

9th 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

2009 VDI-MEG
KTBL

9. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2009
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung



9. Tagung

Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

21.–23. September 2009 in Berlin

9th Conference

Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

September 21st–23rd, 2009 in Berlin, 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



Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Leibniz Institute for Agricultural Engineering
Potsdam-Bornim (ATB) | Germany



Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Humboldt University Berlin, Faculty of Agriculture and
Horticulture | Germany

Programmausschuss

Scientific Committee

Prof. Dr. R. Brunsch | Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB) (Vorsitzender)
Prof. Dr. O. Kaufmann | Humboldt-Universität Berlin (Vorsitzender)
Prof. Dr. W. Büscher | Universität Bonn
Prof. Dr. habil. F.-J. Bockisch | Julius Kühn Institut, Braunschweig
G. Franke | Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Kassel
Prof. Dr. E. Hartung | Universität Kiel
Prof. Dr. T. Jungbluth | Universität Hohenheim
Ing. Agr. (ETH) R. Kaufmann | Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Schweiz
Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe | Universität Göttingen
Dr. G. Wendl | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising
Dipl.-Kaufm. M. Westerkamp | Big Dutchman, Vechta

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.

Sponsoren

Sponsors

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) |
Bonn, Berlin

© 2009

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.

Redaktion

Dr. S. Rose-Meierhöfer, Dr.-Ing. W. Berg | Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB)

Druck

Druckerei Lokay | Reinheim

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

ISBN 978-3-941583-27-6

Vorwort

Die landwirtschaftliche Nutztierhaltung ist von hohem gesamtgesellschaftlichem Interesse. Gesunde und sichere Nahrungsmittel, ethische Aspekte des Umgangs mit den Nutztieren, aber auch die von der Tierhaltung verursachten Umweltbeeinträchtigungen sind Gegenstand öffentlicher Diskussion. In einer globalisierten Welt machen diese Themen vor nationalen Grenzen nicht halt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich für die deutsche Agrarwissenschaft die Frage, welche neuen Herausforderungen sich aus der globalisierten Tierproduktion ergeben. Insofern ist es uns, den Mitgliedern des Programmausschusses und den Ausrichtern der 9. Internationalen Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ eine große Freude, dass Herr Dr. Henning Steinfeld von der FAO den Plenarvortrag zu diesem Thema übernommen hat.

In den darauf folgenden Fachforen werden die neuesten Forschungsergebnisse zur Verfahrenstechnik und zu baulichen Lösungen für die Tierhaltung vorgestellt und diskutiert. Der Tradition der Tagung folgend geht es dabei nicht nur um eine wissenschaftlich begründete Darstellung von technischer und/oder baulicher Funktionalität. Im Fokus stehen dabei auch die Auswirkungen auf das Verhalten, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Tiere sowie die Umweltwirkungen, die von neuen oder weiterentwickelten Verfahren der Nutztierhaltung ausgehen. Die haltungstechnischen Themen werden abgerundet durch Beiträge zu Management und Arbeit in der Nutztierhaltung sowie zur Verwendung von tierischen Exkrementen in Biogasanlagen.

Die vorgestellten Ergebnisse belegen in eindrucksvoller Weise, dass sich die deutschen Wissenschaftler gemeinsam mit ihren ausländischen Kollegen den globalen Herausforderungen einer ressourceneffizienten, umweltverträglichen und tiergerechten Nutztierhaltung stellen und einen Beitrag zur Lösung der Probleme leisten können.

Wir freuen uns, Sie, die Teilnehmer der 9. Internationalen Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“, hier an der Humboldt-Universität zu Berlin begrüßen zu dürfen, einem Standort mit über 200 Jahren Tradition in agrarwissenschaftlicher Forschung und Lehre. Die Region Berlin-Brandenburg mit ihrer hohen Konzentration an Einrichtungen im Bereich Agrar- und Umweltforschung bietet beste Voraussetzungen auch für die interdisziplinären Forschungsaufgaben der Zukunft.

In diesem Tagungsband sind die Inhalte der Vorträge und Poster wiedergegeben. Aber ich bin mir sicher, dass Sie weitaus mehr als das gedruckte Papier von dieser Veranstaltung mitnehmen werden, nämlich die Eindrücke von der Exkursion, die Resultate der Diskussionen und neue Ideen, die Sie möglicherweise mit in Berlin neu geknüpften Kooperationen umsetzen können.

REINER BRUNSCH

Wissenschaftlicher Direktor des Leibniz-Instituts
für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Honorarprofessor an der Humboldt-Universität zu Berlin

Foreword

In overall social terms, animal production in agriculture is highly important. Healthy and safe food, ethical aspects of animal treatment, but also the environmental impacts caused by animal farming are all part and parcel of public discussion. Nor do such themes stop at national borders in a globalised world.

To this background, German agricultural science is faced with the question of what new challenges are represented by a globalised animal production. In this respect, it is a great pleasure for us, the members of the programme committee and hosts of the 9th International Conference Buildings, Machinery and Environment in Agricultural Animal Production” that Dr. Henning Steinfeld from the FAO has agreed to give the plenary address on this theme.

In the subsequent specialist forums, the latest research results for procedural technology and towards constructional solutions for animal production are presented and discussed. According to the tradition of this conference the theme is not only concerned with a scientifically based presentation of the technical and/or constructional functionality. They are also focus on effects on behaviour, welfare and performance capabilities of the animals involved as well as the possible impact on the environment from new or further-developed animal production methods. The husbandry themes are rounded-off with presentations on management and labour in animal production as well as the role of animal manure in biogas plants.

The presented results confirm impressively that German scientists, together with their colleagues from other countries, are working on the global challenges for a resource-efficient environmentally compatible and welfare based farm animal production and are in a position to offer a contribution to solving the problems involved.

We are delighted to be able to welcome you, the participants of the 9th International Conference “Buildings, Machinery and Environment in Agricultural Animal Production” here at the Humboldt University in Berlin, a location with over 200 years’ tradition in agricultural science research and education. The region Berlin-Brandenburg, with its high concentration of facilities in the areas agricultural and environmental research areas, also offers optimum conditions for the interdisciplinary research challenges of the future.

This conference proceedings publication contains the presented papers and posters. But I am very sure that you will be able to take home with you much more than simply the printed papers from this event, namely the impressions from the excursion, the results of the discussions and new ideas possibly translated by you into new cooperations formed here in Berlin.

REINER BRUNSCH

Scientific Director of the Leibniz-Institute for
Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Honorary Professor at the Humboldt University, Berlin

Inhalt

Vorträge

Bauwesen

Feldversuch mit weichen, abrasiven Laufflächenbelägen in sechs Milchviehbetrieben <i>Field study of soft and abrasive walking area flooring at six dairy farms</i> BARBARA BENZ	17
Entwicklung einer Raumzelle in Fertigbauweise für Melkroboter zur Reduzierung der Baukosten <i>Development of a prefabricated box unit for milking robots to reduce the construction costs</i> JOCHEN SIMON, PETER STÖTZEL	23

Futterbereitung

Regelung der Siliergutverdichtung beim Folienschlauchverfahren <i>Controlling of crop compaction in case of bagging technology</i> C. MAACK, W. BÜSCHER	29
Untersuchungen zur Silierung von Biertrebern <i>Investigations of ensiling of brewer's grains</i> GOTLIND WEBER, EHRENGARD KAISER	35

Melkverfahren

Modell zur Analyse von Kapazitätsreserven bei automatischen Melksystemen <i>Model for Analysis of Capacity Reserves in Automatic Milking Systems</i> JAN HARMS, GEORG WENDL	41
Melkhygiene und Milchqualität in hessischen AMS-Betrieben <i>Milking-Hygiene and Milk-Quality in Hessian Dairy Farms with Automatic Milking Systems</i> KATJA MÜTZE, WILFRIED WOLTER, THOMAS BONSELS, KLAUS FAILING, HEINZ BERNHARDT	47
Auswirkungen verschiedener Melkzeuge auf die Zitzenkondition und Milchabgabeparameter <i>Effect of different cluster types on teat end condition and milk release</i> STEFAN SAGKOB, HANS-JÜRGEN RUDOVSKY, STEFFEN PACHE, HANS-JOACHIM HERRMANN, HEINZ BERNHARDT	53

Einflüsse der Melktechnik und der Zitzenmorphologie auf die Bildung von Hyperkeratosen an der Zitzenspitze <i>Influence of milking technology and teat morphology on the severity of hyperkeratoses at the teat end</i> ANGELIKA HAEUSSERMANN, ANDREAS MELFSEN, HAUKE TÖNSFELDT, MONIKA BRANDT, EBERHARD HARTUNG	59

Rechnergestützte Systeme in der Schweinehaltung

Elektronische Ohrmarken in der Mastschweinehaltung <i>Electronic Ear Tags in Pig Fattening</i> FRANK BUROSE, THOMAS JUNGBLUTH, MICHAEL ZÄHNER.....	65
Methoden zur Auswertung von sensorgestützt erfassten Merkmalen des Präferenzverhaltens von Mastschweinen <i>Methods for evaluation of sensor recorded characteristics of preference behaviour of fattening pigs</i> MIHAIELA ALEXANDRINA RUS, OTTO KAUFMANN, BOZENA FRIEDRICH.....	71
Chip-Einzeltiererkennung mit digitaler Bildanalyse bei der Großgruppenhaltung von Mastschweinen <i>Chip-single animal identification with digital picture analysis in big group housing of fattening pigs</i> MARC LEUSCHNER	77
Erste Ergebnisse zum Einsatz der Mikrowellen-Technologie zur elektronischen Tierkennzeichnung <i>Application of Hyperfrequency Wave-Technology for electronic animal identification – Preliminary results</i> SUSANNE THEIS, STEFFEN PACHE, STEFFEN ZIETZSCHMANN, HEINZ BERNHARDT....	83

Rechnergestützte Systeme in der Rinderhaltung

Sensorgestütztes Monitoring zur Vorhersage des Geburtstermins und des Geburtsverlaufes bei Milchkühen <i>Sensor-based monitoring for the prediction of the moment of parturition and calving ease of Dairy Cows</i> SIRAJ RAYA, LUTZ HASSELMANN, HANS-ULLRICH BALZER, OTTO KAUFMANN	89
Detection of feed intake and health disorders by means of sensor based monitoring of feeding behaviour of dairy cows during early lactation <i>Analyse von Futteraufnahme und Gesundheitsstörungen auf Grundlage einer sensorbasierten Tierüberwachung von Milchkühen während der Früh lactation</i> OSMAN AZIZI, LUTZ HASSELMANN, OTTO KAUFMANN	95

Untersuchungen zur Periodizität der lokomotorischen Aktivität von Milchkühen <i>Investigations of periodicity of the locomotive activity of dairy cows</i> OLAF TOBER.....	101

Rechnergestützte Systeme in der Kälber- und Geflügelhaltung

Precision Livestock Farming – Anwendungsmöglichkeiten in der Kälberhaltung <i>Precision Livestock Farming – application possibilities for calf rearing</i> VIKTORIA SPRENG, HEINZ BERNHARDT, HERMANN AUERNHAMMER	107
Vergleich der Auslaufnutzung von Legehennen mittels unterschiedlicher Schlupflöcher mit RFID-Systemen <i>Comparison of the ranging behaviour of laying hens using different pop holes with RFID-systems</i> STEFAN THURNER, SEBASTIAN PAULI, WIEBKE ICKEN, JAN HARMS, GEORG WENDL, RUDOLF PREISINGER.....	113

Verfahren der Sauen- und Ferkelhaltung

Einfluss der Raumtemperatur und der Qualität des Nestbaumaterials auf das Auftreten gefährlicher Situationen für Ferkel in Abferkelbuchten mit frei beweglicher Muttersau <i>Influence of room temperature and quality of nestbuilding material on the incidence of dangerous situations for piglets in a loose farrowing system</i> ROLAND WEBER, MILENA BURRI, LORENZ GYGAX, BEAT WECHSLER	119
Bewegungsabläufe von Sauen in Kastenständen und freien Abferkelbuchten <i>Posture changes of sows in farrowing crates and pens</i> CHRISTIANE PODIWINSKY, CHRISTOPH WINCKLER, JOHANNES BAUMGARTNER.....	125
Analyse von Erdrückungsursachen sowie von Optimierungsmaßnahmen in Bewegungsbuchten für ferkelführende Sauen <i>Analysis of piglet-crushing causes and improvement steps in farrowing systems without fixation from the mother sows</i> NORA WARTER, WILHELM PFLANZ, THOMAS JUNGBLUTH.....	131
Wirtschaftlichkeit verschiedener Abferkelbuchttypen <i>Profitability of different farrowing systems</i> ELISABETH QUENDLER, VERONIKA HELFENS DÖRFER, JOHANNES BAUMGARTNER, JOSEF BOXBERGER	137

Ein Ferkelschlupf in Einzelabferkelungssystemen – Kontaktmöglichkeit für wurffremde Ferkel

Early contact between non-littermate piglets in single farrowing crates

TANJA KUTZER, BEATE BÜNGER, JOERGEN KJAER, LARS SCHRADER 143

Gruppenbildung von Ferkeln aus fünf verschiedenen Würfen während der Säugephase – Auswirkungen auf Leistung und Betriebsablauf

Grouping piglets from five different litters during suckling period – impact on growth and working conditions

CHRISTINA JAIS, MIRIAM ABRIEL, PETER OPPERMAN 149

Einfluss der signal- und sensorgesteuerten Intervallfütterung auf Tierleistung und -verhalten von Aufzuchtferkeln

Performance and eating behaviour of weaned piglets fed with an acoustic signal and sensor controlled interval feeder

ENGEL F. HESSEL, BJÖRN NIEMEYER, HERMAN VAN DEN WEGHE..... 155

Verfahren in der Schaf- und Ziegenhaltung

Erste Ergebnisse zur Verträglichkeit elektronischer Kennzeichnungsmedien bei Schafen und Ziegen

First results regarding animal welfare of electronic identification devices in sheep and goats

ULRIKE BAUER, NIKOLA BENN, MICHAEL KILIAN, JAN HARMS, GEORG WENDL .. 160

Trennwände und unterschiedliche Ebenen am Fressplatz mindern aggressive Auseinandersetzungen bei Ziegen

Partitions and different levels at the feeding place reduce agonistic interactions in goats

NINA M. KEIL, JANINE ASCHWANDEN, LORENZ GYGAX, BEAT WECHSLER 166

Investitionsbedarf für Stallanlagen für die Schaf- und Ziegenhaltung

Investment requirements for sheep and goat housing facilities

JOHANNES ZAHNER, JOCHEN SIMON..... 172

Verfahren der Pferdehaltung

Vergleichende Untersuchungen zum Bewegungs- und Liegeverhalten in HIT-Aktivställen® und konventioneller Gruppenhaltung bei Pferden

Comparative study of the moving and resting behaviour of horses in HIT-Activ stables and conventional open barn

SABINE KLAER, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER, REINER BRUNSCH 178

Einfluss verschiedener Einstreumaterialien auf das Verhalten von Pferden in Boxenhaltung

Effect of different bedding materials on the behaviour of horses housed in single boxes

HANNA WERHAHN, ENGEL F. HESSEL, IRENE BACHHAUSEN, HERMAN VAN DEN WEGHE 184

Experimentelle Untersuchungen zur Generierung von Schwebstaub- partikeln aus verschiedenen Krippenfuttermitteln für Pferde <i>Experimental research relating to generation of airborne particles from different horse feeds</i>	
FELIX GARLIPP, ENGEL F. HESSEL, HERMAN VAN DEN WEGHE	190

Management und Arbeit

Ortungssysteme in Arbeitswissenschaft und Ethologie – Untersuchungen zur Genauigkeit der Positionsbestimmung in Gebäuden <i>Positioning systems in work science and ethology – researches on accuracy of position determination in buildings</i>	
STEFANIE BEYER, RUDOLF PEIS, JULIANA MACUHOVÁ, BERNHARD HADN	196
Betriebsführungsarbeiten in der Schweinehaltung: Arbeitszeitbedarf in Zucht und Mast <i>Farm management tasks in pig farming: Working time requirement for breeding and fattening</i>	
CHRISTOPH MORIZ	202
Workload assessment in agriculture – Integration in a work budget system <i>Bewertung von körperlicher Arbeitsbelastung in einem Arbeitsvoranschlagssystem</i>	
MATTHIAS SCHICK, RUEDI STARK, MARION RIEGEL.....	208
Entwicklung, Implementierung und Bewertung von zwei ISOagriNET-kompatiblen Systemen zur Messwerterfassung in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung <i>Development, implementation and evaluation of two ISOagriNET compatible systems for data logging in livestock farming</i>	
ARNE KUHLMANN, DANIEL HERD, BENJAMIN RÖSSLER, EVA GALLMANN, THOMAS JUNGBLUTH.....	214

Umweltfragen

Potenziell nützliche biologische Stickstoffoxidation in Abluftreinigungsanlagen <i>Potential beneficial biological nitrogen oxidation in exhaust air treatment systems</i>	
JÖRGEN HANEKE, RALF KOSCH, NATUSCHKA M. LEE, TOBIAS GAUL, HERMAN VAN DEN WEGHE	220
Säureverbrauch bei der Abluftreinigung reduzieren <i>Cutting acid consumption for waste air cleaning</i>	
JOCHEN HAHNE	226

Emission und Transmission realer Staubpartikel aus Tierställen <i>Emission and transmission of dust from livestock buildings</i> JESSICA HENSELER, EBERHARD ROSENTHAL, PHILIPP LODOMEZ, BERND DIEKMANN, WOLFGANG BÜSCHER.....	232

Möglichkeiten der Exkrementbehandlung zur Emissionsminderung – ein Verfahrensüberblick <i>Emission Reduction by Manure Treatment Techniques – a Review</i> WERNER BERG	238

Minderung der Methan-, Ammoniak- und Lachgasemissionen aus Schweinemastställen durch Flüssigmistbelüftung <i>Decrease of methane, ammonia and dinitrous oxide emissions from pig barns by slurry aeration</i> ANNE KRESSE, WOLFGANG BÜSCHER	244

Bewertung des Energieeinsatzes für Gebäude und Maschinen in der Rinderhaltung <i>Determination of the energy demand of livestock buildings and machines in cattle husbandry</i> SIMONE KRAATZ, WERNER BERG	250

Biogas

Grundlagen zur Bemessung von Biogasanlagen mit Kofermentation <i>Fundamentals for dimensioning of biogas plants with co-fermentation</i> BERND LINKE, PIA MÄHNERT, VINCENT PLOGSTIES	256

Wirtschaftsdüngereinsatz in Biogasanlagen und deren klimarelevante Bedeutung <i>Use of animal manure in biogas plants and its relevance for climate protection</i> MATHIAS EFFENBERGER, HANS BACHMAIER, ANDREAS GRONAUER.....	262

Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen <i>Economy of Biogas Plants</i> MANFRED DEDERER.....	268

Poster

Futterbereitung und Fütterungstechnik

- Folienschlauch – Flexibles Konservier- und Lagerverfahren
für agrarische Rohstoffe aller Art
*Large plastic bags – a flexible system for all kind of
agricultural raw materials*
ANDREA WAGNER, UDO WEBER..... 274
- Automatische Fütterung von Rindvieh – Ergebnisse einer
Erhebung zum Stand der Technik
Automatic Cattle Feeding – State of the art
ANNE GROTHMANN, FRANZ NYDEGGER..... 280
- Untersuchung von zwei Fütterungstechniken für säugende Sauen
Study of two techniques for feeding lactating sows
CHRISTOPH LUTTERMANN, HEINZ BERNHARDT, HANS-PETER SCHWARZ..... 286

Melkverfahren

- Einfluss der Gewöhnung von Färsen an die Melkroutine vor der
Kalbung auf die Herzfrequenzen während der ersten Melkungen
*Effects of habituating heifers to the milking parlour routine prior to
calving on heart rates during milking*
ANJA SCHWALM, MERLE GRONAU, HEIKO GEORG, GRACIA UDE..... 292
- Melksysteme in Praxisbetrieben
Milking systems in dairy farms
JÜRGEN NIENHAUS, EWALD ALBERS, ANDREAS PELZER, WOLFGANG VON BROCKE,
GÜNTER GERIGHAUSEN, HORST CIELEJEWSKI, TOBIAS BELKE..... 297
- Results of Using Milking Robots in Latvia
Ergebnisse aus dem Praxiseinsatz von Melkrobotern in Lettland
ARMINS LAURS, JURIS PRIEKULIS..... 303
- Einsatzbeurteilung von SwingOver-Melkständen in Bayern
*Investigation concerning the practical use of SwingOver-milking
parlours in Bavaria*
MARTIN KÜHBERGER, JULIANA MACUHOVÁ, JAN HARMS..... 309
- Viertelindividuelle zitzennahe Vakuummessung mit Drucksensoren
zur Entwicklung einer Vakuumsteuerung
*Quarter individual vacuum measurement at the teat-end with
pressure sensors to develop a vacuum control unit*
ULRICH STRÖBEL, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER, REINER BRUNSCH.....315
-

Rechnergestützte Systeme

Eine neue Methode zur Beurteilung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen <i>A new method to assess animal husbandry appropriate to the species</i> KIRA KULTUS, HANS-ULLRICH BALZER.....	321
Sensorgestützte Analyse und Modellierung des Futteraufnahmeverhaltens von Mastschweinen <i>Sensor-based analysis and modelling of feeding behaviour of fattened pigs</i> ANNABELL KINDLER, OTTO KAUFMANN	327
Cattle foraging behaviour in Scottish hills – one more step towards sustainability <i>Futteraufnahmeverhalten von Mutterkühen in den schottischen Bergen – ein weiterer Schritt in Richtung Nachhaltigkeit</i> CHRISTINA UMSTÄTTER, TONY WATERHOUSE, JOHN P. HOLLAND.....	333
Nutzung von Informationssystemen in der Milchviehhaltung zum vorbeugenden Gesundheitsmanagement <i>Using information systems in dairy farming for prevention health management</i> MAHER ALSAAD, WOLFGANG BÜSCHER	339
Messung der subkutanen Körpertemperatur mit Injektaten bei Rindern <i>Measurement of subcutaneous temperature with injectable transponders in cattle</i> GRACIA UDE, HEIKO GEORG, ANJA SCHWALM.....	345
Vorhersage des Abkalbezeitpunkts von Kühen und Färsen mit Hilfe von Herzfrequenz und Liegeverhalten HEIKO GEORG, SILKE BEINTMANN, ANJA SCHWALM, GRACIA UDE.....	351

Verfahren der Sauen- und Ferkelhaltung

Gummimatten auf Betonspaltenböden – Einfluss auf Leistung und Gliedmaßen-gesundheit von tragenden Sauen sowie auf die Stallhygiene <i>Rubber mats on slatted concrete floor – Impact on production criteria, limb and claw health of pregnant sows and on hygienic conditions</i> CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMAN, CARMEN BIRKENFELD.....	356
Auswirkungen unterschiedlicher Perforationsgrade des Stallbodens auf Gesundheitsmerkmale von Sauen im Kastenstand <i>Impact of varying degrees of floor perforation under the hind legs of sows in farrowing crates</i> ECKHARD MEYER, MONIKA ALTMANN, INES JAHN, HEIDRUN NITZER, DIRK SCHÄFFER, EBERHARD VON BORELL.....	362

Klimauntersuchungen in einem Abferkelstall – Probleme und Lösungen <i>Climatic investigations in a farrowing house – problems and solutions</i> CHRISTIANE LOEBSIN, WERNER FRANKE.....	368

Verfahren der Rinderhaltung

Ergebnisse zur Schwachstellenanalyse für die Bereiche Haltung und Management in Liegeboxenlaufställen im Rahmen des Projektes „Cows and more“ <i>Results of weak-point analysis of husbandry and management in free stalls from project “Cows and more”</i> KATHARINA DAHLHOFF, ANDREAS PELZER, HORST CIELEJEWSKI, WOLFGANG BÜSCHER, OTTO KAUFMANN.....	374
Verfahrenstechnik der Mutterkuhhaltung in Deutschland <i>Key features of beef-suckler farming in Germany</i> BERNHARD HÖRNING, MARTINA FEIGE, JULIA DOLLINGER, WILFRIED HARTMANN	381
Water intake in suckler cows shortly before and after separation from the calf <i>Wasseraufnahme von Mutterkühen kurz vor und nach der Trennung vom Kalb</i> JULIANA MACUHOVÁ, CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMAN	386

Verfahren der Kaninchenhaltung

Entwicklung eines tiergerechten Haltungssystems für Mastkaninchen <i>Development of group housing system for fattening rabbits</i> KLAUS REITER, ANDREJ TOPLAK, KLAUS DAMME.....	392

Management und Arbeit

Methodik der Arbeitsanalyse am Beispiel verschiedener Verfahren der Milchviehhaltung <i>Methodology of work analysis using different dairy-farming methods as examples</i> MATTHIAS SCHICK	398

Umweltfragen

Forced pit ventilation as ammonia emission reduction option for dairy housing: CFD modeling and pilot scale validation measurements <i>Unterflurabsaugung in einem Milchviehstall als Möglichkeit zur Verminderung der Ammoniakemission: CFD-Modellierung und Messungen zur Modellvalidierung</i> HENDRIK JAN C. VAN DOOREN, MICHEL C. J. SMITS.....	404

Emissionen und Verhalten von Mutterkühen bei der Winterweidehaltung in Québec/Kanada <i>Emissions and behaviour of suckler cows kept on pasture during winter in Québec/Canada</i> HEIKO GEORG, STÉPHANE GODBOUT, LORIE HAMELIN, FRÉDÉRIC PELLETIER, JACQUELINE FELIX, MICHEL COTÉ, GRACIA UDE	410
Reduction of odour and gas emissions from pig buildings: evaluation of two in-barn reduction techniques <i>Minderung der Emissionen von Geruch und anderen Gasen aus Gebäuden der Schweinehaltung: Bewertung zweier verschiedener Techniken</i> S. GODBOUT, L. HAMELIN, S. P. LEMAY, F. PELLETIER, D. ZEGAN, M. BELZILE, F. GUAY, J. ORELLANA	416
Energieverbrauchsmeasureungen in der Ferkelaufzucht bei Einsatz von Systemen mit Zonenheizung und Wärmetauscher <i>Measurements of energy in the rearing of piglets with the use of zone heating systems and heat exchangers</i> MANFRED WEBER, JÖRN MENNING	422
Einfluss verschiedener Entmistungsvarianten von Pferdeboxen auf den Schadgasgehalt der Luft <i>Influence of different dunging methods on the noxious gas content in horse stables</i> GUNDULA HOFFMANN, FRANZ-JOSEF BOCKISCH, PETER KREIMEIER, HERMAN VAN DEN WEGHE	428
Auswirkungen der ganzjährigen Auslaufhaltung von Pferden auf die Sickerwasserkontamination <i>Impact of perennial access of horses to an exercise yard on leachate contamination</i> PETER KREIMEIER, FRANZ-JOSEF BOCKISCH, MONIKA ZERBIAN	434

Biogas

EU Agro Biogas Project THOMAS AMON, HERWIG MAYR, MICHAEL EDER, PHIL HOBBS, SREENIVAS RAO RAVELLA, URSULA ROTH, ANKE NIEBAUM, HELMUT DOEHLER, PETER WEILAND, ELHUSSEIN ABDOUN, ANDREAS MOSER, MARKUS LYSON, MONIKA HEIERMANN, MATTHIAS PLÖCHL, JÖRN BUDDE, ALEXANDER SCHATTAUER, THERESA SUAREZ, HENRIK MÖLLER, ALASTAIR WARD, FRIEDHELM HILLEN, PAWEL SULIMA, ANNA ONISZK-POLPLAWSKA, PAUL KRAMPE, ZDENEK PASTOREK, JAROSLAW KARA, JANA MAZANCOVA, HENDRIK JAN VAN DOOREN, WIM CORRÉ, FABRIZIO GIOELLI, PAOLO BALSARI	440

Ergebnisse aus dem Monitoring der Bayerischen Biogas-Pilotanlagen <i>Results from the monitoring of the Bavarian Biogas Plants</i> ANDREAS LEHNER, MATHIAS EFFENBERGER, ANDREAS GRONAUER	446
Vergleich verschiedener Gärrestbehandlungsverfahren in Bezug auf ihre Umweltwirkung TORSTEN REHL, JOACHIM MÜLLER	451
Emissionsoptimierung contra Leistungseffizienz biogasbetriebener Blockheizkraftwerke (BHKW) in der Praxis <i>Optimizing the exhaust gas emissions vs. the electrical power output of combined heat and power units (CHPU) in practice</i> VOLKER ASCHMANN, MATHIAS EFFENBERGER, ANDREAS GRONAUER	457
Entstehung von Schwefelwasserstoff im Biogasprozess sowie Möglichkeiten zur chemischen Schwefelbindung mittels Eisensalzen <i>Formation of hydrogen sulphide during biogas production as well as possibilities for chemical sulphur bonding using iron salts</i> DANIEL PREISSLER, ULRICH DROCHNER, ANDREAS LEMMER, HANS OECHSNER, THOMAS JUNGBLUTH	463
Praktische Erfahrungen des Einsatzes einer mit Biogas betriebenen Mikrogasturbine <i>Practical experience of using a biogas-powered micro gas turbine</i> MARINA BEKKER, HANS OECHSNER, THOMAS JUNGBLUTH	469

Anhang

Anschriften der Autoren <i>Address of authors</i>	475
Autorenindex <i>Index of authors</i>	488
Schlüsselwörter	491
<i>Keywords</i>	494
Chronik <i>Chronicle</i>	497

Feldversuch mit weichen, abrasiven Laufflächenbelägen in sechs Milchviehbetrieben

Field study of soft and abrasive walking area flooring at six dairy farms

BARBARA BENZ

Kraiburg Elastik GmbH, Göllstr. 8, 84529 Tittmoning

Schlüsselwörter: Milchkühe, Klauen, Laufflächengestaltung

Keywords: dairy cows, claw, walking area design

Zusammenfassung

In der vorliegenden Feldstudie soll der Einfluss weicher und abrasiver Gummibeläge auf die Klauenform untersucht werden. Zur Beurteilung der Klauenform dient der Dorsalwandwinkel als einfach zu messendes und aussagefähiges Merkmal. Bei einem Dorsalwandwinkel von 50 Grad gilt die Klauenform als physiologisch und es wird davon ausgegangen, dass Fehlbelastungen minimiert sind (LISCHER, 2000). Eine diesbezüglich korrigierende Klauenpflege muss derzeit bei allen gängigen Laufflächenausführungen zwei bis dreimal jährlich erfolgen, da sich die Klauenform innerhalb weniger Monate durch deutliche Abflachung der Dorsalwandwinkel verschlechtert. Die klauenfreundlichen weichen Gummilaufflächen werden nun durch weiche Gummibeläge ergänzt, welche in der Oberfläche ein Schleifmittel integriert haben. Die Ergebnisse der Feldstudie zeigen, dass mit der weiter an den ursprünglichen Lebensraum angenäherten Laufflächengestaltung die Balance zwischen Hornbildung und Hornabrieb optimiert und damit eine verbesserte Klauenform erreicht wird.

Summary

The aim of the following field study is to investigate the influence of soft and abrasive rubber mats on the shape of claws. As it is an easy measurable and meaningful parameter the dorsal wall angle is used for the judgement of the change in the shape of the claw. Given an angle of 50 degree the claw shape is considered as being correct and it is assumed that there is a minimum of overload. For all at this moment used walking area designs, it is required to correct the claw shape, as the dorsal wall angle decreases considerably within a few months – claw trimming is necessary two to three times a year. The clawfriendly soft rubber mats are now supplemented by new soft rubber mats with an abrasive surface. The results of this field study show that the further approach to match the natural ground surface leads to an optimized balance between horn growth and wear and this brings a healthier and better claw shape.

1 Einleitung

Natürliche Bodenverhältnisse sind nicht nur ideal verformbar sondern gewährleisten an der Rinderklaue ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Hornbildung und Hornabrieb. Die korrekte Form der Klaue bleibt dadurch erhalten. Verantwortlich für die Balance aus Abrieb und Hornbildung sind vermutlich Bestandteile des natürlichen Bodens wie Gesteinspartikel, Gesteinsmehle und Mineralien. Unter Stallhaltungsbedingungen ist diese natürliche Regulierung aufgrund mehrerer Einflüsse nicht mehr gewährleistet und die Klauenform muss im Rahmen einer regelmäßig durchgeführten Klauenpflege korrigiert werden (MÜLLING, 2003) (Abb. 1). Zu den Einflussfaktoren zählen in der intensiven Milchkuhhaltung die hohe Stoffwechselaktivität, die Einwirkungen von Feuchtigkeit, Kot und Harn sowie unterschiedlich lange Liege-/Stehzeiten in Abhängigkeit vom Liegekomfort. Die Hornbildung wird weiterhin durch Entzündungen an der Klaue und durch Belastungsreize erhöht (TOUSSAINT RAVEN, 1985). Der Abrieb wird beeinflusst durch die mechanischen Eigenschaften des Horns, die Bodenbeschaffenheit sowie die Bewegungsaktivität. Der tiergerechte weiche Stallbodenbelag wird durch abrasive Zonen ergänzt, um Fehlstellungen der Klaue zwischen den Klauenpflegeschnitten zu minimieren. Im Rahmen dieser Feldstudie soll das neue System im Praxiseinsatz in sechs Milchviehbetrieben untersucht werden.

2 Methode

Weiche, 24 mm starke Gummimatten mit an der Oberfläche einvulkanisiertem Schleifmittel (Abb. 2) werden an ausgewählten Flächen im Laufstall installiert.

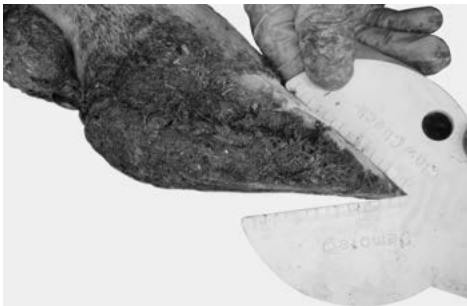


Abb. 1: Typische Abweichung vom 50° Winkel mit dem Klauencheck (Fa. Demotec) dargestellt
Fig. 1: Typical decreased dorsal wall angle shown by the claw-check (Demotec)

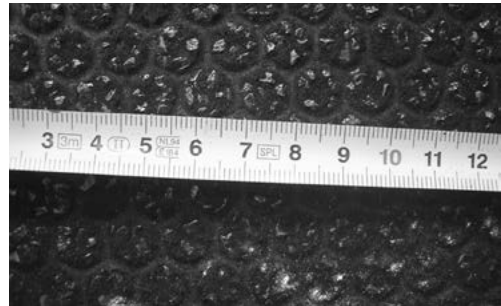


Abb. 2: Abrasive Matte (pediKURA, Gummiwerk Kraiburg)
Fig. 2: Abrasive mat (pediKURA, Gummiwerk Kraiburg)

Die gesamte Stallfläche bleibt klauenfreundlich weich ausgeführt, um den anatomischen und biomechanischen Voraussetzungen des Rindes und seinem Wahlverhalten gerecht zu werden (Abb. 3).



Abb. 3: Rinder bevorzugen grundsätzlich weichen Untergrund
 Fig. 3: Cattle on principle prefer soft ground

Grundsätzlich sollte bei der Laufflächengestaltung darauf geachtet werden, dass die Funktion des Laufstalls nicht durch von den Tieren unterschiedlich favorisierte Boden Ausführungen gestört wird, wie es bei der Kombination weicher und harter Bereiche der Fall ist. Eine derartige Situation führt nachweislich zu erhöhtem Stress insbesondere bei rangniederen oder lahmen Tieren, welche vom bevorzugten Bodenbereich verdrängt werden (TELEZHENKO et al., 2005). Die Flächen mit der Zusatzfunktion „Abrieb“ werden in stark frequentierten Bereichen wie Übergänge, Wartebereich oder Rücktrieb vom Melken eingesetzt. Das System ist modular aufgebaut, der Anteil „Abrasive Matte“ beträgt 20 % der Gesamtfläche, 80 % sind mit weichen Gummibelägen ausgeführt. Die Abrasivmatten werden in 20 Betrieben in Deutschland und der Schweiz getestet. In sechs ausgewählten Betrieben werden alle drei Monate die Dorsalwandwinkel an einer hinteren Außenklaue gemessen.

In der vorliegenden Untersuchung wird davon ausgegangen, dass dem Klauenmaß „Dorsalwandwinkel“ hohe Praxisrelevanz zukommt. Bei einem Dorsalwandwinkel von 45 bis 50 Grad kann die Klaue ideal ihre Aufgabe erfüllen, einwirkende Kräfte zu dämpfen und auf den Boden zu übertragen. Der Dorsalwandwinkel wird daher in der guten landwirtschaftlichen Praxis im Rahmen der funktionellen Klauenpflege regelmäßig korrigiert. Die gereinigte Klaue wird am ruhig stehenden Tier im Melkstand oder bei der Klauenpflege im Klauenpflegestand mit einem Neigungssensor gemessen, der den von der Horizontalen abweichenden Winkel exakt misst (Messbereich ± 180 Grad, Genauigkeit $\pm 0,1$ Grad). Es werden jeweils zwei Messungen an mindestens einem Hinterbein durchgeführt. Die Messlehre wird dabei an zwei Punkten angelegt, der Klauenspitze und mit 7 cm sowie 5 cm Abstand (Abb. 4 und 5). So ist es möglich, deformierte von geraden Klauen zu unterscheiden, denn wenn der „5 cm-Wert“ vom „7 cm-Wert“ stark (empirisch wurde der Wert > 5 Grad festgelegt) abweicht, dann ist die Klauenform krankhaft verändert (Abb. 6 und Abb. 7).



Abb. 4: Messung mit „5 cm-Lehre“
Fig. 4: Measurement with „5cm-gauge“



Abb. 5: Messung mit „7 cm-Lehre“
Fig. 5: Measurement with „7cm-gauge“

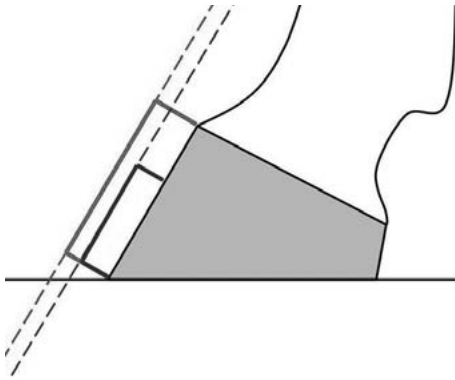


Abb. 6: Messprinzip an gesunder Klaue
Fig. 6: Measuring principle at the healthy claw

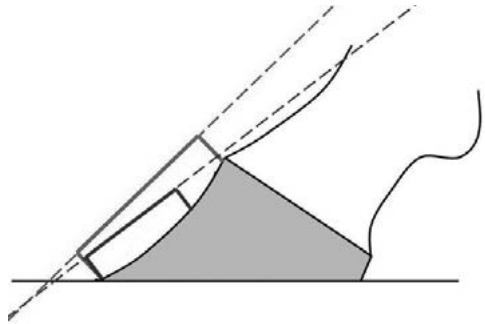


Abb. 7: Messprinzip an defomierter „Reheklau“
Fig. 7: Measuring principle at the deformed „laminitis-claw“

Derartige Klauen werden mit beobachtet, aber separat ausgewertet, weil die Belastungsverhältnisse und vermutlich das Bewegungsverhalten der Tiere von der Normalität abweichen. Außerdem ist bekannt, dass in Folge von Klauenrehe auch die Hornbildung unregelmäßig und häufig erhöht ist.

3 Ergebnisse

Die Daten werden deskriptiv ausgewertet (Mittelwerte).

Bei drei der Testbetriebe konnten die bisher erhobenen Daten vorläufig analysiert werden (Abb. 8 bis 13). Verwendet wurden alle Tiere, von denen die Daten von vier Messungen vollständig vorlagen. Die Messtermine waren Oktober (drei Monate nach der letzten Klauenpflege), Januar, vor und nach der Klauenpflege, und April (drei Monate nach der letzten Klauenpflege). In den Betrieben zeigte sich ein Trend zur Verbesserung des Dorsalwandwinkels.

Der positive Einfluss der Klauenpflege ist deutlich zu erkennen. In allen Testbetrieben wird die funktionelle Klauenpflege von einem an der LVA Echem ausgebildeten Klauenpfleger durchgeführt.

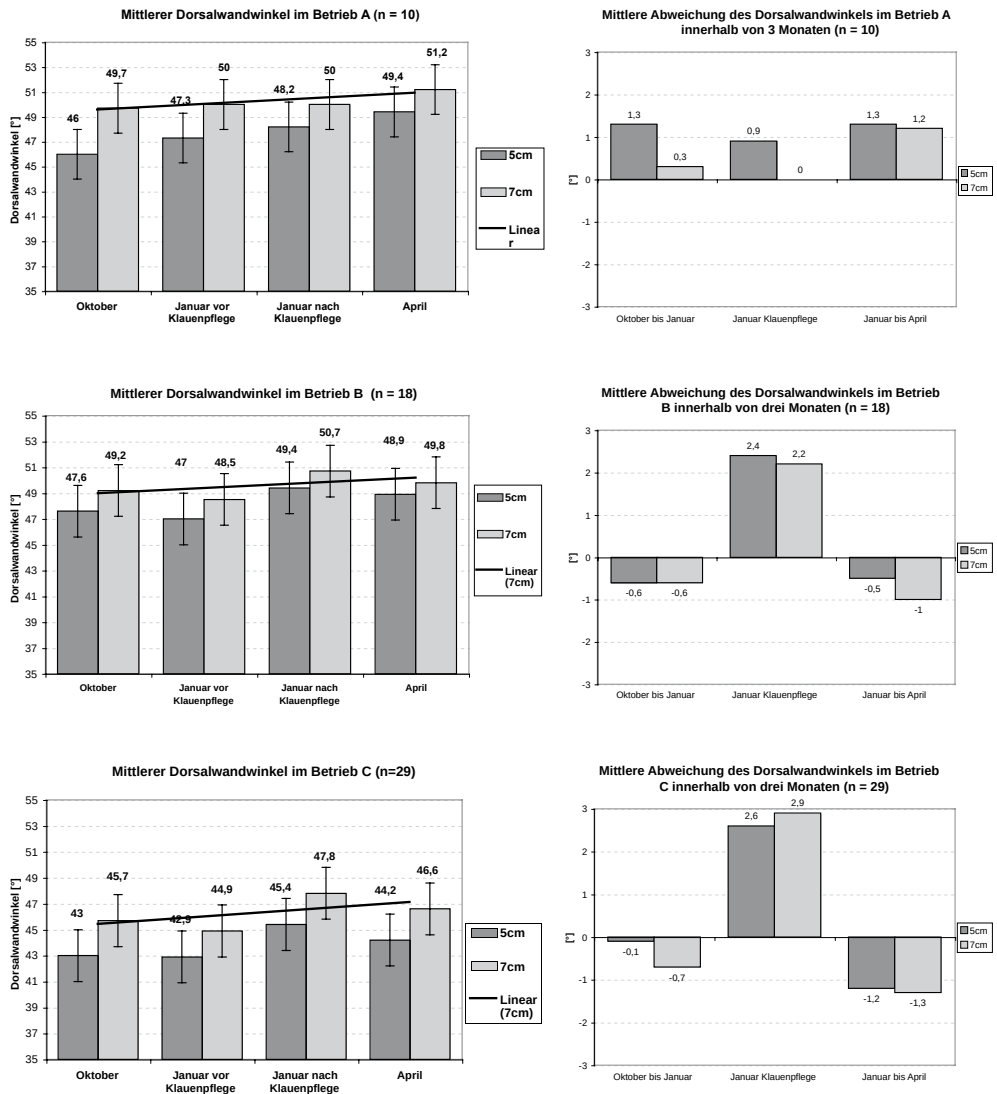


Abb. 8–13: Vorläufige Ergebnisse exemplarisch dargestellt für drei Betriebe
Fig. 8–13: Preliminary results shown exemplarily for three farms

Über den Einfluss der Laufflächenausführung bei Tieren mit konkaver Dorsalwand kann zum jetzigen Stand der Datenerhebung noch keine Aussage getroffen werden. Tendenziell ist der Dorsalwandwinkel bei den untersuchten Kühen durchschnittlich kleiner (< 45 Grad) als bei Tieren mit gerader Dorsalwand. Die Klauenpflege vergrößert dann den Winkel zunächst stärker als bei Tieren mit gerader Dorsalwand, der Effekt scheint jedoch nur kurzfristig anzuhalten.

Ebenfalls nicht abschließend bewertet werden kann die positive Gesamtveränderung des Dorsalwandwinkels im Zeitraum Oktober bis April, jeweils drei Monate nach der letzten Klauenpflege. Die vorliegenden Daten lassen die Tendenz erkennen, dass die Klauen nachhaltig steiler werden, im Mittel über alle drei Betriebe um 1,1 Grad bei der „7 cm-Messung“ und um 1,8 Grad bei der „5 cm-Messung“. Das würde bedeuten, dass die Bodenausführung mit weichen, abrasiven Laufflächen nicht nur die Klauenform erhält, sondern diese sogar verbessern kann.

4 Schlussfolgerung

Die Auswertung des Feldversuches zeigt, dass es mit der Kombination von weichen und weich-abrasiven Gummibelägen gelingen kann, unter Stallhaltungsbedingungen den Selbstregulierungsmechanismus der Klauenform und Klauenlänge, d.h. die Balance aus Hornbildung und Hornabrieb zu ermöglichen. Wenn der Dorsalwandwinkel zum Zeitpunkt der funktionellen Klauenpflege korrekt eingestellt wird und sich innerhalb der Periode bis zur nächsten Klauenpflege kaum verändert, dann wird die regelmäßige Klauenpflege zur wirklichen Pflege und hat weniger die Aufgabe der Stellungskorrektur und Behandlung von Erkrankungen, die durch Fehlstellungen bzw. Überbelastung ausgelöst wurden.

In einem parallel zur Feldstudie laufenden wissenschaftlichen Versuch in Kooperation mit der SLU Schweden werden weitere Parameter zur Klauenform sowie Hornbildung und Abrieb detailliert erhoben.

Literatur

- LISCHER, Ch. (2000): Handbuch zur Pflege und Behandlung der Klauen beim Rind.
- MÜLLING, Ch. (2003): Funktionelle Anatomie. In: Klauenprobleme schneller lösen, topagrar-Fachbuch
- TELEZHENKO, E.; BERGSTEN, Ch. (2005): Influence of floor type on locomotion of dairy cows. Applied Animal Behaviour Science 93, S. 183-197
- TOUSSAINT RAVEN, E. (1985): Cattle footcare and claw trimming. Farming Press, Ipswich, UK

Entwicklung einer Raumzelle in Fertigbauweise für Melkroboter zur Reduzierung der Baukosten

Development of a prefabricated box unit for milking robots to reduce the construction costs

JOCHEN SIMON, PETER STÖTZEL

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

Schlüsselwörter: landwirtschaftliches Bauen, Automatisches Melksystem (AMS), Melkbox, Fertigteil
Keywords: farm building, automatic milking system (AMS), milking box, prefabricated part

Zusammenfassung

Die Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte ist einem hohen Kostendruck unterworfen. Um die Produktionskosten zu verringern, ist es notwendig, neben den Betriebs- und Arbeitserledigungskosten auch die Baukosten für Stallanlagen zu senken. Ziel dieses Projektes ist es, die Gestehungskosten für Melkhäuser mit automatischen Melksystemen durch eine Einhausung des Roboters in einem Betonfertigteile zu verringern. Gegenüber einer konventionellen Einhausung des Roboters in Ort beton- oder Ziegelbauweise lassen sich bei reiner Fremdleistung die Kosten um etwa 45 % verringern. Durch die Vorfertigung wird nicht nur die Materialqualität und die Installation der notwendigen Technik optimiert sowie die Gestehungszeiten auf der Baustelle verkürzt, sondern es entsteht ein sehr flexibles Bausystem, das eine Erweiterung der Stallanlage bis hin zum Versetzen der gesamten Melktechnik mit Einhausung ermöglicht.

Summary

Agricultural production is subject to high cost pressure. To reduce the production expenses, it is necessary to find ways of cutting the construction costs of animal housing facilities in addition to the savings potential in the operating costs and the expenses for labour and machinery. The goal of this project is to reduce the building expenses for milking houses with automatic milking systems by housing the robot in a prefabricated part. If all work is carried out by external companies, the costs can be reduced by approximately 45 %, as compared with conventional robot housing in a site-concrete or brick building. Prefabrication not only optimizes material quality and the installation of the necessary machinery, but it also shortens working times at the construction site. In addition, it provides a very flexible construction system which allows the animal housing facility to be extended and even enables the entire milking system including the housing to be moved.

1 Einleitung und Zielstellung

Im Hinblick auf den Kostendruck und die geringen Gewinnspannen bei der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte müssen kostengünstige, arbeitswirtschaftlich optimierte und im Hinblick auf eine künftige Erweiterung oder einen Umbau möglichst flexible Baulösungen entwickelt werden.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist es bei der Planung eines Milchviehstalles mit automatischem Melksystem notwendig, den Roboter im Stall zu integrieren, um die Wege für die Tiere zwischen den Funktionsbereichen Liegen, Melken und Fressen möglichst kurz zu halten. Bei den meisten Planungen werden im Zuge dessen alle weiteren Räume für periphere Technik und Milchlagerung im Stall integriert. Untersuchungen bei Melkhäusern mit konventioneller Melktechnik zeigen, dass die im Stall integrierte Anordnung gegenüber der seitlichen oder separaten die höchsten Kosten verursacht (SIMON et al., 2007). Dies ergibt sich im Wesentlichen daraus, dass das Melkhaus mit vor- bzw. nachgelagerten Funktionsbereichen (z.B. Warte- und Selektionsbereich) mit der gleichen Konstruktion wie die Liegehalle überdacht wird. Diese Tragwerke sind in der Regel aufwendiger und damit teurer als einfache Überdachungen mit geringen Spannweiten, die bei einem seitlich oder separat angeordneten Melkhaus ausgeführt werden können.

Da automatische Melksysteme mehr und mehr Verbreitung finden, war die Fragestellung, wie die Kosten bei der Errichtung von Melkhäusern für automatische Melksysteme (AMS) gesenkt und eine höhere Flexibilität beim Umbau oder der Erweiterung der Stallanlagen erreicht werden kann.

2 Material und Methode

Nach Herstellerangaben sind Entfernungen und damit Leitungslängen zwischen Roboter und Milchtank bis zu 40 m möglich. Somit können mit Ausnahme des Roboters mit Einhausung und eines kleinen Stallbüros, von dem aus neben den Arbeiten am PC die Beobachtung der Herde möglich ist, alle weiteren Räume für Milchtank und Technik außerhalb des Stalles in einem separaten Gebäude untergebracht werden.

Der Vorteil der räumlichen Trennung von Roboter und peripherer Technik mit Milchlagerung besteht u.a. darin, dass sich die durch Tierverkehr, korrosiv wirkende Substanzen in der feuchten Stallatmosphäre, Hochdruckreinigerbetrieb etc. hoch beanspruchten Bauteile auf die Einhausung des Roboters beschränken. Dagegen können die außerhalb des Stalls liegenden Nebenräume für Technik und Tank in Leichtbauweise mit Außenschalung, Dämmung und innenseitiger Trockenbauverkleidung kostengünstig und höchst flexibel ausgeführt werden. Neben den Technikräumen können in diesem Gebäudeteil weitere Funktionen und Nutzungen wie Abkalbe- oder Krankenbuchten, Kälber bzw. Jungvieh, Bergeraum für Futter und Einstreumaterial bis hin zu den Generatoren eines BHKW's im Fall der Erweiterung der Anlage um eine Biogasanlage zur Gülleverstromung untergebracht werden.

2.1 Einhausung des Roboters in einer modifizierten Fertiggarage

Im Zuge der Planung eines Pilotbetriebes wurde die Technik und Milchlagerung in ein Nebengebäude ausgelagert, sodass sich die Massivbauweise auf die Einhausung des Roboters (inkl. kleinem Stallbüro) beschränkt. Um Kosten zu sparen, eine hohe Vorfabrikation zu ermöglichen, die Ausführungsqualität zu optimieren und die Flexibilität der Stallanlage zu erhöhen, wurde in Kooperation mit einem Hersteller für Betonfertigteile und dem beteiligten Melktechnikhersteller eine Raumzelle für den Melkroboter aus einer modifizierten Fertiggarage entwickelt (Abb. 1). Für den Fall einer künftigen Stallerweiterung besteht die Möglichkeit, die Melkbox nach Öffnen der Dacheindeckung mit einem Mobilkran aus dem Stall zu heben und in der Anlage an anderer Stelle wieder einzubauen. Der bei konventionellen Melkhäusern auftretende Leerstand bei der Umstellung auf eine andere Melktechnik kann so ausgeschlossen werden.

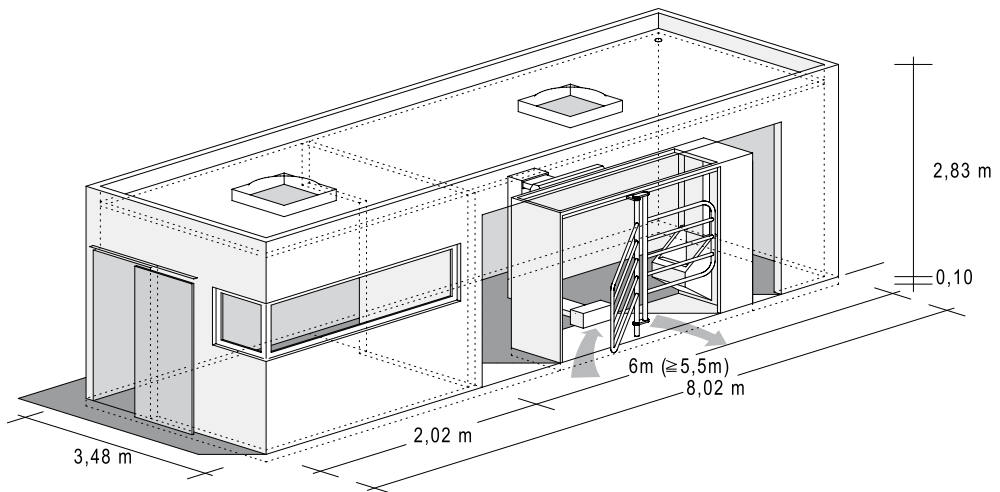


Abb. 1: Melkbox (System Grub-Weihenstephan) mit automatischem Melksystem (AMS) und kleinem Stallbüro

Abb. 1: Milking box (system Grub-Weihenstephan) with automatic milking system (AMS) and little stable office

3 Ergebnisse

Die Werkplanung für die Melkbox ist abgeschlossen, sodass der Fertigteilhersteller bei Bedarf in die Produktion gehen kann. Die Melkbox wird dann etwa vier Tage vor Auslieferung auf die Baustelle in fest eingebauten, beheizbaren Schalungssystemen in der Werkhalle produziert und per LKW auf die Baustelle transportiert. Der Vorteil der Vorfertigung liegt in einer gleichbleibend hohen Betonqualität, die so auf der Baustelle nicht realisierbar ist, einer Vorinstallation aller notwendigen Versorgungsleitungen und Befestigungsmöglichkeiten für den Roboter bzw. anderen technischen Einbauten in

Boden, Wand- und Deckenplatte. Bei Bedarf kann die Decke z.B. zum Aufstellen von Kraftfuttersilos genutzt werden. Die höhere Last wird durch entsprechende statische Maßnahmen kompensiert. Standardmäßig beträgt die Wandstärke je nach Größe der Zelle und der Wandöffnungen 6, 8 oder 10 cm. Der beteiligte Hersteller unterscheidet sich insofern von anderen Anbietern am Markt, dass annähernd beliebige Öffnungen in den Wänden, Boden und Decke nach Vorgabe der Planung umgesetzt werden können. Unveränderlich sind die Außenabmessungen aufgrund der fest in der Werkhalle eingebauten Schalungssysteme. Bei Bedarf können größere Raumeinheiten, wie z.B. die Kombination von Melkbox und Stallbüro, durch das Zusammenfügen mehrerer Raumzellen hergestellt werden.

Die Kosten für den Rohbau einer Melkbox mit Stallbüro betragen ohne Ausbauteile wie Türen und Fenster nach Angebot des Herstellers etwa 8.500 € (inkl. Transport über etwa 300 km bei Stellung Kran bauseits – Stand Mai 2009). Im Vergleich zu einer Ausführung in reiner Fremdleistung bei konventioneller Bauweise in Ortbeton oder Ziegel (mit beidseitiger Fliesenbekleidung) lassen sich über die Fertigbauweise bis zu 45 % der Baukosten einsparen. Die Gestehungszeit auf der Baustelle beschränkt sich auf die Lieferung und den Einbau der Melkbox auf bauseitig vorhandenen Streifenfundamenten sowie den Einbau und den Anschluss des Roboters, der nach Herstellerangaben mit einem handbetriebenen Hubwagen eingefahren werden kann.

Die Integration in die Planung zeigt vielfältige Anordnungsmöglichkeiten (Abb. 2). Da die Zuordnungen der Funktionseinheiten Melkhaus mit Milchabholung, Futtervorlage, Entmistung bis hin zur Güllelagerung standortabhängig sind, ist in diesen Modellplanungen eine mögliche Erschließung mit eingetragen. Variante A (1. Bauabschnitt) zeigt in Anlehnung an die Planung des Pilotbetriebes einen 2-reihigen Liegeboxenlaufstall in Kombination mit einer mehrhäusigen Bauweise der Liegehalle, integrierter Melkbox und separatem Nebengebäude mit Technikräumen, Futterküche und Kälberstall. Diese Bauweise ermöglicht ein abschnittsweises Wachstum. Hierfür werden über die Bodenplatte z.B. in Form verlängerter Schieberbahnen bereits entsprechende Flächen vorgehalten, sodass erste Erweiterungsschritte innerhalb der gebauten Einheiten des 1. Bauabschnittes erfolgen können. Wenn diese Möglichkeiten ausgeschöpft sind, wäre der nächste Schritt dann der Ausbau mit einer weiteren Robotereinheit mit Liegehalle, die über das Nebengebäude gespiegelt wird.

Variante B zeigt als Beispiel im 1. Bauabschnitt einen 4-reihigen Laufstall mit zwei automatischen Melksystemen, die im Hinblick auf die Lage zur Erschließung und günstigsten Milchabholung zunächst giebelseitig untergebracht sind. Es wird angenommen, dass eine Erweiterung der Anlage in die Tiefe des Grundstückes möglich ist. Für diesen Fall wäre eine Verlagerung der gesamten Melktechnik aufgrund der selbst tragenden Melkbox und der Melktechnikräume in Leichtbauweise vom Rand in die Mitte der Stallanlage möglich.

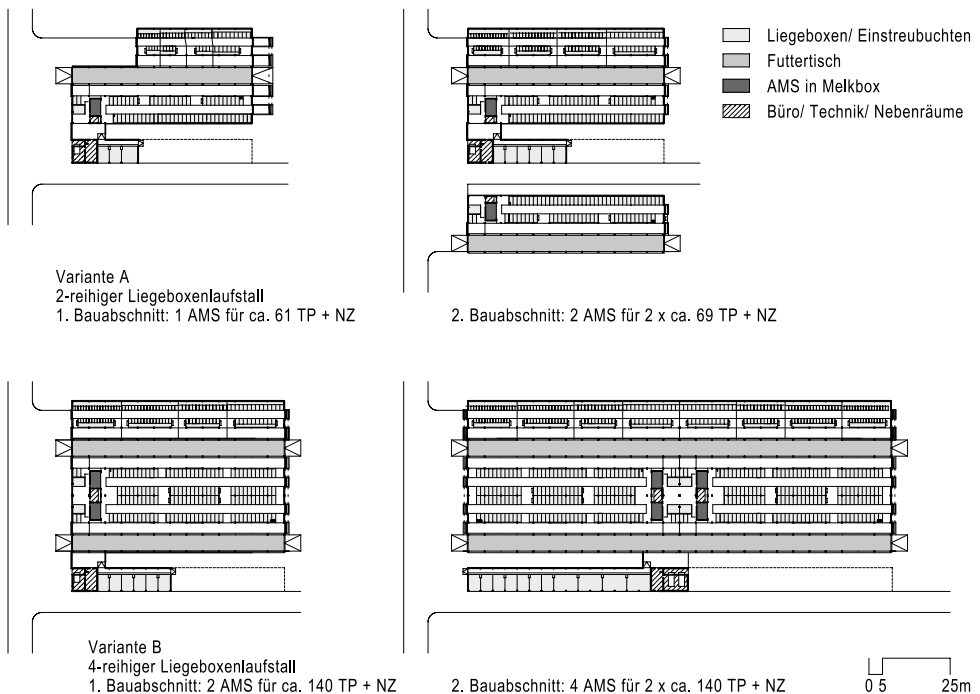


Abb. 2: Modellplanungen mit Erweiterungsschritten als Beispiel für den variablen Einsatz der Melkbox
 Abb. 2: Model planning with extensions as example for the variable use of the milking box

4 Schlussfolgerungen

Die Entwicklung einer vorgefertigten Raumzelle für den Einbau eines Melkroboters verspricht Vorteile hinsichtlich Transport, Flexibilität und Einbauzeit. Über die Herstellung in der Werkhalle lassen sich höchste Maßhaltigkeit, Materialqualität und damit Haltbarkeit realisieren. Der Einbau einer kompletten, selbsttragenden Einheit erleichtert auch deren spätere Entnahme aus dem Stall. Die Melkbox lässt sich bei Einhaltung der erforderlichen Außenmaße in jedem Gebäudetyp realisieren. Insbesondere in Kombination mit Stallanlagen in mehrhäusiger Bauweise (z.B. Modulstall System Grub-Weihenstephan) lassen sich so kostengünstig zukunftsfähige Stallanlagen für jede Bestandsgröße realisieren, die zudem durch eine hohe Funktionalität, optimale stallklimatische Bedingungen aufgrund der geringen Gebäudebreite und eine gute Anpassungsfähigkeit an das Gelände gekennzeichnet sind.

Literatur

SIMON, J.; SCHÖN, W.; STÖTZEL, P. (2007): Innovative Milchviehstallsysteme für den ökologischen Landbau. In Wiesinger, K. (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern – Öko-Landbau-Tag 2007 in Freising. – LfL Schriftenr. 3, S. 45–64

Regelung der Siliergutverdichtung beim Folienschlauchverfahren

Controlling of crop compaction in case of bagging technology

C. MAACK, W. BÜSCHER

Rheinische Friedrich Wilhelms Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Nußallee 5, 53115 Bonn

Schlüsselwörter: Silierung, Schlauchdehnung, Bremsdruck
Keywords: crop compaction, tube extension, braking pressure

Zusammenfassung

Die Sicherstellung anaerober Bedingungen durch eine optimierte Siliergutverdichtung ist bei jedem Verfahren von entscheidendem Einfluss auf die Silagequalität. Im Fall der Schlauchsilierung erfolgt dies durch die werkzeuggesteuerte Zuführung des Siliergutes über einen Presstunnel in einen Folienschlauch. Der Pressdruck wird bisher durch manuell gesteuertes Anbremsen der Maschine aufgebaut. Durch Ausschöpfung der maximal möglichen Schlauchfüllung kann sowohl die Volumenausnutzung als auch die Lagerungsdichte optimiert werden. Im laufenden Projekt wurde ein mittels technisch messbarer Größen funktionierender Regelkreis zur Pressdrucksteuerung entwickelt. Hierfür wurde eine mit verschiedenen Sensoren ausgerüstete Versuchsschlauchpresse konstruiert. Die Versuche zeigen, dass die Messung der Schlauchdehnung durch Abstandssensoren eine geeignete Messgröße zur Regelung des Bremsdruckes darstellt.

