

¹ Universität Potsdam, Interdisciplinary Center for Dynamics of Complex Systems, Campus Golm, Building 14, Karl-Liebknecht-Str. 24, 14476 Potsdam

² Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: hydrostatischer Druck, Melkbecher

Keywords: hydrostatic pressure, teat cup

Zusammenfassung

Für einen tierschonenden und ökonomischen Melkprozess muss der zitzennahe Unterdruck möglichst gering gehalten werden. Die Berechnungen zeigen, dass in der idealisierten Betrachtung bereits ein Unterdruck von unter 10 kPa ausreicht um auf Grund des hydrostatischen Drucks einen Melkbecher mit einer Masse von 300 g an der Zitze zu halten. Die durchgeführten experimentellen Messungen zeigen des Weiteren, dass der zum Ansaugen des Melkbeckers benötigte Unterdruck größer ist als der zum Halten benötigte Unterdruck. Die daraus resultierende Differenz der wirkenden Kräfte, kann auf Kraft- und Formschluss zwischen dem Silikon des Zitzengummis und dem Zitzengewebe zurückgeführt werden.

Summary

For an animal-friendly and economical milking process the pressure close to the teat should be adjusted to a low level. The calculations for an idealized consideration show that already a pressure of 10 kPa is sufficient to maintain a teat cup with a mass of 300 g on the teat due to the hydrostatic pressure. The performed experimental measurements show further that the required negative pressure for sucking in the teat cup is greater than the negative pressure required for holding. The resulting difference between the forces may be explained with the frictional force and connection between the silicon of the teat rubber and the teat tissue.

1 Einleitung

Die heutigen Melkanlagen arbeiten nahezu ausschließlich mit dem Zweikammer-Melkbecher. Dieses Prinzip geht auf Patente aus dem Jahr 1903 von den Engländern Hulbert und Park und dem Amerikaner Gillies zurück. Ein Nachteil dieser Konstruktion sind entstehende Rückflüsse, die zu Entzündungen im Zitzenbereich führen können sowie die dauerhafte Belastung des Zitzengewebes durch den angelegten Unterdruck. Eine Minimierung der Entzündungen führt zu einem durchschnittlich längeren Laktationszyklus der einzelnen Milchkühe. Dadurch wird der gesamte Melkprozess sowohl ökonomischer als auch tierschonender. Mit diesem Ziel untersuchen die Universität Potsdam, das ATB und die Impulsa AG gemeinsam verschiedene Ansätze zur Konstruktion neuer Melkverfahren.

Ein erster Schritt auf diesem Weg ist die Untersuchung der Kraft, die den Melkbecher an der Zitze hält. Ein detailliertes Verständnis dieser Kraft ist zum einen für die physikalische Beschreibung des klassischen Zweikammer-Melkbeckers wichtig, sowie auch für Neukonstruktionen zu berücksichtigen. Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse sind Teil der an der Universität Potsdam angefertigten Arbeit „Quantitative Modelle zum Melkprozess“ (LUHDO 2013).

2 Theoretische Betrachtung

Im Zitzengummi-Innenraum besteht ein konstanter, durch ein Regelventil begrenzter, Unterdruck. Durch diesen werden die Melkbecher angesaugt und deren Gewicht an den Zitzen gehalten. Es wird zwischen Melkgeschirren mit Sammelbehälter, in denen die Milch aus den Melkbechern zusammenläuft und Melkbecher mit einer freilaufenden Schlauchführung unterschieden. Der Vorteil bei einer freilaufenden Schlauchführung liegt in dem geringeren Gesamtgewicht. Der Druck, um das Melkgeschirr zu halten, lässt sich direkt aus dessen Masse bestimmen. Die Gewichtskraft des Melkgeschirrs ergibt sich aus

$$F_G = m \cdot g$$

Der hydrostatische Druck p beschreibt die auf eine Fläche A senkrecht stehende Kraft.

$$p = \frac{m \cdot g}{A}$$

Wenn die Zitze in ihrem Querschnitt als kreisrund genähert wird, ergibt sich ihre Querschnittsfläche aus $A = \pi r^2$. Die Masse der Melkgeschirre liegt zwischen 1000–1600 g, das entspricht 250 bis 400 g pro Zitze. Für eine genäherte Rechnung wird als Zitzendurchmesser ein Wert von 20 mm und eine Masse von 300 g pro Zitze angenommen. Damit ergibt sich für den zu erzeugenden Unterdruck

$$p = \frac{300 \text{ [g]} \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]}{\pi \cdot (0,01[\text{m}])^2} = 9,37 \text{ [kPa]}$$

3 Experimentelle Betrachtung

Zur experimentellen Beurteilung der Kräfte werden verschiedene Messungen durchgeführt. Das Ziel ist es, den minimalen Druck zu bestimmen, der für das Halten des Melkbechers an der Zitze benötigt wird. Dafür wird der Druck bei unterschiedlich schweren Melkbechern zuerst langsam erhöht, um den Wert zu bestimmen, bei dem sich der Melkbecher an der ISO Zitze festsaugt, im Weiteren wird der Druck wieder reduziert, um einen zweiten Wert zu messen, bei dem der Melkbecher den Halt verliert.

Für die Messungen wurde ein konventioneller Melkbecher verwendet, der für die verschiedenen Messreihen mit zusätzlichen Gewichten beschwert wurde. Die ursprüngliche Masse des Melkbechers betrug 250 g und wurde dann auf 300 g und 500 g erhöht. Über die Steuereinheit des Melksystems MultiFactors ließ sich der Anlagendruck für die durchzuführenden Messungen nicht ausreichend absenken, deshalb wurde ein vollständig zu öffnendes Ventil in die Melkanlage anstatt dem üblichen Regelventil eingebaut. Die beschriebenen Messungen wurden sowohl mit und ohne Pulsation als auch mit und ohne Milchfluss mehrmals wiederholt.

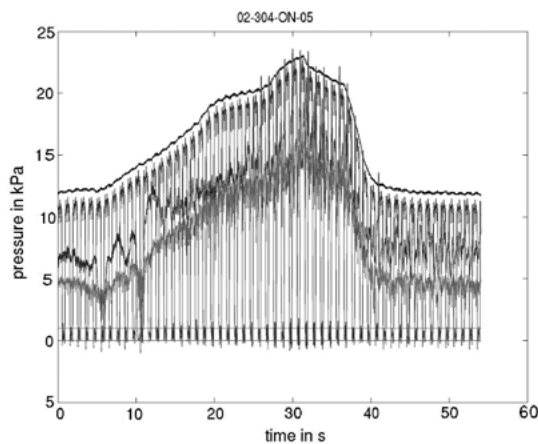


Abb. 1: Zweite Messung mit 304 Gramm, eingeschalteter Pulsation und Milchfluss
 Fig. 1: Second measurement with 304 g, active pulsation and milk flow

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen exemplarisch eine Messkurve mit Pulsation und simuliertem Milchfluss und eine Messkurve ohne Pulsation und simulierten Milchfluss. In Abbildung 1 lässt sich sehr genau die Pulsation im Melkbecher erkennen. An einzelnen Punkten bei hohem Anlagendruck steigt der zitzenahe Druck noch über den Anlagendruck hinaus. Dabei fließt Wasser aus der ISO-Zitze in das Volumen unterhalb der Zitze, was zu einer weiteren Absenkung des dort gemessenen Druckes führt. Ein Effekt, der sich bei abgeschaltetem Milchfluss wie in Abbildung 2 nicht beobachten lässt.

Des Weiteren sind in beiden Diagrammen Punkte zu finden, an denen sich der Melkbecher nicht selbstständig an der Zitze halten konnte. Durch den Abfall des Melkbechers sinkt der zitzenahe gemessene Druck auf den Umgebungsdruck ab. Eine weitere

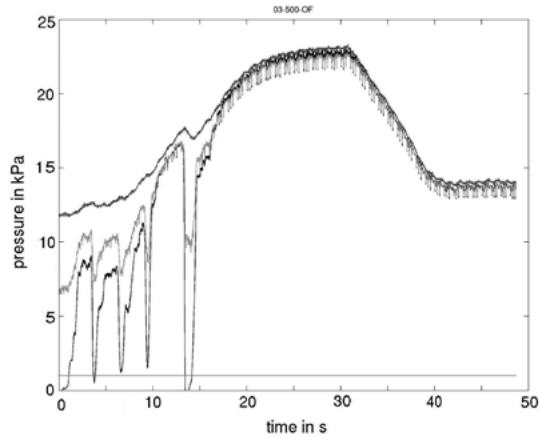


Abb. 2: Dritte Messung mit 500 g, ohne Pulsation und Milchfluss
 Fig. 2: Third measurement with 500 g, without pulsation and milk flow

Auffälligkeit ist, dass bei fast allen Messungen beim Verringern des Anlagendruckes am Ende weniger Druck zum Halten des Melkbeckers benötigt wird als beim Ansaugen. In der in Abbildung 2 dargestellten Messung beispielsweise ist der Becher letztmalig bei einem Druck von 16 kPa abgefallen, aber nachdem der Becher einmal gehalten hat und der Anlagendruck wieder verringert wurde, hielt der Becher auch noch bei einem Anlagendruck von 14 kPa. Leider war es technisch nicht möglich, den Anlagendruck so zu regeln, dass der Melkbecher von allein wieder abfällt. Deshalb wurden zusätzlich zu den minimalen Punkten, bei denen es nicht mehr zu einem Abfall des Melkbeckers kam, auch die Punkte des minimalen Anlagendruckes nach dem Halten des Melkbeckers für alle Messungen bestimmt. Die Abbildung 3 zeigt die Mittelwerte der bestimmten Druckpunkte für die verschiedenen Gewichte.

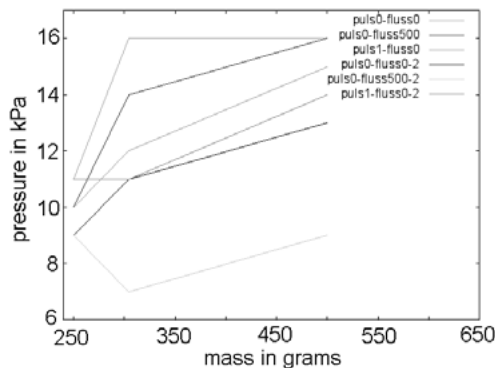


Abb. 3: Gemittelte Druckpunkte zum Becherabfall der einzelnen Messungen
 Fig. 3: Averaged pressure points of teat cup drop from the single measurements

4 Schlussfolgerung

Die Auswertung zeigt, dass für alle Messungen der zum Halten benötigte Anlagendruck signifikant geringer ist, nachdem sich der Becher einmal angesaugt hat. Daraus folgt, dass für das Halten neben der Strömungs- oder Druckkraft noch eine zusätzliche Kraftkomponente zu berücksichtigen ist. Es liegt nahe, dass diese Kraft durch Form- und Kraftschluss zwischen Zitzenwand und Zitzengummi aufgebracht wird. Insgesamt kann festgestellt werden, dass das gefundene niedrige Haltevakuum das Ziel der Trennung von Melk- und Haltefunktion des Melkbeckers begünstigt.

5 Ergänzende Messung

Zur Unterstützung der These, dass neben der Kraft des hydrostatischen Druckes auf die Zitze noch andere Kräfte einen signifikanten Anteil am Halten des Melkgeschirrs haben, wurde in einem zweiten Versuchsaufbau bei einem konstanten zitzennahen Druck das Gewicht des Melkbeckers kontinuierlich erhöht. Dazu wurde zuerst der Melkbecher an der ISO-Zitze angesaugt und dann Wasser in ein am Melkbecher befestigtes Gefäß gefüllt. Nachdem die Gewichtskraft des Melkbeckers aufgrund der zunehmenden Wassermenge für den eingestellten Anlagendruck zu groß geworden war und sich der Melkbecher von der ISO-Zitze gelöst hatte, wurde die Masse der eingefüllten Wassermenge bestimmt. Unter der Annahme, dass der Melkbecher nur aufgrund der Kraft, die der hydrostatische Druck p auf die Querschnittsfläche A der ISO-Zitze ausübt, hält, muss die Gleichung $p(m) = \frac{g}{A} \cdot m$ gelten.

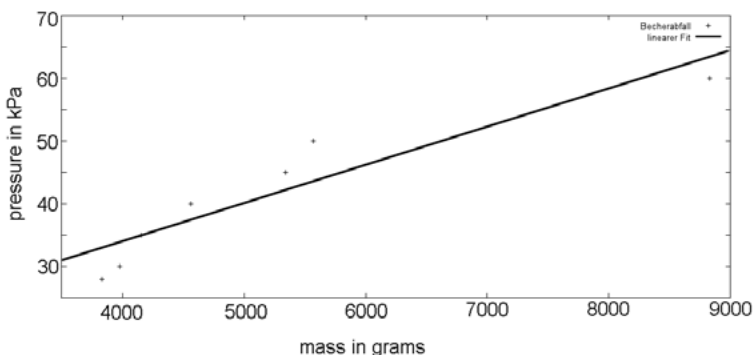


Abb. 4: Datenpaare und Fit der Druck-Masse-Messung

Fig. 4: Data pairs and fit of the pressure-mass-measurement

In einem Masse-Druck-Diagramm der Messdaten mit einem linearem Fit $p(m) = a \cdot m + b$ muss der Anstieg a der Ausgleichsgeraden dem Quotienten aus Erdbeschleunigung g und Querschnittsfläche A entsprechend. Der Anstieg a der Ausgleichsgeraden in Abbildung 4

hat einen Wert von 0,00601. Bei einer Betrachtung in SI-Einheiten entspricht das einem Wert von $a = 6010 \text{ m/s}^2$. Mit der technischen Skizze der verwendeten ISO-Zitze kann der Wert der Querschnittsfläche A im Abstand von 39 mm vom unteren Ende auf $A = (0,0125 \text{ m})^2 = 0,00049 \text{ m}^2$ bestimmt werden. Für eine Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ergibt sich damit ein theoretischer Wert für den Quotienten aus Erdbeschleunigung und Querschnittsfläche von $a = 19958 \text{ m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$. Da der experimentelle Wert bedeutend kleiner ist als der theoretische – genau beträgt der experimentelle nur 30,5 % des theoretischen – wird im Experiment ein geringerer Druck zum Halten einer bestimmten Masse benötigt, als die angenommene Theorie voraussagt. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Annahme, dass die Gewichtskraft nur durch die Kraft des hydrostatischen Druckes auf die Querschnittsfläche der Zitze aufgebracht wird, nicht ausreicht und zusätzlich noch andere Kräfte eine signifikante Bedeutung haben. Der Großteil dieser Kraft kann auf die Haftreibung zwischen dem Silikon des Zitzengummis und dem Zitzengewebe (bzw. Material der ISO-Zitze) zurückgeführt werden. In den meisten Fällen ist der Haftreibungskoeffizient von Silikon und tierischem Gewebe größer als 1 wodurch die Haftreibungskraft bei bestimmten Winkeln größer ist als die entsprechende Normalkraft.

Literatur

Luhdo, T. (2013): Quantitative Modelle zum Melkprozess. Diplomarbeit. Universität Potsdam

Accuracy of an innovative high-frequency RFID system for monitoring feeding behaviour of fattening pigs under practical conditions

Genauigkeit eines innovativen hochfrequenten RFID-Systems zur Erfassung des Fressverhaltens von Mastschweinen unter Praxisbedingungen

ENGEL F. HESSEL, ANNE HÖMMEN, HERMAN F. A. VAN DEN WEGHE

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen,
Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechna

Keywords: HF RFID, fattening pig, feeding behaviour, monitoring
Schlüsselwörter: HF RFID, Mastschwein, Fressverhalten, Monitoring

Summary

The study examined a simultaneous individual animal identification of fattening pigs based on radio frequency identification (RFID) using passive high-frequency (HF) transponders under practical conditions on farm. The individual feeding behaviour of the pig was recorded continuously online in the form of an attendance check at the trough via HF RFID. With the aid of the innovative HF RFID system the individual feeding frequency of fattening pigs can be monitored simultaneously, and online. However, the HF RFID technology does not register the pigs standing at the trough continuously. Gaps of few seconds occur between single registrations. In order to analyse the total feeding time, the gaps have to be taken into consideration. In the future, decision-making models for Precision Livestock Farming can be developed from such data so that errors within the production chain can be discovered early on and that improvements can be made, thereby minimizing financial losses.

Zusammenfassung

In der Untersuchung wurde eine auf hochfrequenter RFID basierende simultane Einzel-tiererkennung zur simultanen Erfassung von Mastschweinen unter Praxisbedingungen untersucht. Hierbei wurde der individuelle Aufenthalt der Tiere am Trog mithilfe der HF RFID erfasst. Das HF-RFID-System ermöglicht, die individuellen Fressfrequenzen der Schweine online zu erfassen. Jedoch kann der Aufenthalt am Trog nicht kontinuierlich erfasst werden, zeitliche Unterbrechungen von wenigen Sekunden zwischen den einzelnen HF RFID Registrierungen treten beim Fressen auf. Für die Erfassung der Fresszeiten müssen diese Unterbrechungen Berücksichtigung finden. In Zukunft könnten diese individuellen Daten in Entscheidungsmodelle integriert werden, um mithilfe von Frühwarnsystemen mögliche Fehler während der Mast frühzeitig aufzudecken.

1 Introduction

A key PLF technology is the electronic animal identification with the aid of radio frequency identification (RFID). Normally, low-frequency (LF) transponders are used for individual animal identification. However the main disadvantage of LF transponders is that they can only be read individually in the radio reception field (KERN 2006). For certain uses, it is, however, necessary to be able to read a number of transponders simultaneously. Therefore, the use of an innovative simultaneous individual animal recognition system at the feeder was undertaken in this study. The new animal identification system was based on high-frequency (HF) RFID technology and was tested in fattening pigs.

2 Animals, materials and methods

The study has been carried out in a compartment with 8 pens on a farm located 22 km away from Vechta, Germany. Four HF RFID feeders are installed into a mechanically ventilated pig house. The HF RFID system, which is used in this experiment, is based on the system which is described in HESSEL and VAN DEN WEGHE (2012) and REINERS et al. (2009). However, in contrast to the previous studies in this study the antennas are not integrated into the trough but positioned on top of the trough (Fig. 1). Custom-made antennas (13.56 MHz, DTE Automation GmbH, Enger, Germany) are attached to the feeders (Lean Machine, Big Dutchman, Vechta, Germany). The antennas have a diameter of 385 mm, the supporting material is made of 30 mm rigid plastic in which an edge is milled for the antenna. The antenna, which is made of copper, works with a transmission power of 1.8 W and an operation frequency of 13.56 MHz. The antennas are positioned centre top in a height of 460 mm above the troughs (diameter 400 mm). During a fattening period the height of the antenna is not changed. The four antennas are connected via Multiplexer (HF Multiplexer ID ISC.Ant MUX, FEIG ELECTRONIC GmbH, Weilburg,

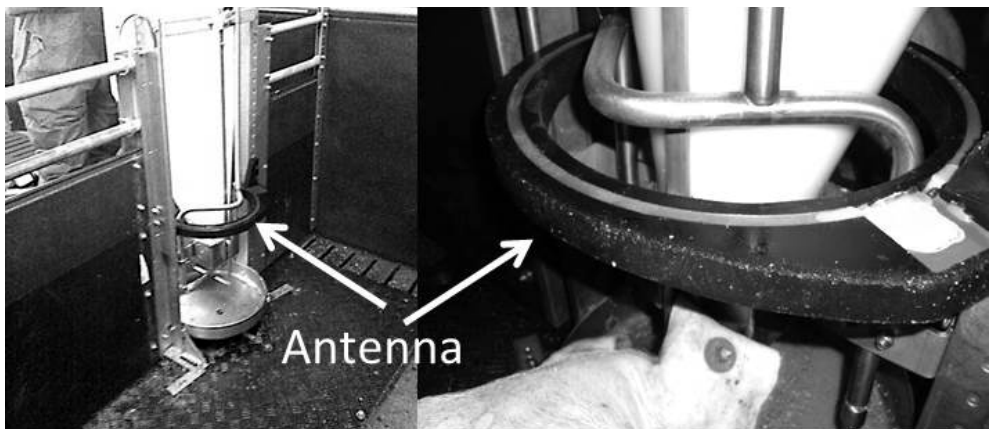


Fig. 1: Feeder equipped with HF antenna
 Abb. 1: Futterautomat mit HF-Antenne

Germany) to a Long Range Reader HF Long Range (Reader ID ISC.LRM 2500 B, FEIG ELECTRONIC GmbH, Weilburg, Germany).

Every pig was tagged with a passive HF transponder with an operating frequency of 13.56 MHz (IN Tag 300 I-Code SLI tags, ISO 15693, HID Global Corporation, California, USA). The round transponders were clipped onto the ear tags of the pig (Allflex, Hamburg, Germany). Further details about the technology used can be found in REINERS et al. (2009), a common publication of the Division Process Engineering of the University of Goettingen and the Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry of Bavarian State Research Centre for Agriculture.

Additionally, in two pens pigs' feeding behaviour was recorded on video for validation purposes. Sixteen pigs were housed in each pen, resulting in 128 pigs in total. Six pigs were marked individually on their back and recorded on videos, feeding behaviour of the focal pigs were analysed in detail to determine the accuracy of the innovative HF-RFID feeder under practical conditions. For validation video data of 9 fattening days (day 2, 30, 37, 43, 50, 60, 73 and 78) during 8 a.m. to 4 p.m. were taken into account. In total, 480 feedings were detected using video analyses.

3 Results and discussion

Referring to the videos, single feeding events last on average 4.27 min; the median of single feedings is 2.00 min. In total, 22 (4.6 %) of 480 feedings are not detected by the HF RFID system. The missed feedings last on average 23 s according to the video recordings. Normally, these missed feedings occur within a meal. Pigs are feeding for a short time, then after a short break they continue feeding. Or, before finishing a meal, they take in a last very short meal before leaving the trough. Due to this short feeding duration it can happen that the HF RFID system did not register single feedings.

Comparing the HF RFID data with the data of the video analysis a pretty good correlation can be found. As an example feeding activity of a pig on fattening day 21 is shown in Figure 2.

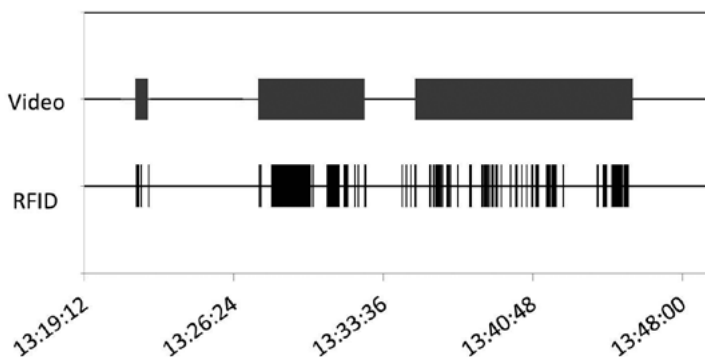


Fig. 2: Feeding activity of one pig on fattening day 21 using video recording as well as HF RFID system
 Abb. 2: Mithilfe der Videoaufnahmen sowie des HF-RFID-Systems erfasste Fressaktivität eines Schweins am 21. Masttag

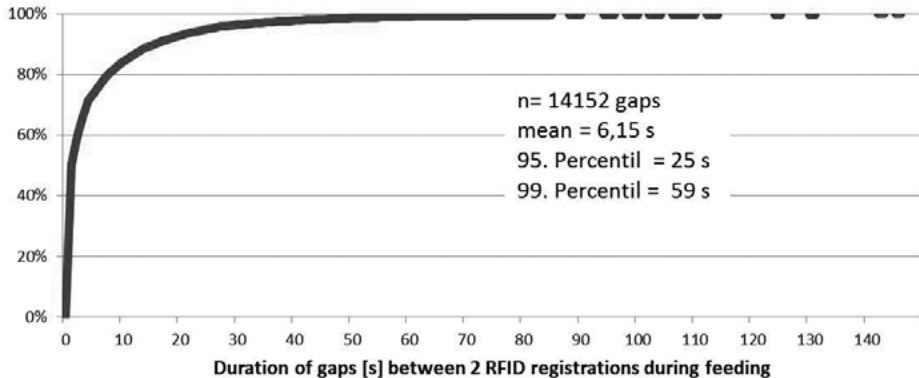


Fig. 3: Gaps [s] between 2 HF RFID registrations during feeding

Abb. 3: Zeitliche Lücken [s] zwischen zwei HF-RFID-Registrierungen während des Fressvorganges

However, looking into the data in more detail, it was found out that the HF RFID technology does not register the pigs standing at the trough continuously. Gaps of few seconds (s) occur between single registrations.

Figure 3 shows the distribution of the gaps. On average these gaps last 6,15 s, 95 % of the gaps are lower than 25 s, and 99 % are lower than 59 s.

The day of fattening has an influence on the duration of these gaps. At the beginning of the fattening period the median of these gaps is 3 s, at the end of the period the median amounts only 1 s. The 95 percentile decreases from 36 s to 13 s during the fattening period. The mean decreases from 9 s to 3 s, and the standard deviation decreases from 16 s to 5 s. The reason for shorter gaps between single HF RFID registrations might be due to the pigs themselves as well as to the HF RFID system. Younger pigs are much more active than older ones, also during feeding they move more which could lead to the higher gaps. Furthermore with younger pigs the distance between transponder, which is attached to the ear, and antenna is greater compared to older pigs. This higher distance between ear and antenna is due to the small body size of the young pigs. Both, the greater distance between transponder and antenna as well as the higher activity of younger pigs during feeding might lead to higher gaps. The transponder cannot be read, because it exits the range of the antenna. However, using an antenna with a greater range would result in registration of pigs, which are near the trough, but not actually feeding.

These gaps lead to clearly lower values of feeding time registered by RFID compared to the video analysis. Taking these gaps into consideration, following scenarios were analysed:

- S1: RFID registered feeding is taken into account to the second
- S30: if the time gap between to RFID registrations was lower than 30 s the pig was classified as feeding
- S60: if the time gap between to RFID registrations was lower than 60 s the pig was classified as feeding
- S90: if the time gap between to RFID registrations was lower than 90 s the pig was classified as feeding

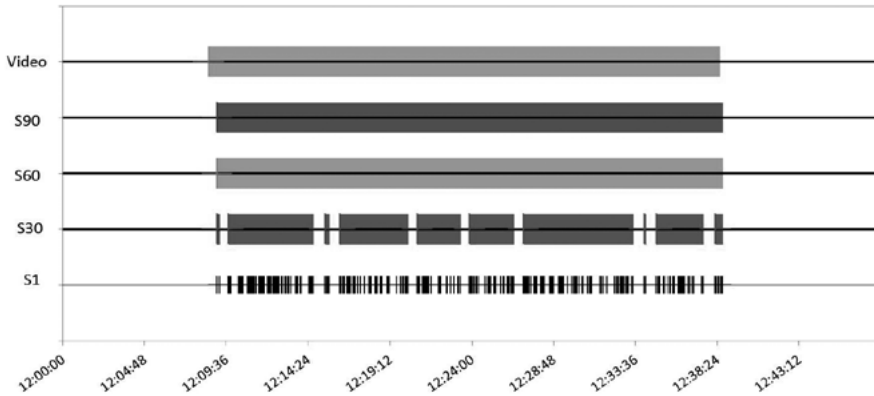


Fig. 4: Feeding time of one pig on fattening day 60 applying the scenarios S1, S30, S60 and S90 and analysed using the videos

Abb. 4: Fresszeit eines Schweins am 60. Masttag unter Verwendung der Szenarien S1, S30, S60 und S90 sowie die mithilfe der Videoauswertung

As an example, one feeding of one focal pig on fattening day 60 is shown in Figure 4. With the aid of the video recording, it was found that the feeding in this example lasts 30 min. Summarizing all seconds (S1), in which the RFID system registered the pig during this feeding the duration amounts only 5.2 min. Applying S30 this feeding lasts 24.4 min, using S60 and S90 it lasts 29.7 min, which corresponds quite good to the video analysis.

It can be assumed, that for calculation of feeding time the time gaps of the different scenarios decrease with an increase of pigs' age during a fattening period. The next step will be a development of an algorithm for estimation of feeding times on basis of the RFID data, using different time gaps between single HF RFID registrations depending on the age of the pigs.

4 Conclusions

In conclusion, with the aid of the innovative high-frequency RFID system, individual feeding frequency of fattening pigs can be monitored simultaneously and online. However, the HF RFID technology does not register the pigs standing at the trough continuously. Gaps of few seconds occur between single registrations. In order to analyse the total feeding time, the gaps have to be taken into consideration. Regarding feeding behaviour of pigs, the HF RFID technology has a huge potential; it can be used as early warning system for detection of health, production and welfare problems.

Literature

- Hessel, E.F.; Van den Weghe, H.F.A. (2011): Individual online-monitoring of feeding frequency and feeding duration of group-housed weaned piglets via high frequent radiofrequency identification (HF RFID). In: Proceedings of the 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Prague, Czech Republic, pp. 210–222
- Kern, C. (2006): Anwendung von RFID-Systemen. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag
- Reiners, K.; Hegger, A.; Hessel, E.F.; Bock, S.; Wendl, G.; Van den Weghe, H.F.A. (2009): Application of RFID technology using passive HF transponders for the individual identification of weaned piglets at the feed trough. In: Computers and Electronics in Agriculture 68(2), pp. 178–184

Acknowledgments

The results presented are generated in the framework of the ICT-AGRI era-net project PIGWISE “Optimizing performance and welfare of fattening pigs using High Frequent Radio Frequency Identification (HF RFID) and synergistic control on individual level” (Call for transnational research projects 2010).

Computer vision based monitoring of performance of an RFID based eating registration system

Bildanalyse zur Überwachung der Funktion eines RFID-basierten Futteraufnahme-Registrierungssystems

T. GREGERSEN¹, T. JENSEN², M. A. ANDERSEN², L. MORTENSEN¹,
J. MASELYNE^{3,4}, E. HESSEL⁵

¹ Communications Systems Group, Aarhus University School of Engineering, Finlandsgade 22, 8200 Aarhus N, Denmark

² Signal Processing Group, Aarhus University School of Engineering, Finlandsgade 22, 8200 Aarhus N, Denmark

³ Technology and Food Science Unit - Agricultural engineering, Institute for Agricultural and Fisheries Research, Burg. van Gansberghelaan 115 bus 1, 9820 Merelbeke, Belgium

⁴ Division Mechatronics, Biostatistics and Sensors (MeBioS), Department of Biosystems, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 30 bus 2456, 3001 Heverlee, Belgium

⁵ Division Process Engineering, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science, Georg-August-University of Goettingen, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Keywords: slaughter pigs, validation, RFID, range cameras, computer vision, verification

Schlüsselwörter: Mastschweine, Validierung, RFID, Messkamera, Bildanalyse, Verifizierung

Summary

RFID technology is useful for registration of slaughter pigs' visits at a trough. This can be used for health monitoring by analysis of feeding frequency at individual level by detection of each visit at the trough. A RFID system is complex and vulnerable and ear tags can be lost during the pigs' fattening period. To avoid time consuming human observations to detect lost or degraded functionality of the RFID system, an automatic computer vision based system was developed to ensure valid RFID observations. This system was based on consumer grade range cameras placed above each feeder. A computer vision system was developed, that dynamically counts the current number of feeding pigs. The system compares continuously this number with the current number of feeding pigs, detected by the RFID system. If the compared counted number of feeding pigs differs too much over a given time, the farmer is alerted.