Summary

Providing of anaerobic conditions in silage making has important effects on feed quality at every kind of silage technology. In case of the bagging technology the silage crop is compacted by pressing through a tunnel in a connected plastic bag. The compaction is so far controlled by a brake system, which has to be handled by the machine operator. The aim of the present project was to develop suitable control loops for optimised forage compression and reduced effect of the operator. In order to this an experimental bagger, which is equipped with different sensors was constructed. The experiences show that the tube extension which is measured indirectly by ultrasonic sensors is a suitable parameter to control the brake pressure.

1 Einführung

Die Konservierung von Futter in Folienschläuchen stellt eine technische Alternative zum Fahrilo dar. Charakteristisch ist der Verzicht auf bauliche Maßnahmen, womit geringere Kosten und darüber hinaus eine größere Flexibilität verbunden sind. Die kurze aerobe Befüllphase, der komplette Luftabschluss im Schlauch sowie die kleine Anschnittfläche während der Futterentnahme bieten optimale Grundvoraussetzungen für die Erzeugung qualitativ einwandfreier Silage bei geringen Verlusten. Die Weiterentwicklung der Technik, mit einer erheblichen Steigerung der Durchsatzleistung (bis 150 t/h) [4], ermöglicht heute deren Einsatz in leistungsstarken Silageketten.

Die Verdichtung ist eine Haupteinflussgröße für den Siliererfolg [1, 2] und vor allem für die Stabilität der Silage nach Siloöffnung von entscheidender Bedeutung. Die Steigerung der Leistung im Bereich der Erntetechnik stellt im Bezug auf die Siliergutverdichtung bei jedem Verfahren eine besondere Herausforderung dar [3]. Beim Verfahren der Schlauchsilierung wird das Erntegut zur Verdichtung mit einem konstanten Massefluss über einen Rotor in einen Presstunnel mit anschließendem Folienschlauch gepresst, der auf einem festen Untergrund liegen sollte. Mit stetiger Siliergutzuführung nimmt der Druck im Pressraum zu, wodurch das Siliergut verdichtet und die Schlauchpresse nach vorne geschoben wird. In Folge des Arbeitsprinzips des Pressrotors und der Eigenverdichtung des Siliergutes ist eine zum oberen und seitlichen Rand des Schlauches etwas abnehmende Lagerungsdichte nicht zu vermeiden (Abb. 1).

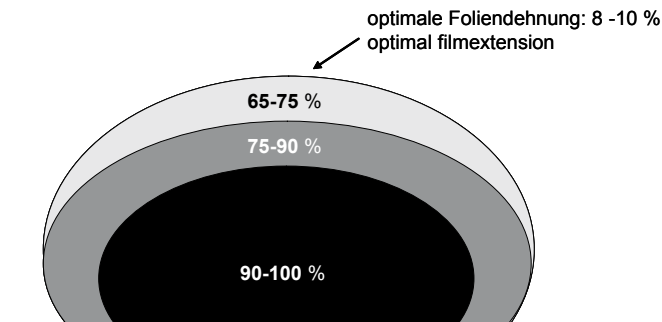


Abb. 1: Verteilung der Lagerungsdichte über den Schlauchquerschnitt

Fig. 1: Density across the transverse section of a silo bag

Eine optimale Füllung bei Einhaltung einer konstanten Schlauchdehnung führt zu einer verbesserten Verdichtung, vor allem im Randbereich. In Kombination mit der dicht und unter Spannung am Gut anliegenden Schlauchfolie wird die Lufteindringrate an der Anschnittfläche bei geöffnetem Silo reduziert und somit der Nacherwärmung entgegengewirkt.

Die notwendige Aufrechterhaltung des Pressdruckes erfordert ein Anbremsen des Pressaggregates, welches bisher durch ein manuell regelbares hydraulisches Bremsensystem realisiert ist. Der Pressdruck wird über die Beobachtung der Foliendehnung an aufgedruckten Dehnungsmessstreifen kontrolliert (Dehnung der Folie um 8–12 %).

Je nach Futterart, Trockenmassegehalt und Untergrund ergibt sich nach der Dehnungsmessung ein bestimmter einzustellender Hydraulikdruck, um die Maschine anzubremsen und damit indirekt den Pressdruck zu erzeugen. Die Schlauchdehnung muss jedoch ständig vom Maschinenbediener überwacht werden, da Änderungen der Einflussgrößen, wie z.B. von unebenem Untergrund verursacht, durch eine Anpassung des Bremsdruckes ausgeglichen werden müssen. Wird dies nicht beachtet, besteht zum einen die Gefahr der Überdehnung der Schlauchfolie und zum anderen die Möglichkeit einer nicht ausreichenden Schlauchfüllung, die mit zu geringer Siliergutverdichtung einhergeht. Der Verdichtungserfolg ist somit in hohem Maße von Erfahrung und Aufmerksamkeit des Maschinenbedieners abhängig, was eine intensive Schulung voraussetzt.

2 Zielsetzung

Ein Arbeitspaket im Promotionsprojekt war die Entwicklung eines Regelkreises zur Pressdrucksteuerung, der die Anpassung des Bremsdruckes unabhängig vom Einfluss des Maschinenbedieners ausführt. Mithilfe einer automatisierten Regelung des Pressdruckes sollte eine optimierte Verdichtung des Siliergutes und eine gleichmäßige Schlauchfüllung erreicht werden.

3 Material und Methoden

Für die Durchführung von Pressversuchen unter kontrollierten Bedingungen wurde eine Schlauchpresse mit einem Presstunnel für Schläuche von 91 cm Durchmesser gebaut (Abb. 2). Die Versuchspresse ist so konstruiert, dass der Schlauch nicht auf dem

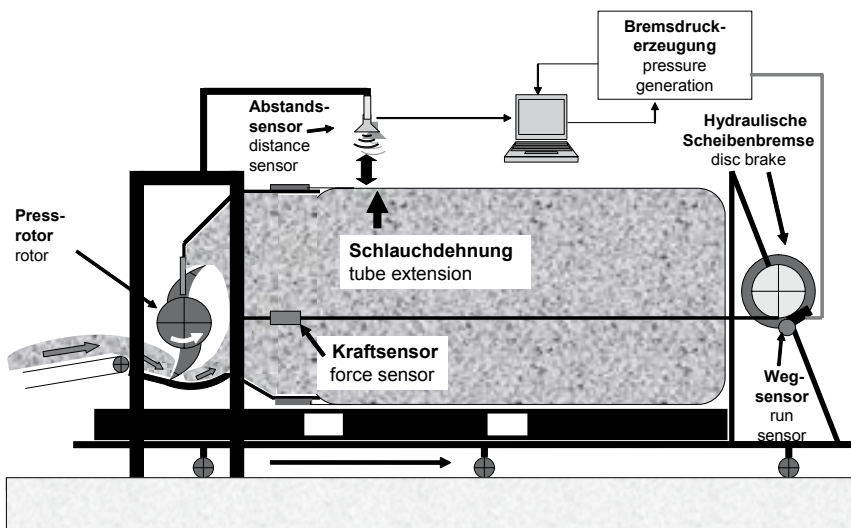


Abb. 2: Aufbau der Versuchsschlauchpresse (Seitenansicht)
 Fig. 2: constraction of the experimental bagger (laterel view)

Boden, sondern auf einem Wagen ($L \times B \times H/4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$) mit aufliegender Palette abgelegt wird, der sich beim Pressen langsam weiterbewegt. Die Palette mit aufliegendem Schlauch kann anschließend mit einem Gabelstapler transportiert werden. Dies ermöglicht die Verwiegung der gepressten Schläuche und einen einfachen Anbau der Messtechnik, da Traktor und Schlauchpresse beim Pressvorgang an ihrer Position bleiben.

Zur Überwachung und Aufzeichnung der Parameter Schubkraft, Schlauchgröße, Vorschub und Bremsdruck sind Sensoren installiert, die online Messdaten auf einen Rechner übertragen. Die von einer Scheibenbremse aufgebaute Bremskraft, wird über zwei Seiltrommeln und Drahtseile, an denen Zugkraftsensoren eingehängt sind, auf die Presse übertragen.

Drei Ultraschall-Abstandssensoren (Abb. 2) (beidseitig neben- und mittig über dem Schlauch positioniert) messen kontinuierlich Höhe $[2 \cdot R_1]$ und Breite $[2 \cdot R_2]$ des Schlauches während des Pressvorgangs, wodurch der Schlauchumfang $[U]$ zu berechnen ist.

Der Korrekturfaktor $[k]$ für die Anpassung des Schlauchumfangs wurde durch Vermessung der Anschnittflächen gepresster Schläuche ermittelt. Die Messung des Vorschubes erfolgt über einen Inkrementalgeber an der Seiltrommel. Der Folienschlauch befindet sich zu Beginn der Pressung gefaltet auf dem Presstunnel und wird fortlaufend von diesem heruntergezogen und gefüllt. Mit zunehmender Siliergutmasse baut sich ein Druck im Schlauch auf, der das verschlossene Ende gegen die Halteeinrichtung auf dem Wagen drückt. Je nach eingestelltem Bremsdruck wird die Haftreibung der Bremse bei einer höheren oder geringeren Druckkraft überwunden und lässt den Wagen langsam vorrollen. Dabei wird der Schlauch abhängig vom Bremsdruck mehr oder weniger stark gedehnt. Ohne Einfluss von Störungen und passend gewähltem Druck kann der Schlauch auf diese Weise gleichmäßig gepresst werden. Um Störungen zu simulieren, wie sie in der Praxis z.B. durch Unebenheiten oder Siliergutunterschiede vorkommen, wurden kleine Hindernisse (Rampen) vor den Rädern einer Achse des Wagens angebracht, die unabhängig von der Bremse zu einer Erhöhung des Widerstands führen. Die Folge ist eine größere Dehnung im betreffenden Schlauchabschnitt.

Über die Pressdruckregelung wird der Bremsdruck nach vorher gewählten Grenzwerten (Beispiel: 105–108 %) für den Schlauchumfang angepasst, sodass eine Änderung des Gesamtwiderstands ausgeglichen werden kann und nur eine geringe Dehnungsänderung am Schlauch erfolgt. Als Siliergut für die Versuche wurde Silomais (theoretische Häcksellänge 7 mm, TS-Gehalt 34 %) eingesetzt.

4 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 3 (links) sind die Foliendehnung und der Bremsdruck über die Schlauchlänge am Beispiel einer Pressung mit zwei zusätzlichen Hindernissen dargestellt. Ein Wert von 100 % entspricht dem Umfang des ungedehnten Folienschlauchs. Der Bremsdruck wurde auf 5 MPa eingestellt und nicht verändert. Die zusätzliche Verzögerung durch die vor die Räder des Wagens gelegten Rampen wirkte sich deutlich auf die Schlauchdehnung aus. Diese stieg im Bereich der Rampen von 5 auf 15 % an. Aus Laboruntersuchungen des Folienherstellers ist bekannt, dass die Haltekraft der Folie im

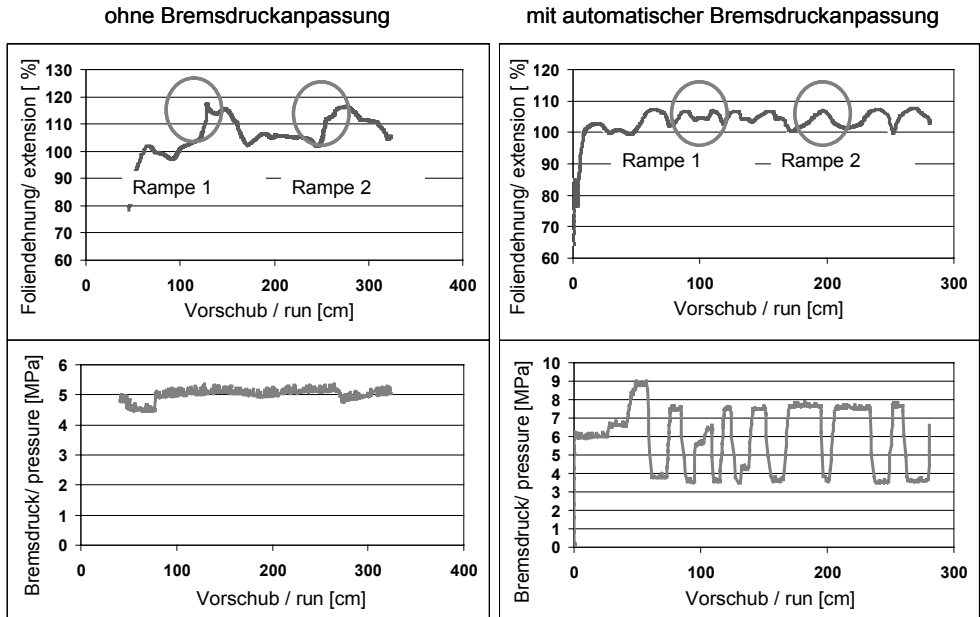


Abb. 3: Foliendehnung und Bremsdruck während der Pressung (Silomais 34 % TS)

Fig. 3: Filmextension and brake pressure during the press process (Mais 34 % DM)

elastischen Dehnbereich bis etwa 10 % ansteigt, bei weiterer Dehnung jedoch wieder leicht abnimmt, weshalb sie unterhalb dieses Grenzbereichs bleiben sollte.

In Abbildung 3 (rechts) ist der Verlauf von Foliendehnung und Bremsdruck über die Schlauchlänge bei aktivierter automatischer Bremsdrucksteuerung dargestellt, wobei nach Pressbeginn der Druckverstellbereich auf 3,5 bis 7,5 MPa begrenzt wurde.

Beim Auflaufen des Wagens auf die Hindernisse erfolgt zunächst ein Anstieg der Foliendehnung mit darauf folgender Bremsdruckabsenkung. Nach Überwindung des Hindernisses sinkt die Foliendehnung zunächst ab, worauf der Bremsdruck wieder erhöht wird. Auf diese Weise können von der Bremse unabhängige Widerstandsänderungen durch eine Druckanpassung ausgeglichen und extreme Schlauchdehnungen vermieden werden.



Abb. 4: Versuchsschlauch mit Rampen ohne Pressdruckanpassung (links) und mit automatischer Druckanpassung (rechts)

Fig. 4: Pressed bag without pressure adaption (left) and with automatic controlled brake pressure (right)

Für die Anpassung des Bremsdrucks bei solchen Hindernissen hat sich diese Art der Regelung als die am besten geeignete Variante herausgestellt. Ein Nachteil besteht jedoch im zeitweiligen Stoppen des Vorschubs und den häufigen Regeleingriffen.

Bei gleichmäßigem Untergrund und homogenem Siliergut ist eine Einstellung der Regelung auf kleinstufige Regelvorgänge in Zeitintervallen günstiger, da so ein „Einpegeln“ des Bremsdruckes möglich ist und die Bremse fortlaufend langsam nachgibt.

5 Fazit

Eine automatische Bremsdruckregelung bietet die Möglichkeit, den Bediener zu entlasten, muss jedoch auf die jeweiligen Bedingungen (Siliergut, Untergrund) eingestellt werden. Das Ansprechverhalten und die Regelgenauigkeit könnten noch weiter verbessert werden.

Literatur

- [1] HONIG, H. (1987): Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. Summary of papers, 8th Silage Conference, Hurley (UK)
- [2] SPIEKERS, H. (1998): Nacherwärmung der Maissilage – Dichte ist die halbe Miete. Milchpraxis, 36. Jahrgang, Nr. 3, S. 145–147
- [3] WAGNER, A. (2005): Qualitätsmanagement bei der Futterernte. Einflüsse der Erntetechnik auf den Qualitätsparameter „Langzeitstabilität“ von Silagen. Bonn, (VDI-MEG) S. 432
- [4] Schlauchpressen, Prospekt, AG-BAG, Malschwitz-Kleinbautzen 2008

Untersuchungen zur Silierung von Biertrebern

Investigations of ensiling of brewer's grains

GOTLIND WEBER¹, EHRENGARD KAISER²

¹ BAG Budissa Agroservice GmbH, Birnenallee 10, 02694 Malschwitz

² Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Biertreber, Silierung, Folienschlauchsilierung

Keywords: brewer's grains, ensiling, truck bagging

Zusammenfassung

In einem umfangreichen Forschungsprojekt wurde untersucht, welchen Qualitätsveränderungen frische Nass- und Presstreber von der Abholung in den Brauereien bis zur Lagerung unterliegen. Einen Untersuchungsschwerpunkt bildete dabei das „Truckbaggingverfahren“ – eine neu entwickelte Siliertechnologie für Nasstreber, bei der die Treber direkt vom LKW am jeweiligen Lagerplatz in Folienschläuche verkippt werden.

Die Ergebnisse der Silierversuche verdeutlichen, dass die Treberkonservierung vorrangig auf den Erhalt der sehr guten Qualität des Ausgangsmaterials gerichtet sein muss. Voraussetzung für die Erzeugung guter Trebersilagen sind ein schneller und kompletter Luftabschluss und sehr sauberes Arbeiten, da bei Kontamination des Ausgangsmaterials mit Schadkeimen die Säuerung meist zu gering ist, um Fehlgärungsprozesse zu unterbinden.

Das Truckbaggingverfahren erwies sich wegen des niedrigen Kontaminationsrisikos und des sehr schnellen Luftabschlusses im Vergleich zu herkömmlichen Silierverfahren als eine sehr gute und risikoarme Methode für die Nasstrebersilierung.

Summary

The quality changes of fresh wet and pressed brewer's grains were investigated in presented paper starting from the collecting in the breweries until the storage. The truck bagging technology was detailed investigated – a new developed silage technology, where the wet brewer's grains are tipped out directly from a truck into a silage bag.

The results show that brewer's grains conservation must be mainly ensure the good quality of the fresh material. This requires fast and complete air sealing und careful and clean work. In case of contamination the acidity is to low to prevent wrong fermentation.

It could been shown that the truck bagging technology was a very good and low risk method to store wet brewer's grains due to the low contamination risk and the very fast air sealing compared to common silage technologies.

1 Einleitung

Biertreber sind ein wertvolles Eiweißfuttermittel vor allem in der Wiederkäuerfütterung (JEROCH et al., 1999). Wegen des hohen Wassergehaltes ist das Verderbrisiko bei unsachgemäßem Umgang mit diesem Futtermittel allerdings sehr hoch und führte in den vergangenen Jahren zu Akzeptanzproblemen bei Landwirten. Aus ökologischer Sicht sollte es aber vorrangiges Ziel sein, diese wertvolle regionale Proteinquelle über die Verwertung als Futtermittel wieder in den landwirtschaftlichen Kreislauf zurückzuführen.

In einem umfangreichen Forschungsprojekt sollte deshalb untersucht werden, unter welchen Voraussetzungen Biertreber erfolgreich gelagert werden können. Dabei wurde vor allem die neu entwickelte Siliertechnologie für Nasstreber – das Truckbaggingverfahren – als Alternative zu herkömmlichen Siliermethoden detailliert untersucht.

2 Material und Methoden

Zur Beurteilung der Qualität der frischen Biertreber wurden zwischen Juni 2006 und Dezember 2007 an verschiedenen Wochentagen über den gesamten Untersuchungszeitraum verteilt Nass- und Presstreberproben in verschiedenen Brauereien während der Beladung der Transportfahrzeuge gezogen, jeweils in dreifacher Wiederholung. Es wurden jeweils die Roh Nährstoffgehalte, die Gehalte an Hefen und Schimmelpilzen und die aerobe Stabilität (HONIG, 1990) bestimmt.

Zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Silagequalität von Nass- und Presstrebern wurden Silierversuche unter Praxisbedingungen durchgeführt. Im Juni 2006 wurden 25 t Nasstreber aus einer Brauerei in einem Freigärhaufen einsiliert. 50 t Nasstreber aus einer weiteren Brauerei wurden mit der Truckbaggingtechnologie in zwei Folienschläuche (je 25 t) verkippt. In einen Folienschlauch wurden unbehandelte Treber gefüllt. Zur Untersuchung der Siliermittelwirkung auf die aerobe Stabilität der Nasstrebersilagen wurden in die frischen Treber für den zweiten Schlauch bereits in der Brauerei 3 l/t Mais Kofasil liquid eingemischt. 50 t Presstreber aus einer dritten Brauerei wurden nach Zwischenverkipfung mittels Radlader und AG BAG Silopresse in zwei Folienschläuche gefüllt. Ein Folienschlauch enthielt die unbehandelte Kontrollvariante, in dem zweiten wurden während der Befüllung durch die Silopresse 3 l/t Mais Kofasil liquid zugesetzt. Nach 42 Siliertagen wurden alle Silos komplett geöffnet und aus drei Schichten Proben für chemische und aus zwei Schichten für mikrobiologische Analysen gezogen, jeweils in dreifacher Wiederholung. Zusätzlich wurde die aerobe Stabilität nach HONIG (1990) bestimmt. Im Februar 2007 wurde diese Versuchsanstellung komplett wiederholt.

Da beim Truckbaggingverfahren im Gegensatz zur herkömmlichen Nasstrebersilierung im Freigärhaufen der Sickersaft im Folienschlauch gehalten werden kann, sollte außerdem untersucht werden, welche Wirkung der im Folienschlauch verbleibende Sickersaft auf die Silagequalität hat. Dazu wurden im Oktober 2006 je 25 t Nasstreber aus einer Brauerei mittels Truckbagger in zwei Folienschläuche verkippt. Ein Schlauch wurde ebenerdig abgelegt und der Sickersaft in diesem Schlauch während der gesamten sechsmonatigen Lagerphase gehalten. Der zweite Schlauch wurde mit einem leichten

Gefälle abgelegt. Aus diesem Schlauch konnte der Sickersaft während der gesamten Lagerdauer ungehindert in Sammelcontainer ablaufen. Zur Untersuchung des Einflusses der Lagerdauer wurden in bestimmten Intervallen Proben aus beiden Schläuchen in zweifacher Wiederholung aus einer repräsentativen mittleren Schicht gezogen und nach der Probenahme die Entnahmestelle mittels Reparaturband wieder luftdicht verschlossen. Zur Untersuchung der Sickersaftwirkung wurden beide Schläuche nach 178 Siliertagen komplett geöffnet und Proben in drei Schichten in dreifacher Wiederholung für chemische Untersuchungen gezogen, für mikrobiologische Untersuchungen aus einer mittleren Schicht, ebenfalls in dreifacher Wiederholung.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Monitoring

Es wurden insgesamt 72 Nassstreberproben aus vier verschiedenen Brauereien und 42 Presstreberproben aus zwei verschiedenen Brauereien untersucht.

Hervorzuheben ist, dass die Rohnährstoffgehalte einer Treberart zwischen den verschiedenen Brauereien nur geringfügig schwankten. Bei den Nassstrebern aus vier verschiedenen Brauereien unterschieden sich weder Rohfaser-, Rohprotein- noch Rohfettgehalte signifikant voneinander und auch die Rohaschegehalte wichen nur minimal voneinander ab. Der Besatz der Treber mit Hefen und Schimmelpilzen war generell sehr niedrig (Abb. 1).

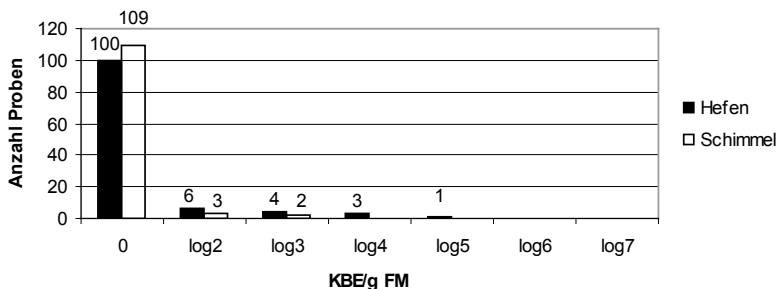


Abb. 1: Schadkeimkonzentrationen in frischen Nass- und Presstrebern bei Abholung in den Brauereien
 Fig. 1: Concentration of yeasts and moulds in fresh wet and pressed brewer's grains during truck loading in breweries

Einen ähnlich niedrigen Besatz mit Schadkeimen ermittelten KÜNTZEL (1991a) und PREISSINGER et al. (2007) in frischen Nassstrebern und KÜNTZEL und SONNENBERG (1997) in frischen Presstrebern.

Damit stellen die Brauereien dem Landwirt mit den frischen Nass- und Presstrebern ein qualitativ hochwertiges Eiweißfuttermittel zur Verfügung, welches nur geringfügige Schwankungen im Nährstoff- und Energiegehalt aufweist und futtermittelhygienisch unbedenklich ist. Zu beachten ist allerdings die nur geringe aerobe Stabilität der frischen Treber, die im Mittel bei etwa zwei Tagen lag. Biertreber müssen deshalb entweder inner-

halb von zwei Tagen frisch verfüttert oder unmittelbar nach Ankunft am Silierort sofort einsiliert werden.

3.2 Silierversuche

Bei sehr sauberem Arbeiten konnten im Winterversuch 2007 mit allen Siliertechnologien sehr gute Nass- und Presstrebersilagen erzeugt werden. Die Silagen waren nahezu buttersäurefrei und enthielten nur geringe Mengen an Essigsäure (Tab. 1) und es wurden nur geringe Hefe- und Schimmelpilzkeimzahlen gefunden.

Tab. 1: Gärparameter der Trebersilagen nach 42 Tagen Silierdauer (n = 3)

Tab. 1: Fermentation parameters in brewer's grains silages after a storage period of 42 days (n = 3)

			Position	MS % TM	ES % TM	PS % TM	Bges. % TM	Ethanol % TM	n-Propanol % TM	pH		
Sommerversuch 2006	Press- treber	Nasstreber	Freigär- haufen	oben	0,24 0,20	1,97 0,12	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1,71 0,26	4,48 0,08	
			unten	0,40 0,62	1,37 0,51	0,20 0,20	1,86 1,18	0,00 0,00	1,21 0,19	4,33 0,08		
		Truck- bagger	oben	3,84 0,23	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	4,05 0,02		
			unten	3,78 0,14	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	4,05 0,03		
	AG BAGGER	oben	0,97 0,72	1,71 0,33	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,94 0,07	4,39 0,18			
		unten	0,24 0,09	1,68 0,84	0,26 0,07	1,65 0,26	0,00 0,00	1,08 0,44	4,31 0,09			
	Winterversuch 2007	Press- treber	Nasstreber	Freigär- haufen	oben	0,56 0,27	0,46 0,33	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,39 0,09	4,61 0,09
				unten	0,56 0,37	0,44 0,34	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,36 0,08	4,65 0,16	
Truck- bagger			oben	3,90 1,33	0,09 0,12	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,09 0,16	4,06 0,14		
			unten	2,50 2,03	0,67 0,70	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,51 0,47	4,23 0,26		
AG BAGGER		oben	1,53 0,26	0,11 0,10	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	4,80 0,05			
		unten	1,37 0,07	0,09 0,09	0,00 0,00	0,00 0,09	0,00 0,00	0,00 0,00	4,79 0,13			

Während mit der Truckbaggingtechnologie in beiden Versuchen sehr gute Silagen erzielt werden konnten, war die Qualität der Nasstrebersilagen im Freigärhaufen und der Presstrebersilagen im Folienschlauch im Sommerversuch 2006 nur unbefriedigend. Dies zeigte sich in sehr niedrigen Milchsäure- und erhöhten Essigsäuregehalten, vor allem aber wurden hohe Buttersäuregehalte in der unteren Schicht und am Silogrund in Konzentrationen bis 2,7 % gefunden. Da sich das Ausgangsmaterial für die beiden Versuche weder im Rohnährstoffgehalt noch im Besitz an Schadkeimen unterschied, ist eine Kontamination der Treber bei der Einsilierung zu vermuten. Während beim Truckbagging-

verfahren die frischen Treber ohne Bodenberührung direkt vom Transportfahrzeug in den Folienschlauch verkippt wurden und die Kontaminationsgefahr damit minimiert war, kann bei den anderen Verfahren ein Schmutzeintrag während der Einsilierung nicht ausgeschlossen werden.

Zur Bewertung der Sickersaftwirkung auf die Silagequalität wurden zwei Folienschläuche mit Nassstrebern aus einer Brauerei an einem Tag gefüllt. Im Schlauch 1 wurde der Sickersaft gehalten, aus Schlauch 2 konnte er während der gesamten sechsmonatigen Lagerdauer ungehindert ablaufen.

Tab. 2: Vergleich der Sickersaftwirkung auf die Gärqualität der Nassstrebersilagen nach 178 Siliertagen (n = 3)

Tab. 2: Comparison of effluent effect on fermentation quality of wet brewer's grains silages after 178 storage days (n = 3)

Pos.	Sickersaft	pH	NH ₃ -N % d. Ges.-N	MS % TM	ES % TM	PS % TM	BS ges. % TM	Meth % TM	Eth % TM	Prop % TM
oben	mit (Schlauch 1)	4,0 0,1	0,1 0,0	1,9 0,4	0,3 0,2	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,1
	ohne (Schlauch 2)	4,1 0,1	0,1 0,0	2,8 1,0	0,4 0,2	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,1 0,0
	Sign. ¹⁾	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
unten	mit (Schlauch 1)	4,4 0,0	0,1 0,0	0,4 0,1	1,4 0,7	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,1	0,1 0,1	0,7 0,3
	ohne (Schlauch 2)	4,4 0,1	0,1 0,0	0,7 0,3	1,3 0,7	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,1 0,1	0,6 0,4
	Sign. ¹⁾	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s. ²⁾	n.s.	n.s.
Grund	mit (Schlauch 1)	4,2 0,1	0,1 0,0	1,8 2,7	1,4 0,2	0,4 0,1	0,0 0,0	0,1 0,1	0,0 0,1	0,5 0,2
	ohne (Schlauch 2)	4,3 0,1	0,1 0,0	0,6 0,0	1,4 0,6	0,1 0,1	0,0 0,0	0,0 0,0	0,1 0,1	0,7 0,3
	Sign. ¹⁾	n.s.	n.s.	n.s. ²⁾	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹⁾ Sign. = signifikante Unterschiede eines Faktors (n.s. = nicht signifikant: p > 0,05; * = signifikant: p ≤ 0,05;

** = hoch signifikant: p ≤ 0,01; *** = höchst signifikant: p ≤ 0,001); t-Test bei Varianzhomogenität.

²⁾ approximativer t-Test bei Varianzinhomogenität.

Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, dass die Silagen beider Schläuche nach 178 Siliertagen buttersäurefrei waren. Sowohl in der oberen und unteren Position als auch am Schlauchgrund wurden in der Variante mit Sickersaft vergleichbare Gärsäure- und Alkoholgehalte gefunden wie im Schlauch, aus dem der Sickersaft während der gesamten Lagerdauer ungehindert abfließen konnte. In der oberen Schicht wurde vorrangig Milchsäure gebildet in den unteren Schichten etwas mehr Essigsäure und Spuren von Alkoholen. Die niedrigen NH₃-N Werte zeigen, dass trotz des hohen Eiweißgehaltes der Nassstreber nur ein sehr geringer Eiweißabbau während der sechsmonatigen Silierdauer stattfand. Ähnlich niedrige NH₃-N Gehalte wurden auch von anderen Autoren in Nassstrebersilagen ermittelt (BECKHOFF, 1985; WYSS, 2002; NISHINO et al., 2003). Hefen und Schimmelpilze wurden nur an einer Position in zweifacher Wiederholung bestimmt. In

beiden Schläuchen wurden nach 178 Siliertagen keine Schimmelpilze nachgewiesen und Hefen nur in einer Probe von Schlauch 1 im Bereich von 10^4 KBE/kg FM. Die Qualität der Nasstrebersilagen war somit nach 178 Siliertagen sehr gut. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne Sickersaft wurden nicht gefunden. Damit konnte gezeigt werden, dass Nasstreber in Folienschläuchen mindestens sechs Monate ohne Qualitätsbeeinträchtigung gelagert werden können und dass der Sickersaft bis zum Öffnen der Silos im Schlauch gehalten werden kann. Allerdings hatte die Lagerdauer keinen Einfluss auf die aerobe Stabilität der Nasstrebersilagen. Auch nach längerer anaerober Lagerung waren sie nur ein bis zwei Tage an der Luft stabil. Durch einen Siliermittelzusatz der DLG-Wirkungsrichtung 2 (3 l/t Mais Kofasil liquid) konnte im Praxisversuch die aerobe Stabilität auf 4,3 Tage erhöht werden. Bei einem geringen täglichen Vorschub ist daher ein Siliermitteleinsatz zu empfehlen.

Die Versuche haben gezeigt, dass das Truckbaggingverfahren im Vergleich zur herkömmlichen Trebersilierung einige Vorteile vereint. Das Kontaminationsrisiko ist durch die direkte Kette: Trebersilo in den Brauereien – Transportfahrzeug – Folienschlauch minimiert, denn jede Fläche für eine Zwischenverkipfung bzw. jeder Abplatz sind potenzielle Keimträger. Neben dem verringerten Kontaminationsrisiko gewährleistet kein anderes Verfahren einen schnelleren und kompletteren Luftabschluss, wodurch mit einer sehr großen Sicherheit gute Silagen erzeugt und die Silierverluste minimiert werden können.

Literatur

- BECKHOFF, J. (1985): Zur Silierung und zum Nährstoffgehalt von Biertreber.
Das wirtschaftseigene Futter 31, 3, S. 209–220
- HONIG, H. (1990): Evaluation of aerobic stability. Proc. Eurobac Confer., Uppsala, 12.–16.8.86, Grovfoder, Grass and Forage Reports, Special Issue 3, S. 76–82
- JEROCH, H.; DROCHER, W.; SIMON, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere.
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- KÜNTZEL, U.; SONNENBERG, H. (1997): Konservierung von Presstrebern mit Kaliumsorbit.
Monatsschrift für Brauwissenschaft 50 (9–10), S. 175–181
- NISHINO, N. H.; HARADA, H.; SAKAGUCHI, E. (2003): Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers grains ensiled alone or in combination with various feeds as a total mixed ration. Journal of Sci. of Food and Agric., 83, S. 557–563
- PREISSINGER, W.; SÖLDNER, K.; OBERMAIER, A.; SPIEKERS, H. (2007): Zum Futterwert von Biertreber. Forum angewandte Forschung 8./9.03.2007, S. 30–35
- WYSS, U. (2002): Biertrebersilagen: Lagerdauer und Siliermitteleinsatz. Agrarforschung 9 (1), S. 14–19

Modell zur Analyse von Kapazitätsreserven bei automatischen Melksystemen

Model for Analysis of Capacity Reserves in Automatic Milking Systems

JAN HARMS, GEORG WENDL

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

Schlüsselwörter: Automatisches Melksystem (AMS)

Keywords: automatic milking system (AMS)

Zusammenfassung

Aufgrund des hohen Investitionsbedarfs automatischer Melksysteme ist die Ausschöpfung der technischen Kapazität von großer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme.

Basierend auf einem theoretischen Ansatz, kombiniert mit Ergebnissen von Praxisbetrieben und Zeitmessungen auf Versuchsbetrieben, wurde ein mathematisches Modell entwickelt, um die Kapazität abzuschätzen. Das entwickelte Modell kann dabei helfen, Schwachpunkte eines bestimmten Systems oder eines Betriebs zu detektieren. Darüber hinaus bietet es die Möglichkeit, die Auswirkungen bestimmter Verbesserungen im Vorfeld abzuschätzen. Beides ist von großer Bedeutung für die Entscheidungen des Landwirts und kann dazu beitragen, Kapazitätsreserven freizusetzen.

Summary

Automatic milking is an expensive technology. Therefore the full exploitation of the technical system capacity is necessary for economical reasons.

Based on a theoretical approach combined with results of practical farms and time measurements on experimental farms a mathematical model was created to predict the system capacity. The developed model can help to detect weak points of a certain system or a certain farm. Furthermore it offers a possibility to pre-estimate the effects of different improvements on system capacity. Both is essential for the farmer's decisions and might help to release capacity reserves.

1 Einleitung

Obwohl die Ausnutzung der Kapazität automatischer Melksysteme aus wirtschaftlicher Sicht von großer Bedeutung ist, ist dem Landwirt häufig nicht ausreichend bekannt, über welche Kapazitätsreserven sein System verfügt und wie er diese ausschöpfen kann. In der Literatur sind Angaben zu den Auswirkungen einzelner Parameter auf die Kapazität (KONING und OUWELTJES, 2000) oder auch komplexe Modelle zur Kapazitätsberechnung (SCHICK et al., 2000; DZIDIC et al., 2001; SONCK und DONKERS, 1995) zu finden. Bisher ist es für den Landwirt jedoch schwierig abzuschätzen, wie sich Änderungen im Management des Systems, bei der Technik oder bei tierbezogenen Parametern in Summe auf die Kapazität seines Melksystems auswirken. Darüber hinaus fehlt ein Werkzeug mit dem der eigene Betrieb objektiv mit anderen verglichen werden kann (Benchmarking), um diesen dadurch zu optimieren.

2 Zielsetzung

Ziel der Untersuchung war es, ein Modell zu erstellen, welches auf einfach zu erhebenden Daten beruht, und damit die Zusammenhänge zwischen Veränderungen dieser Daten und der Systemleistung aufzuzeigen.

Darüber hinaus sollte mit der Visualisierung der Daten für den Landwirt eine einfache Möglichkeit geschaffen werden, seinen Betrieb mit anderen zu vergleichen.

3 Material und Methoden

Das Modell zur Abschätzung der Kapazität beruht auf den in Tabelle 1 aufgeführten Parametern. Diese wurden in tierbezogene, managementbezogene und technische Parameter unterteilt.

Da das Modell nur auf einfach (automatisch) zu erfassenden Daten beruhen sollte, wurden einige Werte in Versuchen ermittelt und dann als definierte Parameter in das Modell aufgenommen. Die Werte bleiben jedoch durch den Anwender veränderbar. Die Auslastung des Systems wurde als Variable in das Modell aufgenommen, um hier einen Maximalwert definieren zu können (z.B. um Probleme mit rangniederen Tieren zu reduzieren). In der Regel ist dieser Wert durch den Landwirt am System abrufbar.

Die Systemleistung wurde als jährlich ermolene Milchmenge, Anzahl Melkungen/Besuche pro Tag oder als maximal mögliche Herdengröße berechnet. Die ermolene Milchmenge pro System und Jahr (MYS) wurde anhand der Gleichung (1) bestimmt. Ähnliche Gleichungen wurden verwendet, um die maximal mögliche Herdengröße oder die Anzahl der möglichen Melkungen zu ermitteln.

$$MYS = \frac{24h \cdot 60 \cdot SU - (TCM \cdot NCM) - TCB}{\left[\left(\frac{MY}{305} \right) / FM \right] / MF + TS + TL + TE \cdot FM + [(TL + TE) \cdot FV]} \cdot MY \quad (1)$$

Tab 1: Parameter des Kapazitätsmodells

Tab 1: Parameter of the capacity model

Gruppe Group		Parameter Parameter	Einheit Unit	Ursprung Origin
Tier Animal	MY	Milchleistung je Kuh (305 Tage) <i>Average milk yield per cow (305 days)</i>	kg	Datenbank Database
	MF	Durchschnittlicher Milchfluss <i>Average milk flow</i>	kg/min	Datenbank Database
	TCM	Dauer einer Hauptreinigung <i>Duration of a system main cleaning</i>	min	Datenbank Database
Technik Technics	TS	Vorbereitung, Ansetzen, Dippen <i>preparation, attachment, dipping</i>	sec	Datenbank Database
	TCB	Dauer Tankreinigung <i>Time for cleaning the bulk tank</i>	min	def. Wert* def. value*
Management Management	FM	Melkfrequenz <i>Milking frequency</i>	n/Kuh · d n/cow · d	Datenbank Database
	FV	Frequenz zusätzlicher Besuche <i>Frequency of additional visits</i>	n/Kuh · d n/cow · d	Datenbank Database
	NCM	Anzahl Hauptreinigungen <i>Number of main cleanings</i>	n/Tag n/day	Datenbank Database
	TL	Dauer Verlassen der Melkbox <i>Time needed to leave the milking box</i>	min	def. Wert* def. value*
	TE	Dauer Betreten der Melkbox <i>Time needed to enter the milking box</i>	min	def. Wert* def. value*
	SU	Auslastung des Systems <i>System utilisation</i>	%	def. Wert* def. value*

* Auf Grundlage von gemessenen Werten an einem oder mehreren Systemen.

* Based on measured values on one or more systems.

In einem ersten Schritt wurde jeder Parameter einzeln zwischen – 70 % und + 130 % bezogen auf das ursprüngliche Szenario (vgl. Tab. 2) variiert.

Im zweiten Schritt wurden die Effekte von definierten Änderungen für jede Gruppe berechnet. Die Höhe der Änderungen wurde dabei für jeden Parameter mit dem Ziel definiert, ein möglichst realistisches verbessertes Szenario zu erreichen. Bei der Berechnung wurden jeweils nur die Parameter einer Gruppe verändert, während die Parameter der übrigen Gruppen konstant gehalten wurden. In Tabelle 2 sind die Parameter des ursprünglichen und des verbesserten Szenarios zusammengestellt.

Tab. 2: Ursprüngliches und verbessertes Szenario

Tab. 2: *Initial and improved scenario*

Gruppe group	Parameter* Parameter* (siehe/see Tab. 1)	Einheit Unit	Szenario/Scenario	
			ursprünglich initial	verbessert improved
Tier Animal	MY	kg	9.000	+ 500
	MF	kg/min	2.0	+ 0.2
Technik Technics	TCM	min	25	- 5
	TS	sec	150	- 30
	TCB	min	20	- 5
Management Management	FM	n/cow · d	2.7	- 0.2
	FV	n/cow · d	1.0	- 0.1
	NCM	n/day	2.0	- 1
	TL	sec	15	- 5
	TE	sec	25	- 5
	SU	%	85	+ 5

4 Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass insbesondere die Auslastung, der Milchfluss und die Milchleistung der Tiere einen hohen Einfluss auf die Systemkapazität haben (Abb. 1). Dagegen sind von Verbesserungen einzelner technischer Parameter nur geringe Effekte zu erwarten. So erhöhte sich die rechnerisch zu ermelkende Milchmenge nur um 1,8 %, wenn die Ansetzdauer um zehn Sekunden reduziert wurde.

Das Modell zeigte auch, dass – bei Annahme kurzfristig realisierbarer Größenordnungen für Verbesserungsmöglichkeiten – alle technischen Parameter in Summe (vgl. Tab. 2) einen ebenso großen Einfluss auf die Systemleistung hatten wie jeweils die tier- und managementbezogenen Parameter (Tab. 3).

Tab 3: Kalkulierte Effekte des verbesserten Szenarios

Tab 3: *Calculated effects of the improved scenario*

Gruppe/Group		Systemleistung [kg Milch/Jahr] System performance [kg milk/year]	
		Ursprüngl. Szenario Initial scenario	Verb. Szenario Improved scenario
Tier/Animal		100 %	+ 8.2 %
Technik/Technics		100 %	+ 7.1 %
Management	ohne SU/excl. SU	100 %	+ 7.8 %
	mit SU/incl. SU		+ 14.4 %

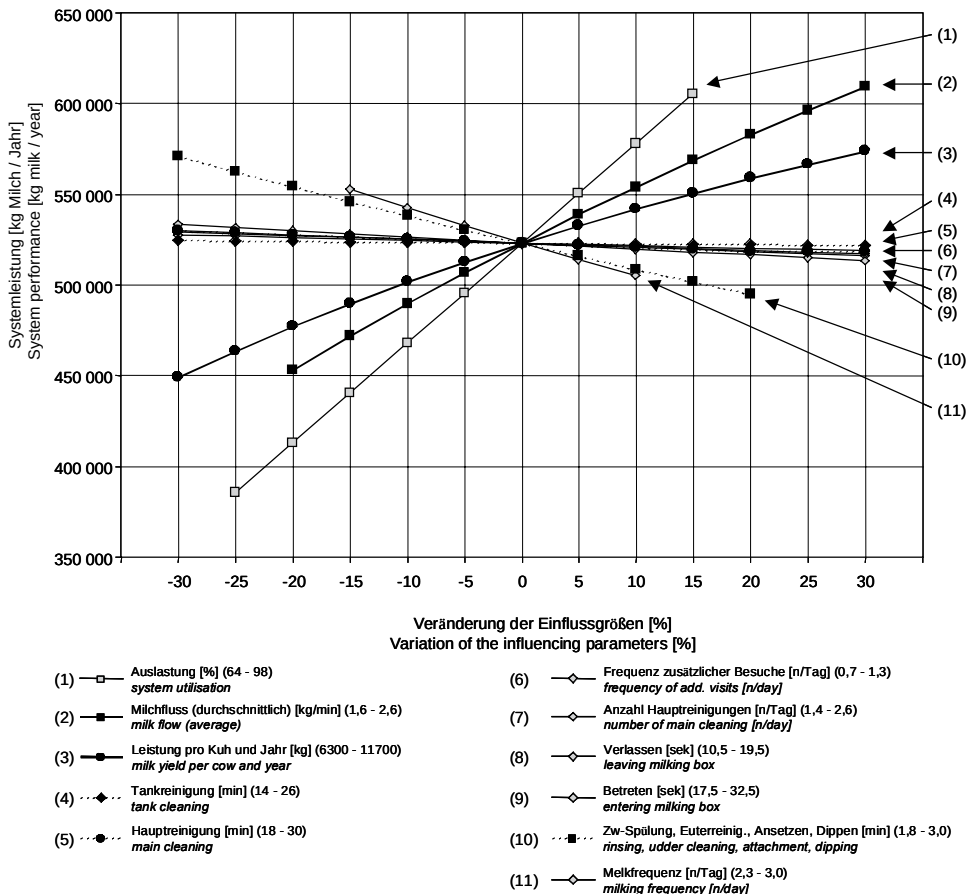


Abb. 1: Einfluss veränderter Einflussgrößen auf die Systemleistung
Fig 1: Influence of changes in system parameters on system performance

Der Vergleich mit den Daten der Praxisbetriebe zeigt, dass das Modell in der Lage ist, die Situation auf den Betrieben deutlich zu machen. Die Analyse ergab dabei große Unterschiede in der Nutzung der Systeme und auch in der freien Kapazität der Anlagen. So wurden lediglich in zwei der acht befragten Betriebe mehr als 60 Tiere je Melkbox gemolken, bei freien Kapazitäten von ca. zwei Stunden bzw. 3,75 Stunden. Eine Analyse der übrigen Betriebe ergab bei aktuell vier bis neun Stunden freier Kapazität teilweise erhebliche Defizite im Milchfluss aber auch in einer angepassten Melkfrequenz zur Erreichung des genannten Ziels von mehr als 60 melkenden Tieren je Melkbox.

Gerade beim wichtigen Parameter Milchfluss zeigte sich aber auch, dass durch das viertelbezogene Melken eine Vergleichbarkeit mit dem im konventionellen Melksystem bestimmten Milchfluss nicht eindeutig gegeben ist. Insbesondere ein stark verzögertes Ansetzen einzelner Melkbecher kann das Ergebnis für bestimmte Tiere erheblich beeinflussen.

5 Schlussfolgerungen

Das entwickelte Modell bietet die Möglichkeit, Unterschiede in der Kapazität von automatischen Melksystemen auf verschiedenen Betrieben zu erklären oder Schwachpunkte herauszuarbeiten. Darüber hinaus ermöglicht es, Auswirkungen von geplanten Veränderungen im Vorfeld abzuschätzen und so die Entscheidungen des Landwirts zu unterstützen. Beide Punkte eröffnen dem Landwirt neue Möglichkeiten, die Kapazität seines Systems und damit auch die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. In Zukunft soll das Modell um Parameter für einzelne Tiere bzw. Untergruppen der Herde erweitert werden, um so deren Einfluss auf die Kapazität besser sichtbar zu machen.

Literatur

- DZIDIC, A.; HALACHMI, I.; LUKAC HAVRANEK, J. (2001): Prediction of milking robot utilization. In: *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66 (3), S. 137–143
- SCHICK, M.; VOLET, M.-R.; KAUFMANN, R. (2000): Modelling of Time Requirements and Milking Capacity in Automatic Milking Systems with One or Two Milking Stalls. In: *Robotic Milking, Proc. Intl. Symp. held in Lelystad*, S. 32–37
- KONING, C. J. A. M. DE; OUWELTJES, W. (2000): Maximising the milking capacity of an automatic milking system. In: *Robotic Milking, Proc. Intl. Symp. held in Lelystad*, S. 38–46
- SONCK, B. R.; DONKERS, J. H. W. (1995): The milking capacity of a milking robot. In: *J. Agr. Eng. Res.* 62: S. 25–38

Melkhygiene und Milchqualität in hessischen AMS-Betrieben

Milking-Hygiene and Milk-Quality in Hessian Dairy Farms with Automatic Milking Systems

KATJA MÜTZE¹, WILFRIED WOLTER², THOMAS BONSELS³, KLAUS FAILING⁴,
HEINZ BERNHARDT⁵

¹ Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL), Schubertstr. 60, 35392 Giessen

² Regierungspräsidium Gießen, Schanzenfeldstr. 8, 35578 Wetzlar

³ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Kölnische Str. 48-50, 34117 Kassel

⁴ Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung am Fachbereich Veterinärmedizin der JLU Gießen, Frankfurter Str. 95, 35392 Gießen

⁵ Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TU München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

Schlüsselwörter: automatisches Melksystem (AMS), Melkhygiene, Milchqualität

Keywords: automatic milking system (AMS), milking hygiene, milk quality

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurden Untersuchungen zur Melkhygiene und Milchqualität in 33 hessischen AMS – Betrieben durchgeführt. Ein Hauptbestandteil stellte die Untersuchung der Effektivität der verschiedenen Zwischenreinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen mittels der bakteriologischen Untersuchung von Tupperproben (z. B. Zitzenbecher, Reinigungseinheiten) dar. Eine überzeugende Desinfektionswirkung konnte mit der Heißdampf-Desinfektion der Zitzenbecher erzielt werden. Der zweite Untersuchungsschwerpunkt lag im Bereich der Untersuchung der Milchqualität. Es wurden Tankmilchproben sowie Milchproben nach dem Milchabscheider des AMS entnommen und auf ihre mikrobiologische Beschaffenheit hin untersucht. Die Ergebnisse der Tankmilchproben wurden zudem mit auf konventionell melkenden Betrieben (Melkstandbetrieben) entnommenen Tankmilchproben verglichen. Die Ergebnisse der Tankmilchproben der AMS-Betriebe zeigten tendenziell ein besseres bakteriologisches Ergebnis als die nach dem Milchabscheider des AMS entnommenen Milchproben.

Summary

In the following study the milking-hygiene and milk-quality was analyzed in 33 hessian dairy farms with automatically milking systems. One main aspect was the examination of the efficiency of the different methods of disinfection that takes place after every single milking process. To this end swab samples were taken from teat cup liners, cleaning units etc. of the milking robot for bacteriological analysis. Convincing results were reached by the disinfection method that works with hot steam.

The second aspect was the examination of the milk quality. Bulk-milk samples were taken for microbiological analysis. The results of those bulk-milk samples were compared with the bulk-milk quality of conventional milking farms.

1 Einleitung

Im Agrarsektor erfolgte in den letzten Jahrzehnten eine umfassende Modernisierung und Technisierung vieler Arbeitsabläufe. Die größte technische Innovation im Bereich der Milcherzeugung stellte die Einführung automatischer Melksysteme (AMS) dar, die derzeit einen absoluten Nachfrageboom erfahren. Vor dem Hintergrund steigender Ansprüche der Verbraucher an die Qualität von Lebensmitteln stellt die Milchqualität ein entscheidendes Kriterium bei der Milchproduktion dar. Sie wird ganz wesentlich durch den Eutergesundheitsstatus der Milchviehherde sowie die Wirksamkeit von Reinigung und Desinfektion der Melkanlage (Melkhygiene) beeinflusst. Für automatische Melksysteme ist dieser Aspekt von ganz besonderer Bedeutung, da hier mit nur einer Melkeinheit sehr viele Melkungen pro Tag (etwa 180 Melkungen) erfolgen. Dies stellt sehr hohe Ansprüche an die Melkhygiene in AMS-Betrieben, um die in der Milchhygieneverordnung gestellten Anforderungen an Melkhygiene und Milchqualität zu erfüllen. Neben der zwei- bis dreimal täglich ablaufenden Hauptreinigung des AMS findet nach jedem einzelnen Melkvorgang eine Zwischendesinfektion der Melkzeuge sowie der Reinigungseinheiten (Vormelkbecher, Reinigungsbürsten) statt. Für die Zwischenreinigung bzw. -desinfektion werden systemabhängig Wasser, Peressigsäure, Wasserstoffperoxid oder die noch recht neue Heißdampf-Desinfektion genutzt. Die Desinfektionsmittel werden innerhalb des AMS mit Wasser verdünnt, um somit die empfohlenen Anwendungskonzentrationen zu erreichen. Eine effektive Zwischendesinfektion der mit dem Euter der Milchkuh in Kontakt tretenden Elemente des AMS (z. B. Reinigungseinheiten, Zitzenbecher) hat einen entscheidenden Einfluss auf die Melkhygiene und somit auf die Milchqualität. Ein Hauptbestandteil der Studie stellte die Untersuchung und Bewertung der Effektivität der verschiedenen Zwischenreinigungs-/desinfektionsmaßnahmen dar. Außerdem sollten geeignete Wirkstoffkonzentrationen der auf den Betrieben angewendeten Desinfektionsmittel ermittelt werden. Dabei sind Überdosierungen aufgrund der Rückstandsproblematik und erhöhter Mittelkosten ebenso zu vermeiden wie Unterdosierungen. Unterdosierungen wirken sich negativ auf die Melkhygiene aus und bergen die Gefahr der Übertragung pathogener Erreger, die Eutergesundheitsstörungen nach sich ziehen und die Milchqualität beeinträchtigen können.

Ziel der vorliegenden Studie war es, den Status quo beim automatischen Melken mit den Schwerpunkten Melkhygiene und Milchqualität zu erarbeiten. Zur Klärung dieser Fragestellung wurden Untersuchungen in 33 AMS-Betrieben durchgeführt.

2 Material und Methoden

Im Rahmen des hessenweiten Projektes wurden Untersuchungen in den Bereichen Melkhygiene und Milchqualität auf 33 Milchviehbetrieben mit insgesamt 35 automatischen Melkanlagen durchgeführt. Auf jedem AMS-Betrieb erfolgte einmalig im Zeitraum von vier bis acht Stunden nach einer Hauptreinigung die Entnahme von Tupferproben und Milchproben nach einem standardisierten Probenahmeverfahren.

2.1 Untersuchungen zur Melkhygiene

Ein wesentlicher Bestandteil der Studie umfasste die Überprüfung der Effektivität der Zwischenreinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen, die nach jedem einzelnen Melkvorgang zum Zwecke der Keimreduktion erfolgen. Hierzu wurden zum einen mittels spezieller Teststreifen (Firma Merck) die Konzentrationen der angewendeten Lösungen (Peressigsäure, Wasserstoffperoxid u.ä.) zur Desinfektion der Zitzenbecher und Reinigungseinheiten ermittelt. Direkt im Anschluss an eine Zwischenreinigung/-desinfektion wurden folgende Tupferproben des AMS entnommen:

Lely-Anlagen (13 Tupferproben)	DeLaval-Anlagen (12 Tupferproben)
4 x Zitzengummischacht	4 x Zitzengummischacht
4 x Zitzengummikopf	4 x Zitzengummikopf
2 x Bürsten (getrennt)	1 x Reinigungsbecherschaft
1 x Antriebsblock der Bürsten	1 x Reinigungsbecherkopf
1 x Laseroberfläche	1 x Laseroberfläche
1 x Spülaufnahme	1 x Spülaufnahme

Die Tupferproben wurden im Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL) Gießen halbquantitativ bakteriologisch untersucht. Die Tupferprobenergebnisse in Verbindung mit den betriebsindividuell eingesetzten Konzentrationen der Zwischendesinfektionsmittel sollten Rückschlüsse über den Desinfektionserfolg geben und zur Ermittlung geeigneter Konzentrationen beitragen.

2.2 Untersuchungen zur Milchqualität

Der zweite Untersuchungsschwerpunkt lag im Bereich der Überprüfung der Milchqualität. Es wurden auf jedem AMS-Betrieb Tankmilchproben zur mikrobiologischen Untersuchung entnommen. Des Weiteren wurde eine Milchprobe nach dem Milchabscheider des AMS entnommen. Durch den Vergleich der mikrobiologischen Beschaffenheit der Milch nach dem Milchabscheider mit der Qualität der Tankmilch sollte der Frage nachgegangen werden, welche Abschnitte des Systems AMS – Milchleitung – Milchtank in Verbindung mit erhöhten Keimbelastungen der Milch beim automatischen Melken stehen könnten. Die Ergebnisse der auf AMS-Betrieben gewonnenen Tankmilchproben wurden mit auf Melkstandbetrieben entnommenen Tankmilchproben verglichen. Sowohl die Tankmilchproben als auch die nach dem Milchabscheider entnommenen Proben wurden in Anlehnung an die Untersuchung von Vorzugsmilch auf folgende Parameter hin untersucht:

- a) quantitative Untersuchung:
 - der aeroben Gesamtkeimzahl,
 - Enterobacteriaceae,
 - E.-Coli,
 - Staphylococcus aureus und
 - Pseudomonaden sowie

- b) qualitative Untersuchung auf:
 thermophile Camphylobacter,
 Streptococcus agalactiae und
 Staphylococcus aureus.

Des Weiteren wurde der somatische Zellgehalt sowie der pH-Wert ermittelt und ein Hemmstofftest durchgeführt. Zur weiteren Auswertung wurden auf den Betrieben mittels spezieller Checklisten wichtige Daten zu den Themen Haltung, Fütterung, Management etc. sowie Daten der Milchgüte- und Milchleistungsprüfung erfasst.

3 Ergebnisse

Da zum aktuellen Zeitpunkt noch keine statistischen Auswertungen der Untersuchungsergebnisse vorlagen, können hier lediglich Tendenzen aufgezeigt werden. Es wurden Untersuchungen auf 33 AMS-Betrieben mit insgesamt 35 automatischen Melkanlagen durchgeführt. Nachfolgend ist eine Verteilung der untersuchten AMS-Anlagen dargestellt:

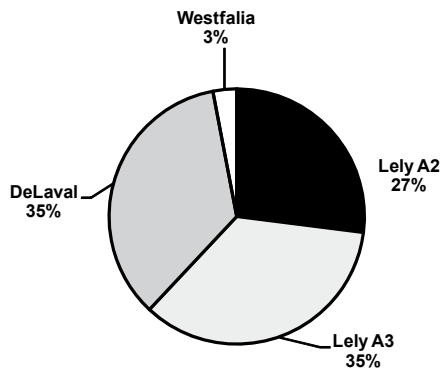


Abb. 1: Übersicht der untersuchten AMS in Hessen

3.1 Ergebnisse der Untersuchungen zur Melkhygiene

Bei 64 % der insgesamt 35 untersuchten automatischen Melkanlagen erfolgte nach jedem Melkvorgang lediglich eine Zwischenreinigung der Zitzenbecher mit Wasser. In diesen Fällen konnte keine zufriedenstellende Minderung des Keimbefalles der Zitzenbecher erzielt werden.

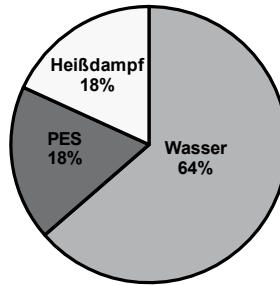


Abb. 2: Verteilung der Zwischenreinigungs- und Desinfektionssysteme (Zitzenbecher)

18 % der Betriebe verfügten über eine Zwischendesinfektion der Zitzenbecher mit Peressigsäure (PES). Doch lediglich bei 33 % der Anlagen, die Peressigsäure zur Zwischendesinfektion einsetzten, funktionierte diese Zwischendesinfektion. Es wurden in diesen Fällen aber zu geringe Konzentrationen der Peressigsäure (< 400 ppm) eingesetzt, sodass auch hier keine ausreichende Desinfektionswirkung erzielt werden konnte.

Bei vier der sechs Anlagen mit einer PES-Zwischendesinfektion wurden die Zitzenbecher nur mit Wasser gereinigt, da aufgrund technischer Probleme (PES-Pumpe defekt o.ä.) keine PES zudosiert wurde. Mithilfe der Teststreifen wurde in diesen Fällen eine PES-Konzentration von 0 ppm bestimmt.

Eine überzeugende Desinfektionswirkung konnte mithilfe der Heißdampf-Zwischendesinfektion der Zitzenbecher erreicht werden. Bei sechs Anlagen, die über eine Heißdampf-Desinfektion verfügten, wurden insgesamt 48 Tupferproben entnommen. Davon konnte lediglich in 17 % aller Fälle ein Erreger nachgewiesen werden.

Zur Zwischendesinfektion der Reinigungsbürsten setzten elf von zwölf Betrieben Wasserstoffperoxid ein. Bei 27 % dieser Anlagen wurde jedoch kein Wasserstoffperoxid zudosiert, sodass die Bürsten nur mit Wasser besprüht wurden.

3.2 Ergebnisse der Untersuchungen zur Milchqualität

Die nach dem Milchabscheider des AMS entnommenen Milchproben wiesen tendenziell ein besseres bakteriologisches Ergebnis auf als die Tankmilchproben.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Tankmilchproben von AMS-Betrieben mit denen von konventionell melkenden Betrieben (Melkstand-Betrieben) wurden Unterschiede bezüglich des quantitativen Nachweises von E.-Coli erkennbar. Während etwa 48 % der konventionell melkenden Betriebe den Optimalwert von < 10 KbE/g Milch erzielten, lag der Anteil bei den automatisch melkenden Betrieben bei etwa 18 %.

4 Diskussion

Nur wenige Betriebsleiter waren darüber informiert, welche Konzentrationen der Anwendungslösungen zur Zwischendesinfektion der Zitzenbecher und Reinigungseinheiten genau zum Einsatz kamen. Die Einstellung der Konzentrationen wurde durch die Servicetechniker des jeweiligen Herstellers realisiert. Es erfolgte jedoch in kaum einem AMS-Betrieb eine Überprüfung dieser Konzentrationen. Einige Betriebsleiter versuchten

lediglich anhand der Abnahme der Desinfektionsmittel im Vorratsbehälter Rückschlüsse über deren Verbrauch zu ziehen. Um sowohl Überdosierungen (Gefahr der Schädigung der Zitzengummis und Gefahr der Reizung der Zitzenhaut) wie auch Unterdosierungen (Gefahr der Erregerübertragung) zu vermeiden, wird empfohlen die Konzentration der Anwendungslösungen in regelmäßigen Abständen mithilfe spezieller Teststreifen zu überprüfen. In den meisten Betrieben funktionierte die Zwischendesinfektion mit Peressigsäure aufgrund technischer Probleme (Zuleitungsschlauch, Pumpe defekt u.ä.) nicht, sodass die Zitzenbecher lediglich mit Wasser zwischengereinigt wurden, ohne dass die Landwirte dies bemerkt hatten. Betriebe mit funktionierender PES-Zwischendesinfektion setzten in der Regel deutlich zu geringe Konzentrationen des Desinfektionsmittels ein (< 400 ppm). Für den Einsatz von Peressigsäure zur Zwischendesinfektion der Zitzenbecher werden Konzentrationen von 600 bis maximal 1000 ppm empfohlen (BAUMGARTEN et al., 2009). Der Einsatz zu geringer Konzentrationen führt zu unzureichenden Desinfektionswirkungen und erhöht die Gefahr der Übertragung pathogener Mastitiserreger während des Melkvorganges von Kuh zu Kuh. Zu hohe PES-Konzentrationen wiederum bergen die Gefahr der Schädigung der Zitzengummis und der Reizung der Euterhaut. Auch bei der Zwischendesinfektion der Euterreinigungsbürsten kam es vereinzelt zu Problemen, ohne dass die betreffenden Landwirte den Fehler bemerkt hatten. In drei Fällen funktionierte die Wasserstoffperoxid-Zwischendesinfektion nicht, sodass die Reinigungseinheit nur mit Wasser besprüht wurde. Im Falle des Auftretens pathogener Mastitiserreger zieht dies ein erhöhtes Gefährdungspotenzial bezüglich der Erreger-Übertragung von Kuh zu Kuh während der Euterreinigung nach sich. Grundsätzlich muss den Betriebsleitern dazu geraten werden, die Konzentrationen der zur Zwischendesinfektion verwendeten Anwendungslösungen (z.B. Peressigsäure, Wasserstoffperoxid) mittels der dafür vorgesehenen Teststreifen in regelmäßigen Abständen zu überprüfen und gegebenenfalls Korrekturen vorzunehmen.