Zusammenfassung

Mittels RFID-Technologie kann das Aufsuchen der Futterstation durch Mastschweine registriert werden. Diese Daten können auf tierindividueller Ebene für das Gesundheitsmonitoring genutzt werden. Ein RFID-System ist komplex und störanfällig und die angebrachten Ohrmarken können während der Mastperiode verloren gehen.

Um eine zeitintensive Verifizierung der RFID-Registrierungen durch Personen zu vermeiden, wurde zur Überwachung der Funktionalität des RFID-Systems ein Bildanalyse-System entwickelt. Das System basiert auf schwenkbaren Kameras, welche über jedem Futterautomat angebracht wurden. Ein Bildanalysealgorithmus, der dynamisch

die aktuelle Anzahl fressender Schweine erfasst, wurde entwickelt. Zum Vergleich der Systeme wurde ein Algorithmus entwickelt, der die aktuelle Anzahl fressender Schweine – erfasst durch RFID bzw. Bildanalyse – vergleicht. Ist die Abweichung der Zahlen zu groß, wird der Betriebsleiter alarmiert.

1 Introduction

Pig farmers today aim towards a combination of profitable business with animal welfare. The pig farmer has to be a manager besides being an animal caretaker to reach this goal (FROST et al. 1997). A number of employees are required to inspect the pigs to achieve animal welfare in big herds. This leads to a reduction of the profit. Therefore a system which is able to automatically monitor the animal welfare in pig stables is attractive for the farmer. To achieve individual monitoring of the pigs, a unique identification method is necessary. Radio frequency identification (RFID) technique seems to be the best method today. High frequency RFID technique (HF-RFID) is successfully used in pens where many (4–6) pigs are feeding simultaneously at the trough (REINERS et al. 2009). The PIGWISE project develops a health monitoring system for slaughter pigs at individual level based on the individual feeding behaviour using HF-RFID identification and synergistic control. In this system it is important that no ear tags are lost during the fattening period and no failure occurs in the stationary part of the RFID system (RFID reader, cables etc.). One method for monitoring the quality of the RFID system is the use of computer vision based monitoring of the feeding pigs. In this paper a computer vision based system is presented where range cameras are placed above the pigs. The advantages of these cameras are 3D solution delivered by one camera and low price (ANDERSEN et al. 2011). The computer vision system counts in real time the total number of pigs that feed at a circular trough and performs a comparison with the counted pigs, detected by the HF-RFID system. If the difference between the counted pigs from the two independent sensor systems exceeds a certain limit, an alert is generated, since the RFID system may be degraded.

2 Materials and methods

2.1 Animals, housing and equipment

The study was carried out in spring 2013 at ILVO (Institute for Agricultural and Fisheries research, Merelbeke, Belgium). The test pen contained 59 pigs during the study. Two Swing MIDI feeders (Big Dutchman Pig Equipment GmbH, Vechta, Germany) were used in the pen. The pigs were fed ad libitum. The RFID Reader (IDISC.LR2500-A, Feig Electronic GmbH, Weilburg, Germany) received RFID feeding events from a custom-made circular antenna (DTE Automation GmbH, Enger, Germany), placed just above the trough in the feeder. Two tags were mounted on each pig. Feeding events were sent to a PC, which also received input from range cameras. This PC contained a computer vision analysis process and a sensor comparison process. The RFID system detected when the head of a slaughter pig was near or above the trough. The RFID-system was complex and vulnerable because it consisted of RFID-readers, multiplexers and long cables.

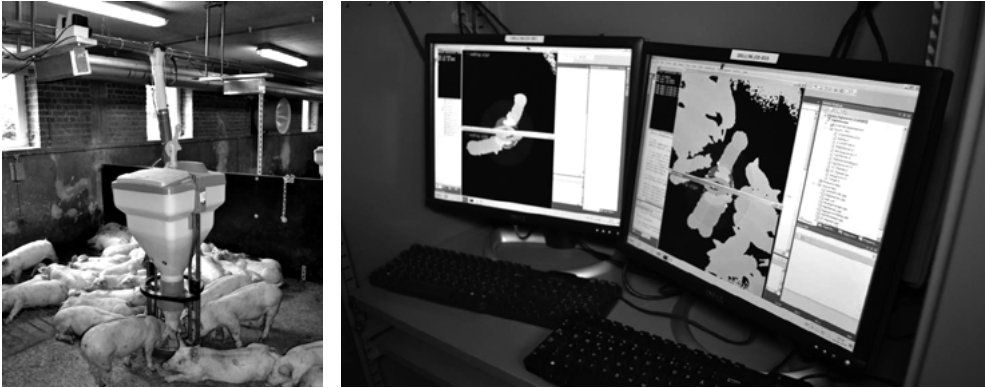


Fig. 1: Feeder, trough, RFID antenna, encapsulated cameras above feeder and PC's
 Abb. 1: Futterautomat, Trog, RFID Antenne, ummantelte Kameras über Futterautomat und PC

Furthermore ear tags could be lost from some pigs during their fattening period. In the study seven tags were lost and replaced. The computer vision system was based on consumer grade range cameras (Xbox 360 Kinect Sensor, Microsoft, USA). Two of these cameras were placed above each feeder. Each camera was housed in a metal box with clear glass as bottom. The feeding coverage for each feeder was 360 degrees. Each camera could inspect 180 degrees of the feeding coverage. Therefore two cameras were necessary to inspect the complete feeding situation for each feeder. Figure 1 shows the setup.

2.2 Computer vision system

A computer vision algorithm that dynamically counts the current number of feeding pigs was developed. This algorithm defines a feeding pig as a pig which body (typically the pig's head) is placed above the trough at the feeder. The number of pigs within a virtual zone, matching with the physical trough, is counted. For each camera the counting algorithm sends the counted number of pigs to a process, which compares the sum of pigs, seen by both cameras, with the number of pigs, detected by the RFID system. The range cameras illuminate the pigs by means of their own infrared light pulses, therefore daylight or artificial light is not necessary. The images from the cameras contain precise range information for each pixel, therefore it is possible to eliminate the dirty floor from each image and let the algorithm just focus at the outlines of the pigs.

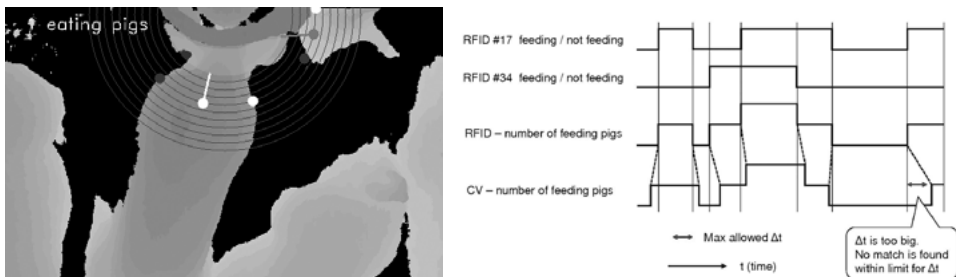


Fig. 2: left: computer vision algorithm; right: comparison algorithm
 Abb. 2: links: Bildanalysealgorithmus; rechts: vergleichender Algorithmus

At the left part of figure 2 both sides of each feeding pig are marked with a dot.

A center point at the selected concentric circle is the base point for a green or red vector that points in direction of the trough. The number of green vectors represents the number of feeding pigs. The red vectors are candidates for feeding pigs, but not qualified to be detected as feeding pigs. One concentric circle is selected by the algorithm among all concentric circles as the most suitable for evaluation in the current scenario.

2.3 Sensor comparison

Furthermore, an algorithm was developed that is able to compare the current number of feeding pigs, counted by the RFID system with the current number of feeding pigs, counted by the computer vision system. The events from the sensors are compared within a time window. If the compared number of feeding pigs differs too much over a given time, an alert is created. During the study the size of the critical time window was set to 1.1 seconds. For each front edge of an RFID feeding event the algorithm searches for a corresponding front edge of a computer vision based feeding event within the critical time window. Future search and historical search is performed, relative to the timestamp of the referenced RFID event. If the number of counted pigs from the RFID system is matching with the number of counted pigs from the computer vision system within the critical time window, a match is found. The same procedure for comparison takes place for each RFID back edge, computer vision based front edge and computer vision based back edge. The right part of figure 2 shows the principle for the comparison algorithm. All edges from the sensor systems are evaluated each minute. If the frequency of mismatches exceeds a critical limit, set as a system parameter, the operator is alerted because the RFID system may be degraded or stopped.

3 Results and discussion

The comparison system was able to count the current number of feeding pigs based on RFID feeding events and computer vision based feeding events. Useable images could be fetched continuously from the range cameras night and day. It was necessary to place two cameras near each other above the feeder to inspect the complete feeding area. In spite of this, each camera did not make any significant interference to the other cameras image, even if the range cameras emit infrared light pulses.

3.1 Accuracy of RFID system

The precision of the timestamp for RFID feeding events were based on an optimal 3D orientation at the pig's ear, compared with the radiation characteristic for the circular RFID antenna. The range was not always the theoretical 30 cm, the range was typically shorter, depending on the orientation of the pig's ear. This led to a small inaccuracy for timestamps of RFID based feeding events. To reduce this inaccuracy an ear tag was mounted at both ears of each pig during the study.

3.2 Accuracy of computer vision system

The precision of the total number of feeding pigs detected by the computer vision system was depending on the orientation of each pig's head, compared with the radius of

the virtual trough, created by the computer vision system. If the pig's head was placed straight into the feeder the pig was registered without problems by the computer vision system. If the pig was moving its head fast in and out of the feeder, these movements were detected as feeding events, and led to inaccuracy of the number of pigs. Furthermore, in some situations the pig's ear could be seen as an extra, small pig at the selected concentric circle. This led to inaccuracy of the number of counted pigs.

Figure 3 shows RFID based feeding events with timestamps as long lines and computer vision based feeding events with timestamps as short lines. All data are stored in a table for sensor comparison each minute. At time 1940040 ms the counted number of pigs detected by RFID is 2. At time 1940149 ms, 0.109 s later, the computer vision system has also detected 2 feeding pigs. In this case a match is found, because the match is found within the critical time limit, 1.1 s. Figure 4 shows an irregular detection of an extra pig because the ear of the main pig is seen as an extra pig at the concentric circle. At time 243891 ms the counted number of pigs detected by RFID is 2. At time 259788 ms, 15.897 s later, the computer vision system has again detected 2 feeding pigs. The time difference exceeds the critical time window, 1.1 s. By analysing the historic events, two pigs are counted at time 241832 ms, 2.059 s earlier. Again, this time difference is greater than the critical time window, 1.1 s. In this scenario no match is found. From time 258930 ms to 267167 ms the number of feeding pigs, detected by the computer vision system is alternating between 2 and 3, because the ear of the pig sometimes is detected as an extra pig. The main reason for the mismatch is irregular detection of the

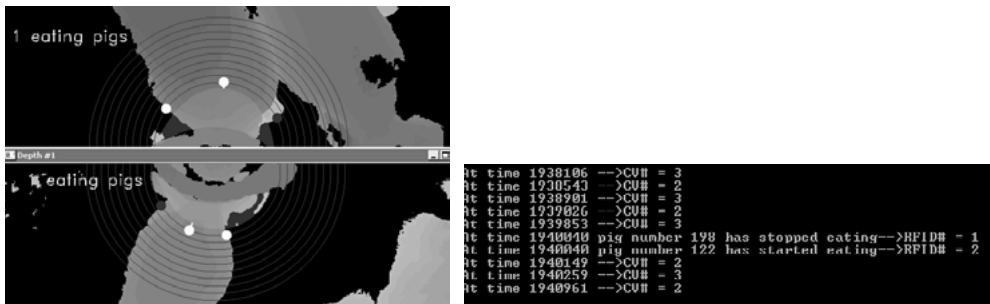


Fig. 3: The comparison algorithm detects equality between the counted pigs
 Abb. 3: Der vergleichende Algorithmus detektiert die Gleichheit zwischen den gezählten Schweinen

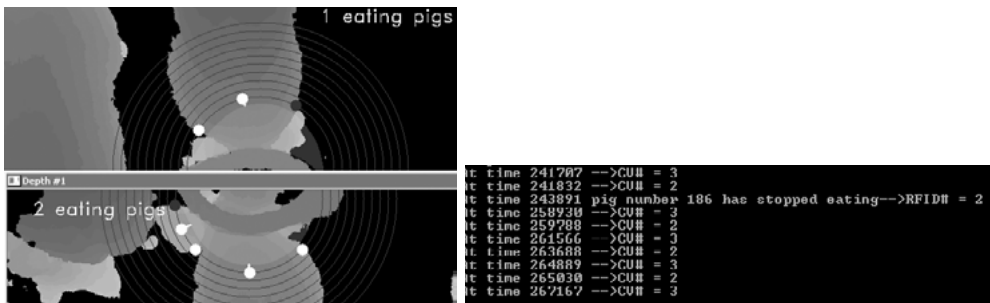


Fig. 4: The comparison algorithm detects inequality between the counted pigs
 Abb. 4: Der vergleichende Algorithmus detektiert die Ungleichheit zwischen den gezählten Schweinen

number of feeding pigs, seen by the computer vision system. Too many fast movements in/out of the feeder and too many ears, detected as extra pigs, disturb the accuracy of the counting, done by the computer vision system.

3.3 Improvements

To improve the precision of the computer vision based counting of the feeding pigs the depth information from the range cameras could be used to improve the separation of the pigs. In the existing system only a 2-dimensional outline was used to separate the pigs. To improve the precision of the comparison algorithm further adjustments of the critical time limit value and other system parameters are necessary.

Conclusion

In this paper some promising results for a system are shown, which automatically verifies the quality of the RFID part of a health monitoring system for slaughter pigs, based on individual feeding behaviour. It was possible continuously to fetch useful depth images by use of consumer grade range cameras. An algorithm was developed that counts the current number of feeding pigs. This value is continuously compared with the number of feeding events, detected by an HF-RFID system. If the difference between the counts from the two independent sensor systems exceeds a critical limit, the operator of the system is alerted. The computer vision algorithm and the comparison should be further optimized and analysed to find an optimal performance of the automatic quality validation of the RFID system.

Literature

- Andersen, M.R.; Jensen, T.; Lisouski, P.; Mortensen, A.K.; Gregersen, T.; Ahrendt, P. (2012): Technical Report ECE-TR-6, Electrical and Computer Engineering, Aarhus University, Department of Engineering
- Frost, A.R.; Schofield, C.P.; Beulah, S.A.; Mottram, T.T.; Lines, J.A.; Wathes, C.M. (1997): A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 17(2), pp. 139–159
- Reiners, K.; Hegger, A.; Hessel, E.F.; Bock, S.; Wendl, G.; Van den Weghe, H.F.A. (2009): Application of RFID technology using passive HF transponders for the individual identification of weaned piglets at the feed trough. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 68(2), pp. 178–184

Acknowledgments

The results presented in this paper are generated in the framework of the ICT-AGRI eranet project PIGWISE “Optimizing performance and welfare of fattening pigs using High Frequent Radio Frequency Identification (HF RFID) and synergistic control on individual level” (Call for transnational research projects 2010). Special thanks go to the technical staff at ILVO, Georg-August-University of Goettingen and farmer Mogens Jacobsen (Rodskovgruppen, Denmark) for the work and support during the project.

An Internet of Thing-based approach for single animal monitoring in a distributed farms environment

Ein „Internet of Thing“-basierter Versuch zum Einzeltier-Monitoring in einer Umgebung mit dezentralisierten Farmen

A. SCALERA¹, D. CONZON¹, P. BRIZZI¹, R. TOMASI¹, A. M. SPIRITO¹, E. HESSEL²

¹ Pervasive Technology Area (PerT), Istituto Superiore Mario Boella (ISMB), Via P.C. Boggio 61, 10138 Torino, Italy

² Division Process Engineering, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science, Georg-August-University of Goettingen, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Keywords: PIGWISE, RFID, XMPP, IoT, middleware, VIRTUS, pig monitoring, EWS

Schlüsselwörter: PIGWISE, RFID, XMPP, Middleware, VIRTUS, Schweinemonitoring, EWS

Summary

Information and communication technologies (ICT) are considered the key instrument to improve efficiency and flexibility of industrial and agribusiness processes. There are several researches that are studying the application of the Internet of Things (IoT) paradigm in the agri-food field. This paper explains how a solution, built on the top of the VIRTUS IoT middleware, provides a valid alternative to current IoT solutions, which are mainly based on service oriented architecture (SOA). VIRTUS leverages an instant messaging protocol (XMPP) to guarantee a real-time, secure and reliable communication channel between heterogeneous devices. The development here presented has been exploited in a concrete case study: the PIGWISE project. This project implements an individual animal feeding behaviour monitoring, based on high frequency (HF) RFID presence detection and synergistic control techniques.

Zusammenfassung

Informations- und Kommunikationstechnologien (CT) werden als Schlüsselinstrumente zur Verbesserung von Effizienz und Flexibilität industrieller und agrarischer Prozesse betrachtet. Die Anwendung des Internet of Things (IoT) in der Agrar- und Ernährungswirtschaft wird in mehreren Forschungsvorhaben untersucht. In diesem Beitrag soll erklärt werden, wie eine Lösung basierend auf der VIRTUS-IoT-Middleware eine Alternative zur momentan verwendeten IoT-Lösung darstellt, welche hauptsächlich auf serviceorientierter Architektur (SOA) basiert. VIRTUS nutzt ein Instant-Messaging-Protokoll (XMPP) um einen sicheren, verlässlichen Kommunikationskanal zwischen verschiedenen Geräten in Echtzeit zu garantieren. Diese Entwicklung wurde in dem PIGWISE-Projekt untersucht. Hier wird das Monitoring des individuellen Fütterungsverhaltens umgesetzt basierend auf einer Hochfrequenz(HF)-RFID-Anwesenheitsdetektion und synergistischer Kontrolle.

1 Introduction

Nowadays, internet is used as a global platform for communication (web, chat, mail, etc.) such as machines and smart objects interconnection. Accordingly, it has been predicted (MIORANDI et al. 2012) that within the next future will exist a wide class of natively interconnected objects enabling new applications, including new work methods, new ways of entertainment and living as well as new ways of farming.

These concepts address the Internet of Thing (IoT), a term generally used referring to supporting technologies (sensor/actuators, RFIDs, M2M device, etc.) and internet-based communication infrastructures (ITU, 2005). The IoT vision is applicable also to precision agriculture and farming, as largely confirmed by (KALOXYLOS et al. 2012). The project PIGWISE (PIGWISE 2013) addresses this specific need by presenting a new way to design an FMIS (farm management system), based on IoT concepts: devices heterogeneity, network independence, scalability and flexibility. On the top of feeding information, this project provides a synergistic control (SGC) (MERTENS 2008), whose results are shared with user (the farmer) as a report or an alarm event (if any): this represents the so-called early warning system.

In the PIGWISE project, ICT plays a key role in monitoring the behaviour of individual animals, through the use of high-frequency RFID devices, in order to enhance the conventional feeders for fattening pigs. With the term RFID apparatus is meant a system basically composed by RFID transponders (HF), RFID readers (HF) and management/storing software. The choice of the HF technology was made in order to enable the simultaneous localization of more than one animal near the trough. The project, in order to avoid possible errors caused by multiple and simultaneous readings of different animals that eat at the same time, an anti-collision software is designed specifically to work with HF transponders. Furthermore, a camera-vision-based identification apparatus covers the role of validating the HF RFID readings, in order to determine missed readings or false alarm and to calibrate the system.

A middleware is a software component, or a software layer which gives to developers a set of instruments or API to deal with a complex environment, in order to abstract the low level (usually the hardware) from services created on the top of it. Many different middleware solutions exist because middleware has become the common approach for dealing with compound distributed infrastructures, including RFID systems, sensor networks and smart devices. For example, one of the main features offered by middleware is a set of abstractions to developers, in order to simplify the production cycle of distributed applications. For this aspect, the risk is to offer a vertical set of abstractions, optimized only for a specific application field or for some technologies, with the consequence to have a solution difficult to open and to extend to different areas. Furthermore, this can lead to have many customization of one solution, which often replicate efforts for solving similar problems, adding complexity that can become difficult to manage.

2 Materials and methods

Today there is a growing need for communications and cooperation in the form of person-person, person-object and object-object. Person-person communication and cooperation have evolved in recent years, through the web and instant messaging. In comparison to the person-person communication, those person-object and object-object are more complicated for two main reasons. First, there are not particular paradigms or technologies for this kind of cooperation and communication. Second, there are no standards for these types of interaction. Finally, there are not “killer application” in this area. In order to resolve these issues, one of the most interesting proved solutions consists in the extension of the instant messaging to connect people with devices and applications. Since this approach is simple and has many advantages, it was adopted in the design of the VIRTUS middleware as described in previous chapter.

In designing a middleware solution for the IoT, it is necessary to meet features of context awareness (ability to perceive and react to changes in the environment), adaptability and modularity. In fact, it is possible to build this type of solution by binding too closely to a certain platform or with a certain type of use. The middleware needs to be able to adapt to different environments (with differences in hardware platforms, software, resources, etc.) and different functional purposes. In addition, it must be possible to modify the functionality of the solution at run-time by adding or removing modules, without having to restart the entire application.

A number of design choices characterizes VIRTUS architecture: the adoption of the existing instant messaging protocol (XMPP Standards Foundation 2013) for the entire communication among middleware’s entities, the use of Java-based architecture as core, to ensure portability among different hardware and software architectures. The use of standard and open technologies in order to have interoperability with other systems and the use of OSGi (OSGi 2013), ensuring modular and dynamic architecture.

In particular, the VIRTUS architecture is a general-purpose solution that can be used for applications in different areas, from smart-health to traceability solutions (BRIZZI et al. 2011, BAZZANI et al. 2012). It provides seamless connectivity and this is useful in some systems, where the objects need an autonomous logic, since they may temporary work offline (e.g. handheld devices, smart roaming objects). VIRTUS allows to create event driven applications, also multi-domain, because, through XMPP, it provides a way to automatically push events to objects, also if they are outside the owner’s network. Another key feature is to allow the integration of heterogeneous technologies, indeed VIRTUS allows using NFC, Bluetooth, ZigBee or other short-range wireless technologies simultaneously. Finally, VIRTUS provides a reliable communication channel for distributed applications, with all the security features natively implemented by XMPP.

This approach has been designed taking in mind the IoT vision, in order to address the lacks of the before mentioned “custom” frameworks and the primary needs of common middleware, such as management and synchronization of many data sources and easy integration of software and devices into existing application software.

A VIRTUS-based solution is composed by:

- an XMPP server (in the presented solution, the OpenFire (Openfire site 2013) server has been used, a real time collaboration server, licensed under the Open Source GPL license)
- a manager module, which has the complete control of all the modules inside an instance of VIRTUS; the manager maintains a list of available modules (filtering by namespace) and manages dependences
- a gateway module, which is the interface between the local instance and remote instances of VIRTUS

Any external communication has to pass through the services provided by this entity; for this purpose, it has two active connections: one on the local XMPP server, to communicate with local bundles, and one to a public XMPP server, to communicate with other instances. Besides these system modules, other “custom” modules could be developed to handle specific tasks or to implement ad-hoc algorithms, etc. This approach allows to build a customized deployment of the middleware, adapted for each specific purpose and context. Figure 1 represents the software architecture of an instance of VIRTUS.

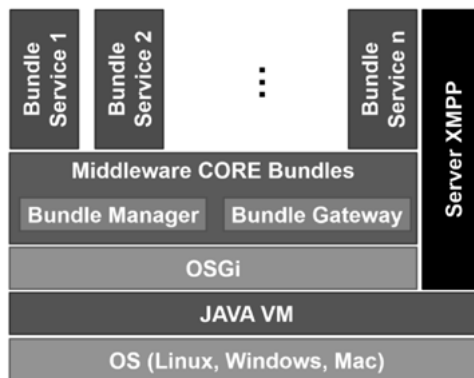


Fig. 1: VIRTUS Middleware software architecture

Abb. 1: VIRTUS Middleware Software Architektur

In the PIGWISE project, the data sources are ad-hoc developed for the project, the proposed middleware architecture should be able to deal with any already existing data generation instrument.

In particular the information which should be managed is divided in two types:

- RFID reading information: the HF RFID reader embedded near the through reads the pig's ear tags and a PC elaborates the data applying some specific filtering features
- Camera vision system related information: it provides information regarding the number of pigs which are feeding simultaneously interpolating information coming from HF readings and camera vision algorithms

Both this information data are sent from the stable to the VIRTUS server (sited in Italy), through the use of the ICE framework (ICE 2013). Such framework provides object-oriented remote procedure call (OO-RPC), grid computing and publish/subscribe func-

tionalities. In the case of the PIGWISE project, ICE has been used to develop internet applications without the need to rely on the HTTP protocol. In order to guarantee data compatibility with the VIRTUS infrastructure, a specific module has been developed (dealing with both the current and the previous requirements).

In order to programmatically understand pigs healthy status, through the observation of eating behaviour, it is necessary to filter and process RFID and camera vision information and send it to other new specific VIRTUS module which will extract the animal behaviour-related information, thanks to the SGC algorithm (MERTENS 2008).

The SGC procedure is performed for every individual pig. After checking the statistical characteristics, the pigs' feeding pattern is modelled if necessary. A small reference period in the beginning of each production period is used in order to estimate the in-control model parameters. The residuals after subtracting the model from the raw data are used in order to calculate the standard deviation of the variables. With this information, control-limits for the reference period are determined. After the reference period a recursive approach is used. With every new data-point, the model estimation and control-limits are updated. Any out-of-control points are signalled when falling outside the limits and are not used for the recursive estimation of the model and the in-control variability (MERTENS et al. 2008). Based on these algorithms, the early warning system (EWS), which includes mechanism to process SGC output, has been developed.

VIRTUS as well as providing solutions for the transfer and storage of data, provides methods for sharing information to the user (in the PIGWISE context is the farmer), VIRTUS guarantees:

- Flexibility: the system used to shows data and to send alarms is flexible in order to be adaptable to multiple situations and easily reconfigurable in case of the addition of further features.
- Scalability: the designed system shall be network independent, so always running (without bottlenecks) in case of network constrains, in case of network fall or in the case of high data rate. High scalability is obtained thanks to some features provided by the XMPP protocol, particularly the use of virtual addresses instead of IP addresses, which are independent from network location, topology and technology (preserving correct messages routing) and the ability to define gateways between the IP network and non IP networks.
- Reliability: the XMPP protocol allows to store messages for nodes those are temporary offline and deliver them as soon as they become available. The infrastructure buffers messages and delivers them in almost real-time when the objects become connected, without the need of polling from the destination nodes, so reducing the amount of traffic over the network.
- Multiplatform compatibility: users should be able to use the PIGWISE application regardless of the platform they are dealing with (mobile, smartphone, tablet or personal computer) and operative system installed as today happens with web contents. In this case, the web page, despite being a reasonable solution, needs to be constantly polled. The PigWise project shares a big number of data and it sends messages to specific users in specific situations.
- Usability: the application is simple and easy to use in order to respect the basic rules of application usability and ergonomics.

3 Results and conclusion

The data collected, injected to the historical database, can be used to enable the snapshot-based data analysis (e.g. daily activities) and will fully support the data-warehousing (e.g. pigs being fattening as the farmer expected).

Furthermore, information can be shared among the users. Communication between all middleware's components are based on the messaging protocol XMPP, an instant messaging protocol, used to deliver data and events between objects and remote controllers. The protocol leverages on the publish and subscribe paradigm, which enables to send information simultaneously to several different user and devices, according to their preferences. The paper indeed demonstrates how it is possible to keep up to date the farmer about the wellness of his animals and inform him immediately in case of feeding problems. The farmer could use (indifferently) three different devices: a personal computer, a smartphone or a tablet; it is only required the internet connection and a messaging application (among the variety of which freely available as open source). Finally, it is necessary to underline that using this model, it is possible to connect a multitude of farms through a unique remote service centre, removing the burden of maintaining a service management from each farm.

Literature

- Bazzani, M.; Conzon, D.; Scalera, A.; Spirito, M.A.; & Trainito, C.I. (2012): Enabling the IoT Paradigm in E-health Solutions through the VIRTUS Middleware. In: Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), 2012 IEEE 11th International Conference, Anaheim, CA, USA, pp. 1954–1959
- Brizzi, P.; Lotito, A.; Ferrera, E.; Conzon, D.; Tomasi, R.; Spirito, M. (2011): Enhancing traceability and industrial process automation through the VIRTUS middleware. In: Proceedings of the Middleware 2011 Industry Track Workshop, ACM, Lisbon, Portugal
- ICE Framework (2013): <http://www.zeroc.com/>, Zugriff am 04.04.2013.
- Ignite Realtime (2013): <http://www.igniterealtime.org/projects/openfire>, Zugriff am 05.04.2013
- Kaloxylou A.; Eigenmann R.; Teye F.; Politopoulou Z.; Wolfert S.; Shrank C.; Kormentzas G. (2012). Farm management systems and the Future Internet era. In: Computers and Electronics in Agriculture 89, pp. 130–144
- Mertens, K.; De Ketelaere, B.; Vaesen, I.; Löffel, J.; Ostyn, B.; Kemps, B.; Kamers, B.; Bamelis, F.; Zoons, J.; Darius, P.; Decuyper, E.; De Baerdemaeker, J. (2008): Databased design of an intelligent quality control chart for the daily monitoring of the average egg weight. In: Comput. Electron. Agr. 61, pp. 222–232
- Miorandi, D.; Sicari, S.; Pellegrini, F.D.; Chlamtac, I. (2012): Internet of Things: Vision, Applications & Research Challenges. Ad Hoc Networks 10, pp. 1497–1516
- Open Source Gateway Initiative (2013):. OSGi specifications. <http://www.osgi.org/Specifications/HomePage>, Zugriff am 04.04.2013
- PigWise project site (2013): <http://www.PigWise.eu>, Zugriff am 08.04.2013
- XMPP Standards Foundation (2013): <http://xmpp.org>, Zugriff am 03.03.2013

Individual pig health monitoring based on automated registration of feeding pigs and synergistic control

Individuelles Gesundheitsmonitoring von Schweinen basierend auf einer automatisierten Registrierung beim Fressen und synergistischer Kontrolle

JARISSA MASELYNE^{1,2}, ANNELIES VAN NUFFEL¹, BART DE KETELAERE², KRISTOF MERTENS³, BART SONCK⁴, ENGEL HESSEL⁵, WOUTER SAEYS²

¹ Technology and Food Science Unit - Agricultural engineering, Institute for Agricultural and Fisheries Research, Burgemeester Van Gansberghelaan 115 box 1, 9820 Merelbeke, Belgium

² Division Mechatronics, Biostatistics and Sensors (MeBioS), Department of Biosystems, KU Leuven, Kasteelpark Arenberg 30 box 2456, 3001 Heverlee, Belgium

³ Porphyrio BVBA, Leopold Beosierlaan 68, 3010 Leuven, Belgium

⁴ Animal Sciences Unit, Institute for Agricultural and Fisheries Research, Scheldeweg 68, 9090 Melle, Belgium

⁵ Division Process Engineering, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science, Georg-August-University of Goettingen, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Keywords: growing-finishing pigs, feeding pattern, radio frequency identification, synergistic control, health monitoring

Schlüsselwörter: Mastschweine, Futteraufnahmeverhalten, Radio-Frequenz-Identifizierung, Kontrolle, Gesundheitsmonitoring

Summary

Changes in pig behaviour can be used as warning signs for health, production and welfare problems. The large amounts of data generated by automated measurements have to be translated into management information for the farmers. Radio frequency identification (RFID) was used to collect feeding pattern data of 236 growing-finishing pigs and was validated with video observations. Collected data are monitored per individual pig using synergistic control (SGC). Using the concept of SGC it is possible to define animal-based threshold values to differentiate normal variation in a pig's feeding pattern from abnormal variation. Using the SGC strategy, it was possible to detect a relevant change in the feeding pattern of 2 pigs, one lame pig and one diseased pig, even several days before the clinical signs were seen by the caretakers.