RASMUSSEN et al. (2002) untersuchten die Entwicklung der Tankmilchqualität in AMS-Betrieben im Zeitraum von einem Jahr vor Einführung des automatischen Melksystems (d.h. bei konventionellem Melken) bis ein Jahr nach Einführung des AMS. Es wurde ein Anstieg der Gesamtkeimzahl in der Tankmilch in den ersten Monaten nach Einführung des AMS beobachtet. Die Autoren führen als mögliche Kontaminationsquelle die Zitzenhaut oder Defizite im Bereich der Reinigung der Melkeinheit und im Kühlsystem der Milch auf. Im Rahmen der vorliegenden Studie soll eine Auswertung von mikrobiologischen Untersuchungen der AMS-Tankmilch und Milchproben nach dem Milchabscheider des AMS erfolgen. Der Vergleich dieser beiden Milchproben soll Auskunft darüber geben, welche Abschnitte des Systems AMS – Milchleitung – Milchtank in Verbindung mit den zum Teil beobachteten erhöhten Keimzahlen beim automatischen Melken stehen könnten.

Literatur

- BAUMGARTEN, W.; KLAUWONN, W.; NOLDEN, A. (2009): Hygiene beim Melkroboter – Reinigung und Zwischenreinigung extrem wichtig! Milchpraxis 1/2009, S. 17–21
- RASMUSSEN, M. D.; BJERRING, M.; JUSTESEN P.; JEPSEN, L. (2002): Milk Quality on Danish Farms with Automatic Milking Systems. J. Dairy Sci. 85, S. 2869–2878

Auswirkungen verschiedener Melkzeuge auf die Zitzenkondition und Milchabgabeparameter

Effect of different cluster types on teat end condition and milk release

STEFAN SAGKOB¹, HANS-JÜRGEN RUDOVSKY², STEFFEN PACHE³,
HANS-JOACHIM HERRMANN⁴, HEINZ BERNHARDT⁵

¹ Steinstr. 35, 35390 Gießen

² Flöhaer Str. 2, 04349 Leipzig

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

⁴ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Schanzenfeldstr. 8, 35578 Wetzlar

⁵ Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TU München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan

Schlüsselwörter: Euter schonendes Melken, Zitzenkondition, Milchabgabe

Keywords: soft massage milking, teat condition, milk release

Zusammenfassung

In einem Gemeinschaftsprojekt wurde ein konventionelles Melkzeug (Harmony, DeLaval, im Melkstand bestehend) mit einem neuen und innovativen Melkzeug (AktivPuls, System Happel) verglichen. Das AktivPuls-Melkzeug zeichnet sich durch einen innovativen Zitzengummiaufbau aus. In der Massagephase führt der Vakuumabschluss im unteren Bereich des Zitzengummis zu einer Vakuumentlastung an der Zitze unter allen Melkbedingungen, auch ohne Milchfluss. Im 2 x 7 Fischgrätenmelkstand des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch konnte die Prüf- und Kontrollgruppe (insgesamt 137 Tiere) über 127 Tage beobachtet werden. In fünf Zitzenkonditionsbeurteilungen wurden die Parameter Zitzenhaut, Zitzenfarbe, Ringbildung, Verhärtungen und Hyperkeratosen erhoben. Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Ringbildung und der Hyperkeratosen. Technische Parameter, wie Spitzenmilchfluss, Durchschnittsmilchfluss und Melkdauer der einzelnen Phasen der Milchabgabe wurden untersucht.

Summary

In a joint project a standard cluster (Harmony, DeLaval, in the existing parlour) and a new innovative cluster (AktivPuls, System Happel) were compared. The AktivPuls Cluster is characterized by an innovative liner design. The vacuum hut off in the massage phase leads to a vacuum reduction at the teat under all milking conditions even with zero milk flow. In a 2 x 7 heringbone parlour at the training and research farm Köllitsch the standard and the control group (137 animals in total) could be investigated for 127 days. Teat condition was assessed at five different occasions with the following parameters: teat skin condition, teat colour, ring formation, hardening and hyperceratosis. There was a significant improvement with respect to ring formation and hyperceratosis. Technical parameters as peak flow, average flow und milking duration where investigated at different stages of the milk let down.

1 Einleitung

Beim Melken besteht eine direkte Einwirkung der Melktechnik auf das Tier. Ziel eines maschinellen Milchentzuges ist ein zügiger, euterschonender und vollständiger Melkvorgang (WORSTORFF, 1994). Mit der Erfindung des Zweiraummelkbeckers in Verbindung mit dem Pulsator war es möglich, maschinell Milch zu gewinnen. An dem Prinzip des Melkbeckers hat sich bis heute fast nichts geändert. Die Leistung der Kühe hat sich im Gegensatz zur Entwicklung des Melkbeckers stark verändert.

Große Milchmengen müssen von einem Melkzeug in kürzester Zeit gemolken werden.

Dies stellt besondere Anforderungen an heutige Melkzeuge. Das Vakuum ist auf der einen Seite nötig für den Milchentzug, auf der anderen Seite führt es zu Gewebelastungen (ALBERS, 2008). Eine Lösung für das Problem sind Melkzeuge, die ein optimales Melkergebnis bei einer geringen Belastung der Zitzen liefern. Eins von diesen Melkzeugen ist das AktivPuls-Melkzeug, das sich mit einer Vakuumentlastung an der Zitze auszeichnet. In einem Melkversuch wurde das AktivPuls Zitzengummi mit einem konventionellen Zitzengummi verglichen, wobei die bestehende Melktechnik genutzt wurde. In dem Versuch soll die Wirkung der Vakuumentlastung auf das Zitzengewebe und Veränderungen der Milchabgabeparamter untersucht werden.

2 Material und Methoden

Der Melkversuch fand in dem 120-iger Boxenlaufstall mit einem voll ausgestatteten 2 x 7 Fischgrätenmelkstand des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch in Sachsen statt. Auf der einen Seite des Fischgrätenmelkstandes wurde als Prüfvariante das AktivPuls-Melkzeug (Fa. System Happel) mit einem neuartigen Zitzengummi eingesetzt. Dieses trennt in der Entlastungsphase durch seine spezielle Konstruktion das Melkvakuum von der Zitzenspitze und entlastet diese zusätzlich durch eine Belüftungsöffnung. Die Kontrollvariante (Harmony-Melkzeug der Fa. DeLaval) verblieb unverändert auf der anderen Melkstandseite. Zu Versuchsbeginn wurden beide Melkstandseiten mit fabrikneuen Zitzengummis ausgestattet. Die melktechnischen Einstellungen am Melkstand blieben unverändert.

Der Versuch wurde mit der Rasse Holstein Friesian Schwarzbunt durchgeführt. Im Versuchsjahr erzielte die Herde eine Leistung von 9338 kg Milch mit 4,03 % Fett und 3,47 % Eiweiß. Die Tiere wurden in vier Gruppen gehalten und mit einer leistungsgerechten Totalmischration gefüttert.

Nach einer Eingewöhnungsphase wurde die Herde in eine Prüf- und Kontrollgruppe unterteilt und über 127 Tage (August-Dezember) kontrolliert den jeweiligen Melkstandseiten zweimal täglich zugeführt. Insgesamt sind 137 Tiere unter Berücksichtigung der Zu- und Abgänge beurteilt worden.

Für die Beurteilung der Zitzenkondition wurde die Euterboniturvorlage der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V. (WGM) mit den Parametern Zitzenhaut, Zitzenfarbe, Ringbildung, Verhärtungen und Hyperkeratosen herangezogen. Diese Vorlage basiert auf dem Bonitierungsschlüssel der Teat Club International (ITC), der von internationalen Wissenschaftlern entworfen wurde. Die Parameter Zitzenhaut, Zitzenfarbe, Ringbildung und die Verformung werden in einen dreistufigen und die Hyperkeratosen in einen fünfstufigen Notenschlüssel eingeteilt. Die Note 1 entspricht der gewünschten Zitzenkondition.

Während der Untersuchung wurden fünf Zitzenkonditionsbewertungen in zeitlicher Nähe zur Milchleistungsprüfung vorgenommen. Die Beurteilung der Zitzenhaut erfolgte vor dem Melken, die anderen Merkmale wurden unmittelbar nach Abnahme des Melkzeuges von einem geschulten Beurteiler bewertet.

Des Weiteren wurden technische Parameter, wie Spitzenmilchfluss, Durchschnittsmilchfluss und Melkdauer der einzelnen Phasen der Milchabgabe erhoben.

In zwei LactoCorder-Untersuchungen, die am Anfang und am Ende des Versuches durchgeführt wurden, konnte der Verlauf der Milchabgabeparameter beobachtet werden. Die Melkstandsdaten wurden täglich erhoben und ausgewertet.

Das aufbereitete Datenmaterial der Zitzenkondition und der technischen Parameter wurde einer zweifaktoriellen Varianzanalyse und einer Kovarianzanalyse unterzogen. Als Modelleffekte blieben die Laktationsnummer und der Laktationstag berücksichtigt. Um die Daten der zu- und abgängigen Tiere zu berücksichtigen, wurden zwei Auswertungsvarianten entwickelt. Die erste Variante beinhaltet, die Tiere mit vollständigen Datensätzen. In der zweiten Variante wurden zu den Tieren mit vollständigem Datensätzen die Zu- und Abgänge aufgenommen.

3 Ergebnisse

Für die Zitzenkondition wurden 2181 Zitzen beurteilt. Die Zitzenhaut hat sich bei beiden Varianten über die Zeit fast gleichmäßig verhalten und weist keine signifikanten Unterschiede auf. Es wird ein Notenmittel von 1,3 erreicht. Die Ergebnisse der Zitzenfarbenbenotung verhalten sich ähnlich denen der Zitzenhaut. Die Zitzenverformung, als ein Parameter für die Anpassung der Melktechnik an die Euterbeschaffenheit, weist keine Wechselwirkung zwischen der Prüf- und Kontrollvariante auf.

Bei der Ringbildung gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Varianten ($p \leq 0,05$).

Obwohl die Tiere der Kontrollgruppe gegenüber den Tieren der Prüfgruppe mit höheren Werten in den Versuch einsteigen, ist eine Wechselwirkung zwischen der Variante und der Zeit aus der Abbildung 1 zu erkennen. Die Prüfgruppe neigt weniger stark zur Ringbildung, wie auch aus der Tabelle 1 zu erkennen ist.

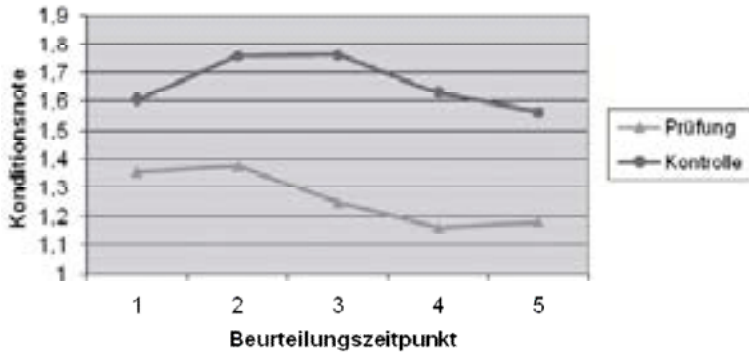


Abb. 1: Entwicklung der Ringbildung bei den gesamten Tieren

Fig. 1: The development of ring formation

Tab. 1: Deskriptive Statistik der Ringbildung (Tiere gesamt)

Tab. 1: Statistic of the ring formation

Beurteilungszeitpunkt		1	2	3	4	5
Mittelwerte	Prüfung	1,36	1,38	1,25	1,16	1,18
	Kontrolle	1,60	1,76	1,76	1,63	1,56
Standardabweichung	Prüfung	0,43	0,38	0,40	0,30	0,33
	Kontrolle	0,48	0,47	0,40	0,42	0,28

Das Melken bzw. die Art der Melktechnik beeinflussen die Ausbildung der Hyperkeratosen am stärksten. Hier konnte ein hoch signifikanter Unterschied zugunsten der Prüfgruppe festgestellt werden ($p \leq 0,01$), wie aus Abbildung 2 mit anhängender Tabelle 2 ersichtlich wird. Über die Zeit wurde in der Kontrollgruppe eine Verschlechterung der Hyperkeratosen deutlich. Die Auswertung der Melkparameter ist noch nicht vollständig abgeschlossen. Bei fast gleicher Milchmenge über die Zeit scheint ein kleiner Vorteil zugunsten der Prüfvariante zu entstehen.

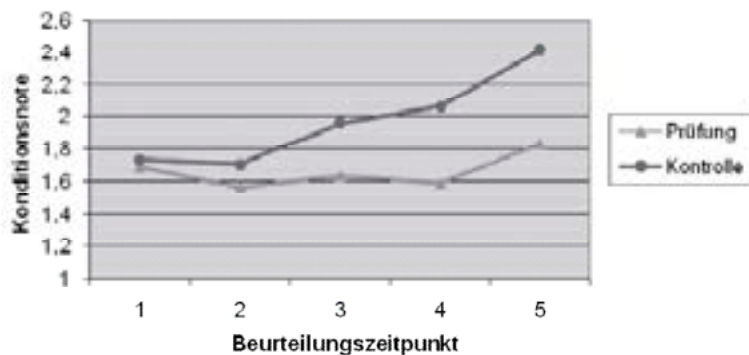


Abb. 2: Entwicklung der Hyperkeratosen der gesamten Tiere

Fig. 2: The development of hyperkeratosis

Tab. 2: Deskriptive Statistik der Hyperkeratosen (gesamte Tiere)

Tab. 2: Statistical data of the hyperkeratosis development

Beurteilungszeitpunkt		1	2	3	4	5
Mittelwerte	Prüfung	1,80	1,54	1,56	1,57	1,83
	Kontrolle	1,90	1,69	1,88	2,06	2,39
Standardabweichung	Prüfung	0,69	0,56	0,63	0,72	0,72
	Kontrolle	0,84	0,72	0,80	0,91	0,90

4 Fazit

Das AktivPuls-Melkzeug, bestehend aus dem bewährten Sammelstück und dem neuen innovativen Zitzengummi, führt zu einem zügigen, schonenden und vollständigen Milchentzug. Welche technischen, biologischen und abiotischen Faktoren eine Rolle spielen, wurde bereits in vielen Arbeiten fundiert untersucht.

Unter suboptimalen Bedingungen führt das Melkvakuum unter der Zitzenspitze zu einer hohen Belastung des Zitzengewebes bis hin zur Zitzengewebsschädigung oder zu Zitzenreaktionen (Hyperkeratosen).

Hyperkeratosen sind ringförmige glatte oder raue Veränderungen an der Zitzenspitze durch übermäßige Bildung von anfangs weicher, später durch Austrocknung harter Hornhaut (Keratin) (WOLTER, 2008). Hinsichtlich Zitzenreaktionen gilt dem Zitzengummi ein besonderes Augenmerk. Es ist die Schnittstelle zwischen dem empfindlichen biologischen System Kuh und der Melktechnik.

Die Vakuumentlastung an der Zitze kann zur Verringerung der Hyperkeratosen führen. (NELJENHUIS et al., 2001). Dies wurde durch den Versuch belegt.

Die Hyperkeratosen unterliegen einer jahreszeitlichen Schwankung. Aufgrund des Klimas in den Wintermonaten treten verstärkt Hyperkeratosen auf. Dies erklärt den Anstieg der beiden Varianten zum Ende des Versuches.

Die Ringbildung an der Zitzenbasis kann die Milchabgabe stören. Ein zu hohes Kopfvakuum und zu niedrige Abnahmeschwellen führen zu einem Klettern des Melkzeuges, dies wird durch nasse Zitzen begünstigt.

Durch den Aufbau des Zitzengummis herrscht eine Vakuumentlastung im Kopfbereich. Dem Klettern des Melkzeuges mit der nachfolgenden Abschnürung an der Zitzenbasis wird entgegen gewirkt. Dies beweist die signifikante Verbesserung der Ringbildung in der Prüfgruppe. Die großen Unterschiede in der ersten Beurteilung können auf den sofortigen Effekt der Vakuumentlastung im Kopfbereich zurückgeführt werden.

Die Milch kann ohne Beeinträchtigung aus dem Euter in das Melkzeug abfließen. Der Milchstrahl wird durch den gerichteten Lufteinlassstrom zügig von der Zitze in das Sammelstück abgeleitet. Im Sammelstück wird die Milch aufgefangen und kontinuierlich in die Milchsammelleitung abgegeben. Die Kombination von Zitzengummi-aufbau und Sammelstück führt zu einem erhöhten Ausmelkgrad.

Die verbesserte Zitzenkondition und der verbesserte Ausmelkgrad wirken sich positiv auf die Eutergesundheit aus. Der Einsatz des AktivPuls-Melkzeuges ist hoch wirtschaftlich.

Literatur

- ALBERS, E. (2008): Zitzenkondition -Beurteilung und Ursachenforschung, Vortrag der Wissenschaftlichen Gesellschaft Milch
- WORSTORFF, H. (1994): Melktechnik, der aktuelle Stand über Melken, Milch und Melkmaschinen. TopAgrar extra, Münster, Landwirtschaftsverlag Münster Hilstrup
- WOLTER, W. (2008): Die Schutzbarriere Zitze intakt halten, Einfluss der Melktechnik auf die Bildung von Mastitis nicht unterschätzen. Hessenbauer, Landwirtschaftliches Wochenblatt des Hessischen Bauernverbandes e.V., Heft 18, S. 13 ff.
- NEIJENHUIS, F.; DE KONING, H.; BARKEMA, H.; HOGVEEN, H. (2001): The effect of machine milking on the teat condition. ICAR Technical Series-No 7, Physiological and technical aspects of Machine Milking, Nitra

Einflüsse der Melktechnik und der Zitzenmorphologie auf die Bildung von Hyperkeratosen an der Zitzenspitze

Influence of milking technology and teat morphology on the severity of hyperkeratoses at the teat end

ANGELIKA HAEUSSERMANN, ANDREAS MELFSEN, HAUKE TÖNSFELDT, MONIKA BRANDT, EBERHARD HARTUNG

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, 24098 Kiel

Schlüsselwörter: Melksystem, Eutergesundheit, Zitzenkondition, Swing-Over Melkstände

Keywords: milking system, udder health, teat condition, swing-over milking parlour

Zusammenfassung

Eine ausgeprägte Keratinbildung an der Zitzenspitze vermindert die Barrierewirkung des Euters gegenüber pathogenen Mastitiserregern. Die auf insgesamt zwölf Milchviehbetrieben in Schleswig-Holstein ermittelten Daten und Ergebnisse weisen auf einen signifikanten Einfluss der Vakuumbreite, der Pulsation, der Druckbelastung auf die Zitze während der Entlastungsphase, der Einfaltdruckdifferenz des Zitzengummis und der Leistung der Herde auf die Häufigkeit und Ausprägung von Hyperkeratosen hin. Weiterhin konnte ein hoch signifikanter Einfluss der Zitzenkuppenform, bestimmter Euterformen und der Dauer der Blindmelkphase festgestellt werden. Die Untersuchungen zeigen, dass sich sichtbare Veränderungen an der Zitze, wie Hyperkeratosen, Farbe, Ringbildung und Verhärtungen sehr gut für die Bewertung und Optimierung von Melkanlagen eignen.

Summary

A pronounced generation of keratin at teat end limits the natural barrier of the udder against mastitis-causing pathogens. Data and results of twelve dairy farms in Schleswig-Holstein (Northern Germany) indicate a significant influence of vacuum level, pulsation, compressive load during the time the liner is closed, touch point pressure difference of liners, and milk yield of the herd on the frequency and severity of hyperkeratosis. In addition, the influence of teat end shape, specific udder shapes, and duration of over milking on the frequency and severity of hyperkeratosis was highly significant. The investigations demonstrate the suitability of visible alterations at the teat, such as hyperkeratosis, colour, rings and hardened teats, for evaluation and optimization of milking systems.

1 Einleitung und Zielsetzung

Mastitiserkrankungen führen nach wie vor zu hohen ökonomischen Verlusten in der Milcherzeugung. Der Zitzenkanal ist die erste physikalische und chemische Barriere gegen die Invasion von pathogenen Mastitiserregern. Veränderungen im Bereich des Zitzengewebes, wie z.B. eine ausgeprägte Keratinbildung an der Zitzenspitze, vermindern die Barrierewirkung und ermöglichen somit die Penetration von Erregern ins Euter. Zielsetzung der Untersuchung war es, die Häufigkeit und Ausprägung von Hyperkeratosen in Abhängigkeit des Melkanlagentyps und der Einstellung der Melkanlage zu ermitteln, um damit Hinweise für die Anlagenoptimierung mit Blick auf einen euterschonenden Milchentzug zu bekommen. Weiterhin wurde der Einfluss der Zitzenmorphologie bewertet.

2 Material und Methode

In die Untersuchungen wurden insgesamt zwölf Milchviehbetriebe in Schleswig-Holstein einbezogen. Aufgezeichnet wurden neben betrieblichen (Leistungs-)Daten zum einen Kenndaten der Melkanlage wie die Vakuumhöhe, der Vakuumverlauf, die Kennwerte der Pulsation (MilkoTest MT52, Bepro AG, Schweiz) und die Einfaltdruckdifferenz des Zitzengummis, zum anderen tierbezogene Daten wie der Kurvenverlauf des Milchflusses (LactoCorder, WMB AG, Schweiz), die Zitzen- und Eutermorphologie sowie die Ausprägung von Hyperkeratosen an der Zitzenspitze. Die aufgenommenen Betriebe untergliederten sich in:

- vier Melkanlagen mit konventioneller Melktechnik (tiefverlegte Melkleitung),
- vier Swing-over-Anlagen (halb-hoch bis hochverlegte Melkleitung) und
- vier Anlagen mit Einsatz spezieller Melkzeuge.

Letztere waren entweder mit einer Kopfbelüftung im Zitzengummikopf (Boventis), einer periodischen Belüftung im kurzen Milchslauch (Biomilker) oder einer Überdruckapplikation während der Entlastungsphase (System Happel) ausgestattet.

Die Messungen fanden jeweils zu einer Melkzeit statt. Bei nahezu allen gemolkenen Kühen wurden vor Melkbeginn visuell die vorhandenen Hyperkeratosen und deren Ausprägung in den Stufen 0 (ohne Befund), 1 (sichtbarer, glatter, weißer Keratinring an der Strichkanalöffnung, nicht zerklüftet), 2 (Keratinring gering bis mäßig zerklüftet, bis 3 mm stark) und 3 (Keratinring stark bis sehr stark zerklüftet, > 3 mm) aufgezeichnet.

An jeweils einem Melkzeug (M_i) wurde eine vollständige Messung inklusive des Vakuumverlaufs in den kurzen Puls- und Milchsschläuchen (BoviPress, Boventis GmbH, Echem), des Milchflusses und der Zitzenmorphologie durchgeführt. Die an diesem Melkzeug gemolkenen Kühe (je nach Betrieb vier bis zehn Tiere) wurden nach dem Melken zudem auf Veränderungen an den Zitzen wie Farbe, Ringbildung an der Zitzenbasis und Verhärtungen untersucht.

Eine Übersicht über die in die Untersuchung aufgenommenen Melkanlagen ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Kenndaten der untersuchten Melkanlagen und der Milchleistung

Tab. 1: Characteristics of the investigated milking systems and milk yield

Betrieb	Hersteller/ Melkzeugtyp	Anzahl Melkplätze	Betriebs- vakuum	Bau- jahr	Rasse	Laktations- leistung
1	DeLaval	SbS 2*12	43 kPa	2003	Sbt.	9 700 kg
2	L.-Fullwood	SbS 2*12	40 kPa	2004	Angl.	8 000 kg
3	Westfalia	FGM 2*10	39 kPa	2006	Rbt.	8 000 kg
4	DeLaval	SbS 2*12	42 kPa	2005	Sbt.	9 700 kg
5	Westfalia	FGM (2*) 26	44 kPa	2007	Sbt.	6 800 kg
6	DeLaval	FGM (2*) 20	42 kPa	2002	Sbt.	9 150 kg
7	Milkline	FGM (2*) 20	46 kPa	2006	Sbt.	7 500 kg
8	Dairymaster	FGM (2*) 16	46 kPa	2004	Rbt.	9 200 kg
9	Biomilker ¹	FGM 2*6	35 kPa	1996	Sbt.	8 900 kg
10	Boventis ¹	FGM 2*12	41 kPa	1992	Sbt.	8 000 kg
11	Syst. Happel ²	FGM 2*8	44 kPa	2000	Sbt.	7 900 kg
12	Syst. Happel ²	FGM 2*6	37 kPa	2003	Sbt.	11 500 kg

FGM: Fischgrätenmelkstand; SbS: Side-by-Side; Betriebe 5-8: Swing-Over.

¹ Melkanlage: Westfalia.² VE® (Überdruck 16 kPa bzw. 18 kPa).

3 Ergebnisse

Um den Einfluss der Zitzenmorphologie auf die Ausbildung und Häufigkeit von Hyperkeratosen an der Zitzenspitze zu untersuchen, wurde für die am Melkzeug M₁ gemolkenen Tiere zunächst die Zitzenmaße und die Zitzenkuppenform aufgenommen (Tab. 2). Die Zitzenlängen zeigten insgesamt eine deutliche Variation (min. 28 mm; max. 71 mm). Im Mittel ergab sich eine durchschnittliche Länge aller untersuchten Zitzen von 49 mm und 43 mm für vordere bzw. hintere Zitzen. Die Zitzendurchmesser variierten insgesamt von 15 mm bis 33 mm. Die im Mittel je Betrieb erfassten Zitzenmaße sind in Tabelle 2 dargestellt. Insbesondere Zitzen mit einer Länge von weniger als 40 mm sind mit Blick auf eine vollwertige Massagewirkung des Zitzengummis kritisch zu bewerten.

Runde Zitzenkuppen wurden auf den meisten der untersuchten Betriebe als derzeit häufigste Kuppenform bestätigt. Lediglich die Betriebe 5 und 8 wiesen in der Mehrzahl konkav geformte Zitzenkuppen auf. An zweiter Stelle rangierten am häufigsten spitze oder flache Zitzenkuppen, seltener konkave Kuppenformen.

Tab. 2: Anzahl (n) der mit dem Melkzeug M₁ gemolkenen Tiere, Mittelwerte und Häufigkeiten der aufgenommenen Daten zur Zitzenmorphologie

Tab. 2: Number of cows (n) which were milked at the milking unit M₁, mean values and frequency of the recorded data on teat morphology

Betrieb	(n)	Länge [mm]		Durchmesser [mm]		Zitzenkuppenform			
		vorn	hinten	vorn	hinten	Spitz	Rund	Flach	Konkav
1	7	47	40	25	24	14 %	68 %	18 %	–
2	7	37	36	24	22	15 %	58 %	23 %	4 %
3	6	52	45	25	24	25 %	63 %	13 %	–
4	5	56	47	26	25	40 %	45 %	15 %	–
5	6	46	44	24	24	21 %	29 %	8 %	42 %
6	7	50	43	25	24	18 %	57 %	11 %	14 %
7	6	48	38	21	20	21 %	54 %	–	25 %
8	7	51	43	23	22	–	11 %	39 %	50 %
9	7	47	39	23	21	18 %	57 %	25 %	–
10	10	52	47	21	20	13 %	72 %	9 %	7 %
11	4	49	40	18	17	25 %	75 %	–	–
12	6	57	47	22	19	13 %	38 %	21 %	29 %

Für die Bewertung der Hyperkeratosen wurden insgesamt 5785 Zitzen untersucht. Die Anzahl der untersuchten Tiere und die Befunde je Betrieb sind in Tabelle 3 aufgelistet. Von den untersuchten Zitzen wiesen je nach Betrieb 40–65 % keinen Befund auf, 27–40 % waren in der Bewertungsstufe 1, 9–27 % in der Bewertungsstufe 2 und zwischen 0 % und 3 % in der Bewertungsstufe 3. Vordere Zitzen wurden häufiger in 2 und 3 eingestuft.

Ein signifikanter Einfluss ($p < 0,01$) war u. a. durch die Vakuumhöhe, das Pulsverhältnis bzw. die Pulszahl, die Druckbelastung auf die Zitze während der Entlastungsphase, die Einfaltdruckdifferenz des Zitzengummis, und die Leistung der Herde zu erkennen. Die am Melkzeug M₁ aufgezeichneten Daten zum Milchfluss und zur Euter- und Zitzenmorphologie wiesen zudem auf einen hoch signifikanten Einfluss der Zitzenkuppenform, bestimmter Euterformen und der Dauer der Blindmelkphase auf die Ausprägung von Hyperkeratosen hin.

Der mittlere Befund an Hyperkeratosen je Betrieb sowie die Häufigkeit der einzelnen Bewertungsstufen ist in Tabelle 3 dargestellt.

Im Vergleich der Melkanlagentypen zeigten, mit Blick auf Hyperkeratosen in den Bewertungsstufen 2 und 3, insbesondere die Anlagen mit halbhoch- bis hochverlegter Melkleitung (Betriebe 5 bis 8) eine relative Vorzüglichkeit. Demgegenüber wiesen die beiden Betriebe mit Überdruckapplikation in der Entlastungsphase (Betriebe 11 und 12), aber auch der Betrieb 3, vergleichsweise viele Zitzen mit einer Bewertung in der Stufe

2 auf (Tab. 3), bei insgesamt mehr als 30 % der Kühe mit mindestens einer Zitze in den Bewertungsstufen 2 und 3.

Tab. 3: Befunde zu Hyperkeratosen auf den einzelnen Betrieben (0: kein Befund; 1–3: zunehmender Keratinring und Zerklüftung)

Tab. 3: Hyperkeratosis results at single farms

Betrieb	(n) ¹	Befunde Hyperkeratosen					
		Mittelwert		Häufigkeit Bewertungsstufe			
		vordere Zitzen	hintere Zitzen	0	1	2	3
1	135	0,83	0,61	44 %	40 %	14 %	2 %
2	145	0,63	0,51	56 %	32 %	11 %	1 %
3	114	0,87	0,68	47 %	31 %	20 %	2 %
4	109	0,69	0,44	56 %	33 %	9 %	2 %
5	130	0,61	0,44	58 %	32 %	9 %	1 %
6	115	0,64	0,53	57 %	31 %	9 %	3 %
7	103	0,49	0,40	65 %	26 %	9 %	0 %
8	104	0,59	0,59	52 %	37 %	11 %	0 %
9	87	0,70	0,55	56 %	27 %	14 %	3 %
10	272	0,75	0,52	53 %	31 %	14 %	1 %
11	59	0,81	0,81	42 %	39 %	20 %	1 %
12	75	0,94	0,85	40 %	31 %	27 %	2 %

¹ Anzahl (n) der untersuchten Tiere.

Anhand der Korrelation zwischen dem Befund an Hyperkeratosen und dem jeweils untersuchten Merkmal wurde für die als signifikant festgestellten Einflussfaktoren eine Bewertung hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Anfälligkeit der Zitze für Hyperkeratosen vorgenommen (Tab. 4).

Es zeigte sich, dass insbesondere spitze und runde Zitzenkuppenformen sowie vordere Zitzen vermehrt Hyperkeratosen aufwiesen. Positiv bewertet (verringerte Anfälligkeit für Hyperkeratosen) wurden Anlagen mit höherem Betriebsvakuum, einem engeren Phasenverhältnis, einem nicht zu hohen Massagedruck in der Entlastungsphase, einer geringeren Einfaltdruckdifferenz der Zitzengummis, kurzen Blindmelkphasen sowie einer geringeren Herdenleistung.

Grundsätzlich erlaubt die Bewertung der Einflussgrößen mit „hoch“, „niedrig“, „eng“, „weit“ in Tabelle 4 nur eine Tendenz innerhalb der erfassten Werte. Darüber hinaus sind die in der Literatur genannten Optimalwerte, der Melkanlagentyp sowie zusätzliche Merkmale, wie ungenügend massierte, blau verfärbte Zitzen, Ringbildung an der Zitzenbasis sowie der Ausmelkgrad zu berücksichtigen.

Die geringe Anzahl an Hyperkeratosen in den Melkanlagen mit halbhoch- bis hochverlegter Melkleitung wird hauptsächlich mit der ausgeprägten Vakuumabsenkung in der Entlastungsphase und dem somit geringen Massagedruck in Verbindung gebracht. Dieser machte sich jedoch in den Betrieben 5, 6 und 8 auch in Form eines vergleichsweise hohen Anteils an blau verfärbten Zitzen nach dem Melken bemerkbar.

Tab. 4: Einflussgrößen auf Hyperkeratosen und Bewertung der Anfälligkeit (positiv: geringere Anfälligkeit; negativ: höhere Anfälligkeit)

Tab. 4: Influences on hyperkeratosis and evaluation of sensitivity

Einflussgröße	Positiv bewertet	Negativ bewertet
Zitzenkuppenform	flach, trichterförmig	spitz, rund
Euterhälfte	hinten	vorne
Melkanlagentyp	hochverlegte Melkleitung	–
Betriebsvakuum	„hoch“	„niedrig“
Phasenverhältnis (Pulsation)	„eng“	„weit“
Massagedruck	„niedrig“	Überdruckapplikation
EFD der Sitzengummis	„niedrig“	„hoch“
Dauer der Blindmelkphase	kurz	lang
Laktationsleistung der Herde	niedrig	hoch

„“: Optimalwerte sind zu berücksichtigen; EFD: Einfaltdruckdifferenz

4 Fazit

Veränderungen an den Zitzen liefern wichtige Anhaltspunkte zur Bewertung von Melkanlagen. Hierzu können langfristige Merkmale, wie Hyperkeratosen, aber auch direkt nach dem Melken auftretende Veränderung wie die Zitzenfarbe, Ringbildungen an der Zitzenbasis oder Verhärtungen der Zitze herangezogen werden. Die Ausbildung von Hyperkeratosen an der Zitzenspitze wurde in den vorliegenden Untersuchungen durch die Melktechnik, aber auch durch die Zitzenmorphologie, insbesondere die Zitzenkuppenform beeinflusst. Für eine umfassende Bewertung der Einflussfaktoren sind daher, neben den Anlagendaten, grundsätzlich die Zitzenmorphologie sowie weitere Veränderungen der Zitzen mit zu berücksichtigen, was in diesen Untersuchungen nur an einer begrenzten Anzahl an Tieren erfolgen konnte. Weiterhin könnte eine größere Datenbasis mit einer höheren Anzahl an Betrieben umfassendere Informationen bieten.

Elektronische Ohrmarken in der Mastschweinehaltung

Electronic Ear Tags in Pig Fattening

FRANK BUROSE¹, THOMAS JUNGBLUTH², MICHAEL ZÄHNER¹

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

² Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, 70593 Stuttgart

Schlüsselwörter: elektronische Tierkennzeichnung, Ohrmarke, Mastschweine

Keywords: *electronic animal identification, ear tag, fattening pigs*

Zusammenfassung

Um Schweine automatisch und tierindividuell rückverfolgen zu können, bedarf es einer elektronischen Kennzeichnung. Zur Sicherstellung einer eindeutigen Tieridentifikation sind der Verbleib und die Funktionssicherheit der Kennzeichnung essenziell. Die Verlust-rate und die Funktion von einer Kunststoff- und drei elektronischen Ohrmarken sind auf 16 Praxisbetrieben in jeweils zwei verschiedenen Haltungs- und Produktionssystemen analysiert. 9325 Versuchstiere wurden von der Applikation der Ohrmarke in der Säugeperiode bis zum Ende der Mastphase untersucht.

Die Funktionssicherheit der elektronischen Ohrmarken war sehr gut. Im Durchschnitt aller Praxisbetriebe waren nur 1 % der Ohrmarken bis zum Mastende nicht funktionsfähig. Die Verlustrate der Ohrmarken streute von 0,2 % bis 19,4 % bei einem Mittelwert von 2,8 %. Zwischen den Ohrmarkentypen sowie den Haltungs- und Produktionssystemen gab es weder bei der Funktionssicherheit noch bei den Verlustraten signifikante Unterschiede.

Summary

Electronic labelling is necessary for automatic, individual tracking of pigs. To ensure unique identification of animals, the label must remain in place and its functional reliability must be assured. The loss rates and performance of one plastic and three electronic ear tags were analysed on 16 commercial farms in two different housing and production systems in each case. A total of 9325 experimental animals were examined from the application of the ear tag in the suckling period until the end of the fattening period.

The functional reliability of the electronic ear tags was very good. On average, only 1 % of the ear tags on all commercial farms proved defective by the end of the fattening period. The ear-tag loss rate ranged from 0.2 % to 19.4 %, with a mean value of 2.8 %. There were no significant differences between ear-tag types and housing and production systems in terms of either functional reliability or loss rates.

1 Problemstellung und Ziel

Das Tierseuchengesetz verpflichtet, Schweine spätestens mit dem Absetzen von der Muttersau mit einer Ohrmarke zu kennzeichnen. Ohne den Einsatz elektronischer Systeme entsteht bei der Registrierung und der Aufzeichnung des Verkehrs landwirtschaftlicher Nutztiere ein hoher administrativer Aufwand. Um die Tiere von der Geburt bis zur Schlachtung lückenlos rückverfolgen zu können, ist der Verbleib der Ohrmarke am Tier essenziell. Das Tier muss beim Verlassen des Mastbetriebs noch gekennzeichnet sein, um es im Schlachtbetrieb eindeutig identifizieren, seinem Schlachtergebnis zuordnen und schließlich bis zum Geburtsbetrieb rückverfolgen zu können. Heute werden Schlachtschweine mit einer Kunststoff-Ohrmarke markiert und gruppenweise erfasst. Um die Tiere individuell rückverfolgen zu können, ist eine eindeutige Codierung des Kennzeichnungsmediums notwendig.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die Verlustrate und Funktionssicherheit von einer Kunststoff- und drei elektronischen Ohrmarken auf Praxisbetrieben in verschiedenen Haltungs- und Produktionssystemen zu analysieren.

2 Methode

Auf 16 landwirtschaftlichen Betrieben wurden Saugferkel mit verschiedenen Ohrmarken gekennzeichnet. Die Schweinehalter wurden aufgrund ihres Haltungs- und Produktionssystems in je zwei Gruppen eingeteilt. Bei den Haltungssystemen wurden Betriebe, die Schweine für ein Markenfleischprogramm (Label-Betriebe) und Betriebe, die nach den Anforderungen des Qualitätsmanagement Schweizer Fleisch produzierten (QM-Betriebe), unterschieden. Diese Einteilung ergab sich aus den unterschiedlichen Anforderungen an die Haltung der Tiere während der Sägezeit, der Ferkelaufzucht und der Mastperiode. Bei den Produktionssystemen wurden Betriebe, die im geschlossenen System arbeiteten (ihre erzeugten Ferkel selbst mästeten) und Betriebe, die sich auf höchstens zwei der drei Produktionsstufen (Ferkelerzeugung, Ferkelaufzucht, Mastschweinehaltung) in der Schweineproduktion spezialisiert haben, unterschieden. In zwei Fällen stammten die Ferkel der Versuchsgruppe von jeweils zwei Ferkelerzeugern.

Die offizielle Kunststoff-Ohrmarke der Tierverkehrsdatenbank (TVD-OM; Abb. 1, rechts) und drei verschiedene elektronische Ohrmarkentypen (eOM) wurden getestet. Neben zwei standardisierten elektronischen Ohrmarken (ISO 1-OM, ISO 2-OM; Abb. 1, 1. und 2. von links) wurde ein Prototyp eingesetzt. Dieser Transponder verfügte über einen Chip mit Anti-Kollisions-Algorithmus (AK-OM; Abb. 1, 2. von rechts). Dieser Algorithmus erlaubt, mehrere Transponder zeitgleich mit nur einer Leseantenne zu identifizieren (FINKENZELLER, 2002). Das elektronische Bauteil aller drei Ohrmarken, bestehend aus Spule und Mikrochip, befand sich jeweils im Lochteil der Ohrmarke. Auf dem Dornteil waren jeweils die siebenstellige Betriebsnummer des Ferkelerzeugers und eine fortlaufende vierstellige Nummer gedruckt. Jedem der etwa 600 Tiere einer Versuchsgruppe pro Betrieb wurde ein Ohrmarkentyp appliziert.



Abb. 1: Getestete elektronische und Kunststoff-Ohrmarken

Fig. 1: The tested electronic and plastic ear tags

Die Verlustrate der Kunststoff-Ohrmarke wurde visuell überprüft, die Verlustrate und die Funktionssicherheit der elektronischen Ohrmarken visuell und mit mobilen Lesegeräten. Die Dokumentation erfolgte im Produktionsablauf bei der Applikation während der Säugeperiode, zu Beginn der Aufzucht (Lebendgewicht der Ferkel etwa 10–15 kg) und zu Beginn der Mast (Lebendgewicht etwa 25–35 kg) sowie vor dem Verkauf der Schlachttiere (Lebendgewicht etwa 70–100 kg).

Der Verlust einer Ohrmarke ist als Nichtvorhandensein einer Ohrmarke bei sichtbarem Ohrloch definiert. Bei der Funktionssicherheit der drei elektronischen wird zwischen positivem und negativem Leseergebnis unterschieden. Bei Nichtlesen des Transponders wurde der Zustand der Ohrmarke näher betrachtet. Dabei wurden drei Situationen für defekte Ohrmarken charakterisiert:

- Ohrmarke auseinandergebrochen (entzwei),
- Ohrmarke zerkratzt oder verformt (beschädigt) und
- Ohrmarke äußerlich unauffällig (defekt).

Die statistische Auswertung erfolgte mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse.

3 Ergebnisse

3.1 Ohrmarkenverluste

In neun von 16 Betrieben konnten während der Ferkelaufzucht Ohrmarkenverluste festgestellt werden (Abb. 2). Total hatten 64 Ferkel (0,7 %) ihre Ohrmarke in der Ferkelaufzucht verloren. Verteilt auf die vier Ohrmarkentypen (TVD; ISO 1; ISO 2; AK) ergab sich ein sehr uneinheitliches Bild. Während die TVD-OM einen Anteil von 4,7 % an den Verlusten ausmachte, waren es bei den elektronischen Ohrmarken zwischen 14 (ISO 1) und beinahe 61 % (ISO 2). Zwei der insgesamt neun Betriebe mit Ohrmarkenverlusten waren für 44 (68,8 %) der 64 verloren gegangenen Ohrmarken verantwortlich (Abb. 2).

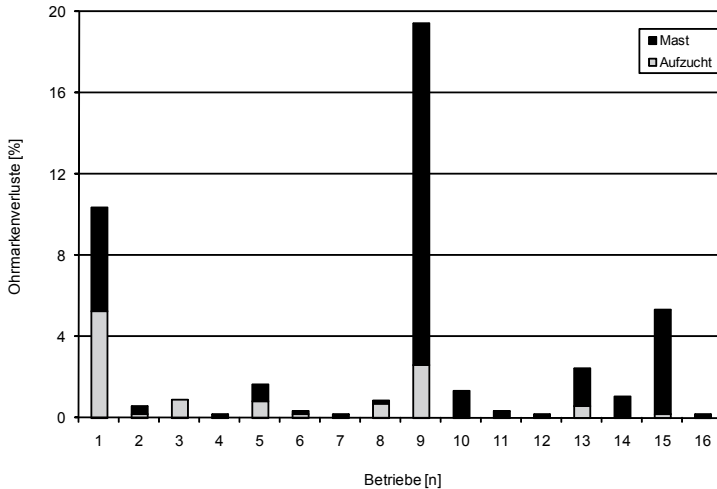


Abb. 2: Ohrmarkenverluste in der Ferkelaufzucht und Schweinemast

Fig. 2: Ear-tag losses at the post-weaning and fattening stages

Im Produktionsabschnitt Mast verzeichneten 15 der 16 Praxisbetriebe Ohrmarkenverluste. Insgesamt fielen 191 (2,1 %) Ohrmarken aus dem Ohrloch. Diese verteilten sich auf die einzelnen Ohrmarkentypen gleichmäßiger als in der Aufzuchtphase. Der Verlustanteil der TVD-, ISO 1- und AK-OM lag zwischen 15 und 19 %, während die ISO 2-OM einen Anteil von fast 48 % an allen Ohrmarkenverlusten hielt. Die beiden Betriebe mit den höchsten Ohrmarkenverlusten in der Aufzucht hatten auch in der Mast fast 2/3 aller Ausfälle. Gemeinsam mit einem weiteren Betrieb sind sie für über 80 % der Ohrmarkenverluste verantwortlich.

Zwischen den vier Ohrmarkentypen und den jeweils zwei Haltungs- und Produktionssystemen gab es bei den Verlustraten der Ohrmarken keine signifikanten Unterschiede.

3.2 Funktionssicherheit der elektronischen Ohrmarken

In der Ferkelaufzucht wurde für total 31 (0,5 %) Ohrmarken ein Funktionsausfall festgestellt. Betroffen war die Hälfte der 16 Praxisbetriebe (Abb. 3). 71 % der Funktionsausfälle traten bei der ISO 2-OM auf, weitere 19 % bei der ISO 1-OM. Auffallend war, dass sich 21 (68 %) der 31 Funktionsausfälle auf nur zwei Praxisbetrieben ereigneten. Von den 31 Funktionsausfällen brachen 23 (74 %) Ohrmarken auseinander, 8 Ohrmarken (26 %) waren defekt.

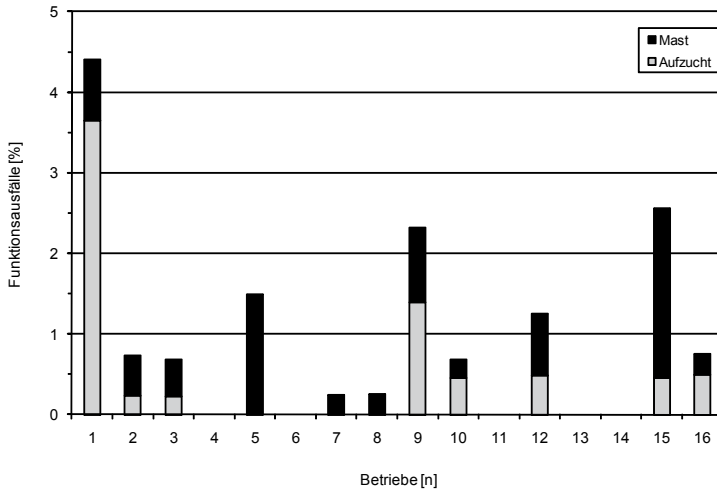


Abb. 3: Funktionsausfälle von elektronischen Ohrmarken in der Ferkelaufzucht und der Schweinemast
 Fig. 3: Technical failure of electronic ear tags at the post-weaning and fattening stages

Im Mastabschnitt versagte bei 33 (0,5 %) der elektronischen Ohrmarken die Funktion. Die ISO 1-OM war für 46 %, die AK-OM für 1/3 und die ISO 2-OM für 21 % der Funktionsausfälle verantwortlich. Bei den ISO 1-OM waren 13 der 15 Ohrmarken defekt, zwei Ohrmarken waren beschädigt. Bei den ISO 2-OM waren vier von sieben Funktionsausfällen auf das Auseinanderbrechen der Ohrmarke zurückzuführen. Die elf defekten AK-OM waren entweder äußerlich unauffällig oder entzwei. Ohne Funktionsausfälle in der Mast blieben fünf Betriebe. In diesen Gruppen wurde auch zuvor in der Aufzucht kein negatives Leseereignis verzeichnet.

Zwischen den vier Ohrmarkentypen und den jeweils zwei Haltungs- und Produktionssystemen gab es bei den Funktionsausfällen der drei elektronischen Ohrmarken keine signifikanten Unterschiede.

4 Diskussion

Die Verlustraten und Funktionsausfälle von Kunststoff- bzw. elektronischen Ohrmarken in der Mastschweinehaltung lagen in der vorliegenden Untersuchung deutlich tiefer als in einer Untersuchung von CAJA et al. (2005). Während in der Studie von CAJA die beiden getesteten elektronischen Ohrmarken eine Verlustrate von 8,8 bzw. 44,9 % aufwiesen, gingen in der vorliegenden Untersuchung nur 2,0 bis 5,9 % der elektronischen Ohrmarken verloren. Bei der Kunststoff-Ohrmarke befand sich die Verlustrate mit 1,3 % bzw. 1,0 % auf gleichem Niveau. Die Funktionsausfallrate bei den elektronischen Ohrmarken war bei Caja mit 5,5 bzw. 55 % deutlich höher als in dieser Untersuchung (0,6–1,3 %).

Die dargestellten Ergebnisse sind nur eingeschränkt mit denen von CAJA et al. (2005) vergleichbar. Die Anzahl geprüfter Ohrmarken war in der vorliegenden Untersuchung

etwa 20-mal, die der getesteten Tiergruppen 16-mal größer als bei CAJA. Während CAJA nur in einem, im geschlossenen System arbeitenden Betrieb Messungen vornimmt, wurden in der vorliegenden Arbeit je zwei Haltungs- und Produktionssysteme einbezogen. Die Maße der untersuchten Ohrmarken variierte leicht.

Die nicht signifikanten Unterschiede bei den Ohrmarkenverlusten und Funktionsausfällen erklärten sich durch den Betriebseffekt innerhalb der Faktoren Ohrmarkentyp und Haltungs- und Produktionssystem.

5 Schlussfolgerungen

Die niedrige Funktionsausfallrate der elektronischen Ohrmarken erlaubt einen großen Teil der im Schlachtbetrieb angelieferten Schweine automatisch zu identifizieren und ihrem Geburtsbetrieb zuzuordnen. Die Verlustquote der elektronischen Ohrmarken fiel deutlich höher aus als die der TVD-OM und lässt keine hundertprozentige Identifizierung der Schlachttiere zu. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen insbesondere die Ohrmarkenverluste auf den Praxisbetrieben optimiert werden.

Literatur

- CAJA, G.; HERNÁNDEZ-JOVER, M.; CONILL, C.; GARÍN, D.; ALABERN, X.; FARRIOL, B.; GHIRADI, J. (2005): Use of ear tags and injectable transponders for the identification and traceability of pigs from birth to the end of slaughter line. *Journal of Animal Science*, 83, S. 2215–2224
- FINKENZELLER, K. (2002): *RFID-Handbuch – Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten*. Carl Hanser Verlag, München, Wien

Methoden zur Auswertung von sensorgestützt erfassten Merkmalen des Präferenzverhaltens von Mastschweinen

Methods for evaluation of sensor recorded characteristics of preference behaviour of fattening pigs

MIHAIELA ALEXANDRINA RUS^{1*}, OTTO KAUFMANN¹, BOZENA FRIEDRICH²

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Philippstr. 13, Haus 10, 10115 Berlin

² Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät, Department für Agrarökonomie, Luisenstr. 53, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Schweinehaltung, Präferenzverhalten

Keywords: pig farming, preference behaviour

Zusammenfassung

Untersuchungen zum Präferenzverhalten ergaben sehr unterschiedliche und nicht normal verteilte Aufenthaltszeiten der einzelnen Schweine in den zur Wahl gestellten Ruhebereichen. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Schweine sowohl zum Ruhen als auch zur Befriedigung ihres Explorationsverhaltens die Ruheräume aufsuchten. Es wird angenommen, dass die Aufenthalte zur Befriedigung des Ruheverhaltens die diesbezügliche Präferenz charakterisieren. Durch die logarithmische (ln) Transformation aller Aufenthaltsdauern entstehen zwei Normalverteilungen für kürzere und längere Zeiten des Aufenthaltes in den Ruhebereichen. Der Schnittpunkt der beiden Gaußschen Kurven markiert die Grenze zwischen längerer (Ruhe) und kürzerer Aufenthaltsdauer (Exploration). Durchschnittlich haben die Schweine 11,07- $\pm$ 7,74-mal pro Tag die Ruhebereiche aufgesucht. Davon waren 4,05 $\pm$ 1,37 Besuche mit einer Ruhephase verbunden und 7,02 $\pm$ 7,39 Besuche dienten der Befriedigung des Erkundungsverhaltens.

Summary

Studies about the preference behaviour showed different duration of stays of pigs in the resting areas. It is assumed that the pigs do not only visit the resting areas to rest, but also to satisfy their exploration behaviour. It is expected that the stays to satisfy the exploration behaviour characterize in this regard the preferred activity. From the logarithmic (ln) transformation of all duration of stay result two normal distributions for shorter and longer duration in the resting areas. The cross of the two Gaussian curves marks the limit between longer and shorter duration of stay. On average, the resting areas were visited 11,07 times per pig and day. Therefrom only 4,05 were connected to resting periods and 7,02 visits per pig and day served the exploration behaviour.

* Von der Hans Wilhelm Schaumann Stiftung gefördert.

1 Einleitung und Zielsetzung

Für die Bewertung der tierindividuellen Präferenzen gegenüber Ruhebereichen sind die Verhaltensmerkmale Aufenthaltsdauer und Besuchshäufigkeit relevant. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Schweine beide Merkmale unterschiedlich stark ausprägen. Es gibt sehr aktive Tiere, die den Ruhebereich häufig aufsuchen. Dagegen weisen andere Tiere geringere Besuchshäufigkeiten auf. Außerdem weisen die sensorbasiert erfassten Daten zur Aufenthaltsdauer eine große Varianz auf. Um eine Aussage über das Präferenzverhalten der Tiere treffen zu können, muss unterschieden werden, ob die Schweine beim Besuch des Ruhebereiches diesen für die Ruhe nutzen oder ihr natürliches Erkundungsverhalten ausleben. Es ist davon auszugehen, dass eine kurze Aufenthaltsdauer eher dem Explorationsverhalten zuzuordnen ist, während eine lange Besuchsdauer für die Befriedigung des Ruheverhaltens genutzt wird.

Wenn die Attraktivität der Ruhebereiche bewertet werden soll, dann müssen die Merkmale des Ruheverhaltens als Bewertungskriterium genutzt werden. Die Definition eines genau determinierten „Ruhekriteriums“ soll eine Zuordnung der Aufenthaltsdauer zum Explorations- bzw. Ruheverhalten ermöglichen. Das Ziel dieser Differenzierung besteht darin, lange Aufenthaltsdauer (die Ruhephasen) zu identifizieren und für die Bewertung der Präferenz gegenüber unterschiedlich gestalteten Ruhebereichen zu nutzen.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen sind in einer Versuchsanlage durchgeführt worden, die aus drei abgegrenzten Aufenthaltsbereichen (A, B, C) besteht. „A“ und „B“ sind Ruhebereiche, die entsprechend der Fragestellung unterschiedliche Fußböden (A: Spaltenboden; B: teil-perforierter Fußboden) hatten. Der Fressbereich „C“ ist mit zwei Futterautomaten und zwei Tränken ausgestattet. Über Durchgangstore zwischen den Bereichen wurde jeder Wechsel der Schweine über eine tierindividuelle Erkennung (Ohrmarken- Responder) erfasst, ebenso die Besuche an den Futter- und Tränkeautomaten. So wird eine präzise Erfassung von Aufenthaltsort, -dauer und -frequenz von einzelnen Schweinen in ihrer Haltungsumwelt über den gesamten Haltungszeitraum gewährleistet.

Für die Untersuchung wurden 21 Mastschweine mit einer durchschnittlichen Lebendmasse von 25 kg aufgestellt. Der Mastabschnitt endete nach etwa 15 Wochen bei einem Mastendgewicht von durchschnittlich 110 kg.

Zur Bestimmung des Ruhekriteriums sind die gepoolten Daten der Aufenthaltsdauer aller Schweine in den Ruhebereichen herangezogen worden. Über die gesamte Mastdauer sind von 21 Tieren insgesamt 23 603 Aufenthalte in den Ruhebereichen erfasst worden. Die ermittelte Aufenthaltsdauer war nicht normal verteilt. Aufgrund dessen sind sie logarithmiert (ln) und anschließend als relative Häufigkeitsverteilung grafisch dargestellt worden. Es ergaben sich zwei normal verteilte Gaußkurven (the double log-normal model). Daraus lässt sich schließen, dass es zwei Klassen der Aufenthaltsdauer gibt. Der Schnittpunkt der beiden Verteilungskurven stellt ein Zeitkriterium dar, das für die Unterteilung der Aufenthaltsdauer (kurz und lang) genutzt werden kann. Das Ruhekriterium

wird als der Punkt identifiziert, wo ein Zeitintervall beiden Verteilungen mit gleicher Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden kann.

3 Ergebnisse

Die Auswertung über den gesamten Versuchszeitraum ergab, dass die Tiere durchschnittlich $11,07 \pm 7,74$ -mal pro Tag die Ruhebereiche aufsuchten. Die mittlere tägliche Aufenthaltsdauer in den Ruhebereichen betrug $16,70 \pm 5,63$ Stunden.

Die Darstellung der analysierten Merkmale in Abbildung 1 zeigt hohe tierindividuelle Unterschiede. Die mittlere Besuchshäufigkeit erreichte Werte zwischen 5,8 (Tier 117) und 20,4 (Tier 109) Besuche je Tier und Tag. Die tierindividuellen Ergebnisse der Aufenthaltsdauer bewegten sich zwischen 15,42 (Tier 98) und 17,95 (Tier 109) Stunden am Tag.

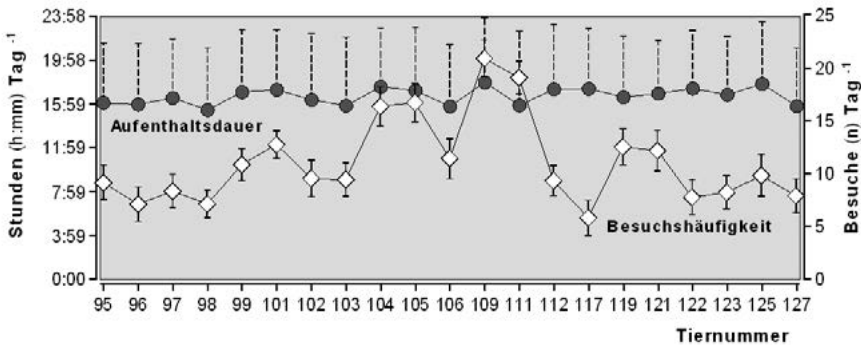


Abb. 1: Mittlere Aufenthaltsdauer und Besuchshäufigkeit in den Ruhebereichen je Tier und Tag über die gesamte Versuchsdauer

Fig. 1: Average of duration of stay and number of visits in the resting area, per animal and day over the whole fattening period

Die tägliche Aufenthaltsdauer setzt sich aus mehreren, unterschiedlich langen Einzelaufenthalten zusammen. In Abbildung 2 (A) sind die Dauer aller Besuche in den beiden zur Auswahl stehenden Ruhebereichen als relative Häufigkeiten mit einer Klassenbreite von 100 Minuten dargestellt. Betrachtet man die Häufigkeitsverteilung der Aufenthaltsdauer, so ist zu erkennen, dass die meisten Aufenthalte (über 70 %) nicht länger als 100 Minuten betragen. Abbildung 2 (B) zeigt die Verteilung der log-transformierten Aufenthaltsdauer in den Ruhebereichen in Form relativer Häufigkeit bei einer Klassenbreite von 0,3 Log. Es zeigt sich eine bimodale Verteilung, die jeweils einer klassischen Normalverteilung entspricht. Das Ruhekriterium, der Schnittpunkt beider Verteilungskurven, wurde nach dem Prinzip der größten Wahrscheinlichkeit auf 36,6 Minuten geschätzt. Jede Aufenthaltsdauer, die weniger als 36,6 Minuten betrug (linke Verteilung), ist demnach dem Erkundungsverhalten (Aktivität) zuzuordnen. Alle Aufenthalte mit einer Dauer von mehr als 36,6 Minuten (rechte Verteilung) werden dem Ruhen zugeordnet und für die weitere Auswertung des Präferenzverhaltens verwendet.

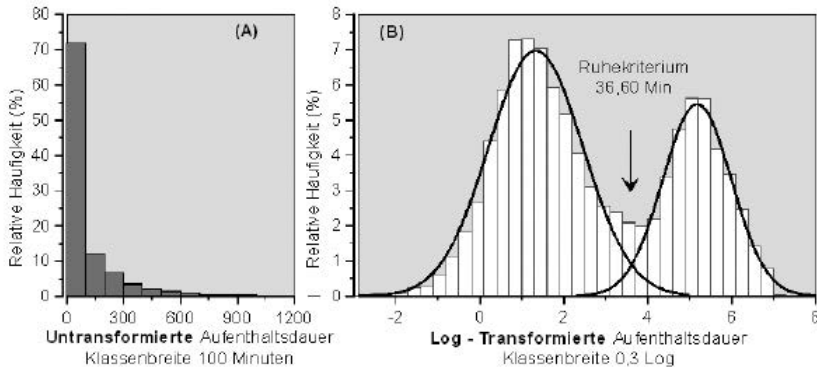


Abb. 2: Die relative Häufigkeitsverteilung der Aufenthaltsdauer in den Ruhebereichen, gepoolte Datensätze, (A) untransformiert, (B) logarithmisch transformiert

Fig. 2: The relative frequency distribution of duration of stay in the resting areas, pooled data sets (A) un-transformed (B) log-transformed

Tabelle 1 stellt die Ergebnisse von Erkundungs- und Ruheverhalten zusammenfassend dar. Die differenzierte Betrachtung der Besuchshäufigkeit ergab, dass durchschnittlich $7,02 \pm 7,39$ Besuche je Tier und Tag dem Erkundungsverhalten zuzuordnen sind und $4,05 \pm 1,37$ Besuche pro Tier und Tag mit dem Ruhen verbunden waren. Während die durchschnittliche Aufenthaltsdauer für Erkundungen über die gesamte Mastdauer bei $0,75 \pm 0,72$ Stunden je Tier und Tag liegt, beträgt die tägliche mittlere Aufenthaltsdauer $15,95 \pm 5,77$ Stunden.

Tab. 1: Merkmale des Erkundungs- und Ruheverhaltens von Mastschweinen über die gesamte Mastdauer

Tab. 1: Parameter of behavioural characteristics of resting and exploration behaviour of fattened pigs over the whole fattening period

	MW	SD	Min	Max
Besuchshäufig. für Erkundung (n/Tier/Tag)	7,02	7,39	1,00	42,00
Besuchshäufig. für Ruhe (n/Tier/Tag)	4,05	1,37	1,00	10,00
Erkundungsdauer/Tag (Std./Tier)	0,75	0,72	0,01	4,08
Ruhedauer/Tag (Std./Tier)	15,95	5,77	0,60	33,48

Im Vergleich zu den Werten in Abbildung 1, die alle Aufenthalte berücksichtigen, weisen die durch die logarithmische Transformation herausgefilterten Daten über die zur Ruhe relevante Aufenthaltsdauer, eine geringere Variation auf. Das gleiche trifft auch auf die Besuchshäufigkeiten zu (Abb. 3).

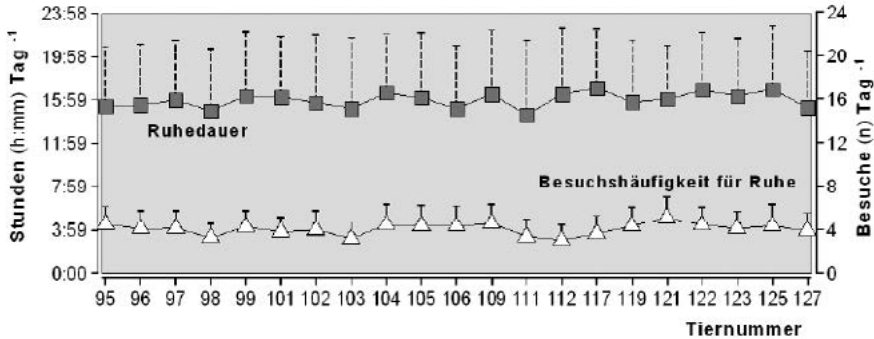


Abb. 3: Mittlere Aufenthaltsdauer beim Ruhen und Anzahl der Besuche zum Ruhen pro Tier und Tag über die gesamte Mastdauer

Fig. 3: Average of resting time and number of rest phases per animal and day, over the whole fattening period

In Abbildung 4 wird ein Vergleich zwischen der Besuchshäufigkeit ohne Korrektur (Besuchshäufigkeit insgesamt) und den herausgefilterten Werten (Besuchshäufigkeit zum Ruhen) für beide Ruhebereiche dargestellt. Sie zeigt die Analyse der individuellen Präferenz zu den Bereichen A und B während der vierten Mastwoche. Betrachtet man das Merkmal Besuchshäufigkeit insgesamt, so ist keine Präferenz zu erkennen. Dagegen beim Vergleich der herausgefilterten Werte (Besuchshäufigkeit zum Ruhen) zeigt sich eine deutliche Präferenz für den Bereich A.



Abb. 4: Mittlere Besuchshäufigkeit in beiden Ruhebereichen (mit und ohne Korrektur) je Tier und Tag während der vierte Mastwoche (Wilcoxon Test)

Fig. 4: Average of number of visit in the restings area (with and without correction) per animal and day over the 4th fattening week (Wilcoxon Test)

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Das sensorgestützte Monitoring von landwirtschaftlichen Nutztieren in Forschung und Praxis erfordert Methoden, die es erlauben, aus einer Fülle von Einzeldaten diejenigen zu identifizieren und zu selektieren, die für die jeweilige Fragestellung beziehungsweise für die Prozesssteuerung die notwendigen Informationen enthalten.

Für die Bewertung der Präferenz für unterschiedliche Ruhebereiche wurden die Merkmale Aufenthaltsdauer und Besuchshäufigkeit genutzt. Die Ergebnisse der eigenen

Untersuchung zeigten hohe individuelle Unterschiede in der Ausprägung dieser Merkmale. Es stellt sich die Frage der Bedeutung dieser beiden Parameter hinsichtlich der Beschreibung der wahren Präferenz. Deshalb musste eine Möglichkeit gefunden werden, Zeitabschnitte, die eine Ruhephase charakterisieren von denen die dem Explorationsverhalten entspringen, voneinander zu unterscheiden.

Die grafische Darstellung der relativen Häufigkeitsverteilung der log-transformierten Aufenthaltsdauer ergab eine Zuordnung unter zwei Gaußschen Kurven, die sich überschneiden. Der Schnittpunkt der zwei Verteilungen liegt bei 36,6 Minuten und wird als Ruhekriterium definiert. Die bimodale Verteilung deutet darauf hin, dass es zwei Klassen von Aufenthalten mit unterschiedlicher zeitlicher Länge gibt. Die Ermittlung des Ruhekriteriums orientiert sich an die von TOLKAMP et al. (1998) und die von TOLKAMP und KYRIAZAKIS (1999) entwickelte Methode zur Bestimmung des Mahlzeitkriteriums.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung haben gezeigt, dass die Merkmale des Ruheverhaltens (tägliche Aufenthaltsdauer zum Ruhen und die Besuchshäufigkeit zum Ruhen) wesentlich geringere tierindividuelle Variationen nachweisen und somit eine bessere Basis für die Bewertung der Präferenz liefern.

Unter Berücksichtigung der durchgeführten Analyse stellt die vorgestellte Auswertungsmethode ein sinnvolles Hilfsmittel dar, unterschiedlich gestaltete Ruhebereiche in Hinblick auf das Präferenzverhalten von Mastschweinen miteinander zu vergleichen.

Literatur

- RUS, M.; BÖRGERMANN, B.; KAUFMANN, O. (2007): System for collection of behavioural characteristics of pigs – Preferences for different flooring systems. Electronic Journal Animal Welfare, Ethology and Housing Systems, Vol III. (1), S. 59–69
- TOLKAMP, B. J.; ALLCROFT, D. J.; AUSTIN, E. J.; NIELSEN B. L.; KYRIAZAKIS, I. (1998): Satiety Splits Feeding Behaviour into Bouts. Journal of Theoretical Biology 194 (2), S. 235–250
- TOLKAMP, B. J.; KYRIAZAKIS, I. (1999): To split behaviour into bouts, log-transform the intervals. Animal Behaviour 57(4), S. 807–817

Chip-Einzeltierfassung mit digitaler Bildanalyse bei der Großgruppenhaltung von Mastschweinen

Chip-single animal identification with digital picture analysis in big group housing of fattening pigs

MARC LEUSCHNER

Firma Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG, Siemensstr. 15, 48488 Emsbüren

Schlüsselwörter: Chip-Einzeltierfassung, Großgruppenhaltung, Mastschweine

Keywords: chip single animal identification, big group housing, fattening pigs

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Erfahrungen und Möglichkeiten dargestellt, die sich durch Integration einer Chip-Einzeltierfassung in Großgruppenhaltung mit der optiSORT Sortierschleuse ergeben. Jedem Mastschwein in der Großgruppe wird ein Ohrchip implementiert. Dieser stellt über ein Lesegerät eine Verbindung zur Sortierschleuse her. Eine Auswertung der Messdaten der Tiere erfolgt in einem integrierten Analyseprogramm. Dadurch ist es möglich, jedes einzelne Schwein über die Chip-Einzeltierfassung zu kontrollieren, zu analysieren und zu sortieren.

Diese Analysetechnik ist in Testbetrieben von Hölscher + Leuschner bereits seit sechs Jahren im Einsatz, wobei die Auswertungen primär zur Entwicklung von technischen Möglichkeiten der optiSORT Sortierschleuse dienen. Für den praktischen Einsatz der Chip-Einzeltierfassung werden weitere Anwendungsbereiche in der Schweinehaltung vorgestellt.

Summary

In this article experiences and possibilities which arise by integration of a chip-single animal identification in big group housing of fattening pigs with optiSORT sorting machine are shown. To every fattened pig in the big group an ear chip is implemented. This produces a connection with the sorting machine over a reader. An evaluation of the measuring data of the animals occurs in an integrated analysis programme. Thereby it is possible to control every single pig about the chip-single animal identification, to analyse and to sort.

This analysis technology is in test farms of company Hölscher + Leuschner already for six years in use. The application and the evaluations serve primarily for the development of technical possibilities for the optiSORT sorting machine. For the practical application of the chip-single animal identification other ranges of application are introduced in the pork position.

1 Digitale Bildanalyse bei Großgruppenhaltung mit der optiSORT Sortierschleuse

Bei der Großgruppenhaltung mit der optiSORT Sortierschleuse wird dem Landwirt eine tierfreundliche und ökonomisch interessante Haltungsform von Mastschweinen geboten.

Die Schweine werden in einer Gruppe von mindestens 200 bis maximal ca. 450 Tieren gehalten. Die optiSORT Sortierschleuse ist das Kernstück der Großgruppenhaltung. Zum Fressen müssen alle Tiere einzeln durch die Sortierschleuse laufen und werden dabei mithilfe einer Digitalkamera und zwei Lasern vermessen.



Abb. 1: Aufbau der optiSORT Sortierschleuse

Fig. 1: Construction of the optiSORT sorting machine

Die Sortierschleuse wird komplett von Hölscher + Leuschner in Emsbüren gefertigt. Die Anlage hat einen sehr hohen Standard im Hinblick auf Qualität, Funktionalität, Geräuschpegel und Haltbarkeit. Sie wird ständig weiterentwickelt und wurde bereits 2002 mit einer Goldmedaille auf der Fachmesse „Eurotier“ ausgezeichnet.

Bei jedem Durchgang ermittelt das System mithilfe einer Bildverarbeitungssoftware das Lebendgewicht der Schweine und die jeweiligen Fleischteilstücke. Damit ermöglicht optiSORT eine automatische Fütterung in unterschiedlichen Fressbereichen und eine Vermarktung nach FOM- und AutoFOM Kriterien.

Die Bedienung der Anlage erfolgt vom PC, eine Fernübertragung aller Daten mittels Telefon oder Internet ist möglich.

2 Chip-Einzeltierfassung mit optiSORT Sortierschleusen

Um die ermittelten Daten der optiSORT Messungen einzelnen Schweinen zuordnen zu können, wird eine automatische Identifikation mittels RFID (Radio Frequency Identification) Technik in das System integriert.

RFID Systeme bestehen aus einem Transponder, der einen elektronischen Datenspeicher darstellt und einem Erfassungs- bzw. Lesegerät. Befindet sich der Transponder im Empfangsbereich des Lesegerätes, wird eine wechselseitige Kommunikation ausgelöst. Zudem verfügen beide Geräte über Kopplungselemente in Form von Antennen. Der Energie- bzw. Datenaustausch erfolgt über elektromagnetische Felder (FINKENZELLER, 2006).

Für die automatische Kennzeichnung von Tieren mittels RFID-Technologie müssen internationale Standards (ISO 11784, ISO 11785) eingehalten werden.

Zur Einzeltierfassung mit optiSORT bekommen alle eingestellten Schweine einen Ohrchip (Transponder) eingesetzt. In jedem Ohrchip ist eine Nummer eingespeist mittels der jedes Schwein erkennbar ist. In der optiSORT Station befindet sich eine Antenne als Lesegerät mit zugehöriger Tuner- und Steuerelektronik. Wenn ein Schwein durch die Schleuse läuft und mit dem Ohrchip in das elektromagnetische Feld der Antenne gelangt, empfängt die Antenne die Nummer des Schweins. Über einen Konverter werden die Daten von der Steuerelektronik in den PC geleitet, die dann über ein zusätzliches Softwaremodul ausgewertet werden können.

3 Anwendung und Erfahrungen der Firma Hölscher + Leuschner mit Chip-Einzeltierfassung bei optiSORT Großgruppen

Die Firma Hölscher + Leuschner nutzt seit sechs Jahren Chip-Einzeltierfassungen in Verbindung mit optiSORT in unterschiedlichen Betrieben. Ein Stall mit zwei Großgruppen und je 300 Tieren ist seit 2003 im Einsatz, ein weiterer Betrieb mit zwei Großgruppen und je 300 Tieren wurde in Verbindung mit der Landwirtschaftskammer Münster und der Universität Bonn von 2003 bis 2005 mit Chip-Einzeltierfassung ausgerüstet. Ab 2006 ist ein Stall mit vier Großgruppen und jeweils 350 Tieren mit Chip Einzeltierfassung in Betrieb. So haben bisher etwa 25 000–30 000 Mastschweine mit Ohrmarken die Versuchsbetriebe durchlaufen.

Die Abteile der Betriebe sind unterschiedlich aufgebaut. Sie sind mit Trocken- oder Flüssigfütterungen ausgelegt und werden mit verschiedenen optiSORT Modellen und Programmversionen betrieben. In den Ställen gibt es unterschiedliche Tierrassen und Fütterungsstrategien, sodass viele Variable während der Durchgänge entstehen.

In der gesamten Testphase sind immer die gleichen Ohrchipstypen als Transponder im Einsatz. Seit etwa sechs Monaten wird eine neue Antennentechnik verwendet, die wesentlich stabiler arbeitet. Die heutigen Chip-Antennen-Systeme weisen eine Erkennungsrate von etwa 90 % auf, das bedeutet, dass ungefähr 90 % der Schweine mit ihrem Ohrchip an der Empfangsstation erkannt werden. Dies bestätigte sich in den Testreihen der Versuchsbetriebe.

3.1 Optimierung der digitalen Messung

In den Testbetrieben sind alle optiSORT Schleusen zusätzlich mit einer mechanischen Waage ausgestattet. So wird ständig das gemessene optische Gewicht mit dem gewogenen Gewicht verglichen. Ein Aufnahme- und Analyseprogramm zeichnet die Abweichungen und Besonderheiten der Messungen auf. Damit besteht die Möglichkeit, das optische Messverfahren von optiSORT ständig zu analysieren und zu verbessern.

An den optiSORT Sortierschleusen mit Chip-Einzeltiererkennung speichert ein Analyseprogramm beim Vermarkten der Schweine das Gewicht und die Teilgewichte jedes einzelnen Tieres. Die Chip-Einzeltiernummer der Schweine wird im Schlachthof der jeweiligen Schlachtnummer zugeordnet. Der Schlachthof vermisst bei der AutoFOM Abrechnung über Ultraschall die einzelnen Teilstücke der Schweine oder ermittelt bei der FOM Abrechnung den Magerfleischanteil der Schweine. Die Ergebnisse des Schlachtprotokolls können dann wiederum mit den gemessenen Daten aus der optiSORT Vermessung verglichen werden.

3.2 Entwicklung der digitalen Geschlechtserkennung

Seit etwa zwei Jahren entwickelt Hölscher + Leuschner die automatische optische Geschlechtserkennung von Mastschweinen mit optiSORT. Ziel ist es, bei nicht getrennt geschlechtlich gehaltenen Mastschweinen zu jeder Messung in der optiSORT Schleuse das Geschlecht optisch zu erkennen. Männliche und weibliche Schweine werden zusammen in die Großgruppe eingestallt, können aber getrennt geschlechtlich gefüttert und für die Vermarktung aussortiert werden.

Beim Aufstallen erhalten die männlichen und weiblichen Schweine unterschiedliche Ohrchips. Jedes Schwein wird in der Schleuse als männliches oder weibliches Tier über die Ohrmarke klassifiziert. Mithilfe der Chip-Einzeltiererkennung ist es möglich die richtige Erkennung des Geschlechtes über optiSORT ständig zu überprüfen und abzugleichen.

3.3 Auswertungen von Anomalien

Durch die ständigen Auswertungen einzelner Tiere besteht die Möglichkeit Anomalien zu erkennen, die durch die Einzelvermessung deutlich werden. In Abbildung 2 ist ein Mastschwein dargestellt, das vormittags um 11:12 Uhr 104,2 kg und abends um 22:07 Uhr 109,4 kg wog. Man sieht beim Vergleich der beiden Messfotos, dass der Bauch bei der abendlichen Messung wesentlich dicker ist als am Morgen. Durch die Chip-Einzeltiervermessung wird somit jedes einzelne Tier in der Großgruppe identifiziert und kann speziell beobachtet oder gegebenenfalls behandelt werden.

Auch Schweine, die besonders wenig oder besonders häufig durch die Schleuse laufen, können im Programm aufgezeigt und von der Anlage markiert oder aussortiert werden.

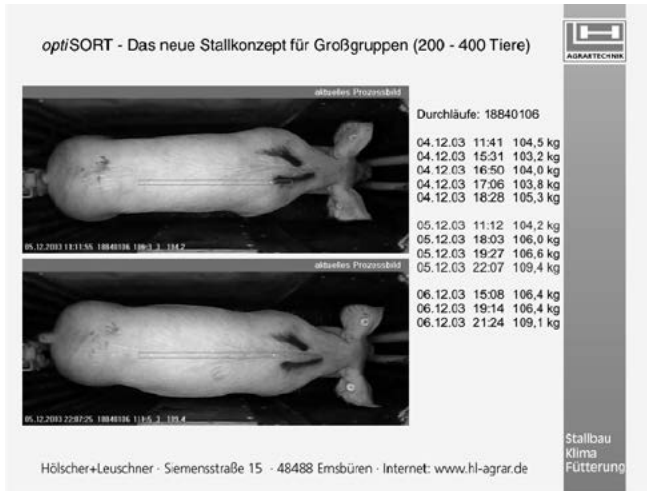


Abb. 2: Ein Schwein wiegt an einem Tag morgens 104,2 kg und abends 109,4 kg
 Fig. 2: One pig weighs in the morning 104,2 kg and in the evening 109,4 kg

4 Möglichkeiten in der Mastschweinehaltung mit optiSORT Sortierschleusen und Chip-Einzeltiererrfassung

Durch den Einsatz der Chip-Einzeltiererrfassung in Verbindung mit optiSORT bestehen viele Möglichkeiten, die Schweinemast zu optimieren und zu vereinfachen. Der Landwirt erhält eine Informationstechnik zur verbesserten Tierhaltung, Tierkontrolle und Vermarktung innerhalb der Großgruppe.

Über die Chip Einzeltiererrfassung in Verbindung mit optiSORT ist es möglich jedes einzelne Schwein zu analysieren, zu kontrollieren und zu sortieren. Durch schnelleres und besseres Reagieren auf den Zustand einzelner Tiere ergeben sich ein gesteigertes Wohlbefinden und eine Verbesserung der biologischen Leistung. Verschiedene Mastdurchgänge, unterschiedliche Tiergenetiken und Fütterungsstrategien können besser analysiert und dokumentiert werden.

Mit Integration der Chip-Einzeltiererrfassung in die digitale Bildanalyse bestehen z.B. folgende Möglichkeiten für die Schweinemast:

- Fütterung und Vermarktung nach Einzeltierdaten, tiergesteuerte Fütterung
- Dokumentation und Analyse jedes einzelnen Schweins
- Auswertung einzelner Leistungsmerkmale für externe Berater
- Erkennung des idealen Vermarktungszeitpunkts der einzelnen Tiere
- Klassifizierung aller Tiere in froh-, normal- und schwachwüchsige Typen
- Automatisches Ausselektieren auffälliger Schweine in Sonderbuchten
- Analyse von tierspezifischen Eigenschaften: Geschlecht, Rasse, Typen
- Analyse von Einzeltieren oder Gruppen auf Veränderungen
- Vergleich der gemessenen Werte mit den Daten aus dem Schlachthof

Für die Wissenschaft können langfristig mit diesen Monitoring-Techniken noch wesentlich mehr Rückschlüsse auf das Tierverhalten gezogen und weitere Wege zur Optimierung der Schweinemast gefunden werden.

Ein Einsatz für den landwirtschaftlichen Kunden ist derzeit nicht geplant. Gründe dafür sind derzeit noch die hohen Kosten, der hohe Zeit- und Arbeitsaufwand beim Einsetzen der Marken und die kurze Haltbarkeit der Ohrchips.

Für eine Anwendung der Chip-Einzeltierfassung mit optiSORT müsste die Technik demnach günstiger und besser zu handhaben sein. Außerdem wäre es sinnvoll, intelligente Chips schon während der Ferkelhaltung einzusetzen, um eine durchgängige Kontroll- und Informationsstruktur für den gesamten Lebenszyklus der Schweine zu realisieren.

Literatur

- FINKENZELLER, K.(2006): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipanlagen, München, S. 9
- ISO 11784 (1996): Radio frequency identification of animals: code structure
- ISO 11785 (1996): Radio frequency identification of animals: technical concept

Erste Ergebnisse zum Einsatz der Mikrowellen-Technologie zur elektronischen Tierkennzeichnung

Application of Hyperfrequency Wave-Technology for electronic animal identification – Preliminary results

SUSANNE THEIS¹, STEFFEN PACHE¹, STEFFEN ZIETZSCHMANN², HEINZ BERNHARDT³

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Am Park 3, 04886 Köllitsch

² SAW COMPONENTS Dresden GmbH, Manfred-von-Ardenne-Ring 7, 01099 Dresden

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan

Schlüsselwörter: elektronische Tierkennzeichnung, SAW-Technologie, Lesereichweite, Erkennungsrate

Keywords: electronic animal identification, SAW-Technology, reading range, identification rate

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung ist es, auf Grundlage der Mikrowellen- oder SAW-Technologie (Surface Acoustic Wave) Hard- und Software zur elektronischen Tierkennzeichnung (ETK) speziell für den Einsatz in der Nutztierhaltung zu entwickeln und zu erproben. Die Kombination von ETK mit tierindividueller Lebenskennzeichnung wird angestrebt.

Bisher wurde die SAW-Technologie nicht zur ETK genutzt und unterscheidet sich prinzipiell in Aufbau und Funktionsprinzip von Systemen mit induktiver Kopplung im Niederfrequenz(LF)-Bereich. Die entwickelte Technik wird auf ihre Praxistauglichkeit zur ETK im Feldversuch an Rind, Schaf und Legehenne erprobt. Erste Versuchsmuster von SAW-Ohrmarken und -Lesegeräten liegen vor und werden derzeit an Rindern in einer Passage getestet, wobei Erkennungsraten von bis zu 93 % gemessen wurden.

Summary

The aim of this study is to develop and to test hard- and software based on hyperfrequency wave or SAW technology (Surface Acoustic Wave) specifically for electronic animal identification (EID) application in animal husbandry. The combination of EID with an individual lifetime identification number is planned.

Up to now SAW-Technology has not been used for EID. In comparison to low frequency systems with inductive coupling, there are fundamental differences in the construction and principle of function among low frequency systems and SAW-Technology. The suitability and practicability of developed SAW technique devices for EID will be analyzed and tested in field test on cattle, sheep and laying hens. Prototype samples of SAW ear tags and transceivers are available and currently tested on cattle in passage. Here the reading rate is up to 93 %.

1 Einleitung und Zielsetzung

In der Nutztierhaltung werden Radiofrequenz-Identifikationssysteme (RFID-Systeme) zur ETK verwendet, die vorwiegend der Steuerung und Überwachung von Produktionsprozessen dienen und den internationalen ISO Standards 11784 (Codestruktur) und 11785 (Technisches Konzept) entsprechen (ISO, 1996; ISO, 2004; ISO, 1996). Die in der Nutztierhaltung verwendeten elektronischen Ohrmarken, Boli und Injektate sind passive, induktiv gekoppelte Transponder mit integriertem Schaltkreis und Antennenspule, die im LF-Bereich bei 134,2 kHz funktionieren. Die Einsatzgrenzen passiver LF-Transponder liegen in der geringen Lesereichweite von deutlich unter 1 m (KLINDWORTH, 2007) und der geringen Lesegeschwindigkeit.

Die SAW-Technologie, ein weiteres RFID-System wird derzeit nicht zur ETK genutzt und unterscheidet sich in Aufbau und Funktionsprinzip grundsätzlich von herkömmlichen Systemen mit induktiver Kopplung. Die SAW-Technologie nutzt Betriebsfrequenzen im Mikrowellenbereich bei 2,45 GHz (FINKENZELLER, 2006). Trotz passiver Arbeitsweise der SAW-Transponder ist die Identifikation bei Leseentfernungen von bis zu 10 m sowie von schnell bewegten Objekten möglich.

Ziel des Projektes Agro-SAW-Ident ist es, SAW-Hard- und Software zu entwickeln und für die ETK von Nutztieren zu erschließen sowie deren Entwicklungsmöglichkeiten zu untersuchen und aufzuzeigen.

2 Material und Methoden

Im Projekt werden passive SAW-Transponder bei einer Betriebsfrequenz von 2,45 GHz untersucht. Der Aufbau eines SAW-Transponders ist in Abb. 1 dargestellt. Der SAW-Transponder funktioniert nach dem Prinzip einer reflektiven Verzögerungsleitung. Ein hochfrequenter Burst (Abfrageimpuls) wird über die Transponderantenne eingekoppelt und in einem Chip mittels inversem piezoelektrischen Effekt über einen Interdigitalwandler (IDT) in eine akustische Oberflächenwelle umgewandelt. Durch hardwarecodierte Reflektoren erfolgt eine zeitlich selektive Reflektion, die nach dem umgekehrten Wirkprinzip (piezoelektrischer Effekt) ein codiertes Hochfrequenz-Signal an das Lesegerät zurückgibt. Dieser Code ermöglicht eine eindeutige Zuordnung zu den Standards der ETK.

Um den praktischen Einsatz der SAW-Technologie zur ETK zu ermöglichen, entwickeln die Industriepartner spezielle Soft- und Hardware (Transponder, Antennen, mobile und stationäre Lesegeräte) für die Verwendung in der Tierhaltung. Die Untersuchungen gliedern sich in Vorversuche, Kleinversuche an Tieren und Feldversuche auf landwirtschaftlichen Betrieben an den Tierarten Rind, Schaf und Legehenne. Im Rahmen der Vorversuche wurden mit gewerblich verfügbaren SAW-Transpondern und Lesegeräten erste Untersuchungen durchgeführt. Die in diesem Beitrag diskutierten Ergebnisse der Vorversuche wurden mit dem Ziel gewonnen, die potenziellen Möglichkeiten dieser Technik zu erkennen und die Zielstellung für den Einsatz in der Tierhaltung festzulegen. Die Vorversuche erfolgten bei standardisierten Messbedingungen (störungs-

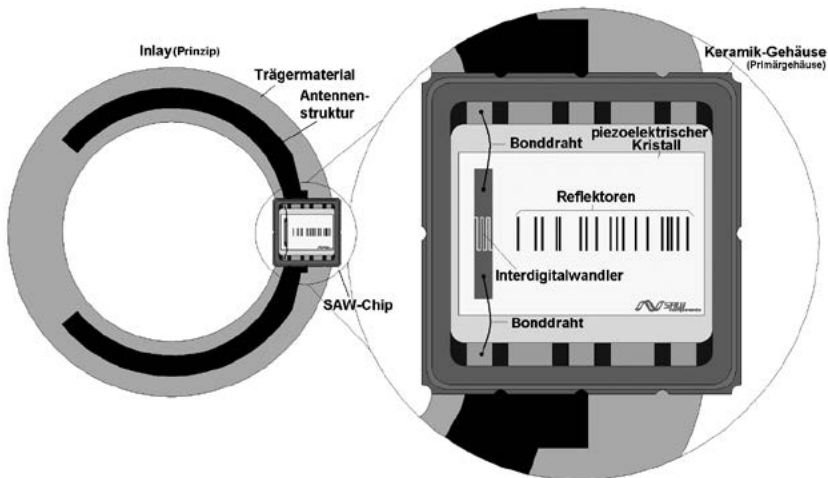


Abb. 1: Schematische Darstellung eines SAW-Transponder-Inlays

Fig. 1: SAW transponder inlay – schematic

armer Raum) für die Merkmale Lesereichweite, Lesegeschwindigkeit, Erkennungsbereich sowie Erkennungsrate mit 3 unterschiedlichen Antennentypen.

Die statischen Untersuchungen zur Messung der maximalen Lesereichweite erfolgten mit 16 gewerblich verfügbaren Token (SAW-Rund-Transponder). Im o. g. störungsarmen Raum wurden die Antennen und Token auf definierten Raumkoordinaten angeordnet. Durch Bewegung des Tokens auf einer Raumachse erfolgte die Messung der Lesereichweite in 0°- bzw. 90°-Orientierung zur Antenne.

Die Messungen zur Lesegeschwindigkeit und zum Erkennungsbereich erfolgten ebenfalls mit den o. g. 16 Token sowie 3 Antennen-Typen. Zur Messung der maximalen Lesegeschwindigkeit wurden Antennen und Token wie bei den Versuchen zur maximalen Lesereichweite installiert. Die Token wurden in einer Geschwindigkeit von 1–8 m/s an den Antennen vorbeigeführt, um die Erkennungsrate zu messen.

Die Messungen der Erkennungsbereiche der SAW-Transponder liefen gleichermaßen wie bei den vorgenannten Versuchen zur Lesereichweite ab.

Darüber hinaus wurde die Eignung der SAW-Transponder für die Formen Bolus, Injektat und Ohrmarke untersucht. Der Bolus-Eignungstest erfolgte durch Einbringen in den Pansen einer pansenfistulierten Milchkuh. Nach 3-tägiger Inkubationszeit des Tokens erfolgten Lesungen.

Beim Injektat-Eignungstest wurde der Token subcutan in Schlachthofmaterial appliziert und anschließend Lesungen durchgeführt.

Zur Überprüfung der Eignung von Ohrmarken in der Bewegung (Passage) diente die Selektionsbox im Milchviehstall des LVG Köllitsch, wo Antenne, Lesegerät und PC installiert wurden. Drei Kühe wurden durch Aufkleben des SAW-Inlays auf visuelle Ohrmarken gekennzeichnet und für die Lesungen genutzt.

Neben Optimierungen in der Versuchsanordnung lag der Schwerpunkt in der Entwicklung geeigneter Ohrmarkenmuster. Hierzu wurden SAW-Inlays in den Kunststoffmantel handelsüblicher elektronischer LF-Ohrmarken eingebracht sowie Antennen-

Technik und Signalauswertung entsprechend angepasst. Die Entwicklungsmuster der SAW-Ohrmarken wurden an Rinderohren (Schlachthofmaterial) angebracht und die Erkennungsrate überprüft.

Die Kleinversuche wurden ebenfalls an der Selektionseinrichtung im Milchviehstall des LVG Köllitsch durchgeführt: 9 Milchkühe wurden mit den zuvor getesteten Entwicklungsmustern (SAW-Ohrmarken) gekennzeichnet. Die Identifizierung der Probanden erfolgte zweimal täglich unter Praxisbedingungen.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der statischen Messungen zur maximalen Lesereichweite der Token zeigt Tabelle 1. Es wurde nachgewiesen, dass unterschiedliche Antennen-Typen die maximale erreichbare Lesereichweite wesentlich beeinflussen.

Tab. 1: Maximale Lesereichweite (cm) bei Token und 3 unterschiedlichen Antennen-Typen (Mittelwert und Standardabweichung; je Variante n = 160)

Tab. 1: Maximum reading range (cm) from token and 3 different types of antenna (average and standard deviation; per case n = 160)

Transponderlage zur Antenne	Antennen-Typ 1	Antennen-Typ 2	Antennen-Typ 3
0°-Orientierung	60,0 ± 8,6	83,8 ± 6,8	278,2 ± 47,1
90°-Orientierung	74,5 ± 8,2	107,1 ± 7,4	366,7 ± 57,2

Bezüglich des Merkmals Lesegeschwindigkeit wurde mittels dynamischen Untersuchungen die Erkennung bewegter Objekte nachgewiesen. Je nach eingesetztem Antennen-Typ erlaubt die SAW-Technologie eine sichere Erkennung von Objekten mit Geschwindigkeiten von bis zu 8 m/s (Tab. 2).

Tab. 2: Erkennungsrate der Token in Prozent bei Lesegeschwindigkeiten von 1 bis 8 m/s und 3 unterschiedlichen Antennen-Typen (je Variante n = 160)

Tab. 2: Identification rate from token (%) at the rate of 1 till 8 m/sec and 3 different types of antenna (per case n = 160)

Erkennungsrate in %	Lesegeschwindigkeit in m/s							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Antennen-Typ 1	100	96,88	88,13	74,38	82,50	67,50	69,50	50,63
Antennen-Typ 2	100	100	100	100	100	100	100	100
Antennen-Typ 3	100	100	100	100	98,75	100	100	99,38

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Erkennungsbereich der verschiedenen Antennen-Typen mit ihren Strahlungsdiagrammen (bei fixem Erkennungskriterium) gut übereinstimmt. Hierbei ist die jeweilige Polarisierung der Antenne (zirkular oder linear) zu beachten.

Durch die Prinzipstudie mit pansenfistulierten Milchkühen wurde nachgewiesen, dass SAW-Transponder für die Anwendung in einem Bolus derzeit ungeeignet sind, da alle Lesungen negative Ergebnisse lieferten. Die Messungen zum Injektat-Eignungstest verliefen dagegen positiv. Insofern wird die Entwicklung eines SAW-Injektats angestrebt. Der Ohrmarken-Eignungstest am Rind zeigte, dass die Erkennung in der Bewegung möglich und wesentlich vom Antennen-Typ bzw. der Ausrichtung abhängig ist. Dementsprechend wurde die Entwicklung eines speziellen Inlays für die Anwendung in einer Ohrmarke favorisiert.

Die maximale Lesereichweite der für die Nutztierhaltung entwickelten Versuchsmuster wurde in einem statischen Versuch unter Verwendung von Schlachthofmaterial (Rinderohren) gemessen (Tab. 3).

Tab. 3: Maximale Lesereichweite (cm) der Versuchsmuster der SAW-Ohrmarken in 0°-Orientierung zur Antenne, befestigt an Schlachthofmaterial

Tab. 3: Maximum reading range (cm) from prototype samples of SAW ear tags attached to slaughterhouse material, arranged in 0 degree to antenna

	SAW-Transponder-Nummer (Ohrmarke)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Max. Lesereichweite (cm)	180	170	170	165	175	155	170	190	190

Der anschließende Kleinversuch an Milchkühen in der Selektionseinrichtung des LVG zur dynamischen Untersuchung der Versuchsmuster von SAW-Ohrmarken lieferte Erkennungsraten von bis zu 93 % (Abb. 2).

Bei allen erfolgten Messungen wurden Standardantennen (2,45 GHz) verwendet, woraus sich Einschränkungen bzgl. des Erfassungsbereiches ergeben. Insofern sind die Ergebnisse in Abbildung 2 zu bewerten und die Erkennungsraten zu relativieren.

Während der Projektarbeit wurde der Coderaum der SAW-Transponder auf 2⁵⁰ Codes erweitert. Die Hardwarecodierung der SAW-Tier-Transponder bietet somit die Möglichkeit, die 15-stellige Einzeltieridentifikations-Nummer nach Viehverkehrsverordnung vom 6. Juli 2007 darzustellen.

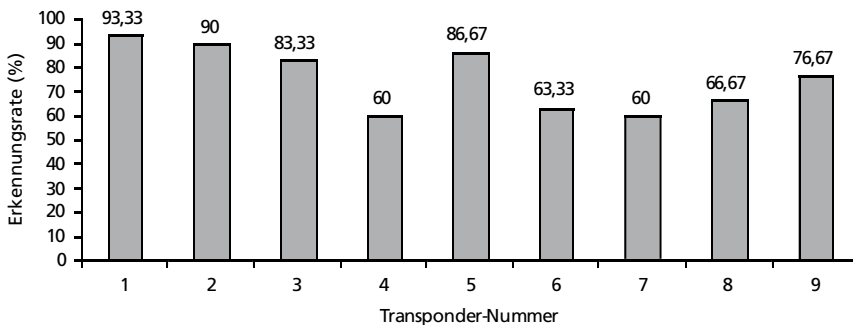


Abb. 2: Erkennungsraten (%) der Versuchsmuster der SAW-Ohrmarken im Kleinversuch (n = 270)

Fig. 2 Identification rate (%) from prototype samples of SAW ear tags in laboratory test (n = 270)

4 Fazit und Ausblick

Die Systemunterschiede zwischen den beiden RFID-Technologien konnten nachgewiesen werden. Bei den noch ausstehenden Feldversuchen dient die LF-Technik als Referenzsystem.

Die Ergebnisse aus den Vorversuchen und ersten Kleinversuchen sind hinsichtlich Lesereichweite, Bewegungstoleranz und Erkennungsrate vielversprechend. RFID-Systeme auf SAW-Basis bieten das Potenzial, bestimmte funktionale Grenzen bisheriger Systeme zu überwinden. Gemeinsam mit den Industriepartnern wurden die Entwicklungsziele für landwirtschaftstaugliche SAW-Transponder, Lesegeräte und Antennen präzisiert und die Umsetzung begonnen. Die entwickelte Technik wird in weiteren Kleinversuchen und anschließend in Feldversuchen bei Rindern, Schafen und Legehennen auf ihre Praxistauglichkeit und Funktionalität erprobt. Das Prüfschema der Erkennungsrate erfolgt in Anlehnung an das IDEA-Projekt (IDEA, 1998–2001).

Im Feldversuch werden folgende Merkmale untersucht: Handling, Anbringung; Verträglichkeit der Transponder; Aufwandsabschätzung; Tierverluste; Transponderverluste; Verschleiß; Schnittstellen zu Herdenmanagement sowie Kosten.

Literatur

- FINKENZELLER, K. (2006): RFID Handbuch. 4. Aufl. Carl Hanser Verlag, München, Wien
- IDEA-Project (1998–2001): Final Report. Datenabruf vom 26.05.2008
URL: <http://idea.jrc.it/pages%20idea/index%20of%20final%20report.htm>
- ISO 11784 (1996): Radio-frequency identification of animals – Code structure.
Hrsg.: International Organization for Standardization, Geneva
- ISO 11784 (2004): Radio-frequency identification of animals – Code structure. Amendment 1.
Hrsg.: International Organization for Standardization, Geneva
- ISO 11785 (1996): Radio-frequency identification of animals – Technical concept.
Hrsg.: International Organization for Standardization), Geneva, Switzerland
- KLINDWORTH, M. (2007): Elektronische Tierkennzeichnung – Anwendung und Perspektiven. In: KTBL-Schrift 457 Precision Dairy Farming. Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, S. 89–98

Das Projekt wird gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Sensorgestütztes Monitoring zur Vorhersage des Geburtstermins und des Geburtsverlaufes bei Milchkühen

Sensor-based monitoring for the prediction of the moment of parturition and calving ease of Dairy Cows

SIRAJ RAYA, LUTZ HASSELMANN, HANS-ULLRICH BALZER, OTTO KAUFMANN

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Fachgebiet Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik, 10115 Berlin, Philippstr. 13, Haus 10

Schlüsselwörter: Monitoring, Fressverhalten, Liegeverhalten, Geburtsverlauf

Keywords: monitoring, feeding behaviour, laying behaviour, dystocia

Zusammenfassung

In Untersuchungen an 76 hochtragenden Friesian Milchkühen wurden im peripartalen Zeitraum mittels sensorgestützter Messverfahren die Parameter des Fress-, Wasseraufnahme-, Bewegungs- und Liegeverhaltens erfasst. Eine Strukturbruchanalyse ermöglichte den Nachweis, dass sich 24 Stunden a.p. die Verhaltensweisen für die Mehrzahl der Parameter signifikant ändern. Kühe mit Schweregeburten verhalten sich in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung regulatorisch deaktivierend, normal gebärende Kühe befinden sich stets in einem aktiven Zustand der Regulation des Verhaltens. In Kombination mit geeigneten Auswertungsmethoden können Parameter des sensorgestützten Tiermonitoring genutzt werden, um den Zeitpunkt und den Verlauf der Abkalbung vorhersagen zu können.

Summary

This study was carried out to monitor the behaviour in prepartum period of 76 Holstein dairy cows in the last week of pregnancy by using a sensor-based technology. The reviewed behaviour indicators were: feeding, drinking, lying behaviour and activity. Cows with normal parturition and cows with difficult parturition showed differences in their behaviour, especially in lying and feeding behaviour. The change point analyzing method proofed that there is a significant change in the behaviour indicators during the 24 hours before calving. Cows with difficult parturition show less activity in the last 72 hours before calving compared to cows with a normal parturition. It is assumed that a sensor-based technique combined with different data analyzing methods can be used to predict the moment of parturition and the calving ease.

1 Einleitung

Als Arbeitshypothese gilt es zu beantworten, inwieweit Zusammenhänge zwischen ausgewählten Parametern der a.p. Futter- und Wasseraufnahme, des Fress-, Wasseraufnahme- und Liegeverhaltens sowie der Bewegungsaktivität mit Merkmalen zur Beurteilung des Geburtsverlaufs bestehen und ob die exakte Dokumentation der genannten Parameter a.p. hinreichend genaue Vorhersagen zulässt, um den genauen Abkalbezeitpunkt zu ermitteln und vorausschauend auf den Schweregrad des Kalbeverlaufs Einfluss nehmen zu können. Das Interesse besteht darin, möglichst frühzeitig Informationen über den Tierzustand zu bekommen, insbesondere Hinweise auf Risikosituationen. Hierfür sind die Auswirkungen von Veränderungen wichtiger Verhaltensmerkmale auf den Kalbeverlauf der Tiere zeitnah zu beurteilen.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen wurden im peripartalen Zeitraum an 76 hochleistenden Friesian Milchkühen (davon 22 Erstkalbende) in der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Sachsen-Anhalt, Zentrum für Tierhaltung und Technik, Iden, unter Nutzung der in Tab. 1 genannten Messtechnik durchgeführt.

Tab. 1: Sensor-gestütztes Monitoring

Tab. 1: *Sensor-based monitoring*

Messtechnik	Parameter
Wiegetröge (KAUFMANN et al., 2007)	Futtermaufnahme, Fressdauer, Fresshäufigkeit
Automatische Tränke (BAHR, 2007)	Freie Wasseraufnahme, Trinkdauer, Trinkhäufigkeit
ALT-Pedometer (BREHME et al., 2008)	Bewegungszeit, Schrittzahl, Ruhezeit, Brustlage, Seitenlage

Der Geburtsverlauf aller Tiere wurde beobachtet, beschrieben und die Einordnung des Kalbeverlaufs in Kategorien vorgenommen.

Die Primärdatenerfassung erfolgte über Microsoft Excel, für die statistische Bearbeitung wurde das Statistikprogramm SPSS13 genutzt. Mithilfe des Programms Microfit 4.0 wurde die Strukturbruchanalyse berechnet (HASHEM und PESARAN, 1997). Unter Nutzung der Dynamikanalyse (BALZER und HECHT, 1988) wurde für jeden Parameter der Verlauf eines biologischen Regelprozesses im Auswertungszeitraum ermittelt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Einteilung des Tierbestandes in zwei Gruppen zur Bewertung des Geburtsverlaufs „ohne/leichte Geburtshilfe“ oder „mittlere/schwere Geburtshilfe“ ergab, dass von 76 Abkalbungen 59 Kühe keine oder nur leichte Hilfestellungen benötigten. 17 Tiere

waren auf mittlere bis schwere Geburtshilfen angewiesen. Nur 54,5 % der Kälber der Färsen kamen ohne oder durch leichte Geburtshilfe zur Welt, bei Kühen waren es 87,8 %.

Unter Zugrundelegung dieser beiden Gruppen zur Beurteilung des Geburtsverlaufs lassen sich aus den sensor-gestützten Tierbeobachtungen insbesondere Beziehungen zum Liegeverhalten ableiten, beispielgebend am Parameter „Gesamtliegezeit“ diskutiert. Der Verlauf der Gesamtliegezeit ab 7. Tag a.p. ist in Abbildung 1 dargestellt.

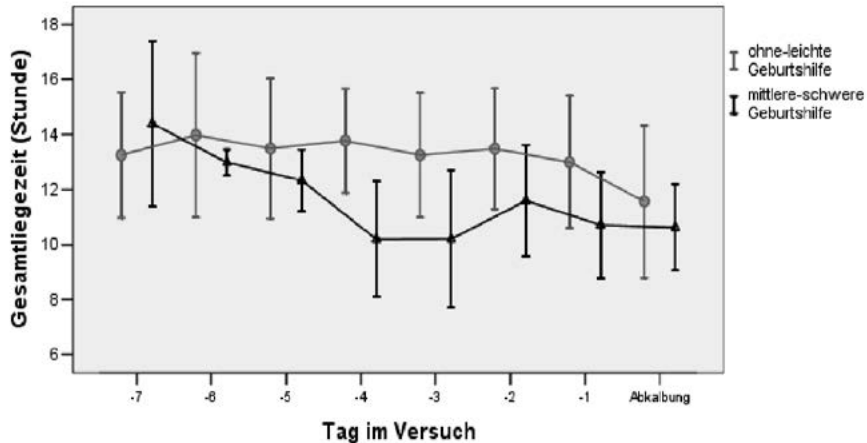


Abb. 1: Verlauf der Gesamtliegezeit bei Kühen mit schwerem bzw. normalem Geburtsverlauf ab 7. Tag a.p.
Fig. 1: Lying duration of cows with normal parturition and cows with dystocia during the last 7 days before calving

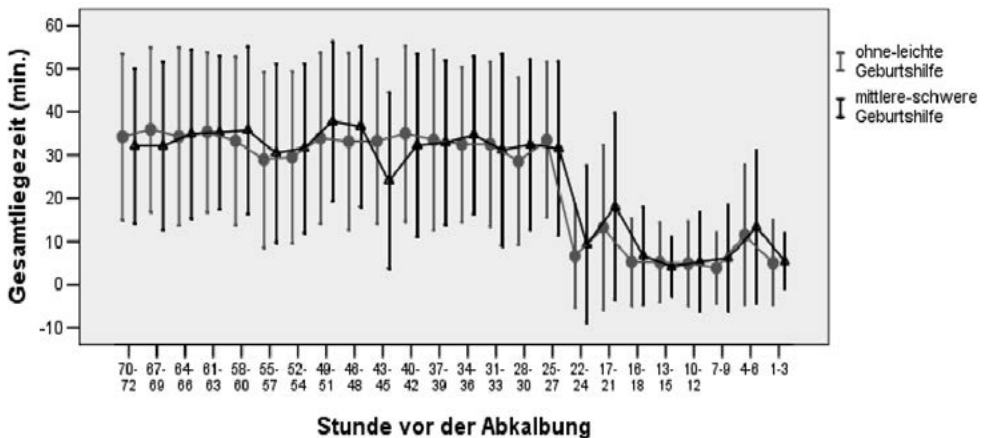
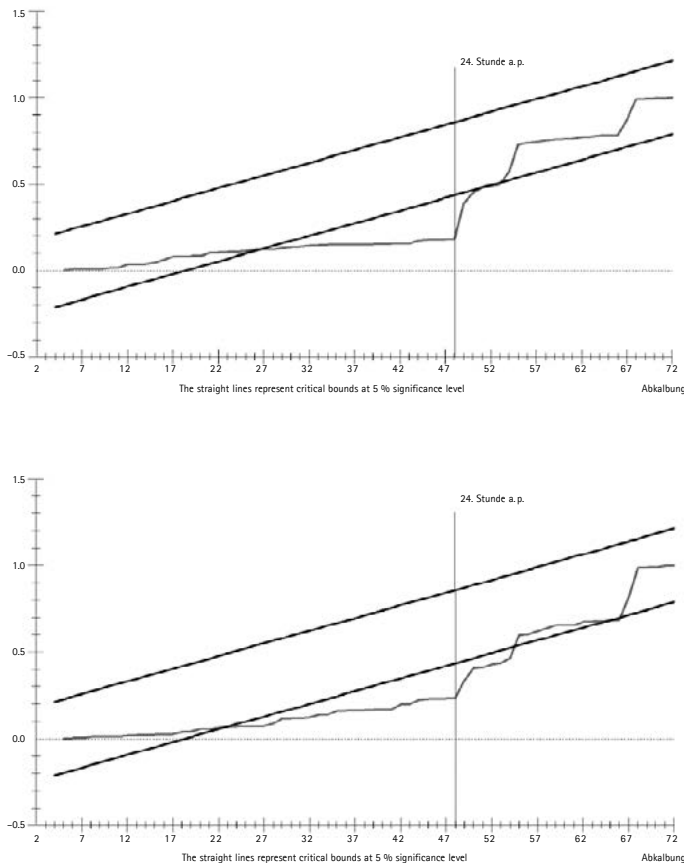


Abb. 2: Verlauf der Gesamtliegezeit bei Kühen mit schwerem bzw. normalem Geburtsverlauf über 72 Stunde a.p.

Fig. 2: Lying duration of cows with normal parturition and cows with dystocia during the last 72 hours before calving

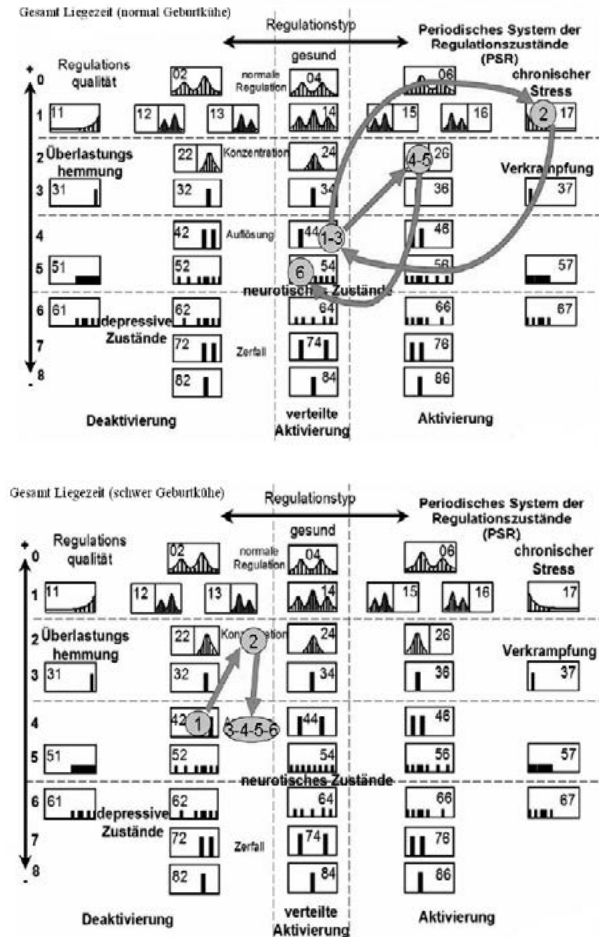
Bereits im Verlauf des 6. Tages a.p. wird auffällig, dass hochtragende Kühe mit zu erwartendem schweren Geburtsverlauf im Durchschnitt ca. 1 bis 4 Stunden geringere tägliche Gesamtliegezeiten aufweisen im Vergleich zu Kühen mit einem Geburtsverlauf ohne bzw. mit nur leichten Geburtshilfen. Diese Differenzen sind bis zum Tag der Abkalbung hin signifikant. Um die Verhaltensabläufe präzisieren zu können, erfolgte eine Datenaufbereitung in Drei-Stunden-Intervallen von der Stunde der Abkalbung ausgehend bis hin zur 72. Stunde a.p. (Abb. 2).



Zeitbereich	Normalgeburten	Schweregeburten
1.–48. Std.	$Y_t = 29.7899 + 0.097203Y_{(t-1)}$	$Y_t = 29.6622 + 0.097878Y_{(t-1)}$
49. Std.–partus	$Y_t = 7.6943 - 0.092424Y_{(t-1)}$	$Y_t = 9.0288 - 0.044723Y_{(t-1)}$

Abb. 3: CUSUMQ der Liegezeit bei Kühen mit Normalgeburten (links) und Schweregeburten (rechts)
 Fig. 3: CUSUMQ of Lying duration of cows with normal parturition (left) and cows with dystocia (right)

Mithilfe eines Strukturbruchtests (HASHEM and BAHAM, 1997) wurde 24 Stunden vor der Abkalbung ein deutliches Signal ($P < 0.001$) registriert, für alle Tiere zutreffend und unabhängig vom Geburtsverlauf (Abb. 3), das geeignet ist, die Vorhersage des Geburtszeitpunktes vorzunehmen. Die Gleichungssysteme (Y: Liegezeit in Minuten; t: Stunde vor der Abkalbung) wurden mithilfe der Strukturbruchanalyse abgesichert. Für die letzten 24 Stunden a.p. konnten für Kühe mit leichtem oder schwerem Geburtsverlauf sehr unterschiedliche Konstanten und Koeffizienten des Gleichungssystems berechnet werden.



1: 72–61 Stunde a.p.	2: 60–49 Stunde a.p.	3: 48–37 Stunde a.p.
4: 36–25 Stunde a.p.	5: 24–13 Stunde a.p.	6: 12–1 Stunde a.p.

Abb. 4: Periodisches System der Regulation der Liegezeit bei Normal- (links) und Schweregeburten (rechts)
 Fig. 4: Regulation period analyze of lying duration in normal (left) and dissocial parturition cows (right)

Eine Analyse der Tierreaktion in Bezug auf normal und schwer verlaufende Geburten wurde mittels der Dynamikanalyse (BALZER und HECHT, 1988) durchgeführt. Es ergeben sich deutliche Unterschiede in der neuronalen Regulation der Liegezeit zwischen normal und schwer gebärenden Kühen (Abb. 4).

Kühe mit Schweregeburten verhalten sich in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung regulatorisch deaktivierend, normal gebärende Kühe grenzen sich deutlich ab und befinden sich stets in einem aktiven Zustand der Verhaltensregulation. Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass ausgewählte Parameter des sensor-gestützten Tiermonitoring in Kombination mit den zur Anwendung gelangten Auswertungsmethoden (Strukturbruchtest, Dynamikanalyse) geeignet sind, sowohl den Zeitpunkt als auch den Grad des Abkalbeverlaufs vorhersagen zu können.

Literatur

- BAHR, C. (2007): Sensorbasierte Analyse und Modellierung ausgewählter Verhaltensparameter von Mutterkühen. Dissertation, Humboldt-Universität, Berlin
- BALZER, H.-U.; HECHT, K. (1988): Dynamic of processes- a possibility to analysis physiological parameters. Supplement to The Physiologist, Vol.31, Number 1
- BREHME, U.; STOLLBERG, U.; HOLZ, R.; SCHLEUSENER, T. (2008): ALT pedometer – New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. Computers and Electronics in Agriculture, 62, S. 73–80
- HASHEM, M.; BAHRAM, P. (1997): Working with Microfit 4.0. Interactive Econometric Analysis, Oxford University
- KAUFMANN, O.; AZIZI, O.; HASSELMANN, L. (2007): Untersuchungen zum Fressverhalten hochleistender Milchkühe in der Früh-laktation. Züchtungskunde, 79 (3), S. 219–230

Detection of feed intake and health disorders by means of sensor based monitoring of feeding behaviour of dairy cows during early lactation

Analyse von Futteraufnahme und Gesundheitsstörungen auf Grundlage einer sensorbasierten Tierüberwachung von Milchkühen während der Frühlaktation

OSMAN AZIZI¹, LUTZ HASSELMANN², OTTO KAUFMANN²

¹ University of Kurdistan, Sanandaj, Iran – Department of Animal Science, College of Agriculture

² Humboldt-Universität zu Berlin, Faculty of Agriculture and Horticulture, Department of Animal Science, Division of Animal Husbandry, Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

Keywords: sensor based monitoring, feeding behaviour, health disorders

Schlüsselwörter: Tierverhalten, Fressverhalten, Gesundheitsstörungen

Summary

The transition period and early lactation is critical important to the health and productivity of dairy cows. In the most cases the disorders are metabolic related. To get information about arising problems in an early stage, sensor based animal monitoring systems are used to analyse the relations between behaviour patterns and physiological parameters. Data from 70 lactating dairy cows were collected from the 2nd to the 15th week of lactation. The visits at feeder were clustered in meals based on a “meal criterion”. The effects of parity, stage of lactation and milk yield level on feeding behaviour were investigated and determined the effects of metabolic related production diseases. The high correlation between feeding behaviour characteristics suggests that measuring the time spend eating or meal duration could be used to estimate the feed intake. Moreover the monitoring of feeding behaviour might be helpful to detect the cows’ risk for metabolic related production diseases at an early stage.

Zusammenfassung

In Transitperiode und Frühlaktation auftretende, meist metabolisch gekoppelte Gesundheitsstörungen sind als Einflussgröße auf die Produktivität von Milchkühen sehr kritisch zu betrachten. Um grundlegende Informationen über die auftretenden Probleme zu erhalten, wurde ein sensorbasiertes Monitoringsystem genutzt, um die Beziehungen zwischen Futteraufnahme, Verhaltensmustern und physiologischen Parametern im Zeitraum der 2. bis 15. Laktationswoche an 70 laktierenden Milchkühen zu analysieren. Auf der Definition eines „Mahlzeitenkriterium“ basierend, wurden Effekte von Laktationszahl, Laktationsstadium und Milchleistungsniveau sowie Zusammenhänge zu metabolischen Störungen ausgewertet. Merkmale des Fressverhaltens können zur Schätzung der Futteraufnahme genutzt werden, und es erscheint möglich, Tiere zu erkennen, die für stoffwechselbasierte Gesundheitsstörungen anfällig sind.

1 Introduction

A high feed intake of dairy cows is essential to maintain high milk production, particularly during early lactation, and to keep the cows in good condition. The transition period and early lactation is critical important to the health and productivity of dairy cows. After calving and in the early lactation more than 80 % of the total health disorders occur. In the most cases this disorders are metabolic related and caused by a negative energy balance, based on a low daily dry matter intake (DMI). To get information about arising problems in an early stage, sensor based monitoring systems should be used. For analysing the feed intake for every cow expensive equipments are necessary. The analyse of feeding behaviour characteristics could be an alternative to get information about feed intake. Therefore it was carried out an investigation to determine the relationships between feeding behaviour patterns and feed intake as well as between feeding behaviour patterns and clinical and sub-clinical diseases.

2 Material and methods

Data were collected between the 7th and 105th day of lactation from seventy high-producing dairy cows (23 primiparous and 47 multiparous) during a feeding experiment in the Centre of Research for Animal Husbandry and Technology of the Regional Office for Agriculture and Horticulture (Sachsen-Anhalt, Iden). The cows were housed in a free-stall barn. The feeder units were equipped with electronic identification of individual cows and an electronic control of feed intake. The ratio between cows and feeder was 2:1. The cows could enter any feeder. Cows were fed once a day ad lib. with a TMR (6.99 MJ NEL/kg, 16.68 % CP and 17.46 % CF). The cows were milked three times a day (04.00 a.m., 12.00 p.m., and 08.00 p.m.) and the individual milk yields were recorded throughout the study. Blood samples were collected on d -20 and -7 (a.p.) and as well as on d 1, 7, 14, 28, and 56 (p.p.). In blood sample, nonesterified fatty acids (NEFA), beta hydroxy butyrate acid (BHBA), and aspartate aminotransferase (ASAT) activity were determined.

Individual primary measurements of feeding behaviour, including number of visits and visit duration to the feeder, interval between visits as well as individual feed consumption at each visit were monitored continuously.

Analyses were carried out on the individual animal as the observational unit using PROC GLM in SAS (SAS Institute, 2003). Correlations between feeding behaviour and feed intake parameters were calculated using PROC CORR in SAS (SAS Institute, 2003).

3 Results and Discussion

To determine whether a visit was part of the previous meal, part of the next meal or formed a meal itself, a meal criterion was calculated. Our estimation of the meal criterion was based on a method developed by TOLKAMP et al. (1998) and DEVRIES et al. (2003). For our pooled data (for all animals and over the course of study), the meal

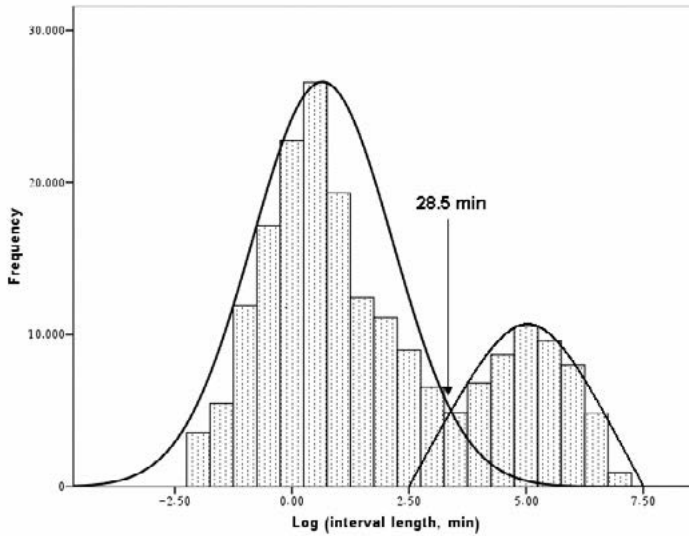


Fig. 1: Calculate meal criterion.

Abb. 1: Kalkuliertes Mahlzeiten-Kriterium

Tab. 1: Mean values ($\pm$ SE) feeding behaviour characteristics, feed intake and energy corrected milk yield of lactating dairy cows from the 7th–105th day of lactationTab. 1: Mittelwerte ($\pm$ SE) der Parameter des Fressverhaltens, der Futteraufnahme und Milchleistung (ECM) laktierender Milchkühe vom 7.–105. Laktationstag

	Primiparous		Multiparous		P-Value		
	LP ¹	HP	LM	HM	Parity	Milk-Yield	Inter-action ²
Cows, no	13	10	24	23			
ECM (kg/d)	28.44 $\pm$ 0.16	34.31 $\pm$ 0.18	38.70 $\pm$ 0.12	44.49 $\pm$ 0.12	0.000	0.000	0.746
Meal frequency per day	8.50 $\pm$ 0.04	8.35 $\pm$ 0.05	7.34 $\pm$ 0.03	7.07 $\pm$ 0.03	0.000	0.000	0.105
Meal duration (min/meal)	36.97 $\pm$ 0.38	36.87 $\pm$ 0.44	38.48 $\pm$ 0.28	35.72 $\pm$ 0.29	0.629	0.000	0.000
Daily Mealtime (min/d)	300.85 $\pm$ 2.20	298.60 $\pm$ 2.51	271.97 $\pm$ 1.62	244.62 $\pm$ 1.66	0.000	0.000	0.000
Meal size (kg/meal)	2.24 $\pm$ 0.02	2.35 $\pm$ 0.03	3.15 $\pm$ 0.02	3.42 $\pm$ 0.02	0.000	0.000	0.000
Daily DMI (kg/d)	18.28 $\pm$ 0.11	19.08 $\pm$ 0.12	22.27 $\pm$ 0.12	23.44 $\pm$ 0.08	0.000	0.000	0.054
Feeding rate (gDM/min)	64.67 $\pm$ 0.69	67.92 $\pm$ 0.79	88.34 $\pm$ 0.51	102.07 $\pm$ 0.52	0.000	0.000	0.000

¹ LP = cows in primiparous with low milk-yield; HP = cows in primiparous with high milk-yield; LM = cows in multiparous with low milk-yield; HM = cows in multiparous with high milk-yield.

² Interaction = Interaction between Parity and Milk-yield.

Tab. 2: The correlation between feeding behaviour characteristics and daily DMI of lactating dairy cows with different parity and milk yield level

Tab. 2: Korrelationen von Parametern des Fressverhaltens zur TM-Aufnahme laktierender Milchkühe in Abhängigkeit von Milchleistung und Laktationszahl

Measure		Daily DMI (kg/d)				
		All cows	LP ¹	HP	LM	HM
N ²		6.930	1.287	990	2.376	2.277
Meal frequency	r	-0.089	0.029	0.099	0.124	0.115
In day	P	0.001	0.297	0.02	0.001	0.001
Meal duration	r	0.239	0.222	0.287	0.205	0.365
(min/meal)	P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Daily mealtime	r	0.179	0.314	0.361	0.287	0.496
(min/d)	P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Meal size	r	0.699	0.528	0.638	0.536	0.618
(kg/meal)	P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

¹ LP = cows in primiparous with low milk-yield; HP = cows in primiparous with high milk-yield;

LM = cows in multiparous with low milk-yield; HM = cows in multiparous with high milk-yield.

² n = Total number of observations.