Zusammenfassung

Veränderungen im Verhalten der Tiere können als Warnsignale für Gesundheits-, Produktions- und Tierwohlprobleme dienen. Die großen Datenmengen, die durch automatisierte Messungen entstehen, müssen in Managementinformationen für den Betriebsleiter umgewandelt werden. Radio-Frequenz-Identifizierung (RFID) wurde zur Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens von 236 Mastschweinen genutzt und durch Videoüberwachung geprüft. Die gesammelten Daten wurden individuell mittels synergistischer Kontrolle (SGC) überwacht. Mit dem Konzept der SGC ist es möglich, tierbasierte Schwellenwerte zu definieren um normale Variationen im Futteraufnahmeverhalten von abnormalen zu unterscheiden. Mittels SGC war es möglich, relevante Änderungen im Futteraufnahmeverhalten von zwei Schweinen – ein lahmes und ein erkranktes – zu detektieren, sogar einige Tage bevor klinische Signale durch Mitarbeiter beobachtet wurden.

1 Introduction

To remain profitable, pig farmers need to produce with great efficiency and systematically monitor each individual animal to optimize its productivity. Since feeding patterns of pigs will change when productivity, health and welfare problems arise, automatically registering feeding patterns of individual growing-finishing pigs could provide important information for the pig farmer (HESSEL und VAN DEN WEGHE 2011). By integrating a low frequency (LF) RFID system in a feeder, BROWN-BRANDL et al. (2011) achieved good results in determining individual animal feeding patterns in an industry type feeder. However, most commercial feeders provide access to multiple pigs, while today's LF RFID does not have the possibilities to read multiple tags at the same time. Using passive high frequency (HF) RFID, feeding piglets were successfully identified when feeding simultaneously in a semi-commercial group-housed situation (REINERS et al. 2009).

Automated data analysis techniques are necessary to transform the registered data into useful information for the pig farmer. The concept of synergistic control provides the possibility to make a distinction between the normal variation in livestock production data (due to age differences, seasonal differences) and the abnormal variation caused by problems (MERTENS et al. 2009, MERTENS et al. 2011). In this paper feeding data collected using HF RFID were validated with video observations and synergistic control has been used to define individual limits for problem detection.

2 Materials and methods

2.1 Animals and housing

The study was carried out at ILVO's experimental farm near Ghent (BE). The barn was divided in four identical pens of 38.7 m². Each pen contained 59 growing-finishing pigs (Hybrid sow x Belgian Piétrain) with an average weight of 19.29 kg on arrival. Dry pelleted feed was ad libitum and automatically supplied using 8 Swing MIDI feeders (Big Dutchman Pig Equipment GmbH, Vechta, Germany).

2.2 RFID measurements

To register feeding patterns of pigs, an HF RFID antenna (Custom-made, DTE Automation GmbH, Enger, Germany) was designed and attached to the feeders above the trough (Fig. 1). Passive HF transponders with a unique identification code and a diameter of 30.0 mm were clipped onto the ear tags of the pigs. All RFID registrations were continuously logged including information of timing and place (feeder) of the registrations.

2.3 Video observations

Sixteen pigs were selected as focal pigs. Continuous observations of feeding patterns were performed on video recordings of day 45 using The Observer 5.0 (Noldus Information Technology, Wageningen, The Netherlands). Start and stop times of the observed feeding visits of the focal pigs were logged between 07:00 and 18:30.

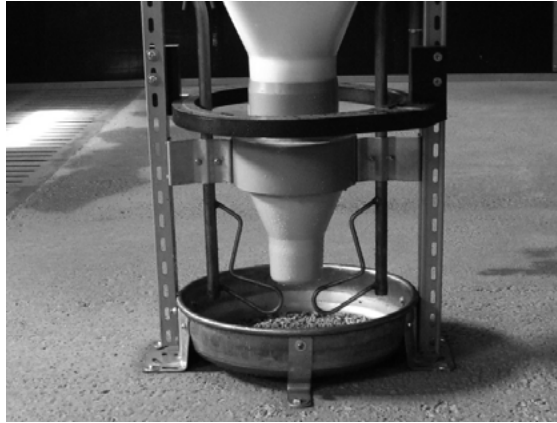


Fig. 1: RFID antenna attached to the feeder above the trough
 Abb. 1: RFID-Antenne am Futterautomat über dem Trog

2.4 Data analysis

Synergistic control (SGC) is the combination of engineering process control (EPC; modelling the data as pre-treatment) and statistical process control (SPC; using control charts to detect abnormal variation in the data) (MERTENS et al. 2009). SPC requires data to be stationary, independent and normally distributed. Biological processes are not likely to fit all three criteria (MERTENS et al. 2011). Using EPC, the undesired trend and autocorrelation are modelled in separate steps and the residuals after model-subtraction, meeting the SPC conditions, are then used in the control chart.

The SGC procedure is performed for every individual pig. After checking the statistical characteristics, the pig's feeding pattern is modelled. A small reference period at the beginning of each production period is used to estimate the in-control model parameters. The residuals after subtracting the model from the raw data are used to estimate the variability in the variables. With this information, control limits for the reference period are determined. After the reference period a recursive approach is used. With every new data-point, the model estimation and control-limits are updated. Any out-of-control points are signalled when falling outside the limits and are not used for the recursive estimation of the model and the in-control variability (MERTENS et al. 2009).

3 Results and discussion

3.1 Correlation of RFID registrations and feeding time

In Figure 2 the number of RFID registrations is plotted versus the video feeding time during the 11.5 h of observation for the 16 focal pigs. The regression line shows a high correlation between the number of RFID registrations and the duration of feeding for these 16 pigs ($R^2 = 0.88$). Hence, the designed HF RFID system can be used to automatically register feeding data of growing-finishing pigs.

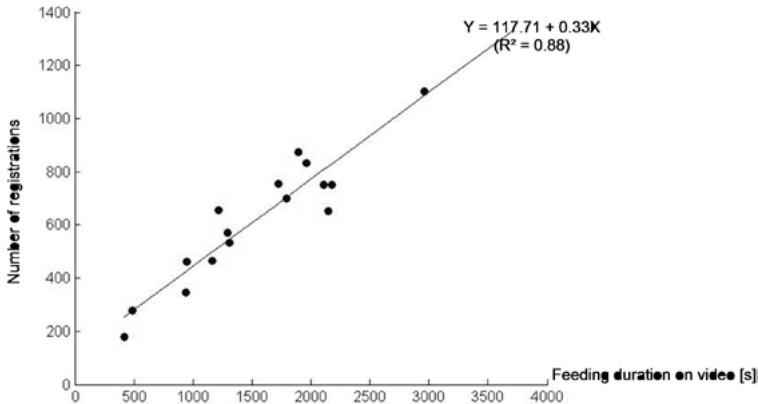


Fig. 2: Number of registrations per focal pig ($n = 16$) versus feeding duration on video
 Abb. 2: Anzahl der Registrierungen pro erfasstem Schwein ($n = 16$) gegen die Futteraufnahmezeit aus den Videodaten

3.2 Results of synergistic control procedure

Using RFID, the feeding patterns of all 236 pigs in the stable were measured. During the first 30 days of the period, some technical problems occurred due to set-up of the infrastructure. The data is therefore only shown from day 30 onwards for a period of 118 days. A basic SGC procedure with a recursive trend model was applied off-line to the daily average inter-registration interval of the pigs and the alarms were compared with the problems that were noticed by the animal caretakers. A reference period of 5 days was used to initialize the individual control-limits for every pig. After this reference period, a new datapoint is collected for every new day, the residuals after subtraction of the trend model (with the model based on all historical data) are calculated and compared to the control-limits. Alarms are given when the control parameter exceeds the control-limits. When the new datapoint is considered in control, the control limits are updated so to compensate for the non-stationary behaviour of pig feeding patterns. In Figure 3, the average inter-registration interval and alarms of a severely ill pig are shown. At day 68 and 69 technical problems explain the abnormalities signalled by the SGC procedure. On day 116, the caretakers noticed that this pig was ill (it was pale, anorexic and trembling) and treated the pig accordingly. Unfortunately, the pig died two days later. Alarms were given from day 109 onwards, so 7 days before the caretakers spotted the problem. It is not sure whether the alarm at day 105 points out that the pig was already diseased or in trouble at that time. Alarms are also given for this pig between day 76 and 87. At day 73, the RFID antennas were raised because some of the pigs grew too big to be able to eat comfortably underneath the antenna. Also around that period, the temperature in the stable was very high due to high outside temperatures (maximum temperatures above 35 °C on day 75 and 76). A lot of pigs have alarms between day 73 and day 87. The alarms around that period could be caused by this high temperature or the moving of the antennas or a combination of both. Further research is needed to give a concise conclusion.

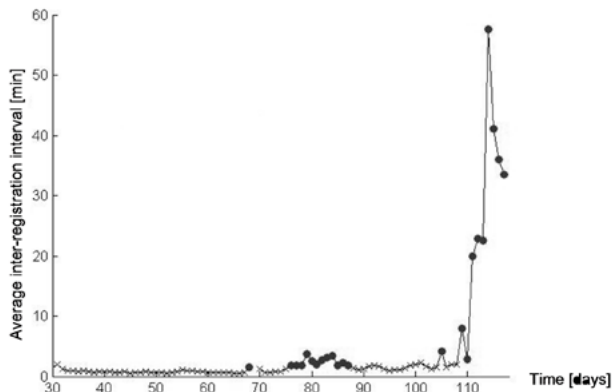


Fig. 3: Average inter-registration interval and alarms (grey dots) for a diseased pig
 Abb. 3: Durchschnittliches Intervall zwischen den Registrierungen und den Alarmereignissen (graue Punkte) für ein erkranktes Schwein

Figure 4 shows the average inter-registration interval of a pig that was removed from the pens when the caretakers spotted a severe leg problem (possibly broken leg or torn leg muscle) on day 65. Deviating values were already detected 3 days earlier. This leg problem probably occurred on day 61 or 62, immediately causing an increased interval between the pig's registrations.

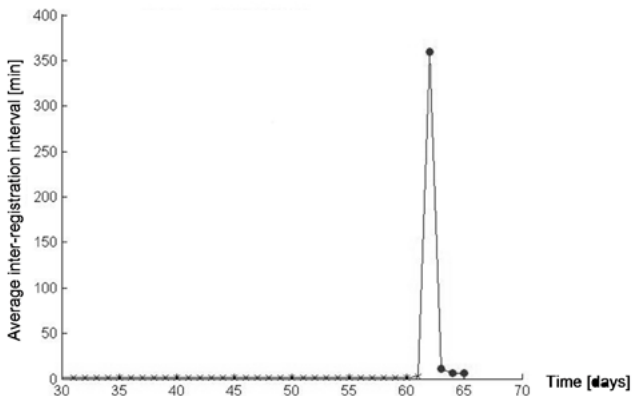


Fig. 4: Average inter-registration interval and alarms (grey dots) for a lame pig
 Abb. 4: Durchschnittliches Intervall zwischen den Registrierungen und den Alarmereignissen (graue Punkte) für ein lahmes Schwein

4 Conclusion

An automatic health monitoring system has been elaborated based on the feeding pattern of individual growing-finishing pigs measured with RFID and analysed with synergistic control. The number of RFID registrations was highly correlated with the feeding duration of pigs on video, which indicates that the RFID registrations provide valuable information on the feeding pattern of the individual pigs. With a basic SGC procedure applied to the time interval between subsequent RFID registrations, a severely diseased pig and a lame pig could be signalled several days before the problem was detected by the caretakers. In future research other changes in feeding patterns of pigs will be investigated and the technical influences on the measured feeding pattern will be determined and minimized. The SGC procedure will also be further validated, optimized and analysed to find the best variable (or combination of variables) for detecting welfare-, health- and productivity problems.

Literature

- Brown-Brandl, T.M.; Eigenberg, R.A. (2011): Development of A Livestock Feeding Behavior Monitoring System. *Transactions of the ASABE* 54(5), pp. 1913–1920
- Hessel, E.F.; Van den Weghe, H.F.A. (2011): Individual online-monitoring of feeding frequency and feeding duration of group-housed weaned piglets via high frequent radiofrequency identification (HF RFID). 5th European Conference on Precision Livestock Farming. Prague, Czech Republic, pp. 210–222
- Mertens, K.; Decuyper, E.; De Baerdemaeker, J.; De Ketelaere, B. (2011): Statistical control charts as a support tool for the management of livestock production. *Journal of Agricultural Science* 149, pp. 369–384
- Mertens, K.; Vaesen, I.; Loffel, J.; Kemps, B.; Kamers, B.; Zoons, J.; Darius, P.; Decuyper, E.; De Baerdemaeker, J.; De Ketelaere, B. (2009): An intelligent control chart for monitoring of autocorrelated egg production process data based on a synergistic control strategy. *Computers and Electronics in Agriculture* 69, pp. 100–111
- Reiners, K.; Hegger, A.; Hessel, E.F.; Bock, S.; Wendl, G.; Van den Weghe, H.F.A. (2009): Application of RFID technology using passive HF transponders for the individual identification of weaned piglets at the feed trough. *Computers and Electronics in Agriculture* 68(2), pp. 178–184

Acknowledgments

The results presented are generated in the framework of the ICT-AGRI era-net project PIGWISE “Optimizing performance and welfare of fattening pigs using High Frequent Radio Frequency Identification (HF RFID) and synergistic control on individual level” (Call for transnational research projects 2010). Jarissa Maselyne is funded by a PhD grant of the Agency for Innovation by Science of Technology (IWT Flanders – project SB 111447). Special thanks go to the technical staff of the ILVO.