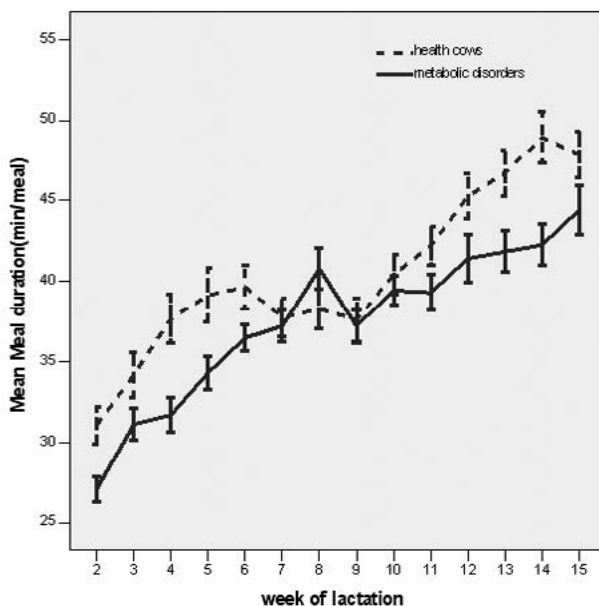


Fig. 2: Meal duration for cows with (CMD) and without (WCMD) clinical metabolic related production diseases from the 7th–105th day of lactation

Abb. 2: Verlauf der Mahlzeitdauer bei Kühen mit (CMD) und ohne (WCMD) klinisch metabolische Störungen vom 7.–105. Laktationstag

criterion was 28.5 min on average. Based on this meal criterion, the visits were clustered into meals. Then, meal frequency, meal duration, and daily mealtime were calculated.

Data of cows in primiparous and multiparous condition were categorised into groups based on the mean of their milk yield over the first 15 weeks of lactation: primiparous cows with below-average milk yield (LP) and above-average milk yield (HP) with an average of 28.44 and 34.31 kg ECM per day, respectively, and multiparous cows with below-average milk yield (LM) and above-average milk yield (HM) with an average of 38.70 and 44.49 kg ECM per day, respectively (table 1).

Our study showed that cows with a higher milk yield realized more daily DMI and spent less time eating per day than cows with a lower milk yield. Cows in the HM group spent 20 % less time eating than the cows in the LP group. They also ate 53 % more per meal and 28 % more dry matter per day than the cows in the LP group.

Positive correlations between meal duration, daily mealtime, and daily DMI indicated that these variables could probably be used to describe the feed intake (Tab. 2).

Metabolic disorders play a central role in the feeding-health-production-complex (ØSTERGAARD and GRÖHN, 2000). Therefore we determined how metabolic disorders correlated to feeding behaviour of dairy cows. Figure 2 showed the differences in meal duration between cows with (CMD) and without clinical metabolic related diseases (WCMD) during early to peak lactation.

Tab. 3: Means of feeding behaviour, feed intake, and milk yield values for cows with sub-clinical metabolic disorders (SCD) and without sub-clinical metabolic disorders (WSCD) during the second and third week of lactation

Tab. 3: Fressverhalten, Futteraufnahme und Milchleistung von Milchkühen mit subklinischen metabolischen Störungen (SCD) und ohne subklinische metabolische Störungen (WSCD) während der zweiten und dritten Laktationswoche

	2 nd week				3 rd week			
	SCD	WSCD	SEM ¹	P-Value	SCD	WSCD	SEM ¹	P-Value
Cows, no.	8	14			9	14		
Meal Frequency	7.39	7.66	0.26	0.31	7.58	7.56	0.24	0.94
Meal duration (min/meal)	26.12	32.07	1.82	0.01	29.51	35.46	2.47	0.01
Daily mealtime (min/d)	190.04	233.63	11.84	0.01	216.99	256.41	14.57	0.000
Meal size (kg/meal)	2.44	2.62	0.092	0.04	2.5	2.93	0.102	0.000
Daily DMI (kg/d)	17.36	19.3	0.47	0.01	18.61	21.44	0.51	0.000
Feeding rate (g/min)	102.88	89.42	4.96	0.01	95.18	95.06	5.77	0.98
ECM ² (kg/d)	37.29	39.01	1.15	0.14	43.72	42.56	1.10	0.27

¹ SEM = the standard error of means.

² ECM = energy-corrected milk.

Feeding behaviour characteristics, feed intake, and milk production parameters for cows with sub-clinical disorders (SCD) and without sub-clinical disorders (WSCD) are shown in Table 3. There was no significant difference in meal frequency per day or in the number of visits per meal in the second and third week of lactation between these cows. The mean of the meal duration for cows with sub-clinical metabolic disorders was about 6 min shorter than that for healthy cows in the second and third week of lactation (26.12 and 29.51 vs. 32.07 and 35.46 min/meal, respectively, $P < 0.01$).

The SCD cows spent about 40 min less at daily mealtime than WSCD cows in the second and third week of lactation (190.04 and 216.99 vs. 233.66 and 256.41, respectively, $P < 0.01$). Healthy cows ate a significantly larger meal size than SCD cows in the second and third week of lactation ($P < 0.01$). They also ate ca. 2 kg DM per day in the second week and 3 kg in the third week more than SCD cows (17.36 and 18.61 vs. 19.30 and 21.44, respectively, $P < 0.01$). The feeding rate was significantly different in the second week ($P < 0.01$), but not in the third week ($P < 0.98$). We found no significant difference in milk production between SCD and WSCD cows.

URTON et al. (2005) and HUZZEY et al. (2007) stated that reduced feeding time can be used to identify dairy cows at risk for metritis. We also concluded that feeding behaviour characteristics, especially meal duration or daily mealtime, can be used to identify sub-clinical metabolic disorders in dairy cattle. The significant differences in feeding behaviour characteristics between cows with SCMD and healthy cows showed, that these characteristics could be used to identify cows at risk before appear any clinical symptoms.

References

- DEVRIES, T. J.; v. KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M.; BEAUCHEMIN, K. A. (2003): Measuring the feeding behavior of lactation dairy cows in early to peak lactation. *J. Dairy Sci.* 86: 3354–3361
- HUZZEY, J. M.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M.; v. KEYSERLINGK, M. A. G. (2007): Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 90: 3220–3233
- ØSTERGAARD, S.; GRÖHN, Y. T. (2000): Concentrate feeding, dry matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 65: 107–118
- SAS Institute (2003): User's Guide: statistics. Version 9 Edition. INC., Cary, NC.
- TOLKAMP, B. J.; ALLCROFT, D. J.; AUSTIN, E. J.; NIELSEN, B. L.; KYRIAZAKIS, I. (1998): Satiety splits feeding behavior into bouts. *J. Theor. Biol.* 194: 235–250
- URTON, G.; v. KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. (2005): Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 88: 2843–2849

Untersuchungen zur Periodizität der lokomotorischen Aktivität von Milchkühen

Investigations of periodicity of the locomotive activity of dairy cows

OLAF TOBER

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern,
Institut für Tierproduktion, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

Schlüsselwörter: Milchkühe, Tierverhalten, Aktivität, Rhythmik, Zeitreihenanalyse
Keywords: dairy cows, animal behaviour, activity, rhythm, time series analysis

Zusammenfassung

Die spektralanalytische Untersuchung der lokomotorischen Aktivität ist bei Milchkühen in Laufstallhaltung sehr gut geeignet, um individuelle Zustandsänderungen der Tiere zu diagnostizieren. Mit den vorgestellten Ergebnissen wird deutlich, dass Ereignisse wie Umstellungen und die Zeitumstellung auf Sommerzeit zu mehrtägigen Desynchronisationen der motorischen Aktivität führen. Dies muss als Hinweis auf Belastungszustände gewertet werden. Deshalb sollten Gruppenumstellungen weitgehend minimiert und eine zeitliche Konzentration mehrerer Ereignisse vermieden werden. Der Zeitpunkt der Kalbung lässt sich mehrere Stunden im Voraus detektieren. Außerdem kann beispielsweise eine Lahmheit aufgrund der zeitlichen Desynchronisation des Verhaltens einige Tage früher erkennbar werden, als dies die Klinik der Erkrankung zulässt.

Summary

The spectral-analytic investigation of the locomotive activity is very well suitable to dairy cows kept in loose housing systems in order to diagnose individual changes in status of the animals. With the presented results it becomes clear that events likewise a change of groups and the time conversion to summer time induce desynchronization of the activity of several days. This must be rated as reference to strain conditions. Therefore group conversions should be minimized and a temporal concentration of several events should be avoided. The time of calve lets detect several hours beforehand. In addition, for example, a lameness can become recognizable due to the temporal desynchronization of the behaviour some days before, when this clarifies the hospital of the illness.

1 Einleitung und Zielstellung

In vielen Milchviehbetrieben kommen Aktivitätserfassungssysteme als Managementhilfen zum Einsatz. Abweichungen im Aktivitätsniveau der Tiere werden dabei häufig mithilfe einer Relativierung der erfassten Werte zum gleitenden Durchschnitt der vergangenen Tage quantifiziert. Es findet eine Analyse der Daten auf Grundlage des Betrages der gemessenen Aktivität statt. Der Informationsgehalt von Datenreihen mit Zeitbezug erschöpft sich jedoch nicht nur in deren Betrag, sondern liegt in wesentlichen Teilen in deren zeitlicher Abfolge (Periodizität/Rhythmik). Die Analyse und Nutzung biologischer Rhythmen bei Milchkühen kann weitere Möglichkeiten zur Beurteilung von Haltungssystemen, der Erkennung von Lahmheiten, von Brunsten, des Kalbezeitpunktes oder anderen Ereignissen eröffnen.

Um die Informationsfülle automatisch und kontinuierlich erfasster Verhaltensdaten umfassend zu nutzen und einer wissenschaftlichen Betrachtung mit Blick auf eine potenzielle Nutzung als mögliche Managementhilfe zuzuführen, sollte deren mathematische Betrachtung in Form von Zeitreihenanalysen geprüft werden. Verschiedene Arbeitsgruppen um Scheibe (SCHEIBE et al., 1999) arbeiten schon längere Zeit erfolgreich mit Zeitreihenanalysen zur Bewertung der lokomotorischen Aktivitätsrhythmik bei Wildtieren oder Tieren in weiträumiger Gehegehaltung (SINZ und SCHEIBE, 1976).

Nahezu alle physiologischen Funktionen und das Verhalten sind typischen rhythmischen Mustern unterworfen. Unregelmäßigkeiten in der individuellen Rhythmik liefern Hinweise auf Störungen bzw. Adaptationsprozesse. Dauern solche Zeiträume zu lange an, kann das Anpassungsvermögen der Tiere überfordert werden und in Folge können physische Probleme oder psychische Beschwerden entstehen. Letztendlich ist immer das Wohlbefinden der Tiere und deren Leistungsbereitschaft beeinträchtigt. Kurzzeitige Abweichungen finden ihren Ursprung in der Einwirkung von Einzelereignissen. Sie lassen sich als Managementhilfen verwenden.

Es gilt der Grundsatz, dass regelmäßig ausgebildete und tierartspezifische Verhaltensmuster auf eine ausgeglichene Tier-Umwelt-Beziehung schließen lassen (SCHEIBE et al., 1999; TEMBROCK, 1977). Von besonderem Interesse sind dabei die zirka- und ultradianen Rhythmen, weil diese für das Tier eine hohe biologische Relevanz in der effektiven internen Organisation physiologischer Vorgänge und des Verhaltens besitzen. Es wird davon ausgegangen, dass die chronobiologische Analyse der Aktivität von Milchkühen in Laufstallhaltung Hinweise auf die Qualität der Tier-Umwelt-Beziehungen und den Einfluss zeitlich begrenzter Ereignisse zulässt. Untersuchungen mit gleichem methodischem Ansatz wurden bereits bei verschiedenen herbivoren Tieren in großräumiger Weidehaltung, seminaturaler Gehegehaltung oder bei Wildtieren durchgeführt (SCHEIBE et al., 1999; BAHR, 2007). Im Bereich der Milchviehhaltung sind hierzu keine Arbeiten bekannt.

2 Material und Methode

Alle Untersuchungen fanden in einem Milchviehstall in Mecklenburg-Vorpommern statt. Es handelt sich um einen modernen Liegeboxenlaufstall mit Mistmatratzen in den Liegeboxen und planbefestigtem Gussasphaltfußboden auf den Laufflächen. Die trockengestellten Tiere befinden sich in einem separaten Stall mit gleicher Aufstallung. Die Abkalbung sowie die Haltung der behandlungsbedürftigen Kühe mit Gliedmaßen- oder Eutererkrankungen erfolgt in einem weiteren Stallgebäude jeweils in eingestreuten Gruppenbuchten ohne Liegeboxen. Alle Stallgebäude sind als Außenklimaställe ausgeführt.

Als Verhaltens Erfassungsgeräte kamen ALT-Pedometer zum Einsatz, die in Einheit mit der zugehörigen Software und der telemetrischen Datenübertragung vom Ingenieurbüro ROLAND HOLZ entwickelt wurden. Es wurden Daten zur lokomotorischen Aktivität (Steps) und zum Liegeverhalten aufgezeichnet.

Die Speicherintervalle der ALT-Pedometer können zwischen einer und 99 Minuten frei konfiguriert werden. Verwendet wurden 30-Minuten-Intervalle, weil sich dieser Messwertabstand nach Erfahrungen anderer Autoren für Untersuchungen zur zirka- und ultradianen Rhythmik der lokomotorischen Aktivität als gut geeignet erwiesen hat.

Der erste Beobachtungszeitraum erstreckte sich von Januar bis September 2007 (13 Tiere), wobei ausschließlich laktierende Kühe einbezogen waren. In einer zweiten Untersuchung von Dezember 2008 bis April 2009 (16 Tiere) wurden Kühe vom Trockenstehen über die Kalbung bis in die Laktation beobachtet.

Die gewonnenen Verhaltensdaten werden einer Zeitreihenanalyse unterworfen mit dem Ziel, zeitabhängige Parameteränderungen (Perioden/Rhythmen), deren zeitliche Verteilung (Frequenz) und den Anteil der einzelnen Perioden am gesamten Periodenspektrum (Spektralanalyse) aufzudecken, um regelmäßig wiederkehrende signifikante Änderungen der betrachteten Verhaltensausprägungen aufzuspüren. Des Weiteren werden davon die Perioden bestimmt, welche als ganzzahlige Vielfache in 24-Stunden enthalten sind (z.B. 24 h; 12 h; 8 h; 6 h; 4,8 h). Diese werden als harmonische Perioden bezeichnet.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann eine Einschätzung der individuellen Anpassung des betrachteten Tieres an seine Umwelt vorgenommen werden. Grundlage hierfür sind zwei Maßzahlen.

- a) Der Anteil der signifikanten Leistungen harmonischer Perioden (L_{harm}) an der Gesamtleistung (L_{ges}) aller Perioden der Zeitreihe wird im Weiteren kurz als harmonischer Anteil (hA) bezeichnet (SINZ und SCHEIBE, 1976; SCHEIBE et al., 1999):

$$\text{harmonischer Anteil} = \frac{\sum \text{signif. } L_{\text{harm}}}{\sum L_{\text{ges}}} \cdot 100 \%$$

- b) Das Verhältnis zwischen den signifikanten Leistungsanteilen aller Perioden und denen der harmonischen Perioden wird als intraparametrischer Leistungskopplungsgrad (LKG) bezeichnet und stellt ein Maß der internen Synchronisation der betrachteten Aktivitätsdaten dar, welches eine Aussage zur Stabilität der Aktivitätsrhythmik zulässt (SINZ und SCHEIBE, 1976; SCHEIBE et al., 1999):

$$LKG = \frac{\sum \text{signif. } L_{\text{harm}}}{\sum \text{signif. } L_{\text{ges}}}$$

Die Maße können Werte zwischen 0 und 100 % bzw. 0 und 1 annehmen.

Erfahrungen aus der Wild- und Zootierethologie zeigen, dass für eine Spektralanalyse ethologischer Daten, deren Fokus auf zirka- und ultradianen Rhythmen liegt, eine Länge der Zeitreihe von sieben bis zehn Tagen und ein Messwertabstand von 30 Minuten am besten geeignet ist. Da vergleichbare Untersuchungen aus stallgebundener Nutztierhaltung nicht bekannt sind, wird dieses Vorgehen hier ebenfalls angewandt. Jeder Spektralanalyse liegt eine Reihe von sieben aufeinander folgenden Tagen zugrunde.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen exemplarisch die Ergebnisse der Spektralanalysen der Daten der motorischen Aktivität in Form des harmonischen Anteils und des LKG. Sowohl der harmonische Anteil als auch der LKG spiegeln Störungen der zeitlichen Verhaltenssynchronisation durch Einzelereignisse sehr gut wider.

Die dreimaligen Melkzeiten bei laktierenden Kühen (Haltungsgruppen G1, G4, G41) stellen sehr ausgeprägte Zeitgeber für die zirkadiane Synchronisation des Verhaltens der Kühe dar. Bei den gefundenen signifikanten Perioden herrschen hier vor allem 8-Stunden-Rhythmen vor im Gegensatz zu den nichtlaktierenden Kühen (Haltungsgruppen G9, G23, G8), bei denen am häufigsten eine intensive 24-Stunden-Periodik

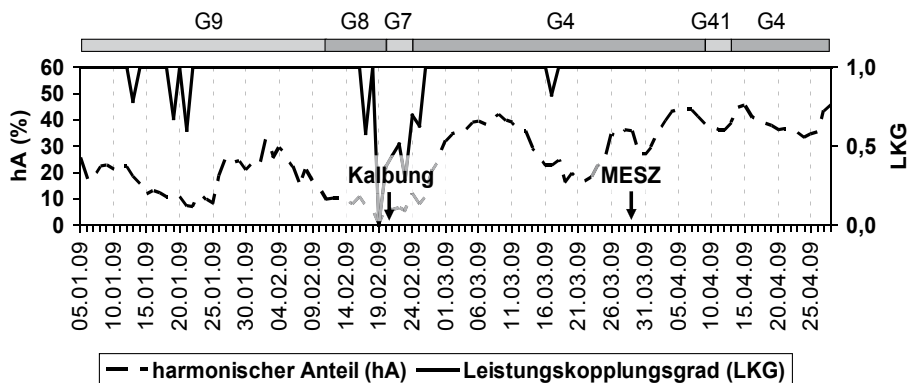


Abb. 1: Harmonischer Anteil und LKG der Periodizität der lokomotorischen Aktivität der Kuh 14_17 vom 05.01. bis 29.04. 2009

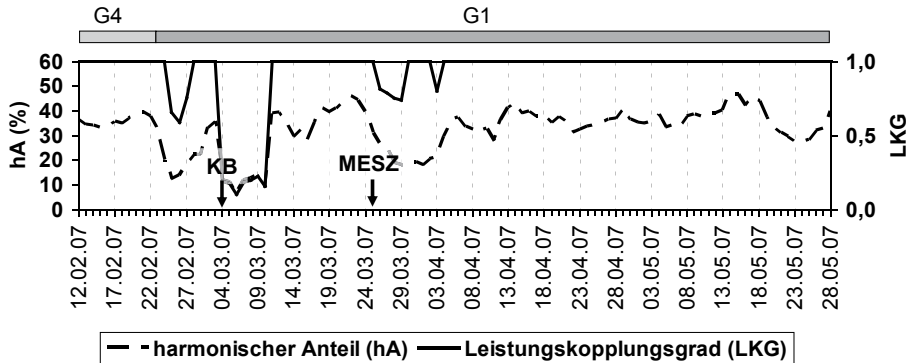


Abb. 2: Harmonischer Anteil und LKG der Periodizität der lokomotorischen Aktivität der Kuh 5_75 vom 12.02. bis 28.05. 2007

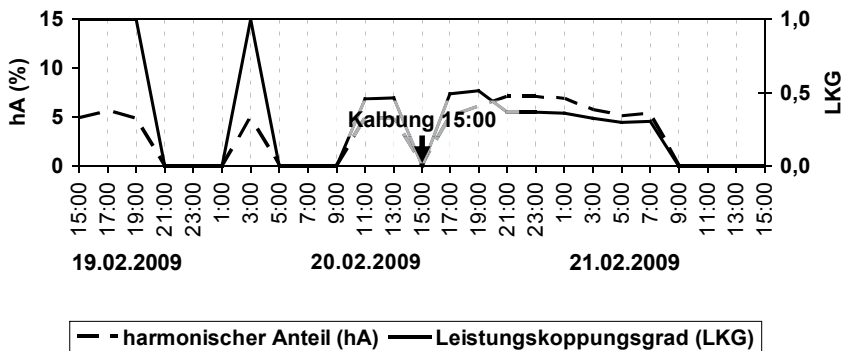


Abb. 3: Harmonischer Anteil und LKG der Periodizität der lokomotorischen Aktivität der Kuh 14_17 berechnet in 2-Stunden-Abständen um den Kalbezeitraum

ermittelt wird. Der harmonische Anteil und der LKG von Kühen, welche in eine andere Haltungsgruppe umgestellt wurden, lassen deutliche Veränderungen erkennen (Abb. 1 und 2). Die meisten Tiere benötigen eine Übergangszeit von drei bis sieben Tagen für die Anpassung an die neuen Verhältnisse. Ähnliches ist auch nach der Zeitumstellung auf Sommerzeit (MESZ) zu beobachten.

Viele Tiere zeigen als Begleiterscheinungen der Brunst auffällige, kurzzeitige und sehr starke Aktivitätsanstiege für die Dauer von jeweils etwa 8 bis 18 Stunden. Anhand von harmonischem Anteil und dem LKG lassen sich Aktivitätspiks sicher detektieren (siehe Abb. 2, KB = Besamung), werden aber von einer geringen Anzahl Tiere nicht gezeigt.

Auch ein Gruppenwechsel führt zu Abweichungen des harmonischen Anteils und des LKG, der bei stabilen Verhältnissen 1 oder wenig darunter beträgt (Abb. 1 und 2). Die Reaktionen bei einem Gruppenwechsel sind unterschiedlich stark, aber fast immer deutlich ausgeprägt. Das Absinken des LKG dauert in den meisten Fällen zwischen einem und sieben Tagen an. Die Notwendigkeit eines Gruppenwechsels ist unter dem Blickwinkel einer zusätzlichen Belastung zunächst immer kritisch zu hinterfragen.

Ohne besondere Ereignisse sind der harmonische Anteil und der Leistungskopplungsgrad über weite Strecken bei allen untersuchten Tieren sehr stabil. Nach einer Störung finden diese Kennzahlen relativ schnell wieder auf das Niveau von störungsfreien Zeitreihen zurück. Diese Feststellung kann als sicheres Indiz gewertet werden, dass die Haltungslösung im untersuchten Betrieb den Bedürfnissen der Kühe gut entspricht.

In der Abbildung 3 sind beispielhaft die Ergebnisse der Spektralanalyse in einem zeitlichen Abstand von zwei Stunden jeweils 24 Stunden vor und nach der Kalbung dargestellt. Es handelt sich dabei um die gleiche Kuh wie in Abbildung 1, wobei dort der zeitliche Abstand der einzelnen Spektralanalysen einen Tag beträgt. Die Veränderung des Berechnungsabstandes auf zwei Stunden wurde vorgenommen, um zu untersuchen, ob mit der verwendeten Methode der spektralanalytischen Rhythmusuntersuchung der lokomotorischen Aktivität in kürzeren Abständen eine frühzeitige Information zur bevorstehenden Kalbung möglich ist. Bei den meisten untersuchten Tieren lässt das Absinken des LKG mehrere Stunden vor der Kalbung diese Möglichkeit erkennen.

Im Laufe der Untersuchungen konnte beispielhaft nachgewiesen werden, dass das Auftreten einer Lahmheit Auswirkungen auf die lokomotorische Aktivität und/oder deren tageszeitlicher Verteilung hat. Mithilfe des LKG wäre in diesem Fall ein um mehrere Tage zeitigeres Detektieren der Erkrankung möglich gewesen, als dies mittels phänotypischer Merkmale erfolgen konnte. Wenn es gelingt, die Charakteristika solcher Abweichungen herauszuarbeiten, kann daraus eine Managementhilfe für das frühzeitige Erkennen von Fundamentproblemen entwickelt werden.

4 Fazit

Die Ergebnisse lassen erkennen, dass mit der Spektralanalyse der Aktivität eine genaue Abbildung der Einflüsse von Ereignissen auf die Verhaltensrhythmik bei Milchkühen im Laufstall möglich ist. Durch aufeinanderfolgende Zeitreihenanalysen in kurzen Abständen (zwei Stunden) lassen sich Ereignisse wie die Kalbung mehrere Stunden im Voraus erkennen. Hieraus kann ein Managementinstrument entstehen, welches sehr empfindlich individuelle Zustandsänderungen der Tiere anzeigt.

Literatur

- BAHR, C. (2007): Sensorbasierte Analyse und Modellierung ausgewählter Verhaltensparameter von Mutterkühen. Dissertation, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin
- SCHEIBE, K. M.; BERGER, A.; LANGBEIN, J.; STREICH, W. J.; EICHORN, K. (1999): Comparative Analysis of Ultradian and Circadian Behavioural Rhythms for Diagnosis of Biorhythmic State of Animals. *Biological Rhythm Research*, 2, S. 216–233
- SINZ, R.; SCHEIBE, K. M. (1976): Systemanalyse der multioszillatorischen Funktionsordnung im zirkadianen und ultradianen Frequenzbereich und ihr Indikationswert für Belastungswirkungen, dargestellt am Beispiel verschiedener Licht-Dunkel-Verhältnisse bei der Intensivhaltung von Schafen. *Acta biol. med. germ.* 35, S. 465–477
- TEMBROCK (1977): Grundlagen des Tierverhaltens. 1. Aufl., Akademie-Verlag, Berlin

Precision Livestock Farming – Anwendungsmöglichkeiten in der Kälberhaltung

Precision Livestock Farming – application possibilities for calf rearing

VIKTORIA SPRENG, HEINZ BERNHARDT, HERMANN AUERNHAMMER

Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrar-Systemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan

Schlüsselwörter: Kälberaufzucht, Systemvernetzung, Gesundheitsmanagement, Futteraufnahme
Keywords: calf rearing, systems networking, health management, feed intake

Zusammenfassung

Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Systeme zur Fütterung und Gesundheitsüberwachung von Kälbern ermöglichen die Aufzeichnung tierindividueller Daten mit feiner Auflösung und hoher Präzision. Referenzmessungen ergaben, dass vor allem jüngere und insbesondere männliche Kälber krankheitsanfälliger waren. Auch konnte eine Abhängigkeit der Pansenentwicklung vom Alter bzw. der Futteraufnahme festgestellt werden, wobei sich die untersuchten Pansenregionen hinsichtlich Zottendichte, Zottenlänge und Zottenbreite unterschieden.

Aufgrund der ermittelten Ergebnisse sollte der Tränkeplan tierindividuell oder zumindest geschlechtsspezifisch an die Futteraufnahme des Tieres adaptiert werden, um so die Dauer der Aufzuchtphase optimieren zu können. Außerdem sollte mittels eines verbesserten Managements über die Interaktion der Subsysteme das Optimierungspotenzial von Arbeits- und Produktionsprozessen erschlossen werden.

Summary

The applied feeding and health monitoring systems for calves allow the recording of individual data with high resolution and accuracy. By means of reference measurements, it was detected that mainly young and particularly male calves were prone to illness. The rumen development was also affected by age and feed intake respectively, whereas the analyzed regions vary in terms of villi denseness, length and width.

Owing to the presented results, it is suggested to adapt the milk-feeding regime individually or at least sex-related to the animals dry matter intake in order to optimize the rearing period. In addition, with an improved management by the aid of the interaction of different subsystems, the potential for an optimization of work and production processes should be made available.

1 Einleitung

Elektronik in der Tierhaltung kann den Landwirt in seinen Überwachungsaufgaben durch die Erfassung von Parametern der Futteraufnahme, des Tierverhaltens und der Tiergesundheit unterstützen. Auch sollen damit außergewöhnliche oder kritische Situationen baldmöglichst signalisiert werden. Im Precision Livestock Farming wird so unter Einsatz von Sensorik, Aktorik und Informationstechnologie eine artgerechte und einzeltierbezogene Nutztierhaltung angestrebt. Gleichzeitig soll die weitgehende Automatisierung von Arbeitsprozessen zu einer ökonomischen und ökologischen Optimierung der Produktionsprozesse ermöglicht werden.

2 Problemstellung und Zielsetzung

Informationstechnik kann in der Tierhaltung durch die Vernetzung elektronischer Systeme hochwertige Managementinformation für die Tierproduktion liefern. Dabei werden Daten über verschiedenste Parameter eines Tieres in hoher Dichte erzeugt. Diese Datenfülle gilt es zu erfassen, validieren, verarbeiten und auszutauschen, um damit das ganze System steuern zu können. Derzeit sind am Markt überwiegend herstellereigene Lösungen verfügbar.

Ziel der hier beschriebenen Untersuchungen ist es zu analysieren, inwieweit durch die intelligente Vernetzung unterschiedlicher Subsysteme wichtige Managementinformationen automatisiert generiert und zur Verbesserung von Produktionsergebnissen eingesetzt werden können. Dabei sollte auch überprüft werden, inwieweit die Zusammenführung der Daten der Fütterungstechnik Hinweise auf die physiologische Entwicklung und auf den Gesundheitszustand eines Tieres zulassen. Hierzu wurde exemplarisch das „Produktionssystem Kälberaufzucht“ gewählt, um die technische Umsetzbarkeit einer ganzheitlichen Vernetzung aller damit im Zusammenhang stehenden Systeme zu erproben. Zudem sollten dabei Möglichkeiten für die Optimierung des Aufzuchtmanagements mithilfe der automatisiert erfassten Tierdaten untersucht werden.

3 Methodik

In der vorliegenden Untersuchung wurde auf dem Versuchsbetrieb Hirschau der TU München die automatisierte tierindividuelle Erfassung aller relevanten Prozessparameter realisiert (SPRENG et al., 2006). Dazu wurden 33 weibliche und 33 männliche Nachzucht-kälber der Versuchsstation eingesetzt. Die Kreuzungstiere, überwiegend German Holstein Frisian x German Red Holstein Frisian, waren beim Einstellen $8,1 \pm 1,3$ d (Tage) alt. Die zeitlich verstreute Geburtenhäufigkeit bedingte zum einen den langen Untersuchungszeitraum von 33 Wochen und zum anderen eine ungleichmäßige Tierzahl in den Stallabteilen. Das Ausstallalter variierte zwischen dem 44. und dem 106. Lebenstag (LT), wobei in die Auswertung die Daten bis einschließlich zum 98. bzw. 105. LT eingingen.

Die beiden verwendeten Stallabteile wurden mit einem Milchtränkeautomaten mit einem im Saugnuckel integrierten Fiebermesssystem, einer Vorderfußwaage,

einem Kraftfutterautomaten, einem Trinkwasserautomaten und sechs Wiegetrögen zur Erfassung der aufgenommenen Grundfuttermenge ausgestattet. Die Kälber erhielten Milchaustauscher (MAT) und Kraftfutter (KF) rationiert, dagegen Heu und Wasser ad libitum. In der zugrunde liegenden Untersuchung wurden die Tiere insgesamt zehn Wochen mit MAT-Tränke nach Tränkeplan versorgt.

Anhand eines ausführlichen Diagnosebogens wurden regelmäßig alle Probanden morgendlich untersucht und deren Gesundheitszustand dokumentiert. Es wurden für jede von der Diagnose „ohne besonderen Befund“ abweichende Auffälligkeit wie erhöhte Temperatur, erhöhte Atemfrequenz, Nasenausfluss oder veränderte Kotkonsistenz je nach Art und Intensität Punkte vergeben. Je höher der Summenwert der Krankheitsintensität (KI), desto auffälliger war das Tier an dem Tag. Durch die täglichen Summen ergibt sich für jedes Tier altersspezifisch ein Gesundheitszustandsverlauf.

Um Hinweise auf die Vormagenentwicklung des Kalbes zu bekommen, wurden während des Versuchs insgesamt sechs weibliche und 33 männliche Tiere im Alter von 44 bis 105 Tagen geschlachtet und deren Vormägen in Anlehnung an Untersuchungen von ROTH et al. (2009) analysiert. Dazu wurden mit einer Fünf-Loch-Stanze Gewebeproben aus acht definierten Pansenregionen entnommen (Abb. 1).

Diese 1560 Gewebeproben konnten anschließend hinsichtlich Zottendichte, -länge, -breite und -oberfläche untersucht werden.

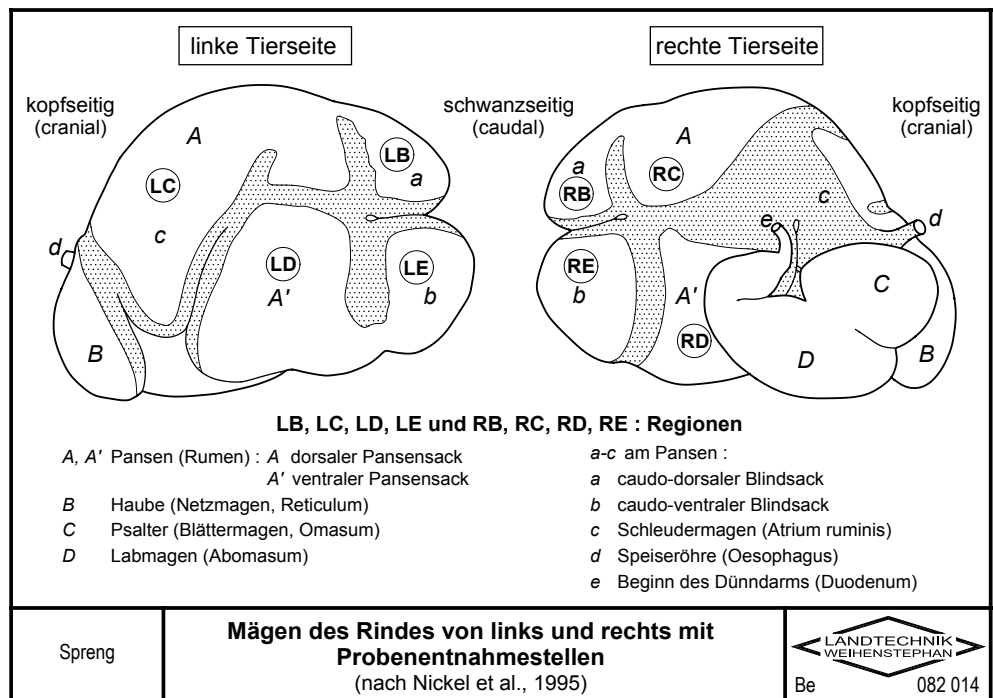


Abb. 1: Mägen des Rindes (nach NICKEL et al., 1995) mit Probenentnahmestellen

Fig. 1: Reticulorumen (according to NICKEL et al., 1995) with sampling regions

4 Ergebnisse

Die Daten wurden tierindividuell in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht ausgewertet. Abbildung 2 (Fig. 2) zeigt die Entwicklung der täglichen mittleren Aufnahmen an Flüssigkeit und Trockensubstanz (TS) aller Tiere in Abhängigkeit vom Alter.

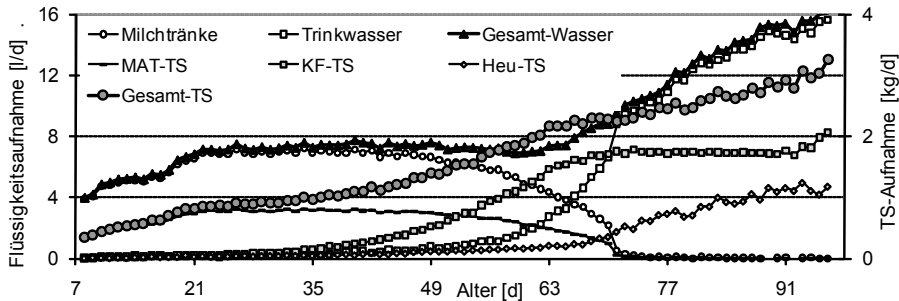


Abb. 2: Mittelwerte der altersabhängigen Entwicklung der Futteraufnahme

Fig. 2: Mean values of liquid and dry matter intake relative to age

Erwartungsgemäß stieg die absolute Trinkwasser-Aufnahme (TW) mit zunehmendem Alter an (SPRENG und AUERNHAMMER, 2006). Bei differenzierter Untersuchung der Kälber konnte bei der Tränke- und KF-Aufnahme ein eindeutiger Einfluss des Geschlechts nachgewiesen werden (SPRENG et al., 2007), wobei sowohl die Wasser-, als auch die TS-Kurve der männlichen Tiere nahezu ausschließlich über jenen der weiblichen lag. Im Rahmen der Auswertung konnte auch ein hoher Einfluss des Alters auf die überprüften Futteraufnahmen und ebenso eine gegenseitige Beeinflussung der Futtervariablen statistisch belegt werden (Tab. 1). Dies kann bei der Tränke und teilweise bei KF durch die jeweiligen Planvorgaben erklärt werden.

Tab. 1: Pearson'sche Korrelationskoeffizienten verschiedener Variablen ($P < 0,0001$)

Tab. 1: Pearson's correlation coefficient of different variables ($P < 0,0001$)

Korrelationskoeffizient	Alter	Milchtränke	Trinkwasser	KF-TS
Milchtränke	-0,675			
Trinkwasser	0,802	-0,805		
KF-TS	0,903	-0,735	0,785	
Heu-TS	0,717	-0,680	0,792	0,666

Die erste Rumination zeigte sich bei den Kälbern im durchschnittlichen Alter von 27 ± 6 Tagen. Die Analyse der Pansenzotten als Parameter für die Vormagenentwicklung ergab, dass mit zunehmendem Alter die Zottenlänge und Zottenbreite steigt, die Zottendichte jedoch sinkt (Abb. 3). Die kürzesten und meisten Zotten konnten im Bereich des dorsaler Pansensacks und die breitesten am ventralen Pansensack jeweils auf der rechten Tierseite ermittelt werden.

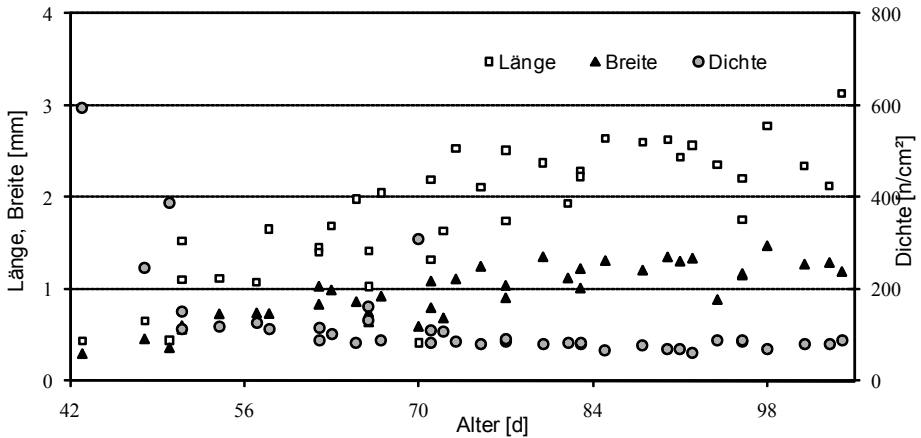


Abb. 3: Mittelwerte der Zottenparameter

Fig. 3: Mean values of the rumen villi

Je älter die Tiere waren, desto ähnlicher war die Zottendichte der einzelnen Regionen eines Tieres. Auch stieg mit zunehmendem Alter die Variation der Zottenlänge und -breite zwischen den acht Regionen. Die geringste Zottenoberfläche konnte überwiegend in der Region RC bestimmt werden. Beim Vergleich der Korrelationen der verschiedenen Zottenparameter und der Aufnahmemengen erscheint die Zottenbreite mit den meisten signifikanten und auch überwiegend höchsten Werten. Dabei zeigt sich der hohe Einfluss der KF-Aufnahme auf die Zottenparameter, vor allem bei der Zottendichte ($r = -0,769$) und -breite ($r = 0,801$).

Bei 35 % der täglichen klinischen Untersuchungen ($n = 1212$) wurde die Diagnose „interventionsbedürftig“ gestellt. Im Alter vom 8.–20. LT waren 71 % der Kälber betroffen. Mit zunehmendem Alter sank die Anfälligkeit. Insgesamt waren die männlichen Tiere um 11 % der Untersuchungstage öfter/länger krank als die weiblichen.

Um den Zusammenhang zwischen

- (a) der aktuellen absoluten Futteraufnahme und dem aktuellen Gesundheitsstatus,
 - (b) der aktuellen absoluten Futteraufnahme und dem morgigen Gesundheitsstatus,
 - (c) der Differenz des individuellen Mittelwerts der beiden vorausgegangenen Tage bzw. des Sollwerts zum aktuellen Tag und dem aktuellen Gesundheitszustand
- herauszuarbeiten, wurden die Pearson'schen Korrelationskoeffizienten ermittelt (Tab. 2). Mit einem Korrelationskoeffizienten zwischen Alter und Krankheit von $r = -0,512$ wird statistisch gesichert bewiesen, dass vor allem junge Tiere während des Versuchs erkrankten. Beim Vergleich der Tiergesundheit mit den Aufnahmen desselben Tages (Analyse a) konnte ebenfalls mit $P < 0,0001$ statistisch sicher geprüft werden, dass umso stärker erkrankte Tiere am selben Tag weniger TW und KF zu sich nahmen. Eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Aufnahmen ist allerdings gegeben (Tab. 1). Bezüglich der Voraussagbarkeit des morgigen Gesundheitszustands (Analyse b) konnten keine nennenswerten Unterschiede zu Analyse a) erarbeitet werden.

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten zwischen Futteraufnahme und Krankheitsintensität
 Tab. 2: Correlation coefficient of feed intake and health score

Korrelationskoeffizient ($P < 0,0001$, $*P > 0,0001$)	Krankheitsintensität		
	Analyse a)	Analyse b)	Analyse c)
Tränkemenge	0,263	0,267	- 0,226
Trinkwassermenge	- 0,366	- 0,357	- 0,173
KF-TS-Menge	- 0,453	- 0,443	0,058*
Heu-TS-Menge	- 0,325	- 0,313	0,040*

Bei Analyse c) konnten die Daten weitgehend aufs Alter bereinigt und an das Verhalten des einzelnen Tieres angepasst werden. Eine Korrelation von $r = -0,173$ wurde ermittelt zwischen der Krankheit und der TW-Abweichung vom Sollwert. Demnach nimmt ein erkranktes Tier eher die Soll-TW-Menge auf als ein gesundes.

5 Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen bestätigen, dass mehr Informationen (mehr Kontrollgrößen) ein effizienteres und weitgehend automatisiertes Gesundheitsmonitoring und damit eine frühere Krankheitsbehandlung ermöglichen. Aufbauend auf den dargestellten Ergebnissen und weiteren Untersuchungen sollen Empfehlungen für ein optimiertes Management und Entscheidungsregeln für die Prozesssteuerung in vernetzten Systemen in der Kälberaufzucht erarbeitet werden, um präventive Maßnahmen durch bedarfsorientierte Behandlungen ersetzen zu können.

Literatur

- NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. (1995): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band 2, Eingeweide. Habermehl, K.-H.; Vollmerhaus, B.; Wilkens, H. (Hrsg.). 7. Auflage, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin Wien, S. 158–180
- ROTH, B. A.; KEIL, N. M.; GYGAX, L.; HILLMANN, E. (2009): Influence of weaning method on health status and rumen development in dairy calves. J. Dairy Sci., 92, S. 645–656
- SPRENG, V.; AUERNHAMMER, H. (2008): Improved precision calf rearing by the use of networked feeding and monitoring systems. In: Livestock Environment VIII, Proc. International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola and ASABE Iles VIII, 31. August–04. September 2008, Iguassu Falls City, Brasilien, S. 473–482
- SPRENG, V.; EHRL, M.; BACHMAIER, M.; AUERNHAMMER, H. (2007): Data acquisition in Precision Livestock Farming for improved calf rearing. Agricultural Engineering Research, 13, S. 141–150
- SPRENG, V.; ROTHMUND, M.; AUERNHAMMER, H. (2006): Data networking in Precision Livestock Farming for improved calf rearing. In Proc. CIGR XVI World Congress: Agricultural Engineering for a Better World, 03.–07. September 2006, Bonn, Deutschland, Book of Abstracts, S. 501–502, ISBN: 3-18-091958-2, ISSN: 0083-5560

Vergleich der Auslaufnutzung von Legehennen mittels unterschiedlicher Schlupflöcher mit RFID-Systemen

Comparison of the ranging behaviour of laying hens using different pop holes with RFID-systems

STEFAN THURNER¹, SEBASTIAN PAULI¹, WIEBKE ICKEN², JAN HARMS¹, GEORG WENDL¹,
RUDOLF PREISINGER²

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT),
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising-Weihenstephan

²Lohmann Tierzucht GmbH, Am Seedeich 9-11, P.O. Box 460, 27454 Cuxhaven

Schlüsselwörter: Auslauf, Legehennen, elektronisches Schlupfloch, RFID-System

Keywords: ranging behaviour, laying hens, electronic pop hole, RFID-system

Zusammenfassung

Zur automatischen Registrierung des Auslaufverhaltens von Legehennen wurde ein enges elektronisches Schlupfloch (ESL) basierend auf Niederfrequenz-RFID-Technik und ein breites elektronisches Schlupfloch (BESL) basierend auf Hochfrequenz-RFID-Technik entwickelt sowie das Auslaufverhalten mit beiden Schlupflöchern nacheinander an den gleichen Hennen untersucht. Beide Systeme erreichten eine hohe Identifizierungssicherheit (ESL 96,5 %; BESL 97,6 %); das BESL wurde jedoch im Vergleich zum ESL von mehr Tieren genutzt. Die Hennen hatten beim ESL mehr einzelne Wintergartenaufenthalte, wohingegen sich die gesamte Aufenthaltsdauer pro Tag nicht zwischen ESL und BESL unterschied. Der direkte Vergleich beider Systeme an denselben Hennen zeigte, dass künftige Messungen zum Auslaufverhalten nur noch am BESL durchgeführt werden sollten, um eine falsche Interpretation des Tierverhaltens zu vermeiden.

Summary

For the automatic registration of the ranging behaviour of laying hens a narrow electronic pop hole (EPH) based on low frequency RFID technology and a wide electronic pop hole (WEPH) based on high frequency RFID technology were developed. Furthermore, the ranging behaviour was recorded with both pop holes subsequently for the same hens. Both systems showed high identification reliability (EPH 96,5 %; WEPH 97,6 %). The WEPH was used by more hens for ranging compared to the EPH. The hens had more single winter garden stays with the EPH, whereas the total daily staying time was similar for the EPH and the WEPH. The direct comparison between both systems with the same hens showed, that future investigations regarding the ranging behaviour should only be carried out with the WEPH, in order to avoid misinterpretation of the animal behaviour.

1 Einleitung und Zielstellung

Zur automatischen Erfassung der Auslaufnutzung bei Legehennen in Gruppenhaltung steht seit längerem das am ILT entwickelte enge elektronische Schlupfloch (ESL), basierend auf Niederfrequenz-RFID-Technik, zur Verfügung. Die Hennen müssen jedoch aufgrund der verwendeten Technik zur sicheren Identifizierung bei der Passage einzeln werden. Dadurch entspricht das ESL bezüglich der Schlupflochabmessungen nicht den einschlägigen Rechtsvorschriften. Seit kurzem kann die Auslaufnutzung bei Legehennen auch mit einem breiten elektronischen Schlupfloch (BESL), welches auf Hochfrequenz-RFID-Technik basiert, erfasst werden. Dabei können mithilfe eines Antikollisionssystems mehrere Hennen gleichzeitig im Schlupfloch identifiziert werden, wodurch die Abmessungen des BESL den gesetzlichen Vorgaben und somit praxisüblichen Schlupflochern entsprechen.

Ziel der Untersuchung war es daher, beide Systeme bezüglich ihrer Identifizierungssicherheit (ID-Sicherheit) zu vergleichen und einen möglichen Einfluss der Schlupflochbreite auf die Auslaufnutzung der Legehennen zu untersuchen.

2 Material und Methoden

An der Versuchsstation Thalhausen (Technische Universität München) standen vier ESL in einem Abteil (Bodenhaltung mit Voliere) und ein BESL-Prototyp in einem weiteren, identischen Abteil, jeweils als Durchgang zu einem Wintergarten zur Verfügung. Für die Auswertungen konnten Daten von 181 Hennen der Herkunft Lohmann Silver verwendet werden. Die Auslaufnutzung der Hennen wurde zuerst im ESL, von August bis Januar

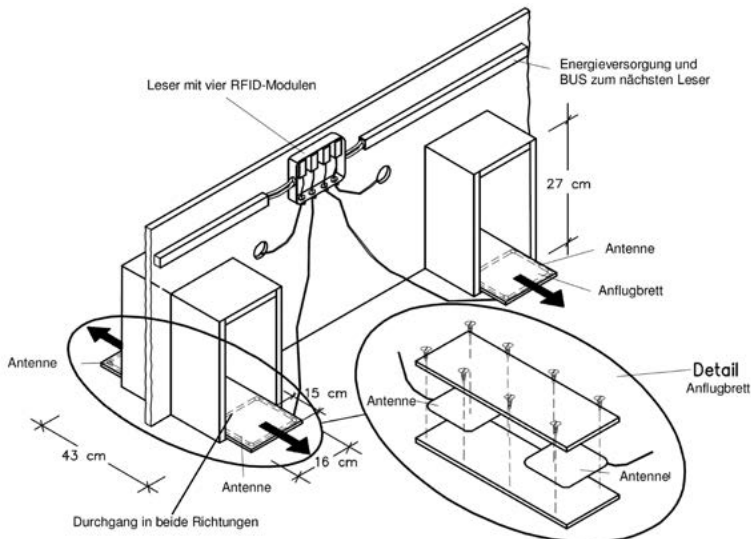


Abb. 1: Schemazeichnung des engen elektronischen Schlupflochs (ESL)

Fig. 1: Sketch of the narrow electronic pop hole (EPH)

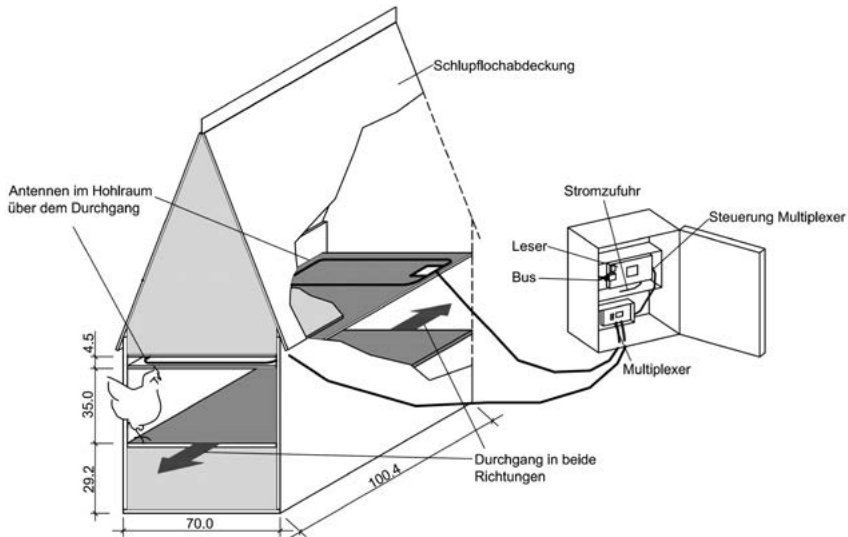


Abb. 2: Schemazeichnung des breiten elektronischen Schlupflochs (BESL)

Fig. 2: Sketch of the wide electronic pop hole (WEPH)

an 155 Tagen, und anschließend von den identischen Hennen im BESL, von Januar bis Juni an 132 Tagen, aufgezeichnet.

Beim ESL wurde jede Henne mithilfe einer Flügelmarke (WonderBand Large Tag, RoxanID) und einem Fußring (LegBand, RoxanID) mit einem Glastransponder (23 mm, HDX, ISO 11784/11785, Texas Instruments) am Ständer gekennzeichnet. Beim Umstallen in das Abteil mit BESL wurde der Glastransponder entfernt und die Hennen wurden mit einem runden Transponder mit mittigem Loch (30 mm Durchmesser, ISO 15693, Sokymat) mit der Flügelmarke am Flügel gekennzeichnet. Beide Schlupflöcher verfügten über zwei Antennen (ESL: Antennen gewickelt aus Kupferdraht; BESL: Antennen gebogen aus einem Kupferrohr mit Antennenabgleichplatine (ID ISC.MAT-A, Feig Electronics)), an denen der Transponder bei der Passage mithilfe einer Vierfachlese-einheit (eigene Entwicklung mit RF-Modul basierend auf der integrierten Schaltung RI45538NS, Texas Instruments) beim ESL bzw. eines Long-Range-Readers (ID ISC. LR2000-A, Feig Electronics) mit Multiplexer (ID ISC.ANT.MUX 8 times, Feig Electronics) beim BESL registriert wurde (Abb. 1 und Abb. 2). Die Durchgangsrichtung konnte somit entsprechend der zeitlichen Abfolge der Registrierungen an den beiden Antennen bestimmt werden.

Die Abmessungen des Durchgangs beim ESL betrugen (Breite x Höhe x Tiefe in cm) 16 x 27 x 40 cm (Abb. 1) und beim BESL 70 x 35 x 100 cm (Abb. 2). Die Breite des BESL wurde an 25 Tagen (Ende März) zwischen 40, 55 cm und 70 cm variiert, davor und danach betrug die Breite des BESL 70 cm. Während dieser Zeit wurden neben den unterschiedlichen Breiten auch weitere Änderungen (eine Vertiefung in der Mitte des BESL oder ein bis drei Stangen in der Mitte des BESL zur Reduzierung der Durchgangshöhe) mit dem Ziel die Durchgangsgeschwindigkeit der Hennen während der Passage zu verlangsamen, getestet.

Auswertungen zur ID-Sicherheit der Hennen wurden mithilfe von Videoaufzeichnungen bei mehreren Herden durchgeführt. Die Auswertung des umfangreichen Datenmaterials wurde mit eigens programmierten Softwarepaketen analog zu der bei THURNER (2006) beschriebenen Vorgehensweise bewerkstelligt. Für die Auswertungen zum Auslaufverhalten wurden die Daten über 24 Stunden von allen Hennen mit Auslaufaktivität beim jeweiligen Schlupfloch verwendet. Für die Mittelwerte zur Aufenthaltsdauer im Wintergarten wurden daher auch die Aufenthalte von Hennen, die im Wintergarten übernachteten, berücksichtigt.

3 Ergebnisse

Beim ESL konnte eine ID-Sicherheit von 96,5 % ($n = 16973$ Durchgänge) ermittelt werden. Beim BESL war bei der Variante mit einer Breite von 70 cm (ohne Stangen oder Vertiefung) die ID-Sicherheit mit 97,6 % ($n = 3113$ Durchgänge) in der gleichen Größenordnung. Bei den weiteren Varianten ohne Vertiefung, bei denen jedoch eine oder zwei Stangen eingesetzt wurden, lag die ID-Sicherheit sogar etwas höher, bei 98,1 % ($n = 514$ Durchgänge) bzw. 99,2 % ($n = 502$ Durchgänge). Eine Reduzierung der Durchgangsbreite auf 55 cm bzw. 40 cm führte ebenfalls zu höheren ID-Sicherheiten (55 cm: 97,7–99,3 %; 40 cm: 99,3–99,8 %). Bei den Varianten mit Vertiefung, die zusätzlich mit einer bis drei Stangen durchgeführt wurden, ergaben sich ID-Sicherheiten zwischen 94,4 %

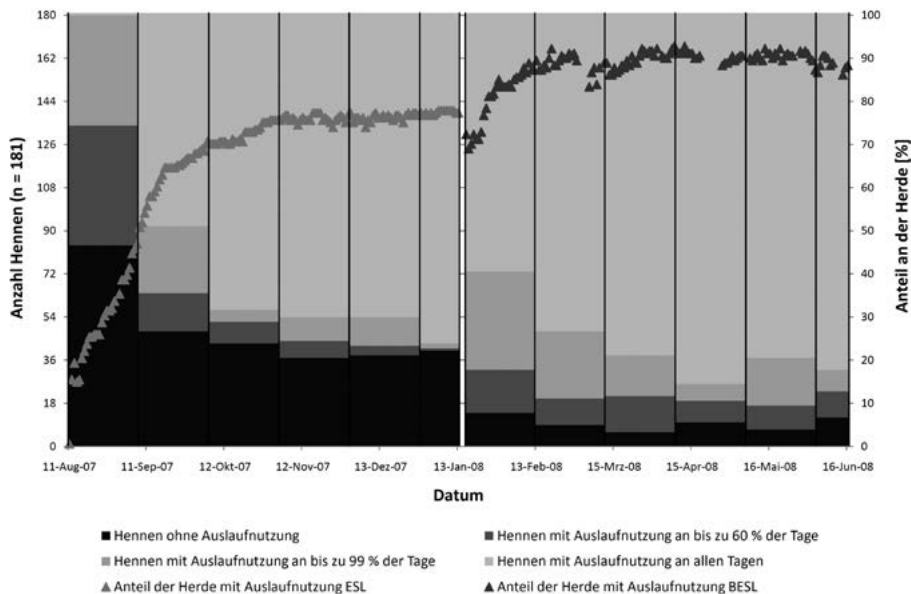


Abb. 3: Anzahl Hennen (je 28-Tage-Periode) und Anteil an der Herde (tageweise) ohne und mit Auslaufnutzung beim ESL (links) und BESL (rechts)

Fig. 3: Number of hens (per 28-day-period) and share of the flock (daily) without and with visits to the winter garden with the ESL (left) and the BESL (right)

und 99,4 %, die entweder niedriger oder identisch mit den korrespondierenden Varianten ohne Vertiefung waren (PAULI, 2008). Generell ergaben die Videoauswertungen beim BESL, dass eine gleichzeitige Passage von mehreren Hennen in beide Richtungen durch das Schlupfloch erst ab einer Breite von 55 cm möglich war. Weiterhin führte die Verringerung der Durchgangsgeschwindigkeit durch eine Vertiefung oder Stangen zu mehr Identifizierungsfehlern, da die Hennen teilweise in der Vertiefung ruhten oder der Durchgang durch die Stangen erschwert wurde, wodurch sich mehrere Hennen im BESL „stauten“.

Unterschiede zwischen dem ESL und dem BESL gab es jedoch hinsichtlich der Auslaufnutzung. Schon in der ersten Periode nach dem Wechsel vom ESL zum BESL war ein Anstieg der Auslaufnutzung zu beobachten (Abb. 3). Besuchten beim ESL pro Tag maximal 78 % der Herde den Kaltscharrraum, waren es beim BESL im Maximum 93 % pro Tag. Weiterhin waren beim ESL mindestens 37 Hennen während einer 28-Tage-Periode nicht im Kaltscharrraum, wohingegen es beim BESL nur sechs Hennen waren. Die Anzahl der Hennen, die beim ESL den Auslauf nicht besuchte, reduzierte sich bereits ab der zweiten 28-Tage-Periode nicht mehr nennenswert. Lediglich die Intensität der Auslaufnutzung, also der Anteil Tage, an denen die einzelne Henne pro Periode mindestens einmal im Auslauf war, stieg bei wenigen Tieren noch an. Unmittelbar nach dem Umstallen in das Abteil mit BESL erhöhte sich dagegen die Anzahl an Hennen, die den Auslauf nutzten stark und verblieb auf hohem Niveau.

Die mittlere Aufenthaltsdauer pro Henne und Tag im Wintergarten war über jeweils den gesamten Beobachtungszeitraum für das ESL und das BESL nahezu identisch (ESL: 8:13:12 $\pm$ 6:05:40 Stunden; BESL: 8:14:28 $\pm$ 5:15:55 Stunden). Ein Unterschied ergab sich jedoch bei der mittleren Anzahl an Wintergartenaufenthalten pro Henne und Tag. Wurden im Mittel beim ESL 17,4 $\pm$ 11,7 Wintergartenaufenthalte erfasst, waren es beim BESL nur 12,6 $\pm$ 7,7.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die ID-Sicherheit und somit die Datenqualität war bei beiden Systemen hoch. Im Vergleich zur Literatur (Angaben zur ID-Sicherheit basieren auf Auswertungen anhand der Daten und liegen i. d. R. über der mit Videoauswertungen ermittelten ID-Sicherheit) lag das ESL unter der von MÜLLER et al. (2001) ermittelten ID-Sicherheit von 99,8 % und das BESL über der von GEBHARDT-HENRICH et al. (2008) ermittelten ID-Sicherheit von 96,8 %. Sowohl die Niederfrequenz-RFID-Technik als auch die Hochfrequenz-RFID-Technik sind daher für ein ESL bzw. BESL zur automatischen Erfassung des Auslaufverhaltens über längere Zeiträume geeignet.

Bezüglich der Auslaufnutzung der Herde und der Auslaufintensität der Einzeltiere, zeigte sich, dass deutlich mehr Hennen ein breites Schlupfloch nutzten als ein enges Schlupfloch. Beim Vergleich der Ergebnisse von MÜLLER et al. (2001) (10–42 % der Hennen verschiedener Herkünfte verließen den Stall nicht) und GEBHARDT-HENRICH et al. (2008) (5,9 % der gekennzeichneten Hennen verließen den Stall nicht) bestätigt sich ebenfalls, dass ein enges Schlupfloch von weniger Hennen genutzt wird als ein breites. Die Dauer der Aufenthalte außerhalb des Stalles waren bei MÜLLER et al. (2001) für die

Herkunft Lohmann Tradition (LT) im Mittel bei 8:31:51 Stunden und bei der Herkunft Lohmann Selected Leghorn (LSL) bei 6:33:22 Stunden und damit vergleichbar mit den in dieser Untersuchung ermittelten Werten. GEBHARDT-HENRICH et al. (2008) ermittelten dagegen mit 3,6 Stunden einen wesentlich niedrigeren Wert.

Der direkte Vergleich zwischen beiden Schlupflöchern an denselben Hennen hat gezeigt, dass zukünftige Messungen für die Analyse des praxisüblichen Tierverhaltens nur noch an breiten Schlupflöchern durchgeführt werden sollten, um eine falsche Interpretation des Tierverhaltens zu vermeiden.

Literatur

- GEBHARDT-HENRICH, S. G.; BUCHWALDER, T.; FROELICH, E.; GANTNER, M. (BOYLE, L.; O'CONNEL, M.; HANLON, A.) (2008): RFID identification system to monitor individual outdoor use by laying hens. Proceedings of the 42nd Congress of the ISAE, Dublin, 113
- MÜLLER, J.; HILLIG, J.; VON BORELL, E.; THIES, N. (2001): Untersuchungen zur Akzeptanz des Auslaufs durch Legehennen in einem Haltungssystem mit Wintergarten und Grünauslauf. Lohmann Information, 4, S. 3–7
- PAULI, S. (2008): Identifizierungssicherheit von Legehennen mit HF-Transpondertechnik am „breiten elektronischen Schlupfloch“. Bachelorarbeit, TU München, WZW, Freising-Weihenstephan
- THURNER, S. (2006): Automatic registration and evaluation of the ranging behaviour of laying hens in group housing systems using RFID technology and electronic pop holes. Masterarbeit, TU München, WZW, Freising-Weihenstephan

Einfluss der Raumtemperatur und der Qualität des Nestbaumaterials auf das Auftreten gefährlicher Situationen für Ferkel in Abferkelbuchten mit frei beweglicher Muttersau

Influence of room temperature and quality of nestbuilding material on the incidence of dangerous situations for piglets in a loose farrowing system

ROLAND WEBER¹, MILENA BURRI², LORENZ GYGAX², BEAT WECHSLER²

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, 8356 Ettenhausen, Schweiz

² Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Abferkelbuchten, Nestbaumaterial, Ferkelmortalität, Raumtemperatur

Keywords: farrowing systems, nest building material, piglet mortality, room temperatur

Zusammenfassung

Untersucht wurde das Verhalten von 22 Sauen und ihren Ferkeln von zehn Stunden vor der Geburt bis 72 Stunden danach. Ab dem 112. Trächtigkeitstag bis drei Tage nach der Geburt erhielten je elf Sauen entweder 2 kg Langstroh oder 2 kg geschnittenen Stroh als Nestbaumaterial, das täglich nachgestreut wurde.

Die Raumtemperatur hing positiv mit der Zeit zusammen, bis sich die Ferkel zum ersten Mal im Ferkelnest aufhielten ($p = 0,01$) und negativ mit der Zeit, die sie darin verbrachten ($p = 0,02$). Ein signifikanter Einfluss der Raumtemperatur auf die Anzahl gefährlicher Situationen für die Ferkel konnte nicht nachgewiesen werden. Die Art des Nestbaumaterials hatte keinen Einfluss auf die Anzahl der gefährlichen Situationen und die Ferkelverluste bis zum dritten Tag nach der Geburt.

Summary

The behaviour of 22 Large White sows and their piglets was investigated from ten hours before farrowing until 72 hours afterwards. From day 112 of pregnancy until three days after births eleven sows each had access to either 2 kg of long-stemmed straw or 2 kg of short-cut straw provided on the floor.

Room temperature was associated positively with the time it took the piglets to get to the creep area after birth ($p = 0.01$) and negatively with the time they spent there ($p = 0.02$) but did not affect the incidence of dangerous situations. Straw length had no significant influence on the piglet mortality until the third day after birth.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Erdrückungsverluste machen einen großen Teil der Ferkelmortalität bis zum Absetzen aus und können in Abferkelsystemen mit frei beweglicher Muttersau ein großes Problem sein. So fanden zum Beispiel BLACKSHAW und HAGELSØ (1990) sowie MARCHANT et al. (2000) höhere Verluste in Abferkelsystemen mit frei beweglicher Muttersau als in Kastenständen. In anderen Studien wurde jedoch kein Unterschied bei der Mortalität vor dem Absetzen zwischen Abferkelsystemen mit frei beweglicher Muttersau und Kastenständen gefunden (z. B. WEBER, 2000; WEBER et al., 2007). In diesen Studien war zwar der Prozentsatz an erdrückten Ferkeln in Buchten mit frei beweglicher Muttersau höher, die Anzahl Ferkel hingegen, die aus anderen Gründen starben, war in Kastenständen höher.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, den Einfluss der Raumtemperatur und der Qualität des Nestbaumaterials (Langstroh oder geschnittenes Stroh) auf das Auftreten gefährlicher Situationen, bei denen Ferkel von der Sau erdrückt werden können, während der Geburt und in den ersten drei Tagen danach, in einem Abferkelssystem mit frei beweglicher Muttersau zu untersuchen.

2 Material und Methoden

Der Versuch wurde zwischen Dezember 2006 und Juli 2007 an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART in Tänikon durchgeführt. Das Verhalten von 22 Edelschweinen von der ersten bis zur elften Wurfnummer und ihren Ferkeln wurde untersucht. Ungefähr eine Woche vor dem erwarteten Geburtstermin wurden die Tiere einzeln in FAT2-Buchten eingestallt. Die Buchten hatten eine Fläche von 7,36 m² und waren durch eine Wand in einen Nestbereich mit Futtertrog und Betonboden und einen Kotbereich mit Teilspaltenboden geteilt. Neben dem Nestbereich war ein zweiseitig geschlossenes Ferkelnest (1,5 m x 0,6 m) installiert, das mit einem Deckel und einer 250-W-Wärmelampe versehen war.

Die Raumtemperatur wurde mit einem Datenlogger in einer mit acht Abferkelbuchten ausgestatteten Kammer auf einer Höhe von 2,5 m unter der Decke stündlich gemessen. Die Lufttemperatur in den an einen Erdwärmetauscher angeschlossenen Abferkelkammern variierte in den ersten drei Tagen nach der Geburt zwischen 14,9 und 23,9 °C.

Etwa vom 107. Tag bis 111. Tag der Trächtigkeit stand allen Sauen geschnittenes Stroh zur Verfügung. Am 112. Trächtigkeitstag erhielten je elf Sauen entweder 2 kg geschnittenes Stroh oder 2 kg Langstroh als Nestbaumaterial. Bis drei Tage nach der Geburt wurde jeweils morgens und abends das gefressene oder entfernte Stroh wieder aufgefüllt, sodass immer ungefähr 2 kg Stroh in der Bucht waren.

Das Verhalten von Sau und Ferkeln wurde von zehn Stunden vor der Geburt bis 72 Stunden danach mit Videorecordern aufgezeichnet. Nach der Geburt wurden das Verhalten, mit dem die Sau die Ferkel vor dem Abliegen gruppierte, die Anzahl, Art und Dauer der Positionswechsel der Sau, das Liegeverhalten der Sau und der Aufenthaltsort der Ferkel während des Abliegevorganges der Sau protokolliert. Außerdem wurde die Häufigkeit des Auftretens von gefährlichen Situationen erhoben. Als gefährlich definiert waren Situationen, in denen ein Ferkel von der Sau auf den Boden oder an die Wand gedrückt wurde oder in denen sich das Ferkel vor dem Erdrücken retten konnte, indem es zur Seite sprang, wenn die Sau die Position wechselte.

3 Ergebnisse

3.1 Raumtemperatur

Je höher die Temperaturen am ersten Tag nach der Geburt waren, desto länger dauerte es, bis sich mindestens 75 % der Ferkel das erste Mal mindestens 15 Minuten im Ferkelnest aufhielten ($p = 0,01$, Abb. 1). Die Ferkel verbrachten außerdem bei höheren Temperaturen in den ersten drei Tagen weniger Zeit im Ferkelnest ($p = 0,02$). Bei höheren Temperaturen wurden mehr Abliegevorgänge beobachtet, bei denen mehr als zwei Ferkel anwesend waren ($p = 0,03$). Die Raumtemperatur hatte jedoch keinen Einfluss auf das Auftreten gefährlicher Situationen für die Ferkel.

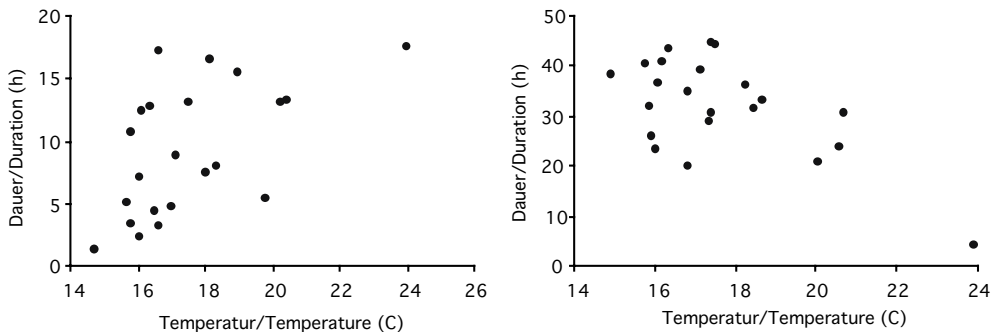


Abb. 1: Zeitdauer bis mindestens 75 % der Ferkel eines Wurfes ($n = 22$) sich zum ersten Mal mindestens 15 Minuten im Ferkelnest aufhielten in Abhängigkeit von der mittleren Raumtemperatur am ersten Tag nach der Geburt (links) und Zeitdauer, welche 75 % der Ferkel während der ersten drei Tagen nach der Geburt im Ferkelnest verbrachten, in Abhängigkeit von der mittleren Raumtemperatur (rechts)

Fig. 1: Time required by at least 75 % of the piglets of a given litter ($n = 22$) for staying for the first time in the creep area for a minimum of 15 minutes in relation to average room temperature measured on the first day after farrowing (left) and time during which 75 % of the piglets stayed in the creep area in relation to average room temperature measured over the first three days after farrowing (right)

3.2 Gefährliche Situationen

In Tabelle 1 sind die Anteile gefährlicher Situationen für die Ferkel während der ersten drei Tage nach der Geburt für die verschiedenen Arten von Positionswechseln von Sauen, die Langstroh und geschnittenes Stroh erhielten, aufgeführt. Der Anteil gefährlicher Situationen bei Abliegevorgängen, bei denen die Sau sich seitlich hinlegte, war signifikant höher bei Sauen, die geschnittenes Stroh erhielten ($p = 0,04$). Zudem war der Anteil Positionswechsel, die zu gefährlichen Situationen führten, bei Abliegevorgängen signifikant höher als bei Rollvorgängen ($p = 0,01$). Abliegen seitlich wurde häufiger gezeigt als Abliegen senkrecht, und meistens legten sich die Sauen mithilfe der Wand hin. In den ersten drei Tagen nach der Geburt war das Auftreten einer gefährlichen Situation erhöht, wenn sich die Sau häufiger seitlich und ohne Hilfe der Wand hinlegte, während mehr als zwei Ferkel anwesend waren ($p = 0,04$). Es wurde diesbezüglich jedoch kein Unterschied gefunden zwischen Sauen, die Langstroh oder geschnittenes Stroh erhielten. Bei allen anderen Verhaltensweisen, die in den ersten drei Tagen nach der Geburt erhoben wurden, konnte kein signifikanter Einfluss auf das Auftreten von gefährlichen Situationen für die Ferkel nachgewiesen werden.

Tab. 1: Anzahl Roll- und Abliegevorgänge sowie Anteile solcher Positionswechsel, die in den ersten drei Tagen nach der Geburt zu einer gefährlichen Situation für die Ferkel führten, bei Sauen, die Langstroh ($n = 11$) oder geschnittenes Stroh ($n = 11$) erhielten

Tab. 1: Total number of rolling and lying-down movements and percentages of such position changes resulting in dangerous situations for the piglets shown by sows provided with long-stemmed ($n = 11$) or short-cut straw ($n = 11$) during the first three days after farrowing

Positionswechsel der Sau	Langstroh		Geschnittenes Stroh		P-Wert
	Anzahl	% gefährlich	Anzahl	% gefährlich	
Rollen	1 652	2,2	1 610	1,3	0,75
Abliegen total	711	2,4	752	3,5	0,40
Abliegen senkrecht	324	2,2	265	1,9	0,14
Abliegen seitlich	387	2,6	487	4,3	0,04
Abliegen mithilfe der Wand	632	2,2	690	3,2	0,69
Abliegen ohne Hilfe der Wand	79	2,9	62	6,5	0,56

Von den 1 463 beobachteten Abliegevorgängen aller Sauen in den ersten drei Tagen nach der Geburt führten 43 (2,9 %) zu einer gefährlichen Situation. Die Häufigkeit gefährlicher Positionswechsel nahm mit dem Tag nach der Geburt signifikant ab ($p < 0,001$). Je länger die Sau herumlief, bevor sie sich hinlegte ($p < 0,001$), je kürzer der Abliegevorgang dauerte ($p = 0,05$) und je mehr Ferkel während des Abliegens anwesend waren ($p = 0,02$), desto mehr gefährliche Situationen wurden beobachtet. Waren mehr als fünf Ferkel anwesend, traten gefährliche Situationen häufiger auf, wenn die Ferkel nicht auf einer Seite der Sau gruppiert waren ($p = 0,03$).

3.3 Ferkelmortalität

Bei der Anzahl lebend geborener Ferkel (Langstroh: 12,3; geschnittenes Stroh: 12,1), der Mortalität bis zum Absetzen (13,9 % vs. 13,9 %) und beim Anteil Ferkel, die bis zum Absetzen erdrückt wurden (5,4 % vs. 4,1 %), wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Einstreuvarianten gefunden.

Während der gesamten Beobachtungszeit wurden 14 Ferkel erdrückt, vier während der Geburt, neun am ersten Tag nach der Geburt und ein Ferkel am zweiten Tag nach der Geburt. Fünf Ferkel wurden gegen eine Wand gedrückt, neun starben unter dem Körper der Sau aber nicht an der Wand. Abliegen führte zu acht erdrückten Ferkeln, zwei Ferkel starben während eines Rollvorgangs und weitere zwei als sich je eine Sau von einer sitzenden in eine liegende Position bewegte beziehungsweise sie sich im Liegen bewegte.

4 Diskussion

Die Zeit, die die Ferkel im Ferkelnest verbrachten, wurde signifikant von der Raumtemperatur beeinflusst. Je höher die Temperatur war, desto länger dauerte es, bis die Ferkel das erste Mal das Ferkelnest aufsuchten, und desto weniger Zeit verbrachten sie im Ferkelnest. Es wurde jedoch kein signifikanter Einfluss der Raumtemperatur auf das Auftreten gefährlicher Situationen für Ferkel gefunden.

In dieser Studie wurde auch das Verhalten von Sauen verglichen, denen entweder Langstroh oder geschnittenes Stroh als Nestbaumaterial vor der Geburt und in den ersten drei Tagen nach der Geburt angeboten wurde. Wir nahmen an, dass Langstroh besser zum Nestbau geeignet ist und dass sich dies positiv auf das mütterliche Verhalten der Sauen und somit auf das Auftreten gefährlicher Situationen für die Ferkel auswirken könnte. Das Nestbaumaterial hatte jedoch nur einen Einfluss auf den Anteil gefährlicher Situationen während des seitlichen Abliegens in den ersten drei Tagen nach der Geburt, der höher war bei Sauen, die geschnittenes Stroh erhielten. Auch DAMM et al. (2005) verglichen in einem Abferkelsystem mit frei beweglicher Muttersau das Verhalten von Sauen, die nur geschnittenes Stroh erhielten, und solchen, die zusätzlich Langstroh erhielten. Sie fanden keinen signifikanten Unterschied bei den Verhaltensweisen Nestbauverhalten und seitliches Liegen ohne Positionswechsel.

In den ersten drei Tagen nach der Geburt war das Auftreten einer gefährlichen Situation signifikant verknüpft mit der Häufigkeit der Abliegevorgänge, bei denen die Sau sich seitlich hinlegte, ohne an der Wand anzulehnen. Dies wurde auch von WECHSLER und HEGGLIN (1997) in einem Abferkelsystem mit frei beweglicher Muttersau beobachtet. Der Anteil Situationen, in denen mindestens ein Ferkel in Gefahr war, erdrückt zu werden, war signifikant höher, wenn die Sau sich seitlich fallen ließ als wenn sie sich senkrecht hinlegte. Ähnliches berichteten auch MARCHANT et al. (2001). Sie fanden, dass gefährliche Situationen häufiger auftraten, wenn die Sau sich in der Mitte der Bucht hinlegte.

Von den total 1463 beobachteten Abliegevorgängen in den ersten drei Tagen nach der Geburt waren nur 43 gefährlich für die Ferkel, wobei acht mit der Erdrückung eines Ferkels endeten. Bei Rollvorgängen führten 57 der total 3262 Rollvorgänge zu einer gefährlichen Situation, wobei zwei Ferkel erdrückt wurden. Der Anteil gefährlicher

Situationen war signifikant niedriger bei Rollvorgängen als bei Abliegevorgängen, was auch durch andere Studien bestätigt wurde (WECHSLER und HEGGLIN, 1997; MARCHANT et al., 2001). Die Anzahl Rollvorgänge war mehr als doppelt so hoch wie die Anzahl Abliegevorgänge, die Anzahl gefährlicher Situationen jedoch bei beiden Vorgängen etwa gleich hoch.

Für die Praxis der Schweinehaltung bedeuten die Resultate, dass sich eine Erhöhung der Raumtemperatur auf die Nutzung des Ferkelnests durch die Ferkel auswirkt. Innerhalb des untersuchten Temperaturbereichs hatte dies jedoch keinen Einfluss auf das Auftreten gefährlicher Situationen für die Ferkel. Aus der Untersuchung kann ebenfalls die Schlussfolgerung gezogen werden, dass durch das Anbieten von Langstroh als Nestbaumaterial kein Einfluss auf das Auftreten gefährlicher Situationen für die Ferkel und die Erdrückungsverluste genommen werden kann.

Literatur

- BLACKSHAW, J. K.; HAGELSØ, A. M. (1990): Getting-up and lying-down behaviour of loose-housed sows and social contacts between sows and piglets during day 1 and day 8 after parturition. *Applied Animal Behaviour Science*, 25, S. 61–70
- DAMM, B. I.; PEDERSEN, L. J.; HEISKANEN, T.; NIELSEN, N. P. (2005): Long-stemmed straw as an additional nesting material in modified Schmid pens in a commercial breeding unit: Effects on sow behaviour, and on piglet mortality and growth. *Applied Animal Behaviour Science*, 92, S. 45–60
- MARCHANT, J. N.; BROOM, D. M.; CORNING, S. (2001): The influence of sow behaviour on piglet mortality due to crushing in an open farrowing system. *Animal Science*, 72, S. 19–28
- MARCHANT, J. N.; RUDD, A. R.; MENDL, M. T.; BROOM, D. M.; MEREDITH, M. J.; CORNING, S.; SIMMIS, P. H. (2000): Timing and causes of piglet mortality in alternative and conventional farrowing systems. *Veterinary Record*, 147, S. 209–214
- WEBER, R. (2000): Alternative housing systems for farrowing and lactating sows. In: Blockhuis, H. J.; Ekkel, E. D.; Wechsler, B. (Hrsg): *Improving Health and Welfare in Animal Production*, EAAP Publication No. 102, Wageningen Pers, Wageningen, S. 109–115
- WEBER, R.; KEIL, N. M.; FEHR, M.; HORAT, R. (2007): Piglet mortality on farms using farrowing systems with or without crates. *Animal Welfare*, 16, S. 277–279
- WECHSLER, B.; HEGGLIN, D. (1997): Individual differences in the behaviour of sows at the nest-site and the crushing of piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, 51, S. 39–49

Bewegungsabläufe von Sauen in Kastenständen und freien Abferkelbuchten

Posture changes of sows in farrowing crates and pens

CHRISTIANE PODIWINSKY¹, CHRISTOPH WINCKLER¹, JOHANNES BAUMGARTNER²

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Str. 33, 1180 Wien, Österreich

² Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Veterinärplatz 1, 1210 Wien, Österreich

Schlüsselwörter: Abferkelbuchten, Sauen, Tierverhalten

Keywords: farrowing systems, sows, animal behaviour

Zusammenfassung

Parameter der Aktivität (Positionswechsel) sowie des Ruheverhaltens (Aufsteh-/Abliegevorgänge, Ausrutschen) wurden in fünf Kastenstandsystemen und drei Abferkel-systemen ohne Sauenfixierung verglichen. Hinsichtlich der Anzahl an Positionswechseln bestanden signifikante Unterschiede zwischen einigen Kastenstand- und den freien Systemen. Zwischen den untersuchten Kastenstandsystemen lag eine große Variation vor. Tendenziell gingen Sauen in Systemen ohne Fixierung häufiger von der Ruheposition direkt zum Stehen über als Sauen in den Kastenständen. Die Dauer der Abliegevorgänge unterschied sich lediglich zwischen einigen Kastenstandsystemen signifikant. Ausrutschen trat vor allem mit den Hinterextremitäten auf. Beim Abliegen rutschten Sauen in den Systemen ohne Fixierung signifikant häufiger als jene in Kastenständen, vor allem mit den Hinterextremitäten.

Summary

Five farrowing crate and three farrowing pen types were compared with regard to the frequency of change of position/standing/walking bouts and parameters of lying behaviour (frequency, duration of standing up and lying down movements/incidence of slipping). Change of position was found the most as well as the least in crates, these differed significantly from those in pens. Sows in farrowing pens tended to stand up more often without sitting phases. Time needed to lie down only differed within the farrowing crates. Slipping while standing up was equally frequent in all systems, whereas slipping events while lying down were more often observed in farrowing pens, mainly with the hind legs, in two crates moreover with the fore legs.

1 Einleitung

Sauen in Abferkelbuchten haben eine hohe Anpassungsleistung zu erbringen. Neben der Umstellung von Gruppen- auf Einzelhaltung ist damit meist auch eine Einschränkung der Bewegungsmöglichkeit bis hin zur Fixierung im Kastenstand verbunden. Platzangebot und Bodenqualität beeinflussen die Fortbewegung sowie das Ruheverhalten der Sauen. Wie von CURTIS et al. (1998) und MARCHANT und BROOM (1996) am Beispiel des Platzbedarfs von tragenden und säugenden Sauen bei Aufsteh- und Abliegeprozessen dargestellt, orientieren sich Haltungssysteme mit Fixierung der Sau häufig nur am statischen Platzbedarf der Tiere, der dynamische Platzbedarf bleibt dabei unberücksichtigt. Parameter des Ruhe- und Aktivitätsverhaltens können daher zur Beurteilung des Wohlbefindens bei Sauen herangezogen werden (VALROS et al., 2003; BLACKSHAW et al., 1994; HARRIS und GONYOU, 1998).

Ziel dieser Studie war eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Abferkelbuchten mit und ohne Fixierung der Sauen hinsichtlich Ruhe- und Aktivitätsparametern. Dabei wurde der gesamte Aufenthaltszeitraum der Tiere im Abferkelsystem vom Einstallen bis zum Absetzen der Ferkel betrachtet.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchung fand zwischen November 2005 und Dezember 2006 auf einem im 4-Wochen-Rhythmus betriebenen Ferkelerzeugerbetrieb mit rund 600 produktiven Sauen statt. Fünf Kastenstandssysteme (KS1-5) und drei Systeme ohne Fixierung der Sau (FS1-3) wurden für die vorliegende Untersuchung herangezogen. Die Systeme unterschieden sich hinsichtlich Flächenangebot, Kastenstand- und Bodenausführung sowie Anordnung des Ferkelnestes. Ein Freilaufsystem wurde mit Einstreu, alle übrigen Systeme einstreulos betrieben.

Die Kastenstandssysteme verfügten über eine Grundfläche von etwas mehr als 4 m² mit Spaltenböden aus Gussrost bzw. Kunststoff; KS2 wies im Sauenbereich eine vollflächige Gummiauflage auf. FS1 war als Mehrflächenbucht (7,6 m²) mit planbefestigtem Liegebereich aus Polymerbeton und einem perforierten Kotbereich aus Gussrost ausgeführt und wurde im Liegebereich minimal mit Stroh eingestreut. FS2 und FS3 wurden einstreulos betrieben und boten eine Fläche von 5 m² (FS2, rechteckiger Grundriss) bzw. 4 m² (FS3, trapezförmiger Grundriss). Der Boden beider Systeme bestand aus perforiertem Kunststoff. FS2 verfügte zusätzlich über zwei gebogene Abweishügel, die auf dem Buchtenboden montiert waren (Abb. 1).

Das Verhalten der Sauen wurde anhand von Videoaufzeichnungen an vier Beobachtungstagen mittels kontinuierlicher Beobachtung erhoben (24 h nach dem Einstallen (Tag 1), 24–0 h vor der Geburt (Tag 2), 48–72 h nach der Geburt (Tag 3), 72–48 h vor dem Absetzen (Tag 4)). Insgesamt gingen 86 Sauen (n = 5 bis 15 je System) in die Auswertungen ein.



Abb. 1: Untersuchte Abferkelbuchten – oben: Freilaufsysteme (von links nach rechts: FS1–3), unten: Kastenstandsysteme (KS 1–5)

Fig. 1: Farrowing systems investigated – above: free pens (from left: FS1–3), below: farrowing crates (from left: KS1–5)

Als Verhaltensparameter wurden die Häufigkeit von Positionswechseln, die Häufigkeit, Kategorie und Dauer der Aufsteh- und Abliegevorgänge sowie die Häufigkeit von Ausrutschen (getrennt mit Vorder- und Hinterextremitäten) ermittelt.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels eines gemischten Modells (Dauer) bzw. eines generalisierten gemischten Modells. Einflussfaktoren bildeten System, Beobachtungstag, System*Beobachtungstag, Altsau/Jungsau, System*Altsau/Jungsau, Sauenherkunft, Saison und Aufsteh-/Abliegevorgang. Die beobachtete Sau ging als zufälliger Effekt in das Modell ein.

3 Ergebnisse

3.1 Positionswechsel

Die Häufigkeit der Positionswechsel wurde signifikant vom Haltungssystem beeinflusst und betrug über alle Beobachtungstage hinweg zwischen 90 (KS1)/91 (KS5) und 153 (KS3) Wechsel in 24 Stunden. Die Kastenstandsysteme mit den niedrigsten Werten unterschieden sich signifikant von KS3, das sich ebenso signifikant von allen FS unterschied (Abb. 2).

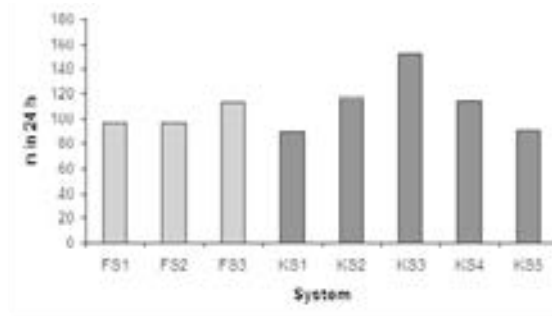
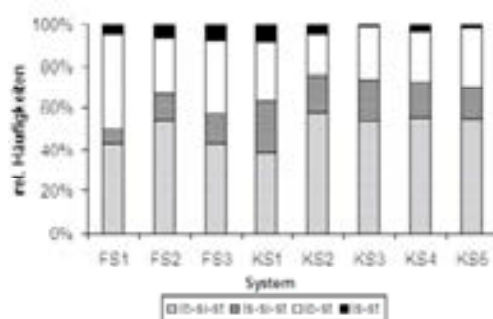


Abb. 2: Mittlere Häufigkeit (LSmeans) für Positionswechsel in den untersuchten Haltungssystemen

Fig. 2: LSmeans for posture changes in the housing systems observed

3.2 Relative Häufigkeit der Aufsteh- und Abliegevorgänge

Die relative Häufigkeit der aus der Bauchlage heraus ausgeführten Aufstehvorgänge sowie der beiden Kategorien des Abliegens wurde signifikant vom Haltungssystem beeinflusst. Aufstehen aus der Bauchlage mit zwischenzeitlicher Sitzphase trat in KS2 signifikant relativ häufiger als in KS1 auf. Direkt von der Bauchlage zum Stehen wechselten die Sauen in FS1 relativ am häufigsten, in KS2 dagegen am seltensten. Numerisch gesehen gingen Sauen in Systemen ohne Fixierung häufiger von der Ruheposition direkt zum Stehen über als Sauen in den Kastenständen (Abb. 3).



lb-si-st: Bauchlage-Sitzen-Stehen
lb-st: Bauchlage-stehen

ls-si-st: Seitenlage-Sitzen-Stehen
ls-st: Seitenlage-stehen

Abb. 3: Mittlere relative Anteile der Aufstehkategorien (LSmeans) in den einzelnen Haltungssystemen
Fig. 3: LSmeans for proportions of categories of getting-up

3.3 Dauer der Aufsteh- und Abliegevorgänge

Das Haltungssystem hatte keinen Einfluss auf die Dauer der Aufstehvorgänge. Hinsichtlich der Abliegevorgänge lagen signifikante Unterschiede zwischen einigen Kastenstandssystemen vor. In KS1 bzw. KS4 benötigten die Sauen mit 18,5 s bzw. 19,3 s beinahe doppelt so viel Zeit für das Abliegen wie die Sauen in KS3 (10,1 s). Die Mittelwerte für die Dauer der Aufsteh- bzw. Abliegevorgänge variierten zwischen den Kastenstandssystemen grundsätzlich stärker als zwischen den Systemen ohne Fixierung der Sau.

3.4 Rutschen während der Aufsteh- und Abliegevorgänge

Die Sauen rutschten häufiger mit den Hinter- als mit den Vorderextremitäten aus. Während des Aufstehens rutschten die Sauen in FS3 mit den Hinterextremitäten signifikant seltener als in allen anderen Systemen. Während des Abliegens rutschen die Sauen hingegen in den freien Systemen deutlich häufiger, insbesondere in FS2 und FS3. In drei Kastenstandssystemen wurde Rutschen signifikant seltener als in allen anderen Systemen, ausgenommen KS1, beobachtet (0,9-mal in KS5 bis 1,2-mal in KS4).

Hinsichtlich Rutschens mit Vorderextremitäten ergab sich ein differenziertes Bild. Sauen in den freien Systemen rutschten während des Aufstehens mit 1,8- (FS1) bis 2,8- (FS2) mal in zehn Vorgängen häufiger als während des Abliegens (0,5-mal, FS3 bis 1,7-mal, FS2). Bis auf KS1 wurde Rutschen auch in Kastenstandssystemen häufiger während des Aufstehens beobachtet. In KS4 rutschten die Sauen während des Auf-

stehens bei annähernd jedem zweiten Vorgang (4,5-mal in zehn Vorgängen), während des Abliegens jedoch kaum (0,2-mal). Insgesamt guten Halt fanden die Sauen in KS3 (0,2- bzw. 0,02-mal Rutschen) (Abb. 4).

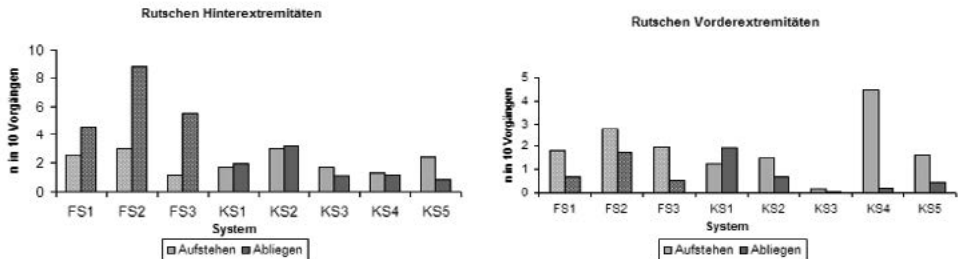


Abb. 4: Rutschen mit Hinter- (oben) und Vorderextremitäten (unten) während der Aufsteh- und Abliegevorgänge

Fig. 4: Sliding with hind legs (above) and front legs (below) during getting-up and lying-down

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Häufige Positionswechsel werden als Anzeichen von Unbehagen gedeutet (MARCHANT und BROOM, 1993; HARRIS und GONYOU, 1998). Als Haupteinflussfaktoren werden verfügbare Fläche und Bodenzustand angegeben. Die Sauen in KS3 wechselten ihre Positionen signifikant häufiger als die Sauen in anderen Systemen. Das lässt auf vermehrte Unruhe und vermindertes Wohlbefinden schließen. Eine Ursache kann in der nichtperforierten gummierten Bodenauflage liegen, die längere Liegephasen während der Hochträchtigkeit aufgrund von mangelnder Möglichkeit zur Thermoregulation (Hitzestau) unbehaglich macht.

MARCHANT und BROOM (1996) zeigten, dass Sauen, die in Kastenständen gehalten werden, in der Bewegungsausführung schwerfälliger sind als Sauen ohne Fixierung. Als beeinflussende Faktoren werden mangelndes Muskeltraining, Bodengestaltung, Gesundheitszustand und Größe/Gewicht der Sau genannt. Größere Anteile von mit Sitzphase ausgeführten Aufstehvorgängen und verlängertes Sitzen können daher als Zeichen für Einschränkung der Bewegungsfähigkeit und Konfliktverhalten angesehen werden. In dieser Untersuchung gingen die Sauen in den freien Systemen von der Liegeposition tendenziell häufiger (70–80 %) direkt zum Stehen über als jene der Kastenstände (50–65 %).

Als die Abliegedauer beeinflussend werden der Zustand des Bodens (Rutschfestigkeit), die Kastenstandlänge sowie die Körperlänge/-verfassung der Sauen angegeben (MARCHANT und BROOM, 1996; ANIL et al., 2002; BONDE et al., 2003). Die Sauen in KS3 benötigten wenig Zeit für das Abliegen, der Boden erwies sich auch als verhältnismäßig rutschsicher.

Einen wichtigen Aspekt hinsichtlich Beurteilung des Bodens bildet die Häufigkeit des Ausrutschens während der Aufsteh- und Abliegevorgänge. Beim Abstützen mit den Vorderextremitäten erwiesen sich die glatten, teils perforierten Böden der freien Systeme durchweg als rutschanfällig, innerhalb der Kastenstände stach KS3 heraus, dessen gummierter Boden als einziger den Sauen genügend Halt zum Abstützen bot.

KS1 und KS5 wiesen in Längsrichtung geriffelte Stahlrost-Spaltenelemente auf, diese schienen den Tieren Schwierigkeiten mit der Folge von vermehrtem Ausrutschen zu bereiten. Ebenso bot der perforierte Gussrostboden in KS2 nicht genügend Halt während des Aufstehens. Beim Abliegen ist ein rutschfester Boden von besonderer Relevanz, da ein erheblicher Teil der Erdrückungen von Ferkeln während dieses Prozesses passiert (DAMM et al., 2004). Sauen in den untersuchten Systemen ohne Fixierung rutschten insbesondere mit den Hinterextremitäten signifikant häufiger als Sauen in den Kastenständen. Der perforierte Kunststoffboden in FS2 und FS3 als auch der Betonboden in FS1 boten zu wenig Halt; in FS1 spielte möglicherweise eine zu geringe Einstreumenge und der Verschmutzungsgrad im planbefestigten Liegebereich eine bedeutende Rolle.

Aus den Ergebnissen ist zu schließen, dass auf eine entsprechende Kastenstand- und Bodengestaltung großer Wert gelegt werden muss. Die Böden der freien Systeme und die geriffelten Spaltenelemente in KS1, KS2 und KS5 müssen daher hinsichtlich Rutschfestigkeit als ungeeignet eingestuft werden. Auf der planbefestigten Fläche von FS1 muss für genügend Einstreu gesorgt werden. Gerade bei durch Züchtung zunehmend größer werdenden Sauen ist eine laufende Anpassung der Systeme an sich ändernde Sauenmaße unumgänglich.

Literatur

- ANIL, L.; ANIL, S.; DEEN, J. (2002): Relationship between postural behaviour and gestation stall dimensions in relation to sow size. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 77, S. 173–181
- BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W.; THOMAS, F. J.; NEWMANN, F. W. (1994): Comparison of behaviour patterns of sows and litters in a farrowing crate and a farrowing pen. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 39, S. 281–295
- BONDE, M.; ROUSING, T.; BADSBERG, J. H.; SORENSSEN, J. T. (2003): Associations between lying-down behaviour problems and body condition, limb disorders and skin lesions of lactating sows housed in farrowing crates in commercial sow herds. *Livestock Production Science*, 87, S. 179–187
- CURTIS, S. E.; HURST, R. J.; GONYOU, H. W.; JENSEN, A. H.; MUELLING, A. J. (1989): The physical space requirement of the sow. *Journal of Animal Science*, 67, S. 1242–1248
- DAMM, B.I.; FORKMAN, B.; PEDERSEN, L.J. (2004): Lying down and rolling behaviour in sows in relation to piglet crushing. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 90, S. 3–20
- HARRIS, M. J.; GONYOU, H. W. (1998): Increasing available space in a farrowing crate does not facilitate postural changes or maternal responses in gilts. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 59, S. 285–296
- MARCHANT, J. N.; BROOM, D. M. (1993): The effects of sow housing on responses to farrowing conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 38, S. 81–82
- MARCHANT, J. N.; BROOM, D. M. (1996): Factors affecting posture-changing in loose-housed and confined gestation sows. *Animal Science*, 63, S. 477–485
- VALROS, A.; RUNDGREN, M.; SPINKA, M.; SALONIEMI, H.; ALGERS, B. (2003): Sow activity level, frequency of standing-to-lying posture changes and anti-crushing behaviour – within sow-repeatability and interactions with nursing behaviour and piglet performance. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 83, S. 29–40

Analyse von Erdrückungsursachen sowie von Optimierungsmaßnahmen in Bewegungsbuchten für ferkelführende Sauen

Analysis of piglet-crushing causes and improvement steps in farrowing systems without fixation from the mother sows

NORA WARTER¹, WILHELM PFLANZ², THOMAS JUNGBLUTH¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik 440, 70599 Stuttgart

² Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg, Seehöfer Str. 50, 97944 Boxberg

Schlüsselwörter: Bewegungsbucht, Ferkelerdrückungen, Tierverhalten

Keywords: free range pen, piglet crushes, video observations

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden die Erdrückungsverluste von 37 Sauen in Abferkelbuchten ohne Fixierung der Muttersauen analysiert. Die Fragestellung war: wo, wann, wie und weshalb die Ferkel in der Abferkelbucht erdrückt werden? Anhand der analysierten Parameter wurden bauliche Optimierungen abgeleitet. Das Verhalten der Sauen in den 24 Stunden vor der Abferkelung wurde ebenfalls für Rückschlüsse auf das Erdrückungsgeschehen untersucht. Die Auswertung zeigte, dass die meisten Ferkel (43 %) in der Mitte der Bucht erdrückt wurden. Verursacht wurden Ferkelerdrückungen hauptsächlich durch Abliegevorgänge der Muttersau mit 58 %. Bereits innerhalb eines Tages ab Geburtsbeginn ereigneten sich 78 % der Erdrückungen. 45 % der Erdrückungen erfolgten, während die Ferkel aktiv im Liegebereich der Sau waren. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde vor dem Ferkelnest eine Abweisstange sowie an der langen Buchtenseite ein Abliegebrett für die Sauen angebracht. Die Ergebnisse der anschließenden Auswertungen zeigten, dass durch die Abweisstange die Erdrückungen vor dem Ferkelnest auf Null reduziert werden konnten.

Summary

In the present study piglet losses from totally 37 sows in free-range pens are specified. The question was where, when, how and why the piglets are crushed to death in the farrowing pen. On the basis of this results constructional improvements had been conducted. The behaviour of the sows during the 24 hours before farrowing was also considered to draw conclusions for crushing cause. This study showed that most of the piglets (45 %) are crushed in the middle of the pen. Piglet crushing was mainly caused by lying down of the sows (58 %). Most of this piglets (78 %) have been crushed within the first day after birth. 45 % of the crushing incidents occurred during active phases of the piglets in the lying area of their mother. Due to this two guide rods were installed in the pen: One iron bar in front of the nest box and a sloped board along the long side of the pen to encourage the sows to lie down in this area. The following results showed that no crushing of piglets in front of the nest box occurred anymore.

1 Einleitung und Problemstellung

Ab 01.01.2013 ist die Gruppenhaltung tragender Sauen in der BRD nach der Tierschutznutztierhaltungsverordnung (2006) vorgeschrieben, in einigen Ländern Europas wie z. B. der Schweiz gibt es schon Beschlüsse auch den ferkelführenden Sauen mehr Bewegungsfreiheit anzubieten. Abgeleitet von dieser tiergerechten Wartehaltung wird sich zukünftig die Tierschutzdiskussion auch intensiv mit dem Abferkelbereich beschäftigen, da gerade die Fixierung der Tiere in der sensiblen Geburtsphase nach einer längeren Phase der freien Bewegungsmöglichkeit zu Stoffwechsel- wie auch zu Verhaltensproblemen führen kann. Andererseits zeigen Praxiserfahrungen, dass gerade bei der Haltung säugender Sauen ohne Fixierung die Erdrückungsverluste von Ferkeln erhöht sein können. Für die Fragestellung: wie können sowohl die Ansprüche der Muttersau wie die ihrer Ferkel gleichzeitig in freien Bewegungsbuchten erfüllt werden, wurden im Rahmen dieser Untersuchung verschiedene Parameter im Rahmen von sechs Abferkeldurchgängen mit insgesamt 37 Muttersauen erhoben. Ziel dieser Arbeit war es, Ursachen und Randparameter von Ferkelerdrückungen mithilfe von Verhaltensbeobachtungen und Stallklimamessungen zu analysieren sowie bauliche Optimierungsempfehlungen abzuleiten.

2 Tiere, Material und Methoden

Im Rahmen der Arbeit wurden die Ursachen von Ferkelerdrückungen in den Bewegungsbuchten der LSZ Boxberg, Alternative Haltung, analysiert. Das Verhalten von Sau und Ferkeln wurde über Videobeobachtungen (kontinuierliche Aufzeichnungen ab 24 Stunden vor bis zehn Tage nach Geburt) mit Fokus auf die Erdrückungsereignisse analysiert. Zunächst wurden in vier Abferkeldurchgängen insgesamt 19 Sauen beobachtet (Nullvariante); der Effekt der ersten baulichen Optimierungsableitungen (Umbauvariante) wurde in darauf folgenden zwei Durchgängen an je neun Sauen (paritätische Verteilung Nullvariante/Umbauvariante) untersucht. Die Sauen wurden randomisiert auf die Beobachtungsbuchten verteilt, es waren sowohl Jungsaugen wie Altsauen im Versuch integriert, die Altersstruktur somit ausgeglichen. Die Genetik der Tiere basierte auf dem baden-württembergischen Hybridzuchtprogramm. Die Erhebungen fanden von März bis August 2008 statt, somit waren verschiedene jahrezeitliche Einflüsse abgedeckt.

Die Auswertungen waren in zwei Arbeitsblöcke gegliedert: Die Analyse des Ereignisses „Ferkelerdrückung“ wurde mithilfe des event-sampling Verfahrens erstellt. Um die Verhaltensweisen der Sauen während den 24 Stunden vor Abferkelbeginn im Hinblick auf die folgenden Erdrückungen beurteilen zu können, wurden hierfür Indikatorverhaltensweisen definiert und diese dann kontinuierlich transkribiert. Die Videoanalyse erfolgte mithilfe der Auswertungssoftware Mangold „interact“ sowohl für das event-sampling Verfahren wie auch die kontinuierliche Transkription. Die Bearbeitung der Videos erfolgte durch eine Person.

Der Erdrückungsort (Wo?) beschreibt die Bereiche in der Bucht, in denen sich Erdrückungen ereigneten. Über den Parameter (Wie?) sollte geklärt werden, welches Verhalten der Sau Ferkelerdrückungen zur Folge hat. Durch den Erdrückungszeitpunkt (Wann?) wurde die Zeit mit dem größten Gefahrenpotenzial für die Ferkel ab Geburtsbeginn

bestimmt. Weiter wurde untersucht, wie sich die Ferkel bei dem Ereignis „Erdrückung“ verhielten (Weshalb?).

In zwei Buchten eines jeden Durchgangs wurden im Liege- und Aktivitätsbereich der Sau, sowie im Ferkelnest Stallklimalogger (Testo, testostor 171) auf Tierhöhe installiert. Durch einen Schutzkorb wurde einer Beschädigung der Geräte durch die Sauen und Ferkel vorgebeugt. Auch im Außenbereich des jeweiligen Stallgebäudes war ein Datenlogger für die kontinuierliche Messung und Aufzeichnung von Temperatur und relativer Luftfeuchte als Referenz angebracht.

2.1 Bucht

In den beiden Abferkelställen befanden sich jeweils zwölf Buchten mit getrennten Klimabereichen. Der wärmegedämmte Liegebereich (5,5 m²) mit Ferkelnest (0,8 m²) diente als Ruheplatz (Abb. 1), dem Abferkelvorgang sowie der Wurfversorgung durch die Sau. Im Aktivitätsbereich (4,5 m²) wurden die Verhaltensweisen Fressen, Koten und Harnen ausgeübt. Die Gesamtgrundfläche der Bucht betrug 10,0 m². Der Liegebereich war durch eine Schwenktür vom Aktivitätsbereich getrennt. Ein Durchgang in dieser Schwenktür ermöglichte der Sau den Wechsel zwischen den Buchtenbereichen. Dieser war mit einer Gesäugerolle und Gummilamellen versehen. Auch ein Ferkelschlupf war hier integriert (Abb. 1). Ab dem zehnten Lebenstag wurde dieser geöffnet, und die Ferkel konnten der Muttersau in den Aktivitätsbereich folgen.



Abb. 1: Liegebereich der Sau ohne Erdrückungsschutz; links: Sicht auf das Ferkelnest; rechts: Sicht zum Aktivitätsbereich hin mit Durchstieg

Fig. 1: Laying area from the mother sow without crushing protection; left: view on the piglet nest; right: view to the activity area with passage

3 Ergebnisse

Die Auswertung der ersten vier Abferkeldurchgänge zeigte, dass die meisten Ferkel (43 %) in der Mitte der Bucht erdrückt wurden (Abb. 2). Verursacht wurden Ferkelerdrückungen hauptsächlich durch Abliegevorgänge der Muttersau mit 58 % (Abb. 3). Des Weiteren wurde festgestellt, dass sich innerhalb eines Tages ab Geburtsbeginn bereits 78 % Erdrückungen ereigneten. Bis drei Tage nach der Abferkelung konnten nahezu alle Erdrückungen (97 %) registriert werden (Abb. 4). 45 % der Erdrückungen erfolgten,

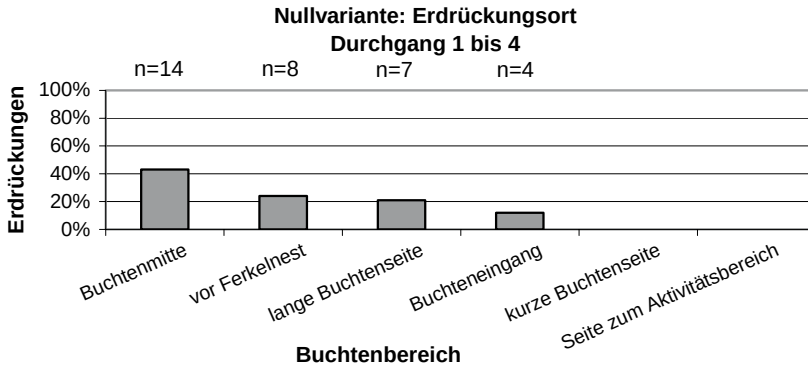


Abb. 2: Prozentualer Anteil erdrückter Ferkel in den einzelnen Buchtenbereichen
Fig. 2: percentage of crushed piglets in the single pen areas

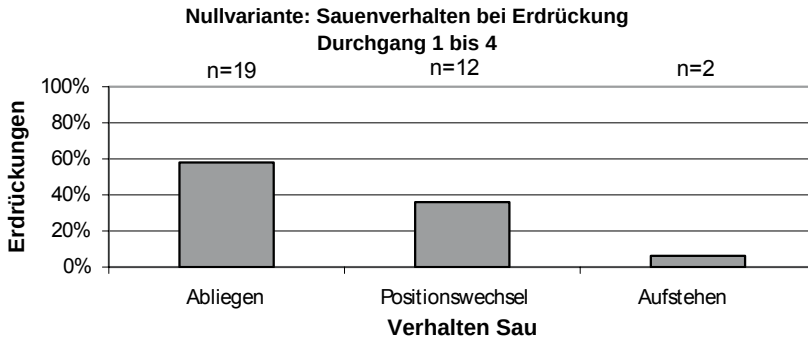


Abb. 3: Relativverteilung des Bewegungsverhaltens der Sauen bei Erdrückungen
Fig. 3: Percental distribution of movement behaviour from the sows at crushes

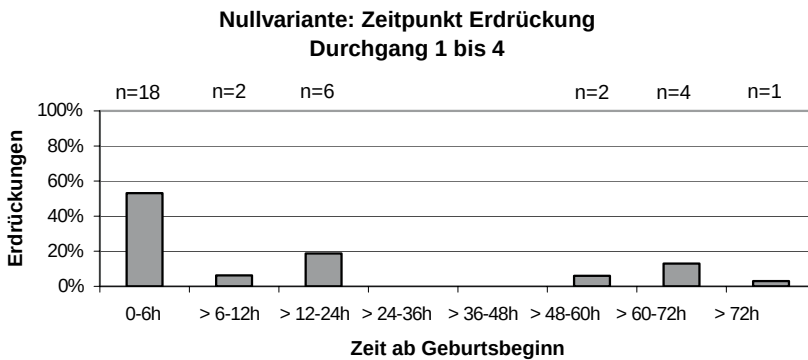


Abb. 4: Prozentuale zeitliche Verteilung der Erdrückungen post partum
Fig. 4: Percental chronological distribution from the crushes post partum

während die Ferkel aktiv im Liegebereich der Sau waren. Die Ergebnisse stehen in Analogie zu vergleichbaren Untersuchungen wie von KAMPHUES (2004) und BAUMGARTNER et al. (2008).

Aufgrund der Ergebnisse aus den ersten vier Abferkeldurchgängen wurde vor dem Ferkelnest eine Abweisstange und an der langen Buchtenseite ein Abliegebrett (MARCHANT et al., 2001) für die Sauen angebracht. Die Ergebnisse der anschließenden Auswertungen zeigten, dass durch die Abweisstange die Erdrückungen vor dem Ferkelnest auf Null reduziert werden konnten. Für das seitliche Abliegebrett konnten keine deutlichen Verbesserungen festgestellt werden, anhand der Videoaufzeichnungen wurde jedoch oftmals der Erdrückungsschutz in Form einer Zufluchtsnische unter dem Brett deutlich wie auch von DAMM et al. (2005) beschrieben. So konnten sich Ferkel beim Abliegen der Sau an dem schräg gestellten Brett unter die Abliegehilfe retten.

Die Verhaltensausswertung in den 24 Stunden vor Geburtsbeginn zeigte, dass alle Sauen das vorhandene Stroh nutzten. In den zwölf Stunden ante partum wurde intensives Nestbauverhalten beobachtet. Vermehrt wurden Erdrückungen bei denjenigen Sauen festgestellt, die in dem untersuchten Zeitraum insgesamt ein unruhiges und aufgeregtes Verhalten mit häufigen Positionswechseln zeigten. Bei zu niedrigen oder zu hohen Temperaturen im Ferkelnest hielten sich die Ferkel im Bereich der Mutter auf. Hierdurch konnte ebenfalls ein erhöhtes Risiko für Erdrückungen festgestellt werden.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ferkelnestgestaltung ist ein wichtiger Gesichtspunkt in Bezug auf die Ferkelerdrückungen. So ist vor allem die Ferkelnesttemperatur anhand einer Temperaturkurve optimal zu steuern, damit der Wärmebedarf der neugeborenen Ferkel gewährleistet wird. Zu hohe (Flucht vor Hitze) oder zu niedrige Temperaturen (Wärmesuche) veranlassen die Ferkel sich im Bereich der Sau aufzuhalten und laufen somit Gefahr erdrückt zu werden. Dabei ist das Liegeverhalten der Ferkel (Haufen- oder Streulage) zu beachten.

Um in der kalten Jahreszeit Unterkühlungen während und in den ersten Tagen nach der Geburt bei neugeborenen Ferkeln zu vermeiden, ist eine Fußbodenheizung im Liegebereich der Sau und im Ferkelnest, insbesondere in Außenklimaställen, zu empfehlen. Eine Fußbodenheizung im Sauenbereich könnte ebenfalls vermeiden, dass sich die Sauen bei zu niedrigen Temperaturen vor dem warmen Ferkelnest ablegen. Jedoch könnte hier die Gefahr bestehen, dass auch die Ferkel diesen gefährlichen Bereich zum Liegen aufsuchen.

Grundsätzlich zeigen die Ergebnisse, dass 97 % der Erdrückungen in den ersten drei Tagen nach der Geburt stattfanden – hiervon können zwei Ansätze abgeleitet werden: Entweder sollte in dieser hochsensiblen Zeit eine besonders intensive Geburts- bzw. Tierüberwachung stattfinden oder durch eine kurzzeitige Fixierung des Muttertiers Schaden von den Ferkeln abgehalten werden.

Die hier vorgenommenen baulichen Optimierungen mit Abliegebrett an der langen Buchtenseite sowie einer Abweisstange vor dem Ferkelnest haben sich in den bisherigen Untersuchungen teilweise bewährt, jedoch sind hier noch weitere Durchgänge zur Absicherung notwendig. Als nächster Optimierungsschritt ist an freistehende

Stützpfeiler in der Mitte des Liegebereichs zu denken, diese könnten das Abliegeverhalten der Muttertiere sowohl in Bezug auf die Richtung wie auch in der Geschwindigkeit steuern.

Literatur

- BAUMGARTNER, J. J.; PODIWINSKY, C.; SCHWARZ, C.; KOLLER, M.; SKRBIC, S.; TROXLER, J.; WINCKLER, C. (2008): Ferkelnest-Nutzung und kritische Situationen in Bezug auf Ferkelerdrückungen in drei freien Abferkelbuchten. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2008, KTBL-Schrift 471, S. 18–27
- DAMM, B. I.; FORKMAN, B.; PEDERSEN, L. J. (2005): Lying down and rolling behaviour in sows in relation to piglet crushing. *Applied Animal Behaviour Science* 90, S. 3–20
- KAMPHUES, B. (2004): Vergleich von Haltungsvarianten für die Einzelhaltung von säugenden Sauen unter besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen auf das Tierverhalten und der Wirtschaftlichkeit. Dissertation, Karl-August-Universität, Göttingen
- MARCHANT, J. N.; BROOM, D. M.; CORNING, S. (2001): The influence of sow behaviour on piglet mortality due to crushing in an open farrowing system. *Animal Science* 72, S. 19–28

Wirtschaftlichkeit verschiedener Abferkelbuchttypen

Profitability of different farrowing systems

ELISABETH QUENDLER¹, VERONIKA HELFENS DÖRFER¹, JOHANNES BAUMGARTNER², JOSEF BOXBERGER¹

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

² Universität für Veterinärmedizin, Veterinärplatz 1, 1210 Wien, Österreich

Schlüsselwörter: Wirtschaftlichkeit, Ferkel, Abferkelbuchten, Ökonomie

Keywords: economy, piglet, farrowing systems, direct and total costs

Zusammenfassung

Die am österreichischen Markt erhältlichen Abferkelsysteme, Buchttypen, unterscheiden sich in der technischen Ausgestaltung. Es kann zwischen Buchten mit frei beweglicher Sau und Fixierung dieser in einem Kastenstand differenziert werden, die in dieser Studie aus ökonomischer Hinsicht evaluiert wurden.

Unterschiede in den ökonomischen Kenngrößen, die durch systembedingte Differenzen im Produktionsmittelaufwand, in den biologischen Leistungen und im Arbeitszeitbedarf ausgelöst wurden, lagen sowohl zwischen den untersuchten drei freien und fünf Kastenstandssystemen als auch innerhalb dieser Systemgruppen vor. Zwei der untersuchten freien Systeme (FS1 und FS2) erzielten geringere Erlöse, Deckungsbeiträge, Verzinsungen, Kapitalwerte und höhere Kosten je Produktionseinheit als die Kastenstandssysteme und das dritte freie System (FS3). Auf nachteilige Erzeuger- und Futtermittelpreisänderungen reagierten Betriebseinheiten mit den einheitlichen zwei freien Systemen (FS1 und FS2) wirtschaftlich sensibler als jene mit Kastenstandssystemen und dem dritten freien System (FS3).

Summary

There are several different farrowing systems, pen and crate types, available on the Austrian market. These systems differ in both physical form and technical equipment. A differentiation can be made between pens with loose sow and farrowing crates, which were evaluated in terms of economic aspects. Differences in economic parameters, which were caused by system-related variation in inputs, biological performance, and working time requirements, existed between the three pen types and five farrowing crates investigated, as well as within both groups. Total revenues, gross margins, returns, capital values, and total costs were considerably lower, and investment cost per farrowing unit were higher for two of the three farrowing pens (FS1 and FS2) than for the third pen (FS3) and the farrowing crate systems. Modelled unit resources with uniform systems of two farrowing pens responded to unfavourable producer and feedstuff prices economically more sensitive than farrowing crate systems and the third pen.

1 Problemstellung

Starke Schwankungen bei Erzeuger- und Produktionsmittelpreisen prägen die gegenwärtigen Produktionsbedingungen in der Ferkelproduktion. Als Ursachen werden nicht nur der Schweinezyklus, sondern auch die Effekte der zunehmenden Globalisierung verantwortlich gemacht. Diese forcieren Strukturwandel, betriebliches Wachstum und Produktionskostenminimierungen.

Wesentlichen Einfluss auf die Produktionskosten nehmen nicht nur die Bestandesgröße mit der damit verbundenen Kostendegression, sondern auch die ausgewählte Haltungs- bzw. Verfahrenstechnik. Diese beeinflusst das biologische Leistungsniveau, die Investitions- und Arbeitserledigungskosten sowie die Produktionsmittelaufwendungen. Der Betriebsleiter kann auf diesen stärkeren Einfluss nehmen als auf das vom Markt und global bestimmte Erzeuger- und Futtermittelpreisniveau.

Das Kennen von deren Größen und Variabilität auf betrieblicher Ebene unterstützen objektive Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die nachhaltige Investitionsentscheidungen sicherstellen. Über Sensitivitätsanalysen können Erlös- und Kostenpositionen mit dem stärksten Einfluss auf das wirtschaftliche Ergebnis identifiziert werden.

2 Material und Methode

Die verfahrensspezifischen und ökonomischen Parameter wurden in einem Betrieb mit einem Bestand von durchschnittlich 606 Zuchtsauen erhoben. Die Produktion erfolgte nach dem Dreiwochen-Rhythmus mit fünf Gruppen und flächenunabhängig. Das Produzieren der Babyferkel wurde in acht verschiedenen Haltungssystemen der Abferkel- und Säugephase, bei einheitlichen Umwelt- und Managementbedingungen untersucht. In drei dieser Abferkelbuchten konnte sich die Sau frei bewegen, die anderen fünf Abferkelsysteme erforderten eine Fixierung der Sau im Kastenstand.

Bei der freien Abferkelbucht (FS1) handelte es sich um ein strukturiertes System mit Einstreu im Liegebereich (FS1), die mit 7,6 m² das höchste Platzangebot aufwies. Die beiden anderen freien, unstrukturierten, vollflächig perforierten und einstreulosen Systeme (FS2 und FS3) boten ein Platzangebot von 4,9 m² und 4,1 m². Die Kastenstandssysteme hatten ähnliche Buchtgrößen (4,0–4,3 m²). Sie unterschieden sich in der Buchtform und Ausführung der Kastenstände, Tröge, Ferkelnester, Böden, Wände und Türen sowie in deren Materialeigenschaften. Während der Leer- und Trächtigkeitsphase wurden die Sauen in Großgruppen auf Einstreu gehalten.

Zur Bestimmung und vergleichenden Beurteilung der Wirtschaftlichkeit für einen fiktiven Betrieb wurden die Teil- und Vollkostenrechnung sowie statische und dynamische Verfahren der Amortisationsrechnung gewählt. Die Kosten und Preise für zugekaufte Produktionsmittel und verkaufte Erzeugnisse wurden beim Betriebsleiter und im Handel erfragt. Der Erzeugerpreis (brutto) während des Untersuchungszeitraumes lag um 4 % über dem dreijährigen Mittel (2005–2007) und entsprach etwa dem 20-jährigen Mittel (1987–2006), die Produktionsmittelpreise deckten sich mit den dreijährigen Durchschnittspreisen (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft 2008).

Die Sensitivitätsanalysen wurden auf Basis einer Vereinheitlichung der Haltungssysteme auf begrenzter Stallfläche, veränderlicher Erzeugerpreise und der am stärksten variierenden Faktorkosten durchgeführt (SPANDAU, 2009).

Die systemspezifischen, statistisch geprüften biologischen Leistungen bezogen sich auf 17-monatige betriebliche Aufzeichnungen. Zur Erfassung des systembezogenen Arbeitszeitbedarfs wurde die Arbeitselementmethode nach AUERNHAMMER (1976) gewählt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Teil- und Vollkosten nach Systemen

Die höchsten monetären Leistungen, Erlöse, direktkostenfreie Leistungen und Deckungsbeiträge, wurden von Sauen in den Kastenstandsystemen KS1, KS4 und KS5 erzielt, in denen die häufigsten Ferkel abgesetzt wurden und ein vergleichsweise mäßiger Arbeitsaufwand anfiel.

Tab. 1: Kennzahlen pro Sau und Jahr nach Systemen (2005–2006)

Tab. 1: Annual key data per sow and year by systems (2005–2006)

System	FS1	FS2	FS3	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5
Erlöse [€]	960	1.002	1.003	1.039	1.018	1.012	1.034	1.037
Dfl ¹	409	452	454	484	464	458	476	478
Deckungsbeitrag	318	375	377	412	391	382	404	403
Variable Kosten	642	627	627	628	627	630	630	633
Abgesetzte Ferkel	19,3	19,6	20,2	21,0	20,5	20,8	20,9	21,1
Arbeitskraftstunden	5,99	4,66	4,71	4,24	4,35	4,58	4,20	4,47

¹ Direktkostenfreie Leistung.

Niedrige monetäre Leistungen erwirtschaftete das System FS1; gegenüber dem wirtschaftlichsten System KS1 waren die Erlöse um 8,2 %, die direktkostenfreie Leistung um 18,3 % und der Deckungsbeitrag um 29,4 % geringer.

Für das System FS1 bestanden gegenüber den vollperforierten freien Abferkel-systemen Unterschiede in den Erlösen von bis zu 4,65 %, der direktkostenfreien Leistung von bis zu 11,7 % und den Deckungsbeiträgen von bis zu 20,1 %. Diese unterschieden sich in ihren monetären Leistungen auch unwesentlich von den Kastenstandsystemen. Innerhalb der Kastenstandsysteme existierten mäßige Differenzen.

Die jährlichen Direktkosten je Sau machten 53,5 % bis 57,4 % und die variablen Kosten 60,4 % bis 66,9 % der durchschnittlichen Erlöse je Sau und Jahr aus. Die höheren prozentualen Anteile der variablen Kosten entfielen auf die leistungsschwächeren Systeme. Die Differenzen in den variablen Kosten zwischen den Systemen ergaben sich vor allem durch systembedingte Differenzen in Ferkelanzahl und Arbeitskosten.

In den freien Systemen (FS1 bis FS3) wurden signifikant weniger Ferkel als in den Kastenstandsystemen (KS1 bis KS5) abgesetzt. Die maximale Differenz in der Ferkelanzahl betrug 0,6 Ferkel pro Sau und Jahr innerhalb der Kastenstandsysteme und 1,8 Ferkel pro Sau und Jahr zwischen Kastenstand- und freien Systemen.

Die durchschnittliche Anzahl an abgesetzten Ferkeln von 20,5 Stück je Sau und Jahr entsprach der mittleren und schlechteren Klasse der österreichischen und westdeutschen Arbeitskreisbetriebe. Sie unterschied sich unwesentlich von den sächsischen Sauenanlagen, die 20,9 Babyferkel je Sau und Jahr verkauften (ZIRON, 2008; GERNER et al., 2007; MEWES, 2006).

Der systemspezifische Gesamtarbeitszeitbedarf (ohne Managementaufwand) je Sau und Jahr variierte zwischen 4,2 und 6,0 Arbeitskraftstunden. Innerhalb der freien Systeme betrug die Differenz bis zu 31,8 % und innerhalb der Kastenstandssysteme bis zu 9,2 %. Es handelt sich hierbei um einen niedrigen Arbeitszeitbedarf je Sau und Jahr wie diesen auch RIEGEL et al. (2006) und HAIDN (1992) für Großbetriebe belegten.

Wesentliche Unterschiede in den Kostenpositionen gegenüber den österreichischen und deutschen Arbeitskreisbetrieben bestanden in den höheren Arzneimittel-, Wasser- und Energiekosten für immunisierende, synchronisierende und hygienische Maßnahmen, antibiotische Wirkstoffe bei Ferkeln und den Stroheinsatz im Wartebereich (GERNER et al., 2007; ZIRON, 2008; MEWES, 2007). Erheblich niedrigere Kosten fielen im Betrieb für bestimmte Produktionsmittel (Futtermittelkomponenten, Samen), bedingt durch Mengenrabatte, und die Arbeit an (GERNER et al., 2007; ZIRON, 2008). Die Arbeiterledigungskosten und Gebäudekosten machten durchschnittlich 30,8 % der Gesamtkosten je Sau und Jahr aus.