Anschriften der Autoren

Addresses of authors

Miriam Abriel

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

Felix Adrion

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Fachgebiet Verfahrenstechnik
der Tierhaltungssysteme
Garbenstr. 9
70599 Stuttgart

Barbara Amon

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

M. A. Andersen

Aarhus University School of Engineering
Signal Processing Group
Finlandsgade 22
8200 Aarhus N, Denmark

Elisa Annas

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften,
Abteilung Verfahrenstechnik
in der Veredelungswirtschaft
Universitätsstr. 7
49377 Vechta

Wolfgang Auer

MKWelectronics
Jutogasse 3
4675 Weibern, Österreich

Felix Austermann

Universität Bonn
Institut für Landtechnik -
Sektion Technik Tierhaltung
Nussallee 5
53115 Bonn

Albrecht Bart

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

Stefanie Baumann

Bildungs- und Wissenszentrum
Landesanstalt für Schweinezucht
97944 Boxberg

Werner Berg

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Heinz Bernhardt

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

Hamdi Bilgen

Ege University
Department of Agricultural Machinery
35100 Bornova, Izmir, Turkey

Wolfram Bonkoß

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
85354 Freising

Josef Boxberger

Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Str. 82
1190 Wien, Österreich

P. Brizzi

Pervasive Technology Area
Istituto Superiore Mario Boella
Via P. C. Boggio 61
10138 Torino, Italy

Hauke Bronsema
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Agrarökonomie
und Rurale Entwicklung
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Eva-Maria Brunlehner
Technische Universität München
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Am Staudengarten 2
85354 Freising-Weihenstephan

Reiner Brunsch
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V.
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Beate Bünger
Institut für Tierschutz und Tierhaltung
Dörnbergstr. 25/27
29223 Celle

Onno Burfeind
Freie Universität Berlin
Fachbereich Veterinärmedizin
Tierklinik für Fortpflanzung
Königsweg 65 Haus 27
14163 Berlin

Wolfgang Büscher
Universität Bonn
Institut für Landtechnik -
Sektion Technik Tierhaltung
Nussallee 5
53115 Bonn

Marcus Clauß
Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

D. Conzon
Pervasive Technology Area
Istituto Superiore Mario Boella
Via P.C. Boggio 61
10138 Torino, Italy

Ulrich Dämmgen
Thünen-Institut
für Agrarklimaschutz
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Bart De Ketelaere
Division Mechatronics
Biostatistics and Sensors
Department of Biosystems, KU Leuven
Kasteelpark Arenberg 30 box 2456
3001 Heverlee, Belgium

Merlijn De Paepe
Institute for Agricultural and Fisheries
Research
Technology and Food Science Unit -
Agricultural Engineering
Burgemeester Van Gansberghelaan 115 bus 1
9820 Merelbeke, Belgium

Gerlinde D. J. De Vogeleer
Institute for Agricultural and Fisheries
Research
Technology & Food Unit
Burgemeester Van Gansberghelaan 115
9820 Merelbeke, Belgium

Peter Demeyer
Institute for Agricultural and Fisheries
Research
Department of Agricultural Engineering,
Technology and Food Science Unit
Burgemeester Van Gansberghelaan 115-1
Merelbeke, Belgium

Helmut Döhler
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V.
Bartningstr. 49
64289 Darmstadt

Renate Luise Dörfler
Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan für
Ernährung, Landnutzung und Umwelt
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Am Staudengarten 2
85354 Freising

T. Etoh

Kyushu University
Kuju Agricultural Research Center
8780201 Kuju, Japan

Brigitte Eurich-Menden

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V.
Bartningstr. 49
64289 Darmstadt

Mehmet Evrenosoglu

Ege University
Department of Agricultural Machinery
35100 Bornova, Izmir, Turkey

Christin Fechler

Erzeugerring Westfalen e. G.
Am Dorn 10
48308 Senden

Andrea Fiedler

Tierarztpraxis Dr. Andrea Fiedler
Heerstr. 3
81247 München

Ralf Fischer

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

Anika Friese

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

T. Fujita

Research and Development Center
NTT West Corporation 1-2-31
530-0057 Osaka, Japan

Eva Gallmann

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstr. 9
70593 Stuttgart

Felix Garlipp

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstr. 7
49377 Vechta

Johann Gasteiner

Lehr- und Forschungszentrum
Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgemäße Tierhaltung
und Tiergesundheit
8952 Irdning, Österreich

Annuka Gehring

Universität Hohenheim
Institut für Umwelt- und Tierhygiene
Garbenstr. 30
70599 Stuttgart

Jana Geldermann

Fachhochschule Kiel
Fachbereich Agrarwirtschaft
Grüner Kamp 11
24783 Osterrönfeld

Heiko Georg

Thünen-Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Maria Gerdes

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstr. 7
49377 Vechta

T. Gotoh

Kyushu University
Kuju Agricultural Research Center
8780201 Kuju, Japan

T. Gregersen

Aarhus University School of Engineering
Communications Systems Group
Finlandsgade 22
8200 Aarhus N, Denmark

Ewald Grimm

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V.
Bartningstr. 49
64289 Darmstadt

Katharina Grohne

FH-SWF, Agrarwirtschaft Soest
Fachgebiet Tierproduktion
Lübecker Ring 2
59494 Soest

Anne Grothmann

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon
8356 Ettenhausen, Schweiz

Thomas Guggenberger

Lehr- und Forschungszentrum
Raumberg-Gumpenstein
Institut für artgemäße Tierhaltung
und Tiergesundheit
8952 Irdning, Österreich

Kathrin Guldemann

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon
Gruppe Bau, Tier und Arbeit
8356 Ettenhausen, Schweiz

Gosta Gustafsson

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Biosystems and Technology
230 53 Alnarp, Sweden

Hans-Dieter Haenel

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Angelika Haeussermann

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

Kristina Hagemann

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Olshausenstr. 40
24098 Kiel

Werner Hagmüller

Lehr- und Forschungszentrum
Raumberg-Gumpenstein
Austr. 10
4601 Wels Thalheim, Österreich

Jochen Hahne

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Bernhard Haidn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing

Nora Hammer

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Fachgebiet Verfahrenstechnik
der Tierhaltungssysteme
Garbenstr. 9
70599 Stuttgart

Jan Harms

Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Tim-Julian Hartmann

Libify GmbH
Rüdesheimer Str. 11
80686 München

Eberhard Hartung

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Str. 6
24118 Kiel

Jörg Hartung

Tierärztliche Hochschule Hannover
Institut für Tierhygiene, Tierschutz und
Nutztierrhodologie
Bünteweg 17 p
30559 Hannover

Ingo Heber

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

Thomas Heidenreich

Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie
Versuchsgut Köllitsch
01311 Dresden

Urban Hellmuth

Fachhochschule Kiel
Fachbereich Agrarwirtschaft
Grüner Kamp 11
24783 Osterrönfeld

Kathrin Hendriksen

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

Christoph Herzog

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon
8356 Ettenhausen, Schweiz

Engel F. Hessel

Georg-August-Universität Göttingen,
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik
in der Veredelungswirtschaft
Universitätsstr. 7
49377 Vechta

Birgit Hinrichs

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
Bismarckstr. 16
35390 Gießen

Torsten Hinz

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

O. Hirano

Kyushu University
Intellectual Property Management Center
Project Support Department
8128581 Fukuoka, Japan

Maren Höcker

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

Julia Hoeck

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

Gundula Hoffmann

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V.
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Pieter Hogewerf

Wageningen UR Livestock Research
P.O. Box 65
8200 AB Lelystad, The Netherlands

Julian Hölscher

Libify GmbH
Rüdesheimer Str. 11
80686 München

Richard Hölscher

Hölscher & Leuschner
Stallbau & Stalltechnik
Siemensstr. 15
48488 Emsbüren

Ludwig E. Hölzle

Universität Hohenheim
Institut für Umwelt- und Tierhygiene
Garbenstr. 30
70599 Stuttgart

Anne Hömmen

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstr. 7
49377 Vechta

Bernhard Hörning
 Hochschule für nachhaltige
 Entwicklung Eberswalde
 Fachgebiet Ökologische Tierhaltung
 Friedrich-Ebert-Str. 28
 16225 Eberswalde

Steffen Hoy
 Justus-Liebig-Universität Gießen
 Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
 Bismarckstr. 16
 35390 Gießen

Gregor Huber
 Lehr- und Forschungszentrum
 Raumberg-Gumpenstein
 Institut für artgemäße Tierhaltung
 und Tiergesundheit
 8952 Irdning, Österreich

T. Ikenouchi
 Advanced Wireless Technologies Lab.
 Fujitsu Laboratories Ltd.
 Kawasaki, Japan

Bert Ipema
 Wageningen UR Livestock Research
 P. O. Box 65
 8200 AB Lelystad, The Netherlands

Christina Jais
 Bayerische Landesanstalt
 für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
 85586 Poing-Grub

T. Jensen
 Aarhus University School of Engineering
 Signal Processing Group
 Finlandsgade 22
 8200 Aarhus N, Denmark

Dagmar Jezierny
 Universität Hohenheim
 Institut für Agrartechnik Verfahrenstechnik
 der Tierhaltungssysteme
 70593 Stuttgart

Thomas Jungbluth
 Universität Hohenheim
 Institut für Agrartechnik
 Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
 Garbenstr. 9
 70593 Stuttgart

Melanie Junge
 Universität Hohenheim
 Institut für Agrartechnik Verfahrenstechnik
 der Tierhaltungssysteme
 70593 Stuttgart

Susanne Karsten
 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
 Olshausenstr. 40
 24098 Kiel

Margret Keck
 Forschungsanstalt Agroscope
 Reckenholz-Tänikon
 8356 Ettenhausen, Schweiz

Bart Kemps
 Porphyrio BVBA
 Leopold Beosierlaan 68
 3010 Leuven, Belgium

Susanne Kilian
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-
 Universität Bonn
 Institut für Landtechnik
 Nussallee 5
 53115 Bonn

Caroline Klutke
 Sächsisches Landesamt für Umwelt,
 Landwirtschaft und Geologie
 Am Park 3
 04886 Köllitsch

Joachim Krieter
 Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
 Institut für Tierzucht und Tierhaltung
 Olshausenstr. 40
 24098 Kiel

Manuel Stephan Krommweh
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-
 Universität Bonn
 Institut für Landtechnik
 Nußallee 5
 53115 Bonn

Michael Kropsch
 Lehr- und Forschungszentrum für
 Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein
 8952 Irdning, Österreich

Helmut Küchenhoff
 Statistisches Beratungslabor
 Institut für Statistik der LMU München
 Akademiestr. 1
 80799 München

Karl-Heinz Lahrman
 Freie Universität Berlin
 Fachbereich Veterinärmedizin
 Klinik für Klauentiere
 Königsweg 65 Haus 34
 14163 Berlin

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

Christoph Lechner
 Amt der Tiroler Landesregierung
 6020 Innsbruck, Österreich

Johann Hinrich Lilienthal
 Forschungsanstalt Agroscope
 Reckenholz-Tänikon
 8356 Ettenhausen, Schweiz

Stefan Linke
 Thünen-Institut für Agrartechnologie
 Bundesallee 50
 38116 Braunschweig

Toni Luhdo
 Universität Potsdam
 Karl-Liebknecht-Str. 24
 14476 Potsdam

Christian Maack
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-
 Universität Bonn
 Institut für Landtechnik
 Nussallee 5
 53115 Bonn

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

M. Maeda
 Kyushu University
 Intellectual Property Management Center
 Project Support Department
 8128581 Fukuoka, Japan

Stefanie Maier
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
 85586 Poing-Grub

Johann Maierl
 Ludwig-Maximilians-Universität München
 Tierärztliche Fakultät
 Lehrstuhl für Anatomie, Histologie
 und Embryologie
 Veterinärstr. 13
 80539 München

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

Jarissa Maselyne
 Institute for Agricultural and Fisheries
 Research, Technology and Food Science
 Unit - Agricultural engineering
 Burgemeester Van Gansberghelaan 115 bus 1
 9820 Merelbeke, Belgium

Johannes Mautner
 Amt für Ernährung, Landwirtschaft
 und Forsten Pfarrkirchen
 Lärchenweg 10
 84347 Pfarrkirchen

Jan Maxa
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und
 Tierhaltung
 Vöttinger Str. 36
 85354 Freising

Bart Merci
 Ghent University
 Department of Heat
 Flow and Combustion Mechanics
 Faculty of Engineering and Architecture
 Sint-Pietersnieuwstraat 41
 9000 Gent, Belgium

Kristof Mertens
 Porphyrio BVBA
 Leopold Beosierlaan 68
 3010 Leuven, Belgium

Karsten Mohr
 Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 Mars-la-Tour-Str. 1-13
 26121 Oldenburg

Theresa Möllmer
 Sächsisches Landesamt für Umwelt,
 Landwirtschaft und Geologie
 Am Park 3
 04886 Köllitsch

L. Mortensen
 Aarhus University School of Engineering
 Communications Systems Group
 Finlandsgade 22
 8200 Aarhus N, Denmark

Lara Moser
 Universität Bern
 Vetsuisse-Fakultät
 Wiederkäuerklinik
 3012 Bern, Schweiz

A. Muranishi
 Mobile Techno Corporation
 Kawasaki, Japan

Stefan Nesper
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Vöttinger Str. 36
 85354 Freising

Niels Neumann
 Technische Universität Dresden
 Institut für Nachrichtentechnik,
 Lehrstuhl Hochfrequenztechnik
 01062 Dresden

Florian Newe
 Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp
 24327 Futterkamp

T. Ninomiya
 Network Innovation Center
 Fujitsu Limited
 Kawasaki, Japan

T. Nishidoi
 Mobile Techno Corporation
 Kawasaki, Japan

M. Nishiki
 Research and Development Center
 NTT West Corporation 1-2-31
 530-0057 Osaka, Japan

Sina Nordhausen
 Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutztierwissenschaften
 Abteilung Verfahrenstechnik
 in der Veredelungswirtschaft
 Universitätsstr. 7
 49377 Vechta

Franz Nydegger
 Forschungsanstalt Agroscope
 Reckenholz-Tänikon
 8356 Ettenhausen, Schweiz

Rosemarie Oberschätzl
 Bayerische Landesanstalt für
 Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Prof.-Dürrewächter-Platz 2
 85586 Poing-Grub

Elfriede Ofner-Schröck
 Lehr- und Forschungszentrum
 Raumberg-Gumpenstein
 Institut für artgemäße Tierhaltung
 und Tiergesundheit
 8952 Irdning, Österreich

Peter Oppermann
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Prof.-Dürrewächter-Platz 2
 85586 Poing-Grub

Johannes Ostertag

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Institut für Tierernährung und
 Futterwirtschaft
 Prof.-Dürrwaechter-Platz 3
 85586 Poing-Grub

Thomas Ostertag

RSSI GmbH
 Lindenstr. 33
 89077 Ulm

Dennis Otten

Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutztierwissenschaften
 Abteilung Verfahrenstechnik
 in der Veredelungswirtschaft
 Universitätsstr. 7
 49377 Vechta

Steffen Pache

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

Stefanie Pech

Fachhochschule Südwestfalen
 Agrarwirtschaft Soest
 Fachgebiet Tierproduktion
 Lübecker Ring 2
 59494 Soest

Rudolf Peis

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

Hannes Petermeier

Technische Universität München
 Zentrum Mathematik, Lehrstuhl für
 Mathematische Statistik
 Fachgebiet Biostatistik
 Maximus-von-Imhof-Forum 2
 85354 Freising

Wilhelm Pflanz

Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg -
 Schweinehaltung, Schweinezucht
 (Landesanstalt für Schweinezucht)
 97944 Boxberg-Windischbuch

Werner Philipp

Universität Hohenheim
 Institut für Umwelt- und Tierhygiene
 Garbenstr. 30
 70599 Stuttgart

Jan G. Pieters

Ghent University
 Department of Biosystems Engineering
 Faculty of Bioscience Engineering
 Coupure Links 653
 9000 Gent, Belgium

Renè Pommer

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

Paul Pötz

Universität für Bodenkultur Wien
 Peter-Jordan-Str. 82
 1190 Wien, Österreich

Elisabeth Quendler

Universität für Bodenkultur Wien
 Peter-Jordan-Str. 82
 1190 Wien, Österreich

Sabrina Reeder

Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutztierwissenschaften
 Abteilung Verfahrenstechnik in der
 Veredelungswirtschaft
 Universitätsstr. 7
 49377 Vechta