3.2 Sensitivitätsanalysen

Die Sensitivitätsanalysen erfassten die Wirtschaftlichkeit der Produktion bei einheitlichen Abferkelsystemen auf der begrenzten Baufläche der Ausgangssituation des Betriebes und bei Erzeugerpreis- und Futtermittelpreisveränderungen.

Bei Vereinheitlichung der Abferkelsysteme auf der begrenzten Fläche errechneten sich systemabhängig Investitionskosten für den fiktiven Modellbetrieb von 1,22 bis 1,92 Mio. €. Sie lagen über als auch unter den Investitionskosten von 1,86 Mio. € der Ausgangssituation, bedingt durch die unterschiedlichen Anschaffungskosten für Buchten sowie Platzbedarf dieser und technischen Anforderungen. Die Anzahl der Buchten in der Abferkeleinheit variierten systembedingt um bis zu -46,8 % und die Anzahl an verkauften Ferkeln um bis zu 51,2 % (Tab. 2). Die Unterschiede in der Anzahl der Sauenplätze betrugen 4,5 % zwischen Stalleinheiten mit den Kastenstandssystemen sowie 17,8 % gegenüber jenen mit vollperforierten freien Systemen.

Die kürzeste Amortisationszeit, den höchsten Deckungsbeitrag und Kapitalwert, basierend auf dem durchschnittlichen Ferkelerzeugerpreis der Untersuchungsperiode, erzielte die Stalleinheit mit dem System KS1. Die Differenzen für eine Produktionseinheit mit den anderen Kastenstandssystemen (KS2 bis KS5) betrugen gegenüber dieser bis zu zwei Jahre in der Amortisationszeit, -7,6 % im Deckungsbeitrag und 32,5 % im Kapitalwert. Die Deckungsbeitragsverluste machten bis zu -61,1 % und jene der Kapitalwerte bis zu -124 % zwischen einer Stalleinheit mit freien Systemen gegenüber jenen mit Kastenstandssystemen aus. Eine Amortisation innerhalb einer 20-jährigen Nutzungsdauer war für das strukturierte System FS1 nicht möglich, für die anderen freien Systeme erhöhte sich die Amortisationszeit um bis zu 7,1 Jahre (Tab. 2).

Tab. 2: Quantitative und monetäre Kennzahlen nach Systemen

Tab. 2: Quantitative and monetary key data by systems

Systeme	FS1 ¹⁾	FS2 ²⁾	FS3 ²⁾	KS1 ³⁾	KS2 ³⁾	KS3 ³⁾	KS4	KS5
Investition (Mio. €)	1,22	1,86	1,91	1,84	1,84	1,89	1,89	1,92
Sauenbestand	343	530	626	644	640	641	624	615
Abgesetzte Ferkel (1 000 Stück)	6,6	10,4	12,6	13,5	13,1	13,3	13,0	13,0
DB Betrieb (1 000 €)/a	104,7	199,3	239,4	269,5	254,0	249,1	256,0	251,7
Kapitalwert (1 000 €)	- 263,2	150,5	594,7	110,8	895,6	748,3	873,8	768,3
Vollkosten (€/Ferkel)	52,2	49,3	45,8	43,0	44,2	44,2	44,1	44,3
Amortisation (a) ⁴⁾	-	17,9	13,8	10,8	11,8	12,8	12,1	12,7
Zinsfuß (%) ⁵⁾	-	5,28	8,08	10,49	9,64	8,88	9,45	8,93

¹⁾ Freie teilperforierte Systeme.²⁾ Vollperforierte freie Systeme.³⁾ Kastenstandsysteme.⁴⁾ a = Jahr.⁵⁾ % = interner Zinsfuß.

Das freie System FS3 unterschied sich auf Basis dieser Kennzahlen am geringsten von den Kastenstandsystemen.

Die Vollkosten je erzeugtes Ferkel differierten innerhalb der Produktionseinheiten mit einheitlichen Kastenstandsystemen um bis zu 2,97 % und innerhalb jener mit freien Systemen um 14,9 % sowie machte bis zu 21,4 % zwischen den beiden Systemgruppen aus.

Tab. 3: Kapitalwertreduktion durch Veränderungen von Erzeugerpreis und Futtermittelkosten (in %)

Tab. 3: Capital value reduction by producer price and feed cost changes (in %)

Änderung von Erzeugerpreis	Kapitalwertreduktion in %							
	FS1	FS2	FS3	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5
-5 %	- 32,2	- 85,1	- 26,8	- 15,5	- 18,6	- 22,1	- 18,9	- 21,2
-10 %	- 64,4	- 170,2	- 42,5	- 77,6	- 37,2	- 44,2	- 37,8	- 42,5
Futtermittelkosten								
+5 %	- 5,9	- 15,8	- 4,9	- 4,9	- 3,4	- 4,1	- 3,5	- 3,9
+10 %	- 11,2	- 31,6	- 9,8	- 9,8	- 6,8	- 8,2	- 7,0	- 3,9

Eine positive Verzinsung des eingesetzten Kapitals, die über dem üblichen Zinssatz von 4 % lag, wurde für die freien, vollperforierten und Kastenstandsysteme belegt.

Analysen zu Ferkelerzeugerpreis und Futtermittelkosten zeigten auf, dass die Kapitalwertrückgänge bei den wirtschaftlicheren Systemen, den Kastenstandsystemen und FS3, erheblich mäßiger als bei den anderen freien Systemen ausfallen.

Eine einprozentige Erzeugerpreisreduktion verminderte den Kapitalwert, systemabhängig, um etwa den drei- bis 17-fachen prozentuellen Anteil. Kostenveränderungen bei den Futtermitteln im selben prozentuellen Ausmaß reduzierten den Kapitalwert deutlich weniger, um das 0,6- bis 3-fache prozentuale Ausmaß. Das mäßigere Reduktionsausmaß beim System FS1 gegenüber dem System FS2 ist auf den negativen Kapitalwert in der Ausgangssituation zurückzuführen.

Literatur

- AUERNHAMMER, H. (1976): Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse. In: KTBL-Schrift 203, 95, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt
- BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2008): Schriftliche Mitteilung zu Futtermittelpreisen (2003–2007) und Schweinepreisen (1981–2006)
- GERNER, M.; HAGSPIEL, J.; HAIDWAGNER, E.; HAMBRUSCH, J.; MAYER, J.; OBERER, M.; SCHMIED, R.; STINGLMAYR, H.; STRASSER, F. (2006): Ferkelproduktion und Schweinemast 2006. Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung in den Arbeitskreisen. Radinger. Print, Österreich, S. 16 u. 20
- MEWES, I. (2006): Wirtschaftlichkeitsentwicklung in den Sauenanlagen Sachsens – Betriebszweigabrechnung 2005. Infodienst, 12/06, http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/download/2700_1.pdf, Abruf, 27.05.2008, 3, S. 18–29
- RIEGEL, M.; SCHICK, M. (2006): Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung in der Schweinehaltung. Ein Vergleich praxisüblicher Systeme in Zucht und Mast. FAT-Bericht, Nr. 650, S. 1–8
- SPANDAU, P. (2008): Betriebsorganisation unter Kosten- und Risikoaspekten. In: Landwirtschaft im Umbruch – Herausforderungen und Lösungen, KTBL Schrift 474, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt, S. 198–210
- ZIRON M. (2008): Gründe für den Erfolg, DLG Landwirtschaft, Ausgabe Mai, 15–19
- HAIDN, B. (1992): Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Modellkalkulationen in der Zuchtsauenhaltung. Dissertation. Technische Universität München, 138

Ein Ferkelschlupf in Einzelabferkelungssystemen – Kontaktmöglichkeit für wurffremde Ferkel

Early contact between non-littermate piglets in single farrowing crates

TANJA KUTZER, BEATE BÜNGER, JOERGEN KJAER, LARS SCHRADER

Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für Tierschutz und Tierhaltung, Dörnbergstr. 25/27, 29223 Celle

Schlüsselwörter: Ferkel, Haltung, Sozialverhalten, Lebendmassezunahme

Keywords: piglet, farrowing systems, social behaviour, weight gain

Zusammenfassung

An 230 Würfen wurden die Auswirkungen eines frühen Kontaktes zwischen wurffremden Ferkeln während der Sägezeit auf deren Sozialverhalten, Verletzungen und Lebendmasseentwicklung überprüft. Eine Öffnung zwischen jeweils zwei Kastenstandbuchten (KSmS) bzw. FAT2-Buchten (BBmS) ermöglichte die Kontaktaufnahme ab dem 10. Tag p.p. Als Kontrollen dienten Würfe aus Einzelabferkelungen ohne Ferkeltür (KS bzw. BB) sowie Ferkel aus einem Gruppenabferkelungssystem (GS).

Die Ferkeltüren wurden von den Tieren während der gesamten Säugeperiode genutzt, Rangauseinandersetzungen und Hautverletzungen konnten nicht beobachtet werden.

Die frühe Kontaktmöglichkeit bewirkte nach dem Absetzen und Umstallen eine signifikante Verminderung des Aggressionsverhaltens, weniger Verletzungen infolge von Rangauseinandersetzungen sowie eine signifikant bessere Lebendmasseentwicklung der Ferkel.

Summary

In this study we tested whether contact possibilities between non-littermate piglets affected the postweaning behaviour, skin lesions and weight gain of 230 litters kept in different farrowing systems: conventional farrowing crates (KS), a single pen loose housing system (BB) and a group housing system for lactating sows (GS). In half of the single pens a passage to the adjacent pen was opened on d 10 p.p. to enable contact between two litters (BBmS, KSmS), whereas the other half served as controls without any contact between litters (BB, KS).

Our results showed that piglets used the doors to mingle with pigs from another litter during the whole suckling period. Co-mingling unfamiliar litters had positive effects on behaviour, skin lesions and performance of piglets after weaning primarily by decreasing aggressive interactions after moving to rearing pens.

1 Einleitung

Bei der in der Ferkelerzeugung dominierenden Haltungsform des Einzelabferkelungssystems haben Ferkel bis zum Absetzen keinerlei Kontakt zu wurffremden Tieren. Im Kontrast hierzu werden unter naturnahen Bedingungen und auch bei Wildschweinen die Jungtiere bereits mit etwa 10 Tagen in die Rotte integriert (STANGEL und JENSEN, 1991). Durch die fehlende Erfahrung mit wurffremden Ferkeln kommt es beim Gruppieren nach dem Absetzen zu agonistischen Auseinandersetzungen zwischen den Individuen mit entsprechenden Verletzungen. Da gleichzeitig die bis dahin vorherrschende Nahrungsquelle verloren geht und die Tiere sich mit einer neuen Umgebung auseinandersetzen müssen, ist das Absetzen der kritischste Zeitraum der gesamten Ferkelerzeugung mit erhöhter Krankheitsanfälligkeit, Mortalität und Wachstumsdepressionen.

In den ersten 48 Stunden nach dem Absetzen können erhebliche Rangordnungskämpfe zwischen den wurffremden Ferkeln beobachtet werden (u. a. (AREY und FRANKLIN, 1995; BARNETT et al., 1996), was einen der größten Stressoren für Absetzferkel darstellt. Hieraus resultierende Verletzungen stellen eine zusätzliche Eintrittspforte für Krankheitserreger dar, welche auf ein ohnehin noch nicht voll ausgebildetes Immunsystem treffen (BLECHA et al., 1985; SIEGEL, 1987). Durch Maßnahmen wie entsprechendes Fütterungsmanagement, Gestaltung der Haltungsumwelt sowie vor allem eine Stressreduzierung ist es möglich, diese bekannten Probleme bei Absetzferkeln zu reduzieren (AREY und FRANKLIN, 1995; COX und COOPER, 2001; WEARY et al., 1999). Ferkel aus Gruppenabferkelungssystemen zeigen nach dem Absetzen und Umstallen nur selten Rangkämpfe und weisen keine ernsthaften Verletzungen auf (BÜNGER et al., 1999; BÜNGER und SCHLICHTING, 1995). Daher wurde in der vorliegenden Untersuchung überprüft, ob eine Ferkeltür in praxisüblichen Einzelabferkelungssystemen realisierbar ist, von den Tieren genutzt wird und in welchem Maße diese Kontaktmöglichkeit Auswirkungen auf Verhalten und Leistung der Ferkel und Läufer hat.

2 Tiere, Material und Methoden

In die Untersuchung wurden insgesamt 1935 Ferkel (DL x Pi) aus 230 Würfen von 113 Produktivsaugen einbezogen und in drei Abferkelsystemen gehalten: Einzelabferkelung Kastenstand, Einzelabferkelung Bewegungsbucht und Gruppenabferkelung. Als Einzelabferkelungen wurden acht konventionelle Kastenstand- (KS) (4 m²) sowie acht Bewegungsbuchten (BB) vom FAT2-Typ (7,2 m²) verwandt. Je 2 x 2 Buchten wurden mit einer verschließbaren Ferkeltür (30 x 40 cm) verbunden, die zehn Tage p.p. geöffnet wurde (KS_{mS} bzw. BB_{mS}). Die jeweils vier restlichen Buchten wurden nicht modifiziert und dienten als Kontrollen (KS bzw. BB). Als Vergleichssystem wurden ferkelführende Sauen in einer Gruppenabferkelung (GS) für acht Sauen samt Ferkeln gehalten (Gesamtfläche 112 m²). Ab dem 10. Tag p.p. wurden hier ebenfalls alle Ferkelbarrieren der Abferkelboxen (jeweils 4,62 m²) entfernt.

Die Nutzung der Ferkeltüren in den Einzelabferkelungssystemen wurde mithilfe eines Transponder-Antennensystems 3-mal je Durchgang über 48 Stunden tierindividuell aufgezeichnet.

Unabhängig vom Haltungssystem wurden alle Ferkel mit durchschnittlich 28 Tagen abgesetzt, verblieben noch weitere drei Tage in ihrer jeweiligen Abferkelbucht und wurden dann in eingestreute Buchten mit Ruhekisten (Koomansbuchten) in einem Offenstall umgesetzt.

Folgende Versuchsgruppen ergaben sich beim Umstallen für die Aufzuchtphase:

- Ferkel aus der Gruppenabferkelung mit Sozialkontakt (GS),
- Ferkel aus Bewegungsbuchten mit Schlupftür (BBmS),
- Ferkel aus Bewegungsbuchten ohne Sozialkontakt (BB),
- Ferkel aus Kastenstand-Abferkelbuchten mit Schlupftür (KSmS) und
- Ferkel aus Kastenstand-Abferkelbuchten ohne Sozialkontakt (KS)

mit jeweils rund 20 Ferkeln aus zwei Würfen (für BB und KS tlw. aus drei Würfen).

Im Anschluss an das Umstallen sowie einen Tag später wurden durch Direktbeobachtung über jeweils vier Stunden die Verhaltensweisen Kämpfen und Beißen protokolliert.

Das Integument aller Saug- bzw. Absetzferkeln wurde vier Tage nach Öffnen der Abferkelboxen (GS) bzw. der Ferkeltüren bonitiert (Bonitur 1), außerdem am 32. Lebenstag unmittelbar vor der Umstallung (Bonitur 2) sowie vier Tage nach dem Umstallen in die Koomansbuchten (Bonitur 3). Bei diesen Bonituren wurden die Verletzungen nach Körperregionen differenziert (Ohren/Rüssel, Schulter/Flanke, Hinterbacken) und in die Wertungen 0 (keine Verletzungen), 1 (wenige und nur leichte Verletzungen) und 2 (viele leichte oder mehrere schwere Verletzungen) eingeteilt.

Die Lebendmasse der einzelnen Ferkel wurde bis zur 5. Lebenswoche wöchentlich sowie in der 7. und 10. Lebenswoche erfasst. Die Daten wurden mit gemischt linearen Modellen bzw. Kruskal-Wallis/Mann-Whitney-U Test mithilfe der Software SAS 9.1.3 für Windows (SAS Institute Inc., 2006) ausgewertet. Als Irrtumswahrscheinlichkeit wurde generell $p < 0,05$ festgelegt.

Da viele Ferkelerzeuger die Tiere nach dem Absetzen nicht in Kleingruppen, sondern in größeren Aufzuchtgruppen halten, wurde in Folgeversuchen an insgesamt 30 Würfen (414 Ferkel, Pi x DL) untersucht, ob auch vier Einzelabferkelungsbuchten (KS), entsprechend etwa 40 Ferkel pro Aufzuchtbucht, ab dem 10. Tag p.p. verbunden und welche Auswirkungen auf die Rangauseinandersetzungen nach dem Zusammenstallen beobachtet werden können. Kontrollen waren wiederum Ferkel aus konventionellen Kastenständen und aus einem Gruppenabferkelungssystem.

3 Ergebnisse

Die Ferkeltüren ließen sich einfach und kostengünstig in die bestehenden Systeme integrieren. Sie wurden von den Ferkeln stark frequentiert, wobei KSmS-Ferkel mit durchschnittlich $373,69 \pm 14,06$ SE Passagen je Tier die Tür insgesamt etwas häufiger nutzten als BBmS-Ferkel mit $323,16 \pm 16,99$ SE ($F_{1,41} = 5,75$, $p < 0,05$). Agonistische Interaktionen zwischen den wurffremden Ferkeln konnten zu diesem frühen Zeitpunkt nicht beobachtet werden. Die tägliche Lebendmassezunahme während der Säugetzeit unterschied sich trotz erhöhter Aktivität der Ferkel in den Kontaktbuchten nicht zwischen den Haltungssystemen ($F_{4,126} = 1,21$, ns).

Unmittelbar vor dem Umstallen war die Anzahl an Hautverletzungen bei Tieren aus den Kontaktbuchten sowie aus der Gruppenabferkelung höher als bei Ferkeln aus den Kontrollbuchten ($H = 33,86$, FG 4, $p < 0,0001$), allerdings wurden lediglich Verletzungen der Wertung 1 festgestellt. Beim Umstallen in die Aufzuchtbuchten konnten zwischen Tieren aus den Buchten mit Kontaktmöglichkeit kaum aggressive Interaktionen (Kämpfen und Beißen) beobachtet werden, während diese bei Ferkeln ohne Kontaktmöglichkeit signifikant häufiger auftraten ($H = 67,27$, FG 4, $p < 0,0001$). Bei diesen Tieren waren nach dem Umstallen auch vermehrt schwere Hautverletzungen der Wertung 2 zu verzeichnen ($H = 75,25$, FG 4, $p < 0,0001$).

Zwei Wochen nach dem Umstallen konnten erste positive Auswirkungen der Kontaktmöglichkeit auf die Lebendmasseentwicklung festgestellt werden ($F_{4,207} = 4,97$, $p < 0,001$), in der 10. Lebenswoche wiesen die Ferkel aus den Kontaktbuchten dann im Vergleich zu den Kontrolltieren eine um rund 1 kg höhere Lebendmassezunahme ($F_{4,204} = 7,01$, $p < 0,0001$) sowie insgesamt ein höheres Lebendgewicht ($F_{4,207} = 5,34$, $p < 0,001$) auf (Tabelle 1).

Tab. 1: Agonistische Interaktionen, Hautläsionen und Gewichtsentwicklung von Ferkeln nach dem Umstallen in Aufzuchtbuchten in Abhängigkeit vom Haltungssystem während der Sägeperiode (arithmetisches Mittel $\pm$ Standardabweichung)

Tab. 1: Agonistic interactions, skin lesions, and weight gain of piglets from different farrowing systems after moving into rearing pens (arithmetic means $\pm$ standard deviation)

Ausgewertete Kriterien	Haltungssystem				
	ohne Sozialkontakt		mit Sozialkontakt		
	KS	BB	KSmS	BBmS	GS
Verhältnis Anzahl Kämpfe/ Anzahl kämpfender Ferkel	2,18 $\pm 0,76^a$	1,73 $\pm 0,59^a$	0,36 $\pm 0,41^b$	0,26 $\pm 0,33^b$	0,26 $\pm 0,35^b$
Verhältnis Anzahl Beißen/ Anzahl beißender Ferkel	2,93 $\pm 1,44^a$	2,05 $\pm 0,94^a$	0,73 $\pm 0,44^b$	0,78 $\pm 0,54^b$	0,63 $\pm 0,45^b$
Häufigkeit leichter Hautläsionen (Wertung 1)	26,33 % ^a	23,27 % ^a	2,60 % ^b	3,27 % ^b	3,38 % ^b
Häufigkeit schwerer Hautläsionen (Wertung 2)	15,33 % ^a	3,77 % ^a	0 % ^b	0 % ^b	0 % ^b
Bodyscore Hautläsionen	0,17 $\pm 0,12^a$	0,11 $\pm 0,09^c$	0,02 $\pm 0,03^b$	0,02 $\pm 0,04^b$	0,02 $\pm 0,02^b$
Lebendmassezuwachs zwischen Absetzen und 9. Lebenswoche (kg)	12,48 $\pm 3,72^a$	13,82 $\pm 3,49^{ab}$	13,48 $\pm$ 3,70 ^{ac}	14,78 $\pm$ 2,90 ^{bc}	14,93 $\pm$ 3,75 ^b

a, b, c: Mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnete Mittelwerte differieren signifikant ($p < 0,05$).

In den Folgeversuchen zeigte sich, dass ein früher Sozialkontakt zu wurf fremden Artgenossen auch bei Verbund von vier Kastenständen erreicht werden kann. Die Häufigkeit der agonistischen Interaktionen nach dem Umstallen konnte wiederum auf das Niveau der Gruppenabferkelung gesenkt werden ($H = 8,95$, FG 2, $p < 0,01$). Häufigkeit und Intensität von Rangauseinandersetzungen sowie Frequenz und Schweregrad

von Hautläsionen waren damit in 40er Aufzuchtbuchten ebenso abhängig vom Sozialkontakt während der Säugeperiode wie in den 20er Koomansbuchten.

4 Schlussfolgerungen

Eine Ferkeltür zwischen zwei Einzelabferkelbuchten gestattet die frühe Kontaktaufnahme zwischen Saugferkeln verschiedener Würfe entsprechend dem natürlichen Verhalten der Tiere. Ferkeltüren sind ohne zusätzlichen Platzbedarf, einfach und kostengünstig in Praxisbetrieben realisierbar.

Ein früher Sozialkontakt während der Säugeperiode verringert sowohl die Frequenz als auch die Intensität von Rangauseinandersetzungen nach dem Zusammenstallen in Aufzuchtbuchten. Dies manifestiert sich in der verminderten Häufigkeit und dem geringeren Schweregrad der dadurch verursachten Hautläsionen. Damit einhergehend ergibt sich eine ökonomisch relevante bessere Lebendmassezunahme der Ferkel zwischen dem Absetzen und einem Lebensalter von zehn Wochen.

Auch die Verbindung von vier Einzelbuchten über Ferkeltüren ist möglich und reduziert nach dem Umstallen die Kämpfe und die Verletzungen in Aufzuchtgruppen von rund 40 Ferkeln.

Der Einbau einer Ferkeltür, zusammen mit dem damit verbundenen Umstallmanagement, kann folglich auch in der konventionellen Ferkelproduktion die Tiergerechtigkeit des Haltungssystems und gleichzeitig die Leistung der Tiere verbessern.

Literatur

- AREY, D. S.; FRANKLIN, M. F. (1995): Effects of straw and unfamiliarity on fighting between newly mixed growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 45 S. 23–30
- BARNETT, J. L.; CRONIN, G. M.; MCCALLUM, T. H.; NEWMAN, E. A.; HENNESSY, D. P. (1996): Effects of grouping unfamiliar adult pigs after dark, after treatment with amperozide and by using pens with stalls, on aggression, skin lesions and plasma cortisol concentrations. *Applied Animal Behaviour Science* 50 S. 121–133
- BLECHA, F.; POLLMANN, S.; NICHOLS, D. A. (1985): Immunologic reactions of pigs regrouped at or near weaning. *American Journal of Veterinary Research* 49(9) S. 1934–1937
- BÜNGER, B.; HILLMANN, E.; VON HOLLEN, F. (1999): Einfluss der Haltung von ferkelführenden Sauen (Einzel- oder Gruppenabferkelung) auf das Verhalten der Ferkel; 14 IGN-Tagung - 6 FREILAND-Tagung; Wien, S. 74–77
- BÜNGER, B.; SCHLICHTING, M. C. (1995): Bewertung von zwei alternativen Haltungssystemen für ferkelführende Sauen im Vergleich zur Kastenstandhaltung anhand ethologischer und entwicklungsbiologischer Parameter der Ferkel. *Landbauforschung Völkenrode* 1 S. 12–29
- COX, L. N.; COOPER, J. J.; (2001): Observations on the pre- and post-weaning behaviour of piglets reared in commercial indoor and outdoor environments. *Animal Science* 72 S. 75–86

- SIEGEL, H. S. (1987): Effects of behavioural and physical stressors on immune response. In: Wiepkema P. R., van Adrichem P. W. M. [Hrsg.] *Biology of stress in farm animals: an integrative approach*. Dordrecht: Martinus Nijhoff S. 39–54
- STANGEL, G.; JENSEN, P. (1991): Behaviour of semi-naturally kept sows and piglets (except suckling) during 10 days postpartum. *Applied Animal Behaviour Science* 31 S. 211–227
- WEARY, D. M.; PAJOR, E. A.; BONENFANT, M.; ROSS, S. K.; FRASER, D.; KRAMER, D. L. (1999): Alternative housing for sows and litters: 2. Effects of a communal piglet area on pre- and post-weaning behaviour and performance. *Applied Animal Behaviour Science* 65 S. 123–135

Gruppenbildung von Ferkeln aus fünf verschiedenen Würfen während der Säugephase – Auswirkungen auf Leistung und Betriebsablauf

Grouping piglets from five different litters during suckling period – impact on growth and working conditions

CHRISTINA JAIS, MIRIAM ABRIEL, PETER OPPERMAN

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

Schlüsselwörter: Saugferkel, Kontaktaufnahme, Wachstum, Verletzungen, Arbeitsanalyse
Keywords: suckling pigs, contact, growth, injuries, work budget

Zusammenfassung

Das Verbinden von mehreren Einzelabferkelbuchten am 11. Lebenstag der Ferkel und der damit beabsichtigte Kontakt von wurffremden Ferkeln aus bis zu fünf verschiedenen Würfen führte zu keinen nennenswerten Störungen im Arbeitsablauf. Sechs von 50 Würfen der 5er-Kombinationen mussten während der Versuchsphase krankheitsbedingt wieder vereinzelt werden. Somit konnten zwei von insgesamt zehn 5er-Kombinationen nicht systemkonform behandelt werden.

Im Unterschied zu anderen Untersuchungen wuchsen die Ferkel, die Kontakt zu anderen Würfen hatten, signifikant langsamer. Die täglichen Zunahmen der Ferkel aus den 5er-Kombinationsbuchten lagen um 16 g bzw. 23 g unter den Zunahmen der Ferkel der einzeln gehaltenen Würfe.

Auseinandersetzungen zwischen den wurffremden Tieren traten überwiegend nur in den ersten Tagen nach der Kontaktaufnahme auf.

Summary

Connecting five single-farrowing crates when piglets were 10 days old to bring in contact suckling piglets of different litters did not disturb daily working conditions. Six from 50 litters of the combinations 5a and 5b had to be separated due to illness.

Daily weight gain of suckling piglets in connected crates was significantly reduced by 16–23 g compared to piglets of isolated kept litters. This result is in contrast to other investigations.

Fighting between piglets of different litters occurred mainly during the first days after connecting the crates.

1 Einleitung und Zielstellung

Die Absetzphase ist eine für Ferkel kritische Zeit. Die Trennung von der Mutter, die Umstellung der Nahrung sowie die Auseinandersetzung mit fremden Ferkeln in der Aufzuchtbox belasten die Tiere. Wachstumsdepressionen, Krankheitsanfälligkeit und Verluste als Folge beeinträchtigen die Wirtschaftlichkeit der Ferkelerzeugung.

Alle Maßnahmen, die zur Verringerung des Absetzstresses und zu gesünderen und stabiler wachsenden Ferkeln beitragen, sind deswegen aus Sicht von Tierschutz, Prozessqualität und Wirtschaftlichkeit interessant.

Ergebnisse aus Versuchen [1, 2] deuten daraufhin, dass eine frühe Kontaktaufnahme der Ferkel verschiedener Würfe bereits während der Sägezeit die Belastung der frisch abgesetzten Ferkel verringern und die Zunahmen während der Aufzucht im Vergleich zu Ferkeln aus einzeln gehaltenen Würfen erhöhen kann, wenn die Ferkelgruppen geschlossen in die Aufzuchtboxen umgestallt werden. In den genannten Versuchen wurden Ferkel aus jeweils zwei Würfen während der Sägezeit zusammengeführt. Die Muttersauen blieben in Ferkelschutzkörben fixiert. Die Entwicklung der Saugferkel wurde durch dieses Verfahren nicht beeinträchtigt.

In der vorliegenden Untersuchung wurden insgesamt fünf Würfe während der Sägezeit zusammengeführt, um die für die Praxis nötigen Ferkelgruppen von 30–50 Ferkeln in den Aufzuchtboxen zu erzielen. Neben den Auswirkungen auf die Zunahmen interessierten auch die Folgen für den Arbeitsablauf im landwirtschaftlichen Betrieb.

2 Material und Methode

Die Untersuchung im Versuchsstall der Landesanstalt umfasste 75 Würfe in 5 Durchgängen, 15 Würfe je Durchgang. Je Durchgang wurden drei Würfe während der gesamten Sägezeit als Kontrolle einzeln gehalten, 10 Würfe zu zwei Gruppen mit jeweils fünf Würfen vereint und zwei weitere Würfe zu einer Zweierkombination. Die Sauen ferkelten einzeln in Ferkelschutzkörben ab. 10 Tage post partum erfolgte in den Fünfer- und Zweierkombinationen das Zusammenführen der Ferkel durch das Öffnen eines Durchschlupfs in den seitlichen Boxentrennwänden (Kombinationen 2 und 5b) bzw. durch ein Entfernen der Boxenrückwand (Kombination 5a) (Abb. 1).

Vor dem Zusammenführen wurden alle Ferkel mit elektronischen Ohrmarken versehen und einzeln gewogen (Tag 0). Die zweite Wiegung erfolgte vor dem Absetzen (Tag 16).

Am Tag der Gruppenbildung (Tag 0), einen Tag (Tag 1) sowie 1 Woche (Tag 8) und zwei Wochen (Tag 15) nach der Gruppenbildung wurden je Wurf zwei zufällig bestimmte Ferkel auf Verletzungen an Gesicht und Schulterregion mit Noten von 0 („keine Verletzung“) bis 3 („schwere Verletzungen“) beurteilt. Es wurde zwischen frischen Wunden („offen“) und abheilenden Wunden („vernarbt“) unterschieden.

Der Verlauf von Säugeakten und der Aufenthaltsort der Ferkel in den Boxen wurden beobachtet, ebenso wie die Verletzungen an den Tagen 1, 8 und 15.

Die Auswirkungen auf den Arbeits- und Betriebsablauf wurden im Gespräch mit den Tierbetreuern erfasst.



Abb. 1: Verbinden der Buchten durch Entfernen der rückwärtigen Buchtentrennwand (Kombination 5a, rechts) oder über einen Ferkelschlupf (Kombinationen 2 und 5b, links)

Fig. 1: Connecting the crates by removing the crate's rear wall (combination 5a, right) or by opening the side wall (combinations 2 and 5b, left)

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Wachstum und Tiergesundheit

Die Auswertung der Gewichtsdaten erfolgte als Varianzanalyse unter Berücksichtigung der Faktoren Behandlung und Durchgang mit den Kovariablen Lebendmasse der Ferkel, Alter der Ferkel, Anzahl der von den Muttersauen gesäugten Ferkel (jeweils am Tag 0) und Anzahl Versuchstage.

Ferkel, die während der gesamten Säugephase keinen Kontakt zu anderen Würfen hatten, wuchsen signifikant schneller als die Ferkel der beiden 5er-Kombinationen. Über die 16 Tage Versuchsdauer betrugen die täglichen Zunahmen 287 ± 60 g, 277 ± 77 g, 265 ± 58 g und 271 ± 58 g in den Kombinationen 1, 2, 5a und 5b. Am Tag 0 wogen die Ferkel 3810 ± 88 g.

Die Ursache für die geringeren Zunahmen der Ferkel in den Buchten mit fünf vereinten Würfen könnte eine geringere Milchaufnahme sein. Während bei den einzeln gehaltenen Würfen 5,2 % der eigenen Ferkel beim Säugeakt nicht am Gesäuge der Mutter waren und bei 11,1 % der Säugeakte eigene Ferkel abgedrängt wurden, lagen diese Anteile in Kombination 2 doppelt, in den 5er-Kombinationen 3- bis 4-mal so hoch.

Eine weitere Ursache für die geringeren Zunahmen könnte in der immunologischen Belastung liegen, die sich aus dem Kontakt der Ferkel unterschiedlicher Würfe ergab. Durch ein konsequentes Hygieneprogramm konnten das Verlustgeschehen und die Zunahmen von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen in einem Versuchsbetrieb erheblich verbessert werden. Zum Hygieneprogramm gehörte ein weitgehender Verzicht auf den zuvor üblichen Wurfausgleich während der Säugephase [3]. Die immunologische Belastung steigt mit der Anzahl der vereinten Würfe. Dies zeigen Ergebnisse aus der

Ferkelaufzucht [4]. Im Unterschied zu den bereits erwähnten Untersuchungen [1, 2] wurden aktuell fünf und nicht nur zwei Würfe vereint.

3.2 Verletzungen der Ferkel infolge von Auseinandersetzungen

Die Entwicklung der gewichteten Boniturnote (Verletzungsindex) für die Merkmale „Schulter offen“ und „Schulter vernarbt“ zeigen die Abbildungen 2 und 3. Mit der Zusammenführung der Würfe stieg der Verletzungsindex für „Schulter offen“ für die Kombinationen 2, 5a und 5b am Tag 1 als Folge der Auseinandersetzungen unter den wurffremden Ferkeln deutlich an. Diese Kämpfe beschränkten sich aber offenbar auf die ersten Tage nach der Zusammenführung, da der Index für die frischen, offenen

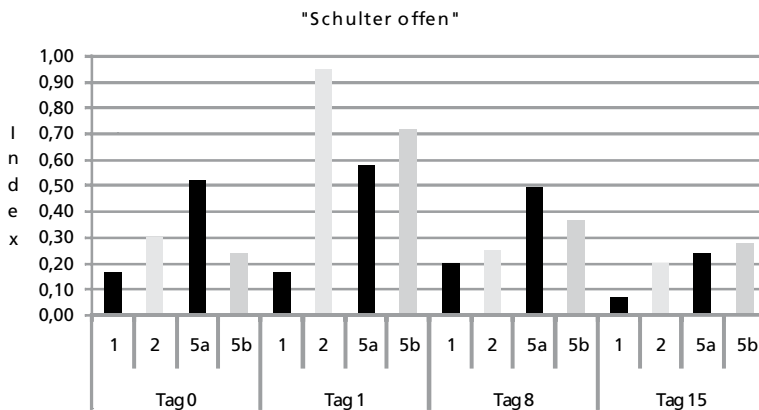


Abb. 2: Verletzungsindex (Note mal Häufigkeit) für das Merkmal „Schulter offen“ im Versuchsverlauf für die verschiedenen Behandlungsstufen

Fig. 2: Average index of injuries of the criteria „shoulder open“ on different days for different combinations of crates

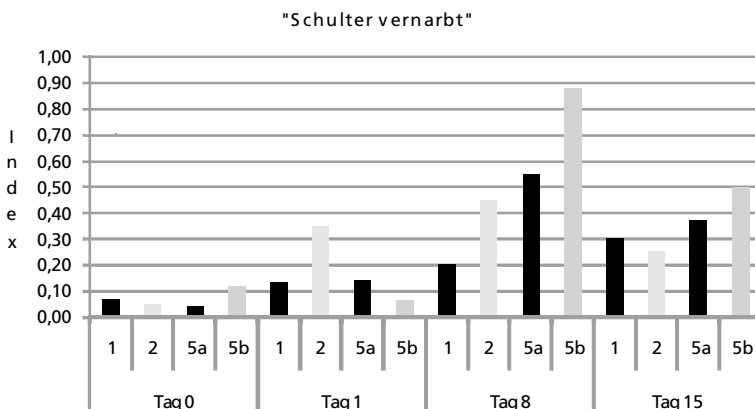


Abb. 3: Verletzungsindex (Note mal Häufigkeit) für das Merkmal „Schulter vernarbt“ im Versuchsverlauf für die verschiedenen Behandlungsstufen

Fig. 3: Average index of injuries of the criteria „shoulder scarred“ on different days for different combinations of crates

Wunden bereits 1 Woche nach der Zusammenführung (Tag 8) wieder auf das Niveau vor der Zusammenführung (Tag 0) zurückfiel. Dementsprechend stieg der Index für die abheilenden, vernarbten Wunden von Tag 1 auf Tag 8 bei den Kombinationen 2, 5a und 5b an und behielt dann bis zum Ende des Versuchs (Tag 15) das gleiche Niveau bei.

Die Auswertung der Boniturnoten erfolgte mittels Chi-Quadrat-Test mit dem Faktor Behandlung. Um Zellen mit zu geringen Häufigkeitswerten zu vermeiden, wurden die Boniturnoten 1–3 zusammengefasst und nur zwischen „verletzt“ und „nicht verletzt“ unterschieden. Im Vergleich zu den Ferkeln der durchgängig einzeln gehaltenen Würfe stieg die Häufigkeit von offenen Verletzungen an Gesicht und Schulter am Tag 1 bei den Ferkeln der 5er-Kombinationen auf das 2,5- bis 3-fache an, gleiches gilt für die Häufigkeit der vernarbten Verletzungen an den Tagen 8 und 15. Die Unterschiede waren überwiegend statistisch signifikant (Tab. 1).

Tab. 1: Chi-Quadrat-Test für die Häufigkeit von Verletzungen von Gesicht und Schulter

Tab. 1: χ^2 -test for frequency of injuries of face and shoulder

	1 Wurf	2 Würfe	5 Würfe (5a)	5 Würfe (5b)	p (χ^2)
Gesicht offen Tag 1	10,0 % ^{ab}	5,0 % ^a	26,0 % ^b	32,0 % ^c	< 0,05
Schulter offen Tag 1	16,7 % ^a	55,0 % ^b	46,0 % ^b	44,0 % ^b	< 0,05
Gesicht vernarbt Tag 8	16,7 % ^a	30,0 % ^{ab}	42,9 % ^b	50,0 % ^b	< 0,05
Schulter vernarbt Tag 8	16,7 % ^a	30,0 % ^{ab}	34,7 % ^{ab}	54,0 % ^b	< 0,05
Gesicht vernarbt Tag 15	20,0 % ^a	30,0 % ^{ab}	55,3 % ^b	36,0 % ^{ab}	< 0,05
Schulter vernarbt Tag 15	23,3 %	25,0 %	28,9 %	34,0 %	> 0,05

3.3 Arbeits- und Betriebsablauf

Der Arbeitsablauf war nicht beeinträchtigt, da in der Zeit nach dem Öffnen der Buchten im Wesentlichen nur die täglichen Routinearbeiten anfielen. Zum Fangen einzelner Ferkel konnten die Buchtenbegrenzungen geschlossen werden.

In einem Durchgang musste ein Wurf aus Kombination 5a während der Versuchsphase abgetrennt werden, da die Ferkel erkrankt waren. Die restlichen vier Buchten blieben verbunden. In dieser Situation bewährte sich die Anordnung in Kombination 5a, bei der ein Abtrennen einer einzelnen Bucht den Verbund der anderen Buchten nicht beeinträchtigte. In einem weiteren Durchgang mussten alle fünf Würfe von Kombination 5a krankheitsbedingt vereinzelt werden. Eine Muttersau wurde wegen geringer Milchleistung vom Versuch ausgeschlossen.

4 Fazit

In vorliegender Untersuchung führte das Öffnen von Einzelabferkelbuchten am 11. Lebenstag der Ferkel zu keinen Störungen im Arbeitsablauf. Eine Muttersau wurde ausgeschlossen, wobei noch keine präzisen Kriterien für die Eignung von Sauen bestehen. Sechs von 50 Würfen der 5er-Kombinationen mussten während der Versuchsphase wieder vereinzelt werden. Somit konnten zwei von insgesamt zehn 5er-Kombinationen nicht systemkonform behandelt werden.

Im Unterschied zu anderen Untersuchungen wuchsen die Ferkel, die Kontakt zu anderen Würfen hatten, langsamer. Die Wirkung der frühen Kontaktaufnahme noch während der Säugezeit auf das Wachstum von Saug- und Aufzuchtferkeln sollte weiterhin untersucht werden. Dabei ist besonders der Aspekt der Hygiene und Keimübertragung zu beobachten. Weitere Erfahrungen zum Einfluss auf den Arbeits- und Betriebsablauf sind nötig.

Literatur

- [1] KUTZER, T.; BÜNGER, B.; SANDERS, O. (2005): Frühe Kontaktmöglichkeit zwischen wurf-fremden Ferkeln in Einzelabferkelungssystemen. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2005. 37. KTBL-Schrift 441. S. 50–58
- [2] REINERS, K.; HESSEL, E. F.; VAN DEN WEGHE, H. (2007): Öffnen von Buchtentrennwänden bei der Haltung von ferkelführenden Sauen im Kastenstand. Landtechnik, Heft 62, 2007, S. 104–105
- [3] SCHNIPPE, F. (2007): Top-Hygiene halbiert Tierverluste. top agrar, Heft 10, 2007, S. 24–27
- [4] MEYER, E. (2008): So sortieren Sie richtig! Der fortschrittliche Landwirt, Heft 11, 2008, S. 16–17

Einfluss der signal- und sensorgesteuerten Intervallfütterung auf Tierleistung und -verhalten von Aufzuchtferkeln

Performance and eating behaviour of weaned piglets fed with an acoustic signal and sensor controlled interval feeder

ENGEL F. HESSEL, BJÖRN NIEMEYER, HERMAN VAN DEN WEGHE

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Ferkel, Tierverhalten, Tierleistung, Fütterungstechnik

Keywords: piglet, animal behaviour, performance, feeding technique

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss zweier verschiedener Fütterungssysteme auf die Aufzuchtleistung und das Fressverhalten von Absatzferkeln zu untersuchen. Hierfür stand ein zwangsbelüftetes Abteil mit vier identischen Buchten für jeweils 30 Ferkel zur Verfügung. Zwei Buchten waren jeweils mit einem konventionellen Rohrbreiautomaten ausgestattet (Referenzgruppe), in den anderen beiden Buchten kam eine signal- und sensorgesteuerte Intervallfütterung zum Einsatz. Ferkel (Absetzalter: 28 Tage) beider Gruppen bekamen das gleiche Futter. Die Aufzuchtperiode dauerte sechs Wochen; drei Wiederholungen wurden berücksichtigt. Unmittelbar nach dem Einstallen passte sich das Fressverhalten der Tiere der Versuchsgruppe den vorgegebenen Fütterungsintervallen an. Die Gewichtszunahmen der Ferkel der Versuchsgruppe waren in den ersten 14 Tagen nach dem Absetzen signifikant höher als die der Ferkel der Referenzgruppe.

Summary

The objective of the research was to examine the performance and eating behaviour of young weaned piglets with regard to the feeding system. A force-ventilated compartment with four identical pens was used. Two pens each (30 piglets/pen) were equipped with a conventional tube (reference group) and with an acoustic signal and sensor controlled interval feeder (experimental group), respectively. Three rearing periods of six weeks each were analysed. All piglets were weaned at the age of 28 days and fed with the same food. The experimental group adapted to the intervals of feeding directly after weaning. Compared to piglets in the reference group, piglets housed in the experimental group gained significantly more weight after two weeks of rearing.

1 Einleitung

Ziel einer ausgewogenen Ferkelfütterung ist es, bis zum Ende der Aufzuchtphase das große Wachstumspotenzial der Ferkel optimal auszuschöpfen. Dieses kann in der Regel jedoch nicht voll genutzt werden, da die Tiere beim Absetzen einer Reihe von Stressfaktoren ausgesetzt werden, die das Futteraufnahmeverhalten und somit die Gewichtsentwicklung der Ferkel negativ beeinflussen (VON BORELL et al., 1997). Neben der Trennung von der Mutter und der Konfrontation mit wurffremden Ferkeln stellt die abrupte Futterumstellung von der Sauenmilch zu festem Futter hohe Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit der Ferkel. Die meisten Ferkel nehmen bereits in den ersten Stunden nach dem Absetzen Futter auf. Allerdings kann es laut BRUININX et al. (2001) bis zu 50 Stunden dauern, bis 95 % der Ferkel einer Gruppe ihre erste Futteraufnahme tätigen. Diese Hungerphase kann die bereits erwähnten Wachstumsdepressionen auslösen. Als Begründungen dieses Verhaltens der Ferkel nennen BROOKS und TSOURGIANNIS (2003) neben den fehlenden Erfahrungen mit festem Futter auch das Ausbleiben der Lockrufe der Sau.

Ziel dieser Untersuchung war es daher, mithilfe der signal- und sensorgesteuerten Intervallfütterung die Ferkel nach dem Absetzen stündlich zur Futteraufnahme zu motivieren. Der Einfluss der signal- und sensorgesteuerten Intervallfütterung auf Tierleistung und -verhalten von Aufzuchtferkeln wurde im Vergleich zu einem konventionellen Rohrbreiautomaten untersucht.

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen fanden im Aufzuchtstall des Versuchsguts Rellehausen der Georg-August-Universität Göttingen statt. In drei aufeinanderfolgenden Durchgängen wurden insgesamt 360 Ferkel (Alter: 28 Tage) einer Herkunft eingestallt. In jedem Durchgang standen jeweils vier Buchten mit 30 Ferkeln zur Verfügung, von denen je zwei Buchten eines Durchganges die Versuchs- bzw. die Vergleichsgruppe bildeten. In den Versuchsgruppen stand jeweils ein signal- und sensorgesteuerter Futterautomat (Jetmix, Baker Ltd., UK) zur Verfügung (Tier-Fressplatz-Verhältnis, TFV, 2,7:1). Die Futterausdosierung, die stündlich erfolgte, wurde immer durch Signaltöne eingeleitet. Die Intervalllängen betrugen zu Beginn der Aufzucht fünf Minuten und wurden im Laufe der Aufzucht stufenweise auf 30 Minuten angehoben. In der Referenzgruppe wurden die Ferkel an einem Rohrbreiautomat (Sprint 4 Pig, En-Sta GmbH, Beckum) ad libitum gefüttert (TFV 2,5:1).

Während der gesamten Aufzucht erhielten sowohl die Ferkel der Versuchs- als auch der Kontrollgruppe das gleiche Futter. In den ersten beiden Tagen der Aufzucht wurde das Ferkelaufzuchtfutter Junior-Micro (Firma Strahmann, Drentwede, 14,4 MJ ME/kg, 18 % Rohprotein, 1,5 % Lysin) gefüttert. Vom dritten bis zum achten Tag der Aufzucht bekamen die Tiere Prestart Select (Firma Agrifirm, Niederlande, 14,0 MJ ME/kg, 15,5 % Rohprotein, 1,2 % Lysin). Ab dem achten Aufzuchttag erhielten die Ferkel Ferkelfutter II (Firma UNA-HAKRA, Hamburg, 13,0 MJ ME/kg, 17,5 % Rohprotein, 1,21 % Lysin). Die Mengen der gefütterten Futtermittel wurden täglich registriert und dokumentiert. Um die

Gewichtsentwicklungen zu analysieren, wurde jedes Ferkel einzeln beim Einstellen, nach zwei Wochen und nach sechs Wochen gewogen. Das Tierverhalten wurde mithilfe von Videoaufnahmen in allen vier Buchten aufgezeichnet. Die Anzahl der Trogbesuche in den ersten 48 Stunden nach dem Absetzen wurde anhand des Time-Sampling-Verfahrens (5-Minuten-Intervall) ausgewertet. Der Trogbesuch wurde wie folgt definiert:

- Tiere, die im unmittelbaren Bereich des Futterautomaten dem Trog zugewandt stehen und den Kopf zum Trog gesenkt haben, aber auch Ferkel, die zum Futterautomat drängen, allerdings wegen bereits fressender Ferkel den Trog nicht erreichen.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der Prozedur „GLM“ des Programmpakets SAS 8e (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 1999–2000). Der Einfluss des Fütterungssystems auf die Gewichtszunahmen und das Fressverhalten der Ferkel wurde geschätzt und mittels t-Tests geprüft, wobei bei $P < 0,05$ Unterschiede als signifikant betrachtet wurden.

3 Ergebnisse

3.1 Tierverhalten

In Abbildung 1 ist das Futteraufnahmeverhalten der Ferkel in den ersten 48 Stunden nach dem Absetzen je einer Bucht der Versuchsgruppe und der Referenzgruppe des ersten Durchganges exemplarisch dargestellt. Die Ferkel der Versuchsgruppe passten

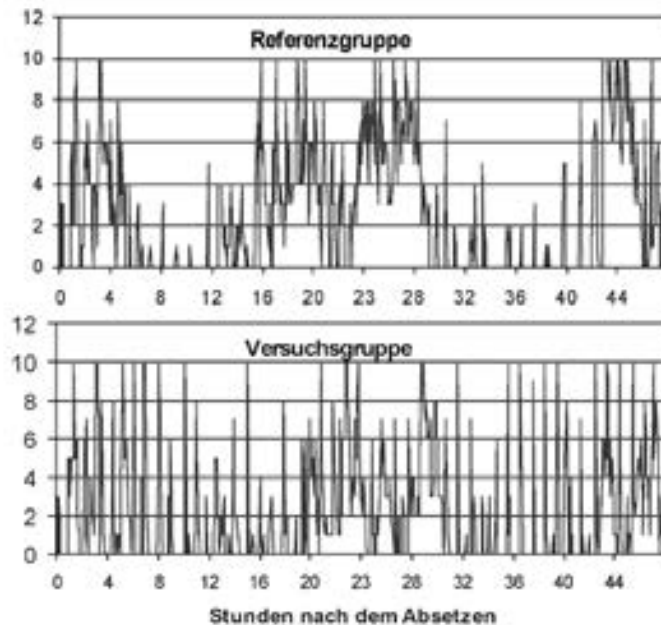


Abb. 1: Anzahl Trogbesuche in den ersten 48 Stunden nach dem Absetzen in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit

Fig.1: Number of trough visits during the first 48 hours after weaning as a function of group

sich unmittelbar nach dem Absetzen den vorgegebenen Intervallen an. Deutlich sind die stündlichen Fütterungsintervalle zu erkennen, bei denen zumeist der maximal dokumentierbare Wert von zehn Ferkeln erreicht wird.

3.2 Tierleistung

In Tabelle 1 werden die durchschnittlichen Zunahmen aller Ferkel dargestellt. Die nebenstehenden residualen Werte geben für die Versuchsgruppe und Referenzgruppe an, um welchen Betrag die erwarteten durchschnittlichen Gewichtszunahmen von den tatsächlich erreichten Zunahmen abweichen. Es wird deutlich, dass die residualen Werte der Referenzgruppe hinter den Erwartungen zurückbleiben. Die Versuchsgruppe hingegen übertrifft die Erwartungen, dieses konnte für die Zunahme 1 (1.–2. Woche) signifikant abgesichert werden ($P = 0,049$).

Tab. 1: Mittelwert und Standardabweichungen der Gewichtszunahmen (kg) sowie die korrigierten Residualwerte der Versuchs- und Referenzgruppe in Abhängigkeit von der Beobachtungsperiode

Tab. 1: Mean and standard deviation of weight gain (kg) as well as corrected residuals of test group and reference group as a function of observation period

Periode	Mittelwert	Standardabweichung	Residualwerte, korrigiert auf Einstallgewicht, Geschlecht und Muttersau		
			Versuchsgruppe n = 6	Referenzgruppe n = 6	P-Wert
1.–2. Woche	2,86	1,24	+ 170,11	– 180,53	0,049
3.–6. Woche	15,50	3,62	+ 146,75	– 161,52	0,348
1.–6. Woche	18,36	4,32	+ 317,86	– 342,05	0,182

3.3 Futterverbrauch

Tabelle 2 zeigt den Futterverbrauch der Versuchs- und Referenzgruppe. Der Verbrauch der Futtermittel Junior-Micro und Prestart Select ist bei beiden Gruppen einheitlich. Der anschließende Futterverbrauch von Ferkelfutter II weist zwischen der Versuchsgruppe (1046,66 kg $\pm$ 173,54 kg) und der Referenzgruppe (1042,00 kg $\pm$ 189,50 kg) keine signifikanten Unterschiede auf.

Tab. 2: Mittlerer Futterverbrauch (kg) in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit

Tab. 2: Average feed consumption (kg) as a function of group

Futter	Versuchsgruppe (n=6)		Referenzgruppe (n=6)	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
Junior-Micro	25,2	0	25,2	0
Prestart Select	37,5	0	37,5	0
Ferkelfutter II	1046,66	173,54	1042,00	189,50

4 Diskussion

Zu den höheren Gewichtszunahmen in der Versuchsgruppe bei gleichem Futterverbrauch in der Versuchs- und Kontrollgruppe könnten die akustischen Signale beigetragen haben. Der Einsatz von optischen und akustischen Signalen ist laut ZERBONI und GRAUVOGEL (1984) bei einer Intervallfütterung besonders geeignet. Durch Signale, z. B. Klingeln vor der Fütterungsphase, lassen sich eine gute Fütterungsvorbereitung und eine bessere Futterverwertung erreichen, denn Futtersignale stimulieren die Aktivität der Verdauungssäfte und lösen eine an den Rhythmus angepasste erhöhte Fressakzeptanz aus. Des Weiteren erhält die Versuchsgruppe aufgrund der sensorgesteuerten Fütterung stets frisch zubereitetes Futter. Frisches Futter besitzt bessere sensorische Eigenschaften (Geruch, Geschmack) als ein Futterbrei, der schon längere Zeit im Trog liegt (BROOKS und TSOURGIANNIS, 2003). Dies ist ein wichtiger Vorteil für die Futteraufnahme der Ferkel in der Versuchsgruppe.

5 Schlussfolgerung

Im Vergleich zu einem konventionellen Rohrbreiautomaten scheint der Einsatz einer signal- und sensorgesteuerten Intervallfütterung besonders in den ersten 14 Tagen der Aufzucht vorteilhaft für Ferkel zu sein. Die Ferkel werden erfolgreich in den ersten Stunden nach dem Absetzen zur Nahrungsaufnahme animiert, wodurch höhere Gewichtszunahmen realisiert werden.

Literatur

- ZERBONI, N. VON; GRAUVOGEL, A. (Hrsg.) (1984): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer Verlag, Stuttgart
- BORELL, E. VON; BROOM, D. M.; CSERMEL, Y. D.; DIJKHUIZEN, A. A.; EDWARDS, S. A.; JENSEN, P.; MADEC, F.; STAMATARIS, C. (1997): The welfare of intensively kept pigs. Report of Scientific Veterinary Committee, European Commission
- BROOKS, P. H.; TSOURGIANNIS, C. A. (2003): Factors affecting the voluntary feed intake of the weaned pig. In: Weaning the Pig, concepts and consequences. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, S. 81–115
- BRUININX, E. M. A. M.; VAN DER PEET-SCHWERING, C. M. C.; SCHRAMA, J. W.; VERELIKEN, P. F. G.; VESSEUR, P. C.; EVERTS, H.; DEN HARTOG, L. A.; BEYNEN, A. C. (2001): Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: effects of sex, initial body weight and body weight distribution within groups. Journal of Animal Science 79, S. 301–308

Erste Ergebnisse zur Verträglichkeit elektronischer Kennzeichnungsmedien bei Schafen und Ziegen

First results regarding animal welfare of electronic identification devices in sheep and goats

ULRIKE BAUER, NIKOLA BENN, MICHAEL KILIAN, JAN HARMS, GEORG WENDL

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

Schlüsselwörter: elektronische Tierkennzeichnung, Ohrmarke, Bolus, Entzündungen
Keywords: electronic animal identification, ear tag, ruminal bolus, inflammation

Zusammenfassung

Im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojektes (2007–2010) werden deutschlandweit etwa 10 000 Schafe und Ziegen elektronisch gekennzeichnet und in verschiedenen Zeitabständen kontrolliert. Nach derzeitigen Ergebnissen sind die Platzierung der Ohrmarke sowie das Ohrmarkendesign entscheidend für die Verträglichkeit der Ohrmarke. Der Effekt der Ohrmarkenposition auf die Ausfallraten sowie der Einfluss der Rassen und Haltungsbedingungen auf die Funktionalität und Verträglichkeit der Kennzeichnungsmedien werden durch Kontrolllesungen geklärt. Weiterhin werden neun Lesegeräte und fünf Herdenmanagementprogramme verschiedener Hersteller untersucht.

Summary

During this three year field trial (2007–2010) a total of approx. 10 000 sheep and goats will be tagged electronically and controlled in different intervals. Regarding the first results the positioning and the design of the ear tags play an important role concerning wound healing. The influence of the positions on the loss ratios and the influence of breeds and husbandry systems on the rate of inflammation, tagging reliability and permanence are investigated by control readings. Furthermore nine handheld readers and five management programs of different manufacturers are tested in the project.

1 Einleitung und Zielstellung

Die EU-Verordnung 21/2004 schreibt ab dem 01.01.2010 die elektronische Einzel-tierkennzeichnung bei Schafen und Ziegen vor. Die Ergebnisse verschiedener Studien zur elektronischen Kennzeichnung bei Nutztieren zeigen, dass noch einige offene Fragen im Hinblick auf die allgemeine Umsetzung bestehen. Diese sollen im Rahmen dieses Projektes geklärt werden, um entsprechende Empfehlungen für die Einführung und die Umsetzung der elektronischen Kennzeichnung in Deutschland geben zu können. Verschiedene Kennzeichnungsmedien, Lesegeräte sowie Herdenmanagementprogramme werden dazu unter typischen deutschen Haltungsbedingungen und Rassen in einem dreijährigen Versuch getestet, der Ende 2007 begonnen wurde. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Untersuchung der Funktionalität, der Verträglichkeit und der Ausfallraten der elektronischen Transponder.

2 Material und Methoden

In diesem Feldversuch werden insgesamt etwa 10 000 Schafe und Ziegen, von 27 Rassen, mit 16 verschiedenen Kennzeichnungsmedien gekennzeichnet. Dazu werden vier verschiedene Boli sowie zwölf verschiedene Ohrmarken von insgesamt acht Herstellern verwendet. Um einen möglichst großen Bereich der in Deutschland vorkommenden Haltungsbedingungen abzudecken, sind 26 Betriebe aus sechs Bundesländern am Projekt beteiligt. Die Betriebe halten zwischen zehn und mehr als 1 000 Tieren in insgesamt fünf unterschiedlichen Haltungssystemen.

Abhängig von der Betriebsgröße werden möglichst alle Kennzeichnungsmedien (mindestens 10 Stück/Kennzeichnungsmedium) pro Betrieb eingesetzt. Alle Tiere, die älter als neun Monate sind, werden gekennzeichnet. Um die Datenerhebung zu vereinfachen und die Zuordnung der Transpondernummern zu den bereits vorhandenen Tiernummern sicherzustellen, wurde eine Datenbank entwickelt. Somit werden direkt vor Ort wichtige Informationen wie z.B. Tiernummern, Alter, Rasse, Betrieb, Kennzeichner etc. dokumentiert.

Nach einem festgelegten Schema wird 29 Tage nach der Kennzeichnung sowie jährlich im Rahmen des Projektes eine Kontrolle der Tiere durchgeführt. Die Funktionalität der Transponder wird mithilfe eines Handlesegerätes überprüft. Um die Verträglichkeit der Ohrmarke an verschiedenen Positionen am Ohr zu untersuchen, wurde das Ohr in 16 verschiedene Sektionen eingeteilt (Abb. 1).

Neben der Ohrmarkenposition werden bei den Kontrolllesungen folgende Parameter untersucht: Entzündungsgeschehen, Verkrustungen, mechanische Belastungen durch die Ohrmarke sowie das Durchziehen der Ohrmarke. Die Parameter werden in verschiedenen Kategorien erhoben (z.B. wird der Parameter Entzündung in drei Kategorien: verheilt, leichte und schwere Entzündungen, erfasst).

Weiterhin werden im Rahmen des Projektes neun Handlesegeräte sowie fünf Herdenmanagementprogramme unterschiedlicher Hersteller untersucht. Die Beurteilung der Lesegeräte und Herdenmanagementprogramme erfolgt im Jahr 2010 nach verschiedenen Kriterien bezüglich der Funktionalität der Systeme.

Zusätzlich wird im Jahr 2010 eine Befragung der Schäfer im Hinblick auf die Handhabbarkeit der Lesegeräte und der Herdenmanagementprogramme erfolgen.

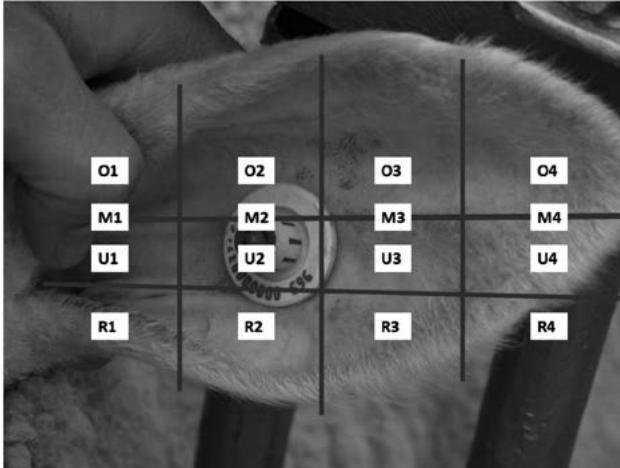


Abb. 1: Definition der möglichen Positionen der Ohrmarken

Fig. 1: Definition of possible positions of the ear tags

3 Ergebnisse

Im Jahr 2008 wurden insgesamt 7086 Schafe und Ziegen elektronisch gekennzeichnet und kontrolliert. Davon waren 5149 Tiere mit elektronischen Ohrmarken und 1937 Tiere mit Boli markiert. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Kontrolle der Tiere etwa vier Wochen nach der Kennzeichnung.

Insgesamt waren während des ersten Monats fünf Ohrmarken (0,1 %) ausgerissen. Weiterhin konnten vier Ohrmarken (0,1 %) und fünf Boli (0,3 %) nicht mehr elektronisch ausgelesen werden. Aufgrund schwerer Entzündungen mussten 43 Ohrmarken (0,8 %) entfernt werden. Bei den Boli zeigten sich in Bezug auf die Applikation, die Verträglichkeit und die Funktionalität gute Resultate, d.h. keine negativen Auffälligkeiten.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass es deutliche Unterschiede bezüglich der Verträglichkeit der Ohrmarken verschiedener Hersteller gibt. In Abbildung 2 sind die Ausprägungen des Merkmals „Vereiterung“ je Ohrmarkentyp aufgeführt. Der Anteil verheilte Ohren variierte zwischen 42 % und 77 %, ausgenommen des Ohrmarkentyps J (Schlaufenohrmarke), der die wenigsten Entzündungen verursachte. Außerdem konnte festgestellt werden, dass bei Zutretern weniger Entzündungen auftraten als bei Mutterschafen. Trotzdem blieben die Herstellerunterschiede bestehen.