Klaus Reiter

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

Annett Rindfleisch

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

Tobias Rose

Fachhochschule Kiel
 Fachbereich Agrarwirtschaft
 Grüner Kamp 11
 24783 Osterrönfeld

Sandra Rose-Meierhöfer
 Leibniz-Institut für Agrartechnik
 Potsdam-Bornim e.V.
 Abteilung Technik in der Tierhaltung
 Max-Eyth-Allee 100
 14469 Potsdam

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

Peter Rösman
 AGRAVIS Futtermittel GmbH
 Industrieweg 110
 48155 Münster

Wouter Saeys
 Katholieke Universiteit Leuven
 Division Mechatronics
 Biostatistics and Sensors
 Department of Biosystems,
 Kasteelpark Arenberg 30 box 2456
 3001 Heverlee, Belgium

T. Sasaki
 Mobile Techno Corporation
 Kawasaki, Japan

A. Scalera
 Pervasive Technology Area
 Istituto Superiore Mario Boella
 Via P. C. Boggio 61
 10138 Torino, Italy

Dirk Schäffer
 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 Naturwissenschaftliche Fakultät III
 Institut für Agrar- und
 Ernährungswissenschaften
 Theodor-Lieser-Str. 11
 06120 Halle (Saale)

Sonja Schamun
 Justus-Liebig-Universität Gießen
 Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
 Bismarckstr. 16
 35390 Gießen

Matthias Schick
 Forschungsanstalt Agroscope
 Reckenholz-Tänikon
 8356 Ettenhausen, Schweiz

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

Mariana Schmidt
 Leibniz-Institut für Agrartechnik
 Potsdam-Bornim e.V.
 Abteilung Technik in der Tierhaltung
 Max-Eyth-Allee 100
 14469 Potsdam

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

Frank Schneider
 Bayerische Landesanstalt
 für Landwirtschaft
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
 85586 Poing-Grub

Peter Schneider
 Schneider Elektronik GmbH & Co.KG
 Dresdener Str. 29
 01909 Großharthau

Wolfgang Schön
 Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
 Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
 85586 Poing-Grub

Hansjörg Schrade
 Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg
 Seehöfer Str. 50
 97944 Boxberg-Windischbuch

Sabine Schrade
 Forschungsanstalt Agroscope
 Reckenholz-Tänikon
 Tänikon 1
 8356 Ettenhausen, Schweiz

Lars Schrader

Bundesforschungsinstitut für Tierhaltung
Institut für Tierschutz und Tierhaltung
29233 Celle

Jochen Schulz

Tierärztliche Hochschule Hannover
Institut für Tierhygiene, Tierschutz
und Nutztierethologie
Bünteweg 17 p
30559 Hannover

Josef Schwanfelder

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für
Schweinehaltung Schwarzenau
Stadtschwarzacherstr. 18
97359 Schwarzach am Main

Karoline Schwarzkopf

Universität Hohenheim
Institut für Umwelt- und Tierhygiene
Garbenstr. 30
70599 Stuttgart

Jens Seedorf

Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften
und Landschaftsarchitektur
Oldenburger Landstr. 62
49090 Osnabrück

Shuai Shao

Ludwig-Maximilians-Universität München
Statistisches Beratungslabor
Institut für Statistik Akademiestr. 1
80799 München

T. Shibata

Research and Development Center
NTT West Corporation 1-2-31
530-0057 Osaka, Japan

Y. Shiotsuka

Kyushu University
Kuju Agricultural Research Center
8780201 Kuju, Japan

Jochen Simon

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Bart Sonck

Institute for Agricultural
and Fisheries Research
Animal Sciences Unit
Scheldeweg 68
9090 Melle, Belgium

Winnie Sonntag

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Agrarökonomie
und Rurale Entwicklung
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

A. M. Spirito

Pervasive Technology Area
Istituto Superiore Mario Boella
Via P. C. Boggio 61
10138 Torino, Italy

Eckhard Stamer

TiDa Tier und Daten GmbH
24259 Westensee/Brux

Adrian Steiner

Universität Bern
Vetsuisse-Fakultät
Wiederkäuferklinik
3012 Bern, Schweiz

Ilka Steinhöfel

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

Isabella Stitzelberger

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Am Hofgarten 4
85354 Freising-Weihenstephan

Hannes Stolz

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Peter Stötzel

Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Ulrich Ströbel

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V.
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

J. Sugiyama

Mobile Techno Corporation
Kawasaki, Japan

Michael Suhr

Umweltbundesamt)
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau

H. Takahashi

Kyushu University
Kuju Agricultural Research Center
8780201 Kuju, Japan

Y. Takayama

Research and Development Center
NTT West Corporation 1-2-31
530-0057 Osaka, Japan

Ludwig Theuvsen

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Agrarökonomie
und Rurale Entwicklung
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen

Joachim Threm

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstr. 9
70593 Stuttgart

Stefan Thurner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
85354 Freising

R. Tomasi

Pervasive Technology Area
Istituto Superiore Mario Boella
Via P. C. Boggio 61
10138 Torino, Italy

Gerriet Trei

Hochschule für nachhaltige
Entwicklung Eberswalde
Fachgebiet Ökologische Tierhaltung
Friedrich-Ebert-Str. 28
16225 Eberswalde

H. Urabe

Advanced Wireless Technologies Lab.
Fujitsu Laboratories Ltd.
Kawasaki, Japan

Tom van de Ven

Wageningen University
Farm Technology Group
P. O. Box 317
6700 AH Wageningen, The Netherlands

Herman F. A. Van den Weghe

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstr. 7
49377 Vechta

Herman Van Langenhove

Ghent University
Department of Sustainable Organic
Chemistry and Technology
Faculty of Bioscience Engineering
9000 Gent, Belgium

Annelies Van Nuffel

Institute for Agricultural and Fisheries
Research,
Technology and Food Science Unit -
Agricultural engineering
Burgemeester Van Gansberghelaan 115 box 1
9820 Merelbeke, Belgium

Philippe J. D. Van Overbeke

Institute for Fisheries and Agricultural
Research,
Technology and Food Unit
Burgemeester Van Gansberghelaan 115
9820 Merelbeke, Belgium

Nele Van Ransbeeck

Institute for Agricultural and Fisheries
Research,
Department of Agricultural Engineering,
Technology and Food Science Unit
Burgemeester Van Gansberghelaan 115-1
9820 Merelbeke, Belgium

Eberhard von Borell

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Naturwissenschaftliche Fakultät III
Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften
Theodor-Lieser-Str. 11
06120 Halle (Saale)

Christina von Salviati

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

Eva Von Wachenfelt

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Biosystems and Technology
230 53 Alnarp, Sweden

Gabriele Wechsung

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau

Georg Wendl

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
(LfL), Institut für Landtechnik und
Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
85354 Freising

Tatjana Winter

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Julia Woodrow

Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Nadja Worschech

Thüringer Reit- und Fahrverband e. V.
Alfred-Hess-Str. 8
99094 Erfurt

K. Yokoo

Network Innovation Center
Fujitsu Limited
Kawasaki, Japan

M. Yoshida

Network Innovation Center
Fujitsu Limited
Kawasaki, Japan

Bernhard Zacharias

Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg
Seehöfer Str. 50
97944 Boxberg-Windischbuch

Johannes Zahner

Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft
Prof.-Dürrewächter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Michael Zähler

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon
8356 Ettenhausen, Schweiz

Christopher Zierke

Thünen-Institut für Agrartechnologie
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Steffen Zietzschmann

SAW Components Dresden GmbH
Manfred-von-Ardenne-Ring 7
01099 Dresden

Martin Ziron

Fachhochschule Südwestfalen
Agrarwirtschaft Soest
Fachgebiet Tierproduktion
Lübecker Ring 2
59494 Soest

Katharina Zoldan

Fraunhofer Institut für Zelltherapie
und Immunologie
Abteilung Zelltechniken/GLP
Perlickstr. 1
04103 Leipzig

Autorenindex

*Index of authors***A**

Adrion, F. 200, 348
 Amon, B. 366
 Andersen, M.A. 438
 Annas, E. 360
 Auer, W. 330
 Austermann, F. 94
 Abriel, M. 17

B

Bart, A. 408
 Baumann, S. 100
 Berg, W. 366
 Bernhardt, H. 59, 71, 384
 Bilgen, H. 287
 Bonkoss, W. 218
 Borell, E. von 29
 Boxberger, J. 23
 Brizzi, P. 444
 Bronsema, H. 420
 Brunlehner, E.-M. 384
 Brunsch, R. 402
 Bünger, B. 35
 Büscher, W. 94, 188, 223, 294, 300,
 342
 Burfeind, O. 142

C

Clauss, M. 229
 Conzon, D. 444

D

Dämmgen, U. 154
 Demeyer, P. 235, 240, 246
 Döhler, H. 178
 Dörfler, R.L. 71

E

Etoh, T. 136
 Eurich-Menden, B. 178, 366
 Evrenosoglu, M. 287

F

Fechler, C. 41
 Fiedler, A. 77
 Fischer, R. 275, 414
 Friese, A. 184
 Fujita, T. 136

G

Gallmann, E. 100, 172, 200, 336, 348,
 366
 Garlipp, F. 206
 Gasteiner, J. 82
 Gehring, A. 88
 Geldermann, J. 124
 Georg, H. 281
 Gerdes, M. 160
 Gotoh, T. 136
 Gregersen, T. 438
 Grimm, E. 178, 366
 Grohne, K. 41
 Grothmann, A. 47, 318
 Guggenberger, T. 82
 Guldemann, K. 82
 Gustafsson, G. 252

H

Haenel, H.-D. 366
 Haeussermann, A. 318
 Hagemann, K. 330
 Hagmüller, W. 23
 Hahne, J. 212
 Haidn, B. 59, 65, 378
 Hammer, N. 348
 Harms, J. 59
 Hartmann, T.-J. 324

Hartung, E. 366
 Hartung, J. 184
 Heber, I. 408
 Heidenreich, T. 366
 Hellmuth, U. 124, 281
 Hendriksen, K. 294
 Herzog, C. 354
 Hessel, E.F. 160, 269, 396, 432, 438,
 444, 450
 Hinrichs, B. 130
 Hinz, T. 166
 Hirano, O. 136
 Hoeck, J. 342
 Höcker, M. 300
 Hölscher, R. 94, 275
 Hölzle, L.E. 88
 Hömmen, A. 432
 Hörning, B. 148
 Hoffmann, G. 142
 Hogewerf, P. 306
 Hoy, S. 130
 Huber, G. 82

I

Ikenouchi, T. 136
 Ipema, B. 306

J

Jais, C. 17, 106, 372, 384
 Jensen, T. 438
 Jezierny, D. 336
 Jungbluth, T. 172, 200, 336, 348
 Junge, M. 336

K

Karsten, S. 330
 Keck, M. 366
 Kemps, B. 118
 Ketelaere, B. de 118, 450
 Kilian, S. 294
 Klutke, C. 312
 Krieter, J. 281, 330
 Krommweh, M.S. 188
 Kropsch, M. 194
 Küchenhoff, H. 77

L

Laube, H. 184
 Lechner, C. 194
 Lilienthal, J.H. 318
 Linke, S. 166, 229
 Luhdo, T. 426

M

Maack, C. 300
 Mačuhová, J. 378
 Maeda, M. 136
 Maierl, J. 77
 Maier, S. 65
 Mangold, C. 378
 Maselyne, J. 438, 450
 Mautner, J. 390
 Maxa, J. 324
 Merci, B. 235
 Mertens, K. 118, 450
 Möllmer, T. 414
 Mohr, K. 154
 Mortensen, L. 438
 Moser, L. 47
 Muranishi, A. 136

N

Neser, S. 218, 366
 Neumann, N. 312
 Newe, F. 330
 Ninomiya, T. 136
 Nishidoi, T. 136
 Nishiki, M. 136
 Nordhausen, S. 269
 Nydegger, F. 47, 318

O

Oberschätzl, R. 59
 Ofner-Schröck, E. 82, 194
 Oppermann, P. 106
 Ostertag, J. 65
 Ostertag, T. 312
 Otten, D. 360

P

Pache, S. 275, 312, 414
 Paepe, M. de 235
 Pech, S. 112
 Peis, R. 59
 Petermeier, H. 71
 Pflanz, W. 100, 172, 200
 Philipp, W. 88
 Pieters, J.G. 235, 246, 258
 Pötz, P. 23
 Pommer, R. 408

Q

Quendler, E. 23

R

Reeder, S. 206
 Reiter, K. 53
 Rindfleisch, A. 408
 Rösler, U. 184
 Rösmann, P. 188
 Rose-Meierhöfer, S. 402, 426
 Rose, T. 59, 124, 281

S

Saeys, W. 118, 450
 Salviati, C. von 184
 Sasaki, T. 136
 Scalera, A. 444
 Schäffer, D. 29
 Schamun, S. 130
 Schick, M. 354
 Schiefner, I. 223, 366
 Schmidt, M. 142
 Schmithausen, A. 223
 Schneider, F. 372, 384

Schneider, P. 312
 Schön, W. 390
 Schrader, H. 35
 Schrader, S. 366
 Schrader, L. 100
 Schulz, J. 184
 Schwanfelder, J. 106
 Schwarzkopf, K. 88
 Seedorf, J. 264
 Shao, S. 77
 Shibata, T. 136
 Shiotsuka, Y. 136
 Simon, J. 372, 390
 Sonck, B. 450
 Sonntag, W. 420
 Spirito, A.M. 444
 Stamer, E. 330
 Steiner, A. 47
 Steinhöfel, I. 275
 Stitzelberger, I. 59
 Stötzel, P. 390
 Stolz, H. 166, 229
 Ströbel, U. 142, 402, 426
 Sugiyama, J. 136
 Suhr, M. 178

T

Takahashi, H. 136
 Takayama, Y. 136
 Theuvsen, L. 420
 Threm, J. 172, 200
 Thurner, s. 324
 Tomasi, R. 444
 Trei, G. 148

U

Urabe, H. 136

V

- Van de Ven, T. 306
Van den Weghe, H.F.A. 160, 206,
269, 360, 366, 396, 432
Van Langenhove, H. 240
Van Nuffel, A. 450
Van Overbeke, P. 246, 258
Van Ransbeeck, N. 240
Vogeleer, G. de 246, 258

W

- Wachenfelt, E. von 252
Wechsung, G. 178
Wendl, G. 53
Winter, T. 166
Woodrow, J. 53
Worschech, N. 396

Y

- Yokoo, K. 136
Yoshida, M. 136

Z

- Zacharias, B. 35
Zähner, M. 47, 82
Zahner, J. 390
Zierke, C. 166
Zietzschmann, S. 312
Ziron, M. 41, 112
Zoldan, K. 414

Schlüsselwörter

A

Abferkelbucht 29
 Abferkelstall 160
 Abluftreinigung 264
 Abrufstation 130
 Accelerometer 269
 aerobe Stabilität 65
 agonistische Interaktionen (AI) 35
 Aktivitätsverhalten 269
 Almbewirtschaftung 324
 Ammoniak 94, 154, 166, 212, 223,
 235, 240
 Ammoniakemmission 160
 Antibiotikaresistenz 184
 Arbeitsleistung 287
 Arbeitsproduktivität 420
 Arbeitszeitbedarf 23, 378
 Arbeitszeitmessung 354
 Aufruf 53
 Auslauf 148
 Automatisches Fütterungssystem 65
 Automatisierung 354

B

Baukosten 372
 Bauwesen 372, 390
 BCS 275
 Beschleunigung 330
 Besuchsreihenfolge 130
 Bewertung 29
 Bildanalyse 438
 Bioaerosole 229
 Böden 112
 Boxenpflege 378
 Buchtengestaltung 17
 BVT 178

C

Cloud 118

D

3-D-Bildverarbeitung 275
 Deposition 154
 Dermatitis 77

E

Ebermast 35
 Einstreu 378
 Einstreumaterialien 88
 Emissionen 94, 166, 184, 194, 223,
 235, 240
 Emissionsfaktoren 160, 212
 Emissionsminderung 178
 Erdwärmetauscher 160, 188
 ESBL 184
 EWS 444

F

Ferkelproduktion 23
 Flüssigmist 223
 Fohlen- und Jungtieraufzucht 396
 Formalin 77
 Fressverhalten 47, 432
 Frühwarnsystem 118
 Futteraufnahme 47, 318
 Futteraufnahmeverhalten 35, 450
 Futterernte 287
 Futtermenge 130
 Futterqualität 65
 Fütterung 35, 47

G

Gelenke 106
 Gesundheitsüberwachung 336, 414,
 450
 GPS 324
 Gruppenabferkelung 384
 Gruppenhaltung 124, 330
 GSM 324
 Güllegrube 235
 Gummimatten 100, 106

H

Haltungsbedingungen 17
 Haltungsverfahren 94, 396
 Haptoglobin 414
 HF RFID 432
 Hitzestress 294
 Hochdruckbefeuchtung 172
 Holstein Frisian 414
 Hühnerhaltung 212
 hydrostatischer Druck 426
 Hygiene 88
 Hygienepraxis 264

I

ICT 118
 ICT-Kontrolle 136
 IED 178
 IoT 444
 Immission 194
 Indikatoren 29
 Infrarotthermografie 142
 Infrarot-Tiefensensor 275

K

Kälbermast 112
 Kanaltraverse 246
 Kannibalismus 17
 Keimgehalt 65
 Klauen 106
 Klauenbad 77
 Klauengesundheit 41
 Klauenkrankheit 77
 Klauenverletzungen 41
 Klima 252
 Klimacomputer 342
 Kompoststall 82
 Konditionierung 53
 Kontrolle 450
 Konzentration 154
 Körperscan 275
 Krankheiten 88
 Kühlpad 172
 Kühlungssysteme 172
 Kupieren 17

L

Lahmheit 41, 82
 Lahmheitsdetektion 269
 Landwirtschaft 194
 Lärm 194
 Legehennen 148, 166, 252
 Lernverhalten 53
 Liegeverhalten 269
 Logistik 287
 Lokalisationssystem 306
 Lokomotion 124
 Luftstrommessung 246
 Lüftung 218, 246, 258
 Lüftungsrate 235

M

Managementsupport 118
 Mastenbauart 390
 Mastschweine 94, 200, 438, 432, 450
 Mastschweinehaltung 360
 Mathematische Modelle 287
 Melkbecher 426
 Melken 408
 Melkprozess 420
 Melkstände 420
 Melksysteme 408
 Messkamera 438
 Messprotokoll 366
 Methan 223
 Methodenvergleich 154
 Middleware 444
 Milch 414
 Milchfluss 402
 Milchkühe 59, 281, 294, 318
 Milchproduktion 408
 Milchvieh 223, 269
 Milchviehhaltung 71
 Mischgenauigkeit 318
 Mobilställe 148
 Modulstall 188
 Monitoring 432
 MRSA 184

N

Nacherwärmung 65
 Numerische Strömungssimulation 229
 Nutztiere 184, 194
 Nutztierhaltung 264

O

Oberflächenwellen 312
 ökologische Ferkelerzeugung 372
 On-Farm-Test 414
 Optimierung 229
 Ortung 312
 Ortungssystem 59, 281, 324

P

Partikelgröße 240
 Pferde 124, 396
 PIGWISE 444
 PM2.5 166
 PM10 166
 Positionsbestimmung 330
 Praxiserfahrungen 148
 Probenahme 229
 Produktionsrhythmen 384

Q

Qualitätssicherung 354

R

Radio-Frequenz-Identifizierung 450
 Raum-Zeit-Struktur 124
 Rein-Raus-Umtriebsverfahren 384
 Reithallenböden 206
 RFID 348, 438, 444
 Rinder 53, 82, 142

S

Sauberkeit 82, 112
 Sauen 41, 100, 106, 336
 Saugferkel 29
 Schadensfall 390
 Schieberentmistung 223
 Schwanzbeißen 17
 Schweine 17, 142, 240

Schweinemonitoring 444
 Schweinestall 342
 Sensordaten 330
 Sensortechnik 294
 Silagemechanisierung 287
 Silagezyklus 287
 Siliersystem 287
 Silomais 300
 Siloschlauchpresse 300
 Simulation 166
 Smartphone 136
 Sozialverhalten 124
 Spaltenboden 94
 Spaltenreinigungsroboter 71
 Spurengase 212
 Stall 252
 Stallklima 188, 218
 Stallsysteme 366
 Staub 252
 Staubpartikel 206
 Stickstoff 154
 Strömungssimulation 200
 synergistische Kontrolle 118
 Systemgenauigkeit 306

T

technische Ausstattung 420
 Testanlage 258
 Tiefliegeboxen 378
 Tiergerechtheit 360
 Tieridentifikation 312
 Tierkennzeichnung 348
 Tier-Technik-Interaktion 71
 Tierverhalten 59, 281, 306
 Transponder 312, 348
 Treibhausgase 240
 Trockensubstanz 318

U

Ubisense 281
 Ultraschall-Anemometer 246
 Ultraschallsensor 258
 Umgebungstemperatur 294, 342
 Unterflurzuluft 172, 200

V

- Vakuumdrosselventil 402
- Vakuumregelungseinheit 402
- Validierung 438
- Verdunstungskühlung 218
- Verfahrensbewertung 408
- Verhalten 35, 82, 100
- Verhaltensparameter 112
- Verifizierung 438
- Videotechnik 59
- VIRTUS 444
- Volumenstrombestimmung 366

W

- Wärmebildkamera 142
- Wasseraufnahmeverhalten 336
- Wassertemperatur 342
- Weidevieh 136
- Welfare Quality 360
- Welser Abferkelbucht 23
- Wiederkäuen 294
- Windfeldsimulation 264
- Wohlbefinden 100
- Wurfgröße 130

X

- XMPP 444

Z

- Zitzenspitze 402
- Zucht 35
- Zuchtsauen 29
- Zuchtstutenhaltung 396
- Zuluftkonditionierung 188
- Zuschlagstoffe 206

Keywords

A

acceleration 330
 accelerometer 269
 acoustic call 53
 activity 269
 aerobic stability 65
 aggregates 206
 agonistic interactions (AI) 35
 airborne particles 206
 airflow measurements 246
 all-in/all-out management 384
 alpine farming 324
 ambient temperature 342
 ammonia 94, 154, 166, 212, 223,
 235, 240
 ammonia emission 160
 animal behaviour 59, 112, 281, 306
 animal husbandry 194
 animal identification 312
 animal-machine interaction 71
 animal welfare 94, 360, 396
 antibiotic 184
 assessment 29
 automatic control brake pressure 300
 automatic feeding system 65
 automatization 354

B

bagging machine 300
 barn climate 188
 BAT 178
 bedding 378
 behaviour 35, 82, 100
 bioaerosols 229
 body condition scoring 275
 body scanning 275
 breeding 35
 breeding sows 29

C

cannibalism 17
 cattle 53, 82, 142
 claw health 41
 claw injuries 41
 claws 106
 cleanliness 82
 cleanness 112
 climate 252
 climate control system 342
 cloud 118
 comparison of methods 154
 compost barn 82
 computational fluid dynamics 200,
 229
 computer vision 438
 concentration 154
 conditioning 53
 cooling pad 172
 cooling systems 172

D

3 D picture processing 275
 dairy cattle 318
 dairy cows 59, 223, 269, 281, 294
 dairy farming 71
 damage 390
 deep bedding 378
 deposition 154
 diseases 88
 digital dermatitis 77
 drinking behaviour 336
 dry matter 318
 duct traverse 246
 dust 252

E

early warning system 118
 ecological piglet production 372
 electronic animal identification 348
 emissions 94, 166, 184, 194, 223,
 235, 240
 emission factors 160, 212
 emission reduction 178
 enrichment 17
 ensiling system 287
 environmental temperature 294
 ESBL 184
 evaporative cooling 218
 EWS 444
 exhaust air treatment 264

F

farm construction 390
 farmers experiences 148
 farming 194
 farrowing pen of Wels 23
 farrowing pens 29
 farrowing stall 160
 fattening calves 112
 fattening entire male pigs 35
 fattening pigs 94, 200, 432
 fattening pig husbandry 360
 feeding 35, 47
 feeding behaviour 35, 47, 432
 feeding order 130
 feeding pattern 450
 feeding station 130
 feed intake 47, 318
 feed portion 130
 floors 112
 foot bath 77
 forage harvesting 287
 forage quality 65
 formalin 77

G

geothermal heat exchanger 160, 188
 germ count 65
 GPS 324
 grazing cattle 136
 greenhouse gases 240
 group-housing 124, 330
 growing-finishing pigs 450
 GSM 324

H

haptoglobin 414
 health monitoring 336, 450
 heat stress 294
 HF RFID 432
 high pressure humidifier 172
 hoof disease 77
 Holstein Frisian 414
 horses 124, 396
 house 252
 housing conditions 17
 housing systems 366
 hydrostatic pressure 426
 hygiene practice 264
 hygienic aspects 88

I

ICT 118
 ICT control 136
 IED 178
 immission 194
 indicators 29
 indoor climate 218
 infrared depth sensor 275
 infrared thermography 142
 investment requirements 372

J

joints 106

L

labour productivity 420
 labour 378
 lameness 41, 82
 lameness detection 269
 laying hens 148, 166, 252
 learning behaviour 53
 liquid manure 223
 litter materials 88
 litter size 130
 livestock 184
 livestock buildings 372
 livestock housing 264
 localisation 312
 localisation system 306
 local positioning system 59, 281
 location data 330
 locomotion behaviour 124
 logistics 287
 lying behaviour 269

M

maintanance 378
 management support 118
 mathematical models 287
 methane 223
 middleware 444
 milk 414
 milk flow 402
 milking 408
 milking parlour 420
 milking process 420
 milking systems 408
 milk production 408
 mixing accuracy 318
 mobile houses 148
 modular house 188
 monitoring 432
 monitoring health status 414
 MRSA 184

N

neural networks 258
 nitrogen 154
 noise 194

O

on-farm analysis 414
 optimizing 229
 organic piglet production 23
 outdoor run 148

P

particulate matter 240
 piggery 342
 pig monitoring 444
 pigs 17, 142, 240
 PIGWISE 444
 PM2.5 166
 PM10 166
 poultry keeping 212
 process review 408
 production rhythm 384

Q

quality assurance 354

R

radio frequency identification 450
 range cameras 438
 reheating 65
 resistance 184
 RFID 348, 438, 444
 riding hall footings 206
 rubber mats 100, 106
 rumination 294

S

sampling 229
 scraper robot 71
 scraping 223
 sensors 330
 sensor technique 294
 silage cycle 287
 silage maize 300
 silage mechanization 287
 simulation 166
 slatted floor 94
 slaughter pigs 438
 slurry pit 235
 smartphone 136
 social behaviour 124
 sows 41, 100, 106, 336
 suckling pigs 29
 supply air conditioning 188
 surface wave 312
 synchronous farrowing 384
 synergistic control 118, 450
 system accuracy 306

T

tail biting 17
 tail docking 17
 teat cup 426
 teat-end 402
 technical equipment 420
 test facility 258
 test protocol 366
 thermal images 142
 time requirement 378
 trace gases 212
 tracking system 324
 transponder 312, 348

U

Ubisense 281
 ultrasonic anemometers 246
 ultrasonic sensor 258
 underfloor air inlet 172, 200

V

vacuum control unit 402
 vacuum control valve 402
 validation 438
 ventilation 218, 246, 258
 ventilation rate 235, 366
 verification 438
 video technology 59
 VIRTUS 444

W

water temperature 342
 welfare 100
 Welfare Quality 360
 wind field simulation 264
 wooden pole design 390
 working time measurement 354
 working time requirements 23
 work performance 287

X

XMPP 444

Y

young horses 396

Chronik Chronicle

Internationale Tagungen „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“

Nr.	Veranstalter	Vorträge und Teilnehmer	Ort und Termin
1	Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landtechnik	23 Vorträge einzügige Veranstaltung 126 Teilnehmer	Gießen 15.03. Exkursion 16./17.03.1993
2	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für angewandte Nutztierwissenschaften	49 Vorträge zweizügige Veranstaltung 180 Teilnehmer	Potsdam 13.03. Exkursion 14./15.03.1995
3	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	68 Vorträge dreizügige Veranstaltung 225 Teilnehmer	Kiel 11./12.03.1997
4	Technische Universität München, Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan	70 Vorträge 25 Poster dreizügige Veranstaltung 315 Teilnehmer	Freising 09./10.03.1999
5	Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik	65 Vorträge 40 Poster dreizügige Veranstaltung 331 Teilnehmer	Hohenheim 06./07.03.2001
6	Georg-August Universität Göttingen, Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems	63 Vorträge 42 Poster dreizügige Veranstaltung 348 Teilnehmer	Vechta 25.03. Exkursion 26./27.03.2003
7	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Betriebstechnik und Baufor- schung	65 Vorträge 50 Poster dreizügige Veranstaltung 350 Teilnehmer	Braunschweig 01.03. Exkursion 02./03.03.2005
8	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik	52 Vorträge 24 Poster dreizügige Veranstaltung	Bonn 08.10. Exkursion 09./10.10.2007
9	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam- Bornim e.V. (ATB) Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät	44 Vorträge 33 Poster dreizügige Veranstaltung	Berlin 21.09. Exkursion 22./23.09.2009
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

Die Nutztierhaltung gilt als jenes Feld in der aktuellen Agrar- und Ernährungswirtschaft, das von mehreren gesellschaftlich relevanten Interessen und Konflikten intensiv berührt wird. Zum einen werden alle Produktionssysteme der Nutztierhaltung immer massiver durch fortwährenden Kostendruck im globalen Wettbewerb geprägt und durch die vorgegebenen ökonomischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen in Richtung Intensivierung, Bestandserweiterungen und Industrialisierung gedrängt. Andererseits führen große bauliche Anlagen – vor allem bei einer starken räumlichen Verdichtung – zu massiven Umweltwirkungen und regionalen bzw. örtlichen Akzeptanzproblemen.

Die 11. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2013“ in Vechta bietet eine Fülle von neuen wissenschaftlichen und empirischen Erkenntnissen, die sich schwerpunktmäßig mit der tiergerechten Modifizierung und Umgestaltung von Haltungssystemen und der Reduzierung der negativen Umweltwirkungen befassen.

Within modern agriculture and food production the field of farm animal production is regarded as an area under intense pressure from a number of socially relevant interests and conflicts. On the one hand, all the relevant production systems are increasingly affected by rising costs through global competition and through existing economic and agro-political conditions, forcing the sector towards intensification, larger production units and industrialisation. On the other hand, establishment of large housing complexes, especially in areas where there's already intense production, leads to massive environmental effects and to regional or local acceptance problems.

The 11th International Conference on "Construction, Technology and Environment in Farm Animal Husbandry 2013" in Vechta offers, with regard to the above-mentioned fields of action, an abundance of new scientific and empirical knowledge mainly concerning animal welfare based modification and restructuring of production systems and the reducing of negative environmental effects.

www.ktbl.de € 34 [D]

ISBN 978-3-941583-80-1



9 783941 583801