Die gleichen Ohrmarkentypen, die bei Mutterschafen sehr hohe bzw. niedrige Entzündungen hervorriefen, verursachten ebenfalls bei Zutretern sehr hohe bzw. niedrige Entzündungen.

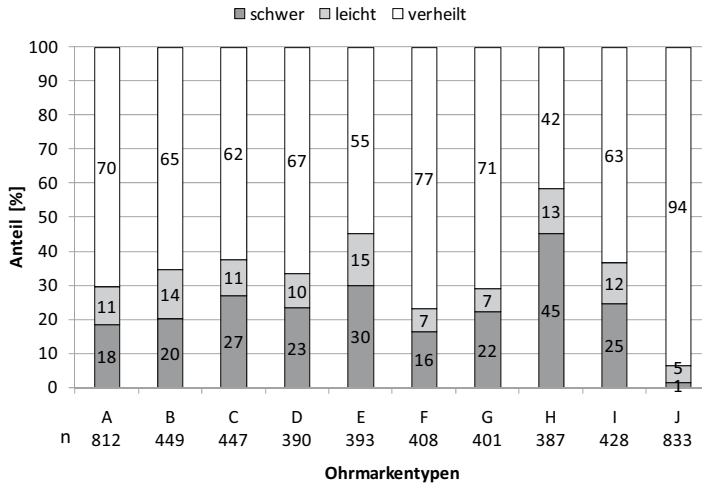


Abb. 2: Verteilung des Merkmals „Vereiterung“ bei allen Schafen (Mutterschafe und Zutreter) 29 Tage nach der Erstkennzeichnung

Fig. 2: Distribution of the parameter „suppuration“ of all sheep (ewes and yearlings) 29 days after tagging

Neben dem Ohrmarkendesign hat auch die Position, an der die Ohrmarke gesetzt wird, einen Einfluss auf die Verträglichkeit. Wie in Abbildung 3 dargestellt, konnte an den Positionen O2, O3, M2 und M3 ein höherer Prozentsatz an Vereiterungen festgestellt werden als an den Positionen U2 und U3. Ein ähnliches Bild zeigte sich für das Merkmal „mechanische Belastung“, da der Transponderknopf an den Positionen U2 und U3 die wenigsten Druckstellen verursachte.

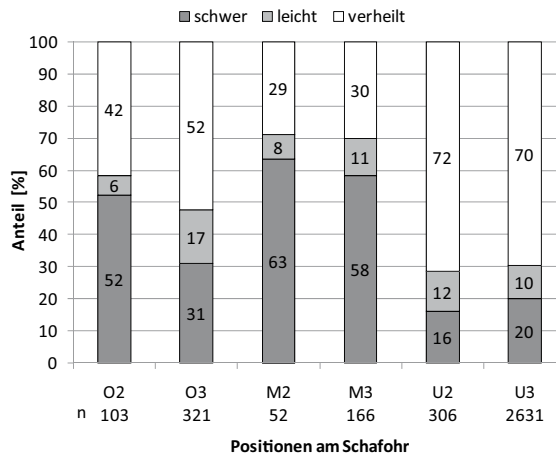


Abb. 3: Verteilung des Merkmals „Vereiterung“ bei allen Schafen (Mutterschafe und Zutreter) an verschiedenen Positionen 29 Tage nach der Erstkennzeichnung

Fig. 3: Distribution of the parameter „suppuration“ of all sheep (ewes and yearlings) at different positions 29 days after tagging

Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem lichten Maß der Knopfohrmarken und dem Anteil der verheilten Ohren konnte beobachtet werden, dass mit zunehmendem lichten Maß auch der Anteil verheilten Ohren anstieg ($R^2 = 0,65$).

4 Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse etwa vier Wochen nach der Erstkennzeichnung zeigen hohe Entzündungsraten von 23–58 % bei den Knopfohrmarken. Auch SMITS et al. (2005) konnte bei Lämmern und Mutterschafen Entzündungsraten zwischen 20 % und mehr als 50 % vier Wochen nach dem Einziehen feststellen. Die gefundenen geringen Entzündungen bei Zutretern im Gegensatz zu Mutterschafen decken sich mit den Beobachtungen bei SMITS et al. (2005). Die Unterschiede in den Entzündungsraten zwischen den verschiedenen Ohrmarkentypen und Herstellern waren jedoch sowohl bei den Mutterschafen als auch bei den Zutretern in nahezu gleichem Ausmaß vertreten. Dies lässt darauf schließen, dass das Ohrmarkendesign einen entscheidenden Einfluss auf die Wundheilung hat. Bei Knopfohrmarken konnten mehr Entzündungen festgestellt werden als bei Schlaufenohrmarken. Bezüglich der Applikation und Verträglichkeit der Boli konnten im Gegensatz dazu keine negativen Einflüsse auf das Wohlbefinden der Tiere beobachtet werden. Beide Erfahrungen decken sich mit den Erkenntnissen anderer Untersuchungen (ADAS, 2005) bei anderen Rassen und Haltungsbedingungen.

Neben dem Ohrmarkendesign zeigen die Ergebnisse, dass auch die Position an der die Ohrmarke gesetzt wurde, einen Einfluss auf das Vorkommen von Entzündungen hat. An den Positionen U2 und U3 traten weniger Entzündungen auf als an anderen

Positionen. Dies ist wahrscheinlich auf die Anatomie des Ohres, speziell die unterschiedliche Ohrdicke und Ohrbiegung an verschiedenen Positionen des Ohres zurückzuführen. Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem lichten Maß von Knopfohrmarken und dem Anteil verheilten Ohren ergab, dass mit ansteigendem lichten Maß ebenfalls der Anteil von nicht entzündeten Ohren ansteigt. Ähnliche Ergebnisse erhielten HECKENBERGER und LUCKE (2006) bei ihren Untersuchungen von Ohrmarken unterschiedlicher Dornlängen. Bezüglich der Verlustraten von Ohrmarken einen Monat nach dem Einziehen liegen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung im Bereich der Ergebnisse des IDEA-Projektes (RIBO et al., 2002).

5 Schlussfolgerung

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass Entzündungen, die z.B. durch das Reiben des Transponderknopfes verursacht werden, durch das Setzen der Ohrmarke an der richtigen Position des Ohres deutlich verringert werden können. Die Positionen U2 und U3 eignen sich besonders im Hinblick auf eine unkomplizierte Wundheilung. Bezüglich der Verlustraten der Ohrmarken müssen die Ergebnisse der weiteren Kontrolllesungen im Laufe des Projektes abgewartet werden, um sagen zu können, inwiefern sich diese Positionen auch bezüglich des Ausreißens der Ohrmarken eignen. Betreffend der Dornlänge und des Ohrmarkendesigns besteht noch Verbesserungsbedarf.

Neben der Ohrmarke an sich scheint auch die Ohrgröße, -dicke und Ohrbiegung eine wichtige Rolle in Bezug auf den Abheilungsprozess zu spielen. Der Einfluss der Rasse und des Haltungssystems auf die Entzündungs- und Verlustraten der Kennzeichnungsmedien werden bei den folgenden jährlichen Kontrolllesungen untersucht. Das Zusammenspiel zwischen Kennzeichnungsmedien, Lesegeräten und Managementprogrammen wird im Jahr 2010 beurteilt.

Literatur

- AGRICULTURAL DEVELOPMENT AND ADVISORY SERVICE – ADAS (2005): English pilot trial of EID/ EDT in sheep. Final Report. Department for Environment, Food and Rural Affairs – DEFRA. London, 159 S.
- HECKENBERGER, G.; LUCKE, G. (2006): Prüfung von Ohrmarkentranspondern bei Schafen. Test Report, LLFG Sachsen-Anhalt – Zentrum für Tierhaltung und Technik. http://lsa-st23.sachsen-anhalt.de/llg/infothek/dokumente/idHe_OhrmarkenSchafe.pdf, besucht am 19. Januar 2009
- RIBO, O.; CUYPERS, M.; KORN, CHR.; MELONI, U. (2002): IDEA Project. Large-Scale Project on Livestock Electronic Identification. Final Report. Version 3.0. <http://idea.jrc.it/pages%20idea/index%20of%20final%20report.htm>, besucht am 20. Mai 2007
- SMITS, D.; IPEMA, B.; HOGWERF P.; SCHUILING, E. (2005): Feasibility of electronic ear tags for identification and registration: the sheep and goat case. In: Bau, Technik und Bauwesen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 7. Internationalen Tagung 2005. Braunschweig, 01.–03. März 2005, S. 625–630

Trennwände und unterschiedliche Ebenen am Fressplatz mindern aggressive Auseinandersetzungen bei Ziegen

Partitions and different levels at the feeding place reduce agonistic interactions in goats

NINA M. KEIL, JANINE ASCHWANDEN, LORENZ GYGAX, BEAT WECHSLER

Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Ziege, Sozialverhalten, agonistische Auseinandersetzungen, Fressplatz, Abtrennung, Gruppenhaltung

Keywords: goat, social behaviour, agonistic interactions, feeding place, partition, loose housing

Zusammenfassung

Mit 48 Ziegenpaaren wurde untersucht, ob sich eine Trennwand am Fressplatz (Varianten: kurz (50 cm) oder lang (110 cm) und aus Gitter oder solidem Holz) positiv auf das Fress- und Aggressionsverhalten auswirkt. In einem weiteren Versuch wurde nur ein Fressplatz angeboten, wobei eine der beiden Ziegen das Heu aber über ein erhöhtes Podest (Varianten 25 cm, 50 cm oder 80 cm) erreichen konnte. Die Auswirkungen dieser Modifikationen wurde mit linearen gemischte-Effekte-Modellen in Abhängigkeit von der Behornung der Tiere ausgewertet.

Trennwände am Fressplatz sowie Zugang zum Futter von unterschiedlichen Ebenen aus senkten die Aggressionsrate und begünstigten ein ungestörtes gemeinsames Fressen. Vorteilhaft waren, insbesondere für behornete Tiere, Trennwände, die den ganzen Körper verdeckten und Sichtschutz boten, sowie ein Niveauunterschied beim Fressen von 80 cm.

Summary

With 48 pairs of goats, we investigated whether partitions at the feeding place (variants: short (50 cm) or long (110 cm) and grid or solid wood) positively influenced feeding and agonistic behaviour. In a further experiment, a single feeding place was offered, but with one of the goats being able to reach the hay by jumping onto a platform (variants: 25 cm, 50 cm or 80 cm in height). The impact of these modifications was analysed with linear mixed-effects models, additionally bearing in mind the effect of presence of horns.

Partitions at the feeding place as well as access to food from different levels were effective in reducing agonistic interactions and increasing the undisturbed simultaneous feeding. Partitions that covered the whole body and provided visual cover as well as a level difference of 80 cm when feeding were beneficial, especially for horned goats.

1 Einleitung

Im Laufstall für Ziegen kann es am Fressplatz gehäuft zu aggressiven Auseinandersetzungen kommen. Dabei werden rangtiefe Tiere von ranghöheren entweder vom Fressen abgehalten oder fortwährend bedroht und attackiert (LORETZ et al., 2004; JØRGENSEN et al., 2007). Dies lässt sich damit erklären, dass bei den in der Praxis üblichen Fressplatzbreiten von 30–40 cm die Individualdistanz der Ziegen häufig unterschritten ist. Tatsächlich brauchen die meisten Ziegen einen Abstand zum nächsten Tier von 50–100 cm, um friedlich nebeneinander fressen zu können. Dieser Abstand kann abhängig vom Ziegenpaar sogar bis zu 4,0 m betragen (ASCHWANDEN et al., 2008).

In zwei Versuchen wurde überprüft, welche Strukturen am Fressplatz trotz unterschrittener Individualdistanz eines Ziegenpaares die Aggressionsrate senken und somit ein ungestörtes Fressen begünstigen können. Hierzu wurden am Fressplatz Trennwände auf der tierzugewandten Seite und der Zugang zum Futter von unterschiedlichen Ebenen aus untersucht.

2 Material und Methoden

Je sechs Ziegenpaare aus acht Ziegengruppen (= 48 Paare) wurden für die Versuche ausgewählt. Die acht Gruppen bestanden jeweils aus acht bis neun weiblichen, nicht-laktierenden Ziegen diverser Schweizer Milchziegenrassen (Bündner Strahlen, Saanen, Appenzeller, Stiefelgeissen, Toggenburger, Walliser Schwarzhalsziegen, Pfauenziegen) und deren Kreuzungen. Je vier der Gruppen waren aus behornten bzw. unbehornten Tieren zusammengesetzt. Die Ziegen wurden in strukturierten Zweiflächenbuchten mit einem Flächenangebot von 1,7 m² pro Tier gehalten und erhielten Heu und Wasser ad libitum (ASCHWANDEN et al., 2008).

Die Versuche fanden in einem separaten Versuchsraum statt. In einem ersten Versuch wurde überprüft, wie lange ein Ziegenpaar gleichzeitig an zwei nebeneinander positionierten Heuraufen fraß, wenn sich zwischen den beiden Fressplätzen eine Trennwand befand. Der Abstand der beiden Heuraufen betrug 25 cm und lag für alle Ziegenpaare unterhalb ihrer Individualdistanz, die vor dem Versuch ermittelt worden war. Getestet wurden Trennwände, die entweder kurz (50 cm) oder lang (110 cm) und aus Gitter oder solidem Holz (Sichtschutz) waren (Abb. 1a). In einem weiteren Versuch musste sich ein Ziegenpaar eine Heuraufe teilen. Eine der beiden Ziegen konnte das Heu aber über ein erhöhtes Podest (Varianten 25 cm, 50 cm oder 80 cm) erreichen, sodass sich die Ziegen beim Fressen auf unterschiedlichen Ebenen befanden (Abb. 1b).

Alle Ziegenpaare wurden in sämtlichen Varianten mit unterschiedlicher Länge und Material der Trennwand sowie unterschiedlicher Podesthöhe während vier Minuten pro Variante getestet. Zusätzlich wurde als Kontrolle das Verhalten der Ziegen in Versuchsvarianten ohne Trennwand bzw. ohne Podest erhoben. Mithilfe von linearen gemischteffekte-Modellen wurde ausgewertet, welchen Einfluss die Trennwände bzw. Podeste in Abhängigkeit von der Behornung auf das Fress- und aggressive Verhalten von Ziegen haben.

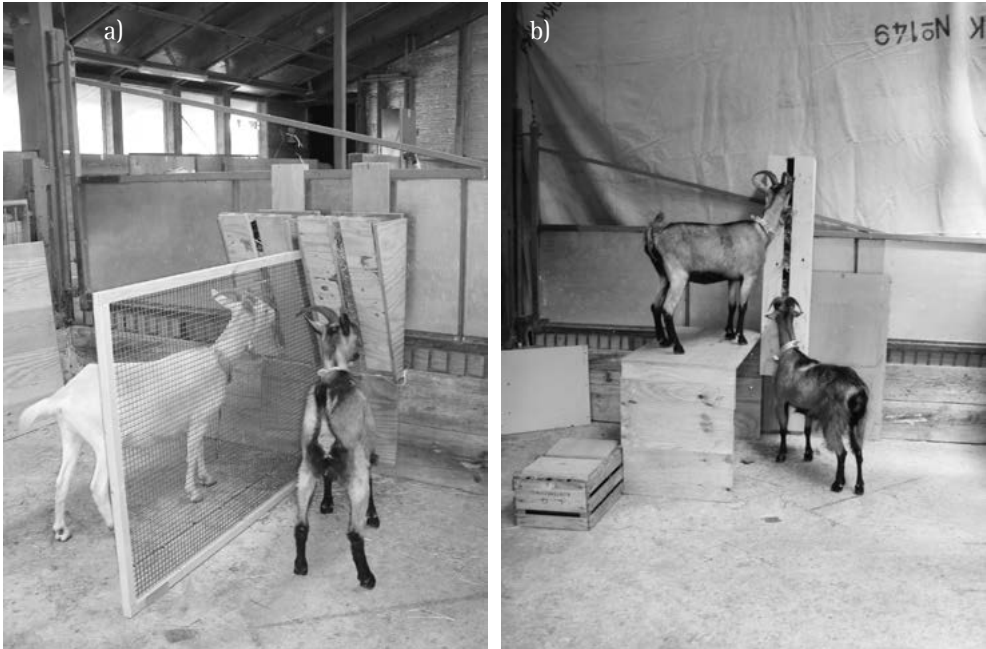


Abb. 1a und b: Beispiele der Versuchsanordnung. Gezeigt sind die Situationen mit dem langen Gitter (a) und mit dem 80 cm hohen Podest (b)

Fig. 1a and b: Examples of the experimental setup. The situations with the long-grid partition (a) and the 80-cm-high platform (b) are shown

3 Resultate

3.1 Trennwände am Fressplatz

Im Vergleich zur Situation ohne Trennwand senkte das Vorhandensein einer Trennwand die Aggressionsrate (alle Vergleiche: $p < 0,001$) und erhöhte den Anteil des gleichzeitigen Fressens an der Gesamtfresszeit (alle Vergleiche: $p < 0,001$) sowie die Dauer bis zum ersten Auftreten aggressiven Verhaltens (alle Vergleiche: $p < 0,001$) (Abb. 2a, c, e).

Während der Unterschied im Material für hornlose Ziegen nicht sehr stark ausgeprägt war, fraßen behornzte Ziegen deutlich länger gleichzeitig und tauschten weniger Aggressionen aus, wenn die Trennwand aus solidem Holz statt aus Gitter bestand (beide Interaktionen: $p = 0,001$). Sowohl bei behornzten wie auch hornlosen Ziegen dauerte es mit der langen Trennwand im Vergleich zur kurzen länger bis die erste aggressive Interaktion auftrat, wenn auch dieser Effekt bei den hornlosen Ziegen etwas deutlicher ausgeprägt war (Interaktion: $p = 0,05$).

3.2 Unterschiedliche Ebenen am Fressplatz

Bei den Podesten senkte das 80 cm hohe Podest die Aggressionsrate am stärksten (25 cm: n.s.; 50 cm: $p = 0.01$; 80 cm: $p < 0.001$). Auch der Anteil des gleichzeitigen Fressens an der Gesamtfresszeit (alle Vergleiche: $p < 0.001$) und die Dauer bis zum ersten aggressiven Verhalten (alle Vergleiche: $p < 0.01$) waren mit dem 80 cm hohen Podest am längsten (Abb. 2b, d, f).

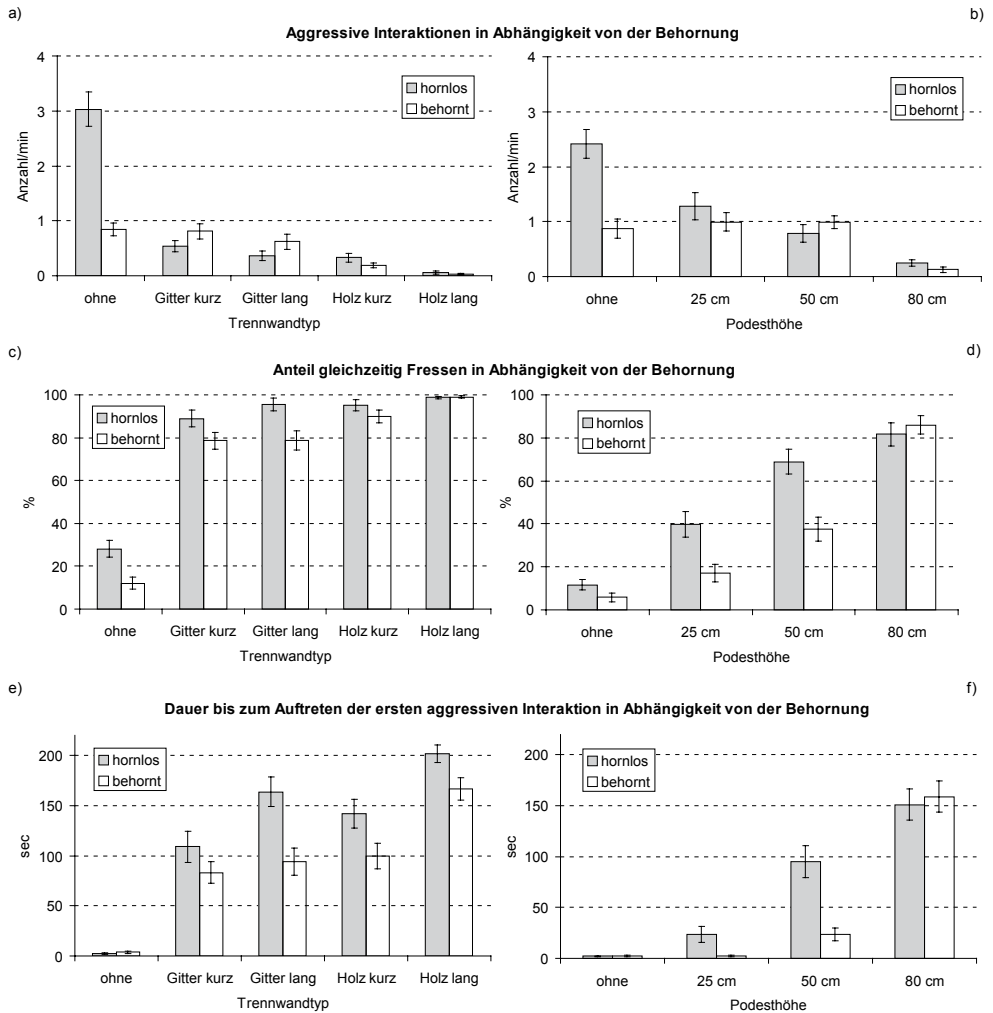


Abb. 2a–f: Einfluss der verschiedenen Trennwandtypen und unterschiedlichen Podesthöhen auf die aggressiven Interaktionen, das gleichzeitige Fressen und auf die Dauer bis zum ersten Auftreten aggressiven Verhaltens bei hornlosen und behornen Ziegen (Mittelwerte $\pm$ Standardfehler)
 Fig. 2a–f: Effects of the different types of partitions and platform heights on the aggressive interactions, the simultaneous feeding and the duration of the first simultaneous feeding bout in hornless and horned goats (mean $\pm$ standard error)

Hornlose und behornzte Ziegen verhielten sich insgesamt ähnlich bezüglich zunehmender Plattformhöhe, wobei die hornlosen schneller mit einer reduzierten Aggressionsrate (Interaktion: $p = 0,01$), einem höheren Anteil gleichzeitigem Fressens (Interaktion: $p = 0,05$) und einer längeren Dauer bis zum Auftreten aggressiven Verhaltens (Interaktion: $p = 0,001$) reagierten. Werte mit einem für die beiden Gruppen vergleichbaren Niveau stellten sich erst bei einer Plattformhöhe von 80 cm ein.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Ziegen Trennwände am Fressplatz sowie Zugang zum Futter von unterschiedlichen Ebenen aus die Aggressionsrate senken und ein ungestörteres gemeinsames Fressen begünstigen. Vorteilhaft sind, insbesondere für behornzte Tiere, Trennwände, die den ganzen Körper verdecken und Sichtschutz bieten, sowie ein Niveauunterschied zweier Ziegen beim Fressen von 80 cm.

Die Wirkung dieser Strukturen am Fressplatz dürfte darin begründet sein, dass sich die Tiere so besser aus dem Weg gehen können, und dass sich rangtiefe Tiere vor den ranghohen zurückziehen können. Zudem dürften solche Strukturen für eine Ziege auch den Aufwand erhöhen, eine Konkurrentin zu verjagen.

Der in beiden Versuchen gefundene Unterschied zwischen behornzten und unbehornzten Ziegen in der Beeinflussung des Verhaltens durch die angebotenen Strukturen lässt sich damit begründen, dass behornzte Ziegen Auseinandersetzungen mit Körperkontakt wenn immer möglich vermeiden. Es reicht normalerweise Blickkontakt, damit die Rangtiefere Abstand hält (ASCHWANDEN et al., 2008). Strukturen, die Sichtschutz bieten, sind daher besonders für behornzte Ziegen wichtig, um Verletzungen zu verhindern und Ruhe in den Stall zu bringen.

Die Experimente erlauben den Schluss, dass es auch in der Praxis der Laufstallhaltung für die Ziegen von Vorteil ist, an der Fressachse Trennwände einzubauen. Diese sind jedoch nicht zwischen sämtlichen Fressplätzen nötig. Ansonsten würden „Einzelfressboxen“ entstehen, welche die Ausweichmöglichkeiten der Ziegen zu deren Nachteil begrenzen. Aber mit Trennwänden, die in größeren Abständen (nach unserer Erfahrung mindestens 130 cm) aufgestellt werden, haben rangtiefe Ziegen die Möglichkeit, nicht im Blickfeld von ranghöheren fressen zu müssen. Fressplätze auf verschiedenen Ebenen sind für größere Ställe aus arbeitswirtschaftlichen Gründen wohl eher nicht geeignet, können aber für kleinere Ställe und bei Umbaulösungen realisiert werden.

Literatur

- ASCHWANDEN, J.; GYGAX, L.; WECHSLER, B.; KEIL, N. M. (2008): Social distances of goats at the feeding rack: Influence of the quality of social bonds, rank differences, grouping age and presence of horns. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 114, S. 116-131
- JØRGENSEN, G. H. M.; ANDERSEN, I. L.; BØE, K. E. (2007): Feed intake and social interactions in dairy goats – The effects of feeding space and type of roughage. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 107, S. 239-251
- LORETZ, C.; WECHSLER, B.; HAUSER, R.; RÜSCH, P. (2004): A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87, S. 275-283

Investitionsbedarf für Stallanlagen für die Schaf- und Ziegenhaltung

Investment requirements for sheep and goat housing facilities

JOHANNES ZAHNER, JOCHEN SIMON

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

Schlüsselwörter: Ziege, Schaf, Stallgebäude

Keywords: goat, sheep, animal housing facilities, multiple-house facilities

Zusammenfassung

Die Nachfrage nach Veredelungsprodukten aus der Schaf- und Ziegenhaltung zeigt ein stetiges Wachstum. Um die Nachfrage nach heimischen Produkten decken zu können, müssen den Landwirten kostengünstige Baulösungen aufgezeigt werden. Ziel dieses Projektes war die Untersuchung von Stallanlagen mit unterschiedlichen Bestandsgrößen (125, 245, 490 TP) sowie für die Bestandsgröße 490 TP unterschiedliche Anordnungsweisen des Melkhauses und Bauweisen für den Stall. Bei steigender Tierplatzzahl ergibt sich bei gleicher Bauweise eine normale Kostendegression. Beim Melkhaus zeigt sich für die separate Anordnung gegenüber der giebelseitigen ein Kostenvorteil von etwa 11 %, verursacht durch die günstigere Flächenausnutzung in der Liegehalle. Durch eine mehrhäusige Bauweise mit einer versetzten Pultdachkonstruktion lassen sich die Kosten gegenüber einer einhäusigen Bauweise um etwa 8 % senken. Neben dem Kostenvorteil zeigt die mehrhäusige Bauweise Vorteile beim Stallklima und bei der Einfügung in das Gelände.

Summary

The demand for processed products from goat and sheep husbandry is showing steady growth. Farmers must be provided with low-cost construction solutions so that they can satisfy the demand for domestic products. The goal of this project was the examination of animal housing facilities for different herd sizes (125, 245, 490 animal places). In addition, different milking house arrangements and animal house designs were studied for a facility having 490 animal places. Given an identical design, a growing number of animal places leads to normal cost degression. A separate arrangement of the milking house as compared with the gable-side arrangement provides a cost advantage of 11 %, which is the result of better area utilization in the lying hall. As compared with a single-house construction, a multiple-house design with a staggered shed-roof construction allows the expenses to be reduced by 8 %. In addition to lower costs, this design has advantages with regard to the stall climate and integration into the landscape.

1 Allgemeines und Zielstellung

Die Nachfrage nach Veredelungsprodukten aus der Schaf- und Ziegenhaltung zeigt ein stetiges Wachstum. Um den derzeit niedrigen Selbstversorgungsgrad von 55 % steigern zu können, ist es notwendig, die Produktion deutlich auszudehnen. Da die Anzahl der schaf- und ziegenhaltenden Betriebe stark zurückgeht, kann der Nachfrageüberhang nur durch eine Aufstockung der Bestände ausgeglichen werden. Häufig reichen die vorhandenen Stallanlagen dazu nicht aus, sodass sich für viele Betriebsleiter die Frage nach einem möglichst kostengünstigen Neubau stellt.

Ziel dieser Arbeit war die Ermittlung des Investitionsbedarfs für Schaf- und Ziegenställe für die Milchproduktion. Dafür wurden zunächst die Kosten realisierter Projekte ausgewertet. Im Ergebnis zeigte sich jedoch, dass aufgrund unterschiedlicher baulicher Ausführung (Konstruktion, Material, Qualität), des unterschiedlichen Anteils an Eigenleistungen bzw. aufgrund zum Teil erheblicher Preisnachlässe keine vergleichbaren Kosten ermittelt werden können. Deshalb wurden standardisierte Modellplanungen entwickelt, um einen objektiven Vergleich durchführen zu können.

1.1 Beschreibung der Modellvarianten

Es wurden Stallanlagen in Bestandsgrößen mit 125 (M125), 245 (M245) und 490 (M490) Tieren untersucht. Für die Modelle M125 und M245 wurden integrierte Melkhäuser geplant. Für die Modelle M490 wurden Varianten mit giebelständigem und separat angeordnetem Melkhaus verglichen. Darüber hinaus wurden bei den Varianten mit separatem Melkhaus einhäusige und mehrhäusige Anlagen verglichen. Alle Modelle sind in gleicher baulicher Ausführung gerechnet.

Der errechnete Investitionsbedarf setzt sich aus den Kostenblöcken für Bau, Technik (Stalleinrichtung, Melktechnik), für den Bergeraum (Futtermittel und Einstreumaterial) und für die Fahrсилоanlage zusammen. Der Bergeraum ist je nach Modell in das Stallgebäude integriert oder als zusätzliches Gebäude ausgeführt. Die Kosten wurden über Firmenangebote und eine eigene Kostenberechnung ermittelt. Alle Preise sind als reine Fremdleistung ohne Mehrwertsteuer gerechnet.

1.2 Ausführungen der Modellgebäude

Für alle Modelle wurde eine Stallfläche von 1,85 m² je Tierplatz, eine Fressplatzbreite von 40 cm und ein Tierplatz-/Fressplatzverhältnis von 1:1 zugrunde gelegt. Der Tierbereich ist als Zweiflächenbucht mit Tiefstreubereich und einem 1,2 m breiten Antritt zum innenliegenden Futtertisch ausgeführt. Bei allen Modellen wurde von einer Flächengründung auf Frostschutzkies gem. DIN EN 13285 (2003) auf normal gründungsfähigem, nicht bindigen Boden gem. DIN 1054 (2005) ausgegangen. Die Bewehrung der Bodenplatte wurde zur Rissbreitenbegrenzung auf $w_k=0,20$ mm gerechnet. Als Tragwerksvarianten (Schneelast: 1,30 kN/m²) wurden für die Modelle M490 einhäusige und mehrhäusige Modelle entwickelt (Abb. 1). Für die mehrhäusige Variante wurden zusätzlich Tragwerkstypen miteinander verglichen. Eine Variante ist, wie die einhäusigen Modelle, als Rahmenkonstruktion mit Stützen mit klassischem Satteldach, die andere als Tragwerk aus drei versetzten Pultdächern ausgeführt. Als Dacheindeckung wurden Faserzementplatten auf Koppelpfetten ohne Unterdach angenommen. Die Dachneigung

wird bei den Satteldachhallen mit 23° und bei der Pultdachvariante mit 7° angegeben. Aufgrund der verbesserten Querlüftungseignung durch die Pultdachkombination und der aufgelösten Bauweise kann hier die Wandhöhe deutlich reduziert werden. Bei allen Modellen bestehen die seitlichen Wände aus einem 1,20 m hohen Betonsockel und einem Curtainsystem, das bis 60 cm unter das Dach reicht.

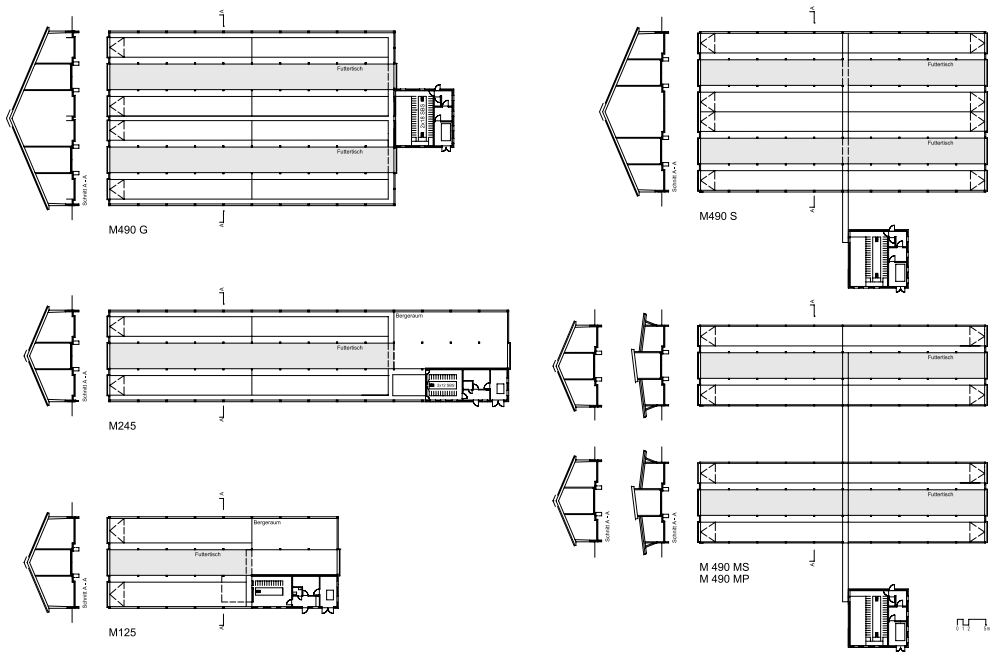


Abb. 1: Modellvarianten mit 125, 245 und 490 Tierplätzen

Fig. 1: Model layouts with 125, 245 and 490 animal places

Das Melkhaus des Modells M120 ist mit einem 1 x 12 SbS-Melkstand ausgerüstet, das Modell M245 beinhaltet einen 2 x 12 SbS-Melkstand und wurde durch einen Wartebereich ergänzt. Der Zutrieb der einzelnen Gruppen erfolgt über längs angeordnete Treibgänge. Für die Modelle M490 ist ein Melkhaus mit einem 2 x 18 SbS-Melkstand und einem Wartebereich vorgesehen. Alle Melkhäuser beinhalten die dazugehörigen Technikbereiche (Tank-, Technik-, Büro- und Sanitarräume).

Bei den Modellen M490 erfolgt der Zutrieb der Tiere zum Melkbereich je nach Anordnung des Melkhauses. Bei der giebelseitigen Anordnung erfolgt der Zutrieb über drei längsangeordnete, bei der separaten Anordnung über einen querliegenden Treibgang.

1.3 Investitionskosten

Die beiden Modelle mit integriertem Melkhaus weisen für 125 TP (M125) einen Investitionsbedarf von etwa 278.300 € (2.226 €/TP) und für 245 TP (M245) von etwa 456.700 € (1.864 €/TP) auf (Abb. 2). Die Differenz von etwa 362 €/TP ergibt sich in erster Linie aus dem Degressionseffekt bei steigenden Bestandsgrößen, was sich vor

allem in den Kostenblöcken für das Stallgebäude niederschlägt. Der Kostenblock Stall-einrichtung (e) ist im Bezug auf den Tierplatz für das Modell M245 etwas höher (60 € zu 94 €/TP), was sich aus den nötigen Treibgängen zum Melkhaus ergibt. Dagegen stehen, trotz zusätzlichem Wartebereich, die deutlich geringeren Kosten von etwa 486 €/TP (119.000 € gesamt) bei M245 für das Melkhaus gegenüber etwa 729 €/TP (91.100 € gesamt) bei M125, die sich aus der baulich und technisch identischen Ausführung der Melkhäuser ergeben. Die Nebenräume müssen unabhängig der Bestandsgröße zur Verfügung gestellt werden.

Bei den Modellen M490 ergeben sich aufgrund der identischen Ausführung der Melkhäuser und der Nebenanlagen keine Unterschiede in diesen Kostenblöcken. Die Kostenvorteile zeigen sich durch die Melkhausanordnung und die Ausführungen des Tragwerks. Das einhäusige Modell mit giebelständigem Melkhaus (M490 G) weist einen Investitionsbedarf von etwa 653.200 € (1.333 €/TP) auf, während für die Variante mit einem separat angeordneten Melkhaus (M490 S) eine Summe von etwa 604.400 € (1.233 €/TP) errechnet wurde. Dieser Kostenvorteil von etwa 100 €/TP ergibt sich durch die Anordnung der Treibgänge, was eine verringerte Breite der Liegehalle um 2,4 m bedeutet. Der zusätzlich benötigte Übergang zwischen Liegehalle und Melkhaus ist dabei unbedeutend.

Neben der Fragestellung der Kosteneinsparung durch die Anordnung des Melkhauses wurden nun zu der einhäusigen Variante zwei mehrhäusige Varianten mit unterschiedlichen Tragwerken berechnet. Für die erste mehrhäusige Lösung mit Satteldachkonstruktion (M490 MS) ergibt sich ein Investitionsbedarf von 658.000 € (1.344 €/TP), was eine Steigerung des Investitionsbedarfs gegenüber dem Modell M490S von 111 €/TP entspricht. Diese Differenz ergibt sich zu einem geringen Teil aus einem erhöhten Aufwand für die Gründungsarbeiten (erhöhte Schalungs- und Fundamentarbeiten). Den größten Kostenfaktor bildet dabei das Tragwerk mit einer Differenz von 37.700 €, was sich durch die Verdoppelung der Außenwände und Lichtfirste erklären lässt. Durch den aufwendigen Wandaufbau, der sich auf den Klimaansprüchen für Schafe und Ziegen gründet, schlägt dieser Faktor deutlich schwerer ins Gewicht, als in der Rinderhaltung. Die Verringerung der Spannweite durch eine Auflösung der Gebäude erwirkt hier nicht den zu erwartenden Kostenvorteil. Als zweite mehrhäusige Variante wurde die Satteldachkonstruktion durch eine Konstruktion aus drei versetzten Pultdächern ersetzt. Für diese Variante wurde ein Investitionsbedarf von 575.500 € (1.174 €/TP) errechnet. Der daraus resultierende Kostenvorteil gegenüber der Variante mit Satteldach, ergibt sich in erster Linie aus der kostengünstigen Tragwerkskonstruktion. Durch die aufgelöste Bauweise und die deutlich vergrößerten Dachöffnungen kann die Wandhöhe reduziert werden, ohne eine Verschlechterung der Querlüftung in Kauf nehmen zu müssen. Dadurch verringert sich zum einen die Kubatur der Gebäude, zum anderen wird dadurch die erhöhte Außenwandfläche durch die Mehrhäusigkeit teilweise kompensiert. Die erhöhten Stallinneneinrichtungskosten der mehrhäusigen Modelle entstehen durch den Übertrieb zwischen den Gebäuden. Insgesamt ergibt sich im Vergleich zur einhäusigen Variante ein Einsparpotenzial von 28.900 € (5 %). Dieses Einsparpotenzial zwischen ein- und mehrhäusigen Stallanlagen fällt im Vergleich zur Rinderhaltung deutlich geringer aus, was auf den aufwendigeren Wandaufbau zurückzuführen ist.

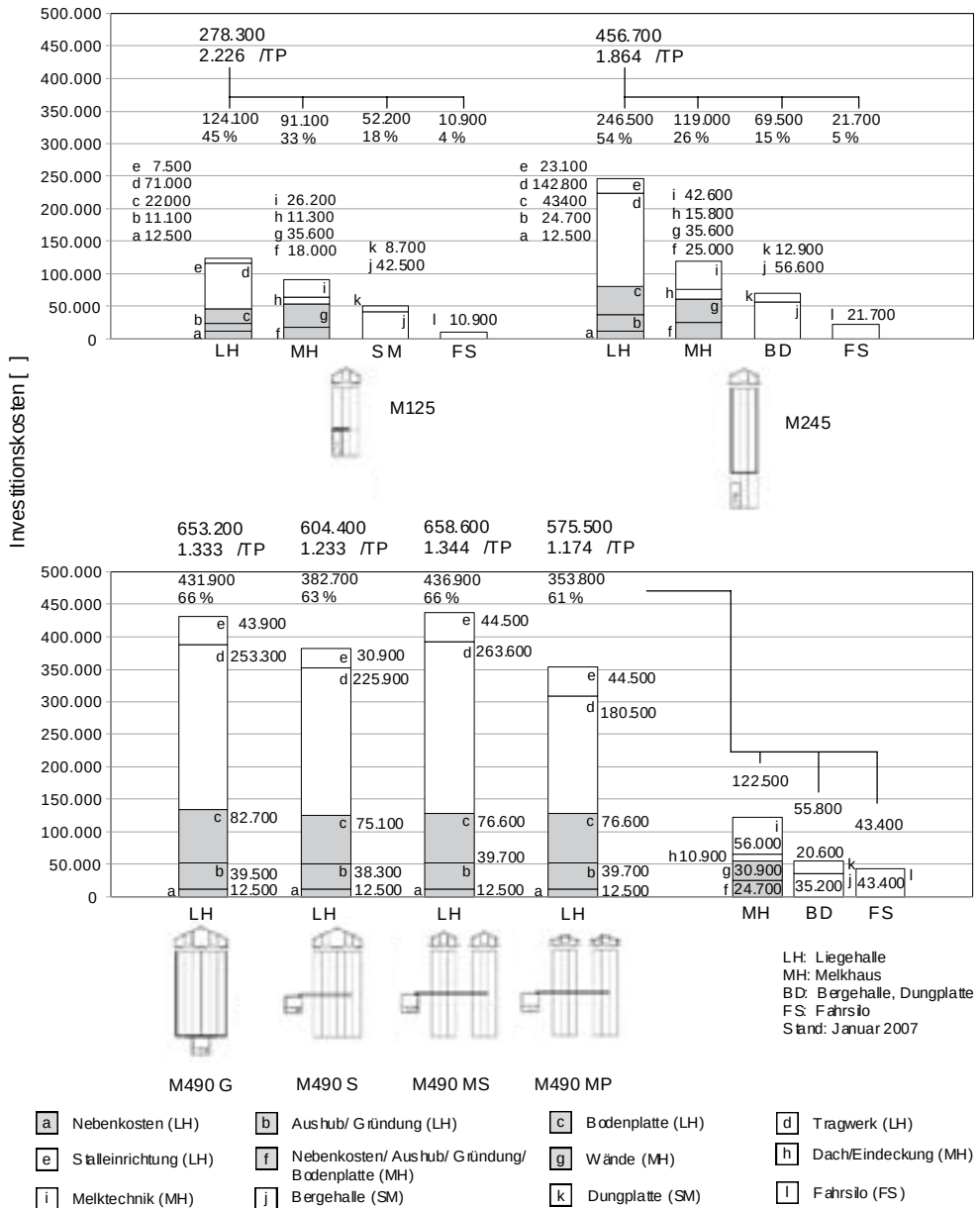


Abb. 2: Investitionskosten der Stallmodelle
Fig. 2: Investment costs

2 Schlussfolgerungen

Bei der Entscheidung für eine bestimmte Bauweise sind durch den Bauherren neben den reinen Baukosten noch weitere Vor- und Nachteile bei den einzelnen Gebäudetypen zu berücksichtigen. Hierzu gehören die mögliche Einbringung von Eigenleistung, der Bauunterhalt, die Wiederverwendbarkeit der konstruktiven Bauteile oder das Stallklima. Im Hinblick auf eine zukunftsfähige Baulösung ist die Erweiterbarkeit und Umnutzung wichtig. Gestalterische Aspekte, wie die Anpassung an das vorhandene Gelände bzw. die Größe und damit das Erscheinungsbild des entstehenden Gebäudevolumens sind mit den anderen Kriterien abzuwägen. Dieser Aspekt ist vor allem für Betriebe in hängigem Gelände wichtig, wo die Nutzung der vorhandenen Grünlandflächen durch Kleinwiederkäuer künftig eine immer größere Rolle spielen wird. Im Hinblick auf die Erweiterungsmöglichkeit spielt die Anordnung des Melkhauses die zentrale Rolle. Durch die integrierte Lösung wird eine der möglichen Erweiterungsachsen verbaut. Durch die Verlängerung des Gebäudes entstehen sehr lange Treibwege, die sich arbeitswirtschaftlich negativ auswirken. Durch die separate Anordnung des Melkhauses sind die Zutriebswege grundsätzlich kürzer. Eine Erweiterung des Betriebs ist durch eine Spiegelung der Liegehalle über das Melkhaus möglich. Der Zutrieb der Tiere kann auch hier einfach realisiert werden.

Insgesamt zeigt die mehrhäusige Lösung mit der versetzten Pultdachkonstruktion vor allem im Hinblick auf die Kosten, aber auch bei der Eigenleistungsfreundlichkeit, Erweiterbarkeit und dem Erscheinungsbild durch das geringe Gebäudevolumen sehr positive Eigenschaften. Die verringerten Gebäudebreiten in Kombination mit den großzügigen Dachöffnungen gewährleisten eine optimale Querlüftung, was sich positiv auf das Stallklima auswirkt.

Literatur

- ARBEITSGEMEINSCHAFT LANDTECHNIK UND LANDWIRTSCHAFTLICHES BAUWESEN IN BAYERN E.V. Arbeitsblatt 02.15.01 (2005): Milchräume – Einrichtung und Zuordnung. Weihenstephan
- DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2003): DIN EN 13285 Ungebundene Gemische. Berlin
- DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2005): DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau. Berlin
- ÖSTERREICHISCHES KURATORIUM FÜR LANDTECHNIK UND LANDENTWICKLUNG (2006): Landtechnische Schriftenreihe 228, Stallbau für die Schaf- und Ziegenhaltung, Wien

Vergleichende Untersuchungen zum Bewegungs- und Liegeverhalten in HIT-Aktivställen® und konventioneller Gruppenhaltung bei Pferden

Comparative study of the moving and resting behaviour of horses in HIT-Activ stables and conventional open barn

SABINE KLAER¹, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER², REINER BRUNSCH²

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik, Philippstr. 13, 10115 Berlin

² Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Pferdehaltung, Offenstall, Bewegung, Aktivität, Liegeverhalten, Tierverhalten, ALT-Pedometer
Keywords: horse husbandry, open stable, movement, activity, resting time, animal behaviour, ALT-Pedometer

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, herauszufinden, ob durch eine Gestaltung des Auslaufs und die restriktive Fütterung über Futterautomaten eine Steigerung der Bewegungsaktivität der Pferde zu erreichen ist. Weiterhin sollte untersucht werden, ob sich unterschiedliche Bodenbeläge und Einstreuvarianten auf das Liegeverhalten der Tiere auswirken. Zu diesem Zweck konnte eine Pferdegruppe vor ihrer Umstellung in den Aktivstall in ihrem alten Haltungssystem untersucht werden. Die Bewegungs- und Liegeimpulse wurden mit ALT-Pedometern (Aktivität, Liegen, Temperatur) ermittelt. Es ließ sich eine positive Korrelation zwischen Bewegungsleistung und zunehmender Strukturierung der Ausläufe feststellen. Im Bereich der Liegezeit konnte ein negativer Einfluss von Gummimatten im Liegebereich festgestellt werden.

Summary

Objective of the investigation was to quantify whether horses show more activity in stables with different options for movement and by automatic feeding systems. Further it should be analysed whether different bedding materials have an effect on the resting time of the horses. For this purpose a group of horses was reviewed in their old housing system (open stable) and in a so called HIT-Activity stable®. The movement behavior and lying time was determined by ALT-Pedometer (Activity, Lying, Temperature). The results show that there is a positive correlation between the increasing options for movement and the activity. The rubber mat had a negative influence on lying time.

1 Einleitung

Die Ansprüche des Pferdes an seine Umwelt orientieren sich am natürlichen Lebensraum. Optimale Bedingungen können bei der Schaffung einer künstlichen Umwelt nicht immer erfüllt werden. Die Einengung des Lebensraums beeinträchtigt das körperliche und seelische Wohlbefinden des in Herden lebenden Lauftieres (PIRKELMANN et al., 1991). Es ist nachgewiesen, dass Bewegung für die Gesunderhaltung und Regeneration des Bewegungsapparates sorgt, während Bewegungsmangel zu orthopädischen Schäden führen kann (MARTEN, 1996). In einem tiergerechten Haltungssystem sollten die artspezifischen Bedürfnisse des Pferdes berücksichtigt werden (RICHTER, 1992). Dem Bewegungsbedürfnis Rechnung tragend, wird die Gruppenhaltung in Offenställen immer beliebter. Da ein vegetationsloser Auslauf, wenig Bewegungsanreize bietet (HOFFMANN et al., 2006), werden neue Haltungskonzepte entwickelt.

Ziel

Diese Untersuchung soll einen Beitrag zur Klärung der Frage leisten, ob durch eine Gestaltung des Auslaufs und die restriktive und tierindividuelle Fütterung über Futterautomaten eine Steigerung der Bewegungsaktivität der Pferde zu erreichen ist. Zu diesem Zweck wurde die konventionelle Offenstallhaltung der Haltung in HIT-Aktivställen® gegenübergestellt.

2 Material und Methoden

In einem konventionellen Offenstall und einem HIT-Aktivstall®, wurden jeweils fünf Pferde mit ALT-Pedometern (Aktivität, Liegen, Temperatur) ausgestattet, um damit die Bewegungsaktivität der Pferde in Abhängigkeit von ihrer Haltungsform zu erfassen. Es bestand die Möglichkeit, die ausgewählten Pferde in ihrem alten Haltungssystem, einem konventionellen Offenstall, zu untersuchen, bevor diese in den HIT-Aktivstall® umgestallt wurden. Pro Pferd standen zwischen 57 m² und 285 m² Auslauffläche zur Verfügung (Tab. 1). Der Auslauf des konventionellen Offenstalls war nicht strukturiert.

Tab. 1: Größe und Bodenbelag des Offen- und HIT- Aktivstalls

Tab.1: *Dimensions of the open barn and HIT-Activ stable and flooring*

	Offenstall	HIT-Aktivstall®
Fläche pro Pferd (m ²)	57	285
Liegefläche pro Pferd (m ²)	4,1	28,6
Bodenbelag	Gummimatten	Sand

Für die Betrachtung der Bewegungsaktivität wird im Folgenden genauer auf die Haltung im konventionellen Offenstall und dem HIT-Aktivstall® eingegangen. Bei dem Auslauf in dem die Tiere vor ihrer Umstellung in den Aktivstall untergebracht waren, handelte es sich um einen einfachen, rechteckigen Auslauf. Der Aktivstall verfügte über

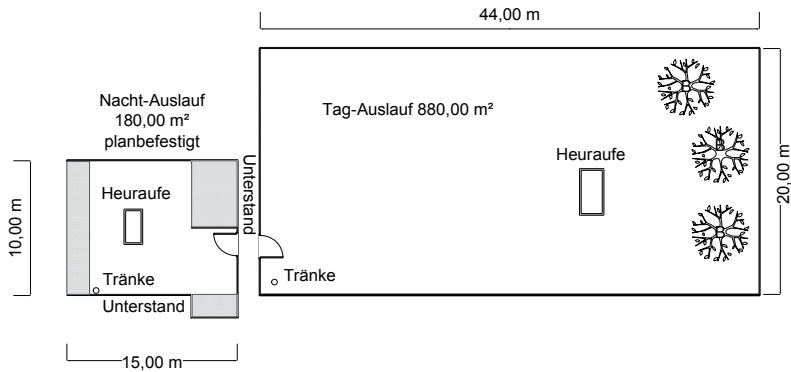


Abb. 1: Grundriss des konventionellen Offenstalls
 Fig. 1: Ground plan of the conventional open barn

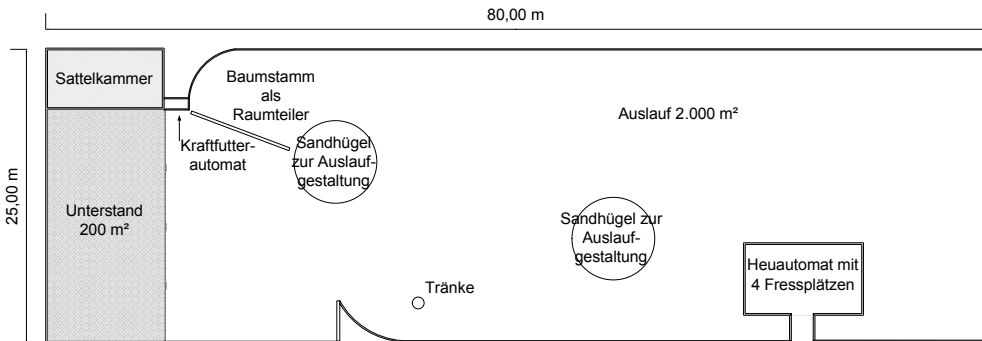


Abb. 2: Grundriss des HIT-Aktivstall®
 Fig. 2: Ground plan of the HIT-Aktiv stable®

eine Strukturierung des Auslaufs (Abb. 1 und 2). Zusätzlich erfolgte hier die Fütterung automatisch. An den Heu- und Kraftfutterautomaten erhielt jedes Tier bis zu 23-mal täglich eine angepasste Menge an Futter.

Im Offenstall verbrachten die Tiere die Nächte in einem separaten, planbefestigten Auslauf. Pro Pferd standen im Offenstall 4,1 m² und im HIT-Aktivstall® 28,6 m² überdachte Liegefläche zur Verfügung. Im Offenstall waren die Unterstände des Nachtauslaufs mit Gummimatten ausgelegt. Der Stall des HIT-Aktivstalls® war mit Sand eingestreut (Tab. 1).

3 Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Es wurden signifikante Unterschiede in der Bewegungsaktivität nachgewiesen. Es ließ sich eine positive Korrelation zwischen Bewegungsaktivität und zunehmender Strukturierung der Ausläufe feststellen (Abb. 2 und Tab. 2). Auch FRENTZEN (1994) konnte durch verschiedene Funktionsbereiche und Verlängerung der Wege mithilfe von Raumteilern eine Steigerung der Bewegungsaktivität bewirken. Besonders deutlich wurde die

Steigerung der Bewegung durch den Einsatz von Futterautomaten in den HIT-Aktivställen*. Dieses Ergebnis wird von PIRKELMANN (1990) bestätigt.

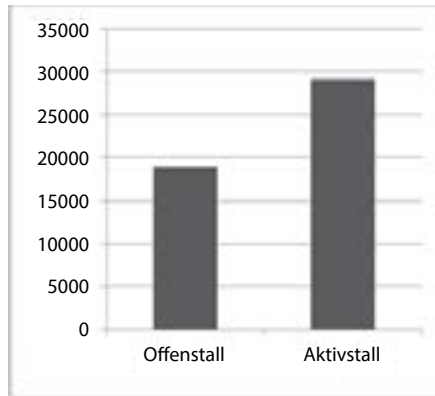


Abb. 3: Rangsummen der Bewegungsaktivität

Fig. 3: Rank sum of the activity behaviour

Tab. 2: Deskriptive Statistik der Bewegungsaktivität

Tab. 2: Descriptive statistic of the activity behaviour

Ställe	Stichprobenumfang N	Median
Offenstall	7 136	25
Aktivstall	6 541	117

Anhand der vorliegenden Ergebnisse kann festgestellt werden, dass einem Mangel an Bewegung, der für eine Vielzahl von Erkrankungen an Gliedmaßen und Verhaltensstörungen (COOPER und ALBENTOSA, 2005) verantwortlich gemacht wird, durch die Haltung in Aktivställen oder zumindest strukturierten Ausläufen in konventionellen Offenställen entgegengewirkt werden kann.

Im Bereich der Liegezeit konnte ein negativer Einfluss des Aktivstalls an sich, der Gummimatten und Softbetten festgestellt werden. Der negative Einfluss von HIT-Softbetten auf die Länge der Liegezeiten wird von KRAPP (2007) bestätigt. Der gewünschte Effekt, dass die Pferde auf der Suche nach Futter zwischen den einzelnen Futterautomaten pendeln und so in Bewegung bleiben, verringert die Liegezeiten (Abb. 4). Dieser negative Effekt wird durch den Einsatz ungenügend nachgiebiger Bodenbeläge wie Gummimatten unterstützt (Abb. 5).

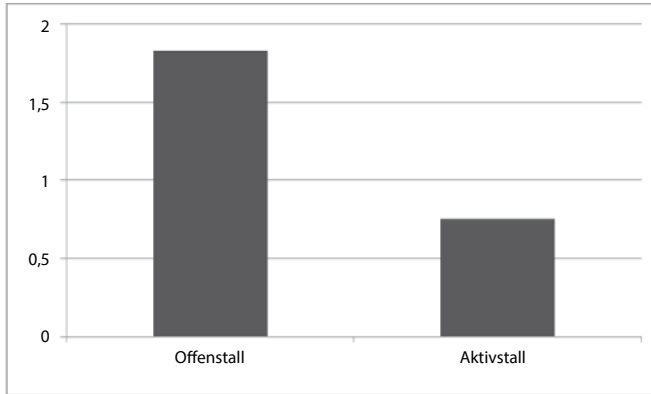


Abb. 4: Liegezeit in Stunden je Tag in Abhängigkeit vom Haltungssystem
 Fig. 4: lying-time in the husbandry system (hours per day)

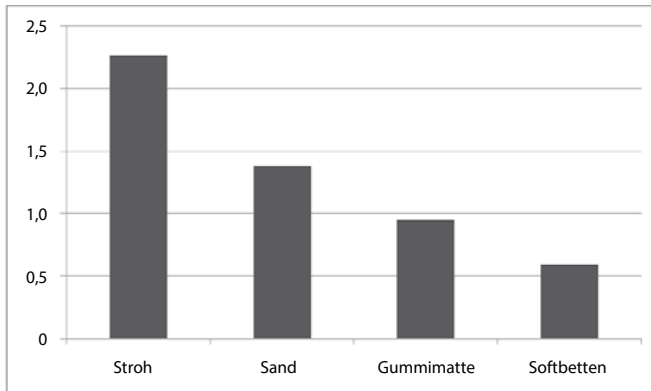


Abb. 5: Liegezeit in Stunden je Tag und Bodenbelag in den Unterständen
 Fig. 5: Lying-time in hours per day by different flooring

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass Pferde zum Liegen Sand, Stroh oder sogar die mit Spänen eingestreute Pferdetoilette eines HIT-Aktivstall® den Gummimatten vorziehen. Eine ausreichend große Liegefläche pro Tier ist ebenso wichtig wie ein genügend nachgiebiger Untergrund, um auch rangniederen Tieren ein ungestörtes Liegen zu ermöglichen (FADER, 2002).

Literatur

- COOPER, J. J.; ALBENTOSA M. J. (2005): Behavioural adaptation in the domestic horse: potential role of apparently abnormal responses including stereotypic behaviour. *Livestock Production Science* 92, S. 177–182
- FADER, C. (2002): Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenstall- und Boxenhaltung. Dissertation, München
- FRENTZEN, F. (1994): Bewegungsaktivitäten und -verhalten in Abhängigkeit von Aufstallungsform und Fütterungsrhythmus unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlich gestalteter Auslaufsysteme. Disseration vet.med., Hannover
- HOFFMANN, G.; BOCKISCH, F.-J.; KREIMEIER, P.; BREHME, U. (2006): Einfluss verschiedener Bewegungs- und Platzangebote auf das Bewegungsverhalten bei Pferden. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift 448, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt
- KRAPP, A. (2007): Der Einfluss verschiedener Einstreumaterialien im Liegebereich einer Gruppenhaltungsanlage auf das Liegeverhalten und das Ausscheideverhalten von Pferden. Bachelorarbeit, Universität Wien
- MARTEN, J. (1996): Stallgebäude für Pensionspferdehaltung. In: *Pensionspferdehaltung im landwirtschaftlichen Betrieb*. KTBL-Schrift 405, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt, S. 43–75
- PIRKELMANN, H. (1990): Verhalten von Pferden an rechnergesteuerten Automaten. KTBL-Schrift 344, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt, S. 116–127
- PIRKELMANN, H. (Hrsg.); AHLWEDE, L.; SCHÄFER, M.; SCHATZMANN, U.; SCHULZ, H. (1991): *Pferdehaltung*, 2. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- RICHTER, A. (1992): *Grundwerte der Tiergesundheit und Tierhaltung*. Fischer Verlag, Jena

Einfluss verschiedener Einstreumaterialien auf das Verhalten von Pferden in Boxenhaltung

Effect of different bedding materials on the behaviour of horses housed in single boxes

HANNA WERHAHN, ENGEL F. HESSEL, IRENE BACHHAUSEN, HERMAN VAN DEN WEGHE

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Pferdehaltung, Einstreu, Tierverhalten, Boxenhaltung
Keywords: horse husbandry, bedding material, animal behaviour, single boxes

Zusammenfassung

Die Auswirkungen von drei verschiedenen Einstreumaterialien (Stroh, Holzspäne, Strohpellets) auf das Verhalten von sechs Warmblutpferden (vier Stuten, zwei davon mit Fohlen) in Einzelboxenhaltung wurden untersucht. Jedes Material wurde für zwei Wochen eingestreut. Videokameras zeichneten jeweils an den ersten und letzten drei Tagen der Einstreuvariante das Verhalten auf. Zeitbudgets der Verhaltensweisen „Stehen“, „Fressen“, „Liegen“, „Beschäftigung mit Einstreu“ und „Sonstiges“ wurden erstellt. Stroheinstreu führte zu signifikant größerer Häufigkeit und Gesamtdauer von „Beschäftigung mit Einstreu“ und entsprechend zu geringeren Anteilen von „Stehen“ und „Sonstiges“. Weiterhin hatten die Einstreumaterialien einen signifikanten Einfluss auf die mittlere Liegedauer in Bauchlage je Abliegen und auf die Gesamtliegezeit in Bauchlage. Bei Strohpelletseinstreu trat die jeweils signifikant geringste mittlere Liegedauer und längste Liegezeit in Seitenlage auf.

Summary

The effects of three different bedding materials (straw, wood shavings, straw pellets) on the behaviour of six warmblood horses (four mares, two of them with foals) in single boxes were analyzed. Each material was used for two weeks. The behaviour of the horses was videotaped on the first and last three days of each bedding alternative, respectively. Time budgets for the behaviours “standing”, “eating”, “lying”, “occupied with bedding” and “other” were generated. Straw bedding caused significantly higher frequency and duration of “examination of the bedding material” and accordingly less fractions of “standing” and “other”. Furthermore, the bedding material had a significant influence on the mean sternal recumbency duration per set-off and on the total sternal recumbency time. Straw pellets resulted in the significantly least mean recumbency duration and the significantly longest lateral recumbency time.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Deutschland ist die vorherrschende Haltungsform von Großpferden die Einzelhaltung in Boxen (KORRIES, 2003). In diesem Haltungssystem sind die Tiere die meiste Zeit des Tages (häufig bis zu 23 Stunden) unmittelbar den Einflüssen der Stallumwelt ausgesetzt. Die Einstreu hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Schadgas- und Staubentwicklung und somit die Luftqualität im Stall. Hinreichend bekannt ist, dass Schadgase und Staub in der Stallluft schwerwiegende Atemwegserkrankungen zur Folge haben können, ebenso wie die Tatsache, dass unzureichend gepflegte Einstreu leicht zu Hufproblemen führt (DUNLEA et al., 1999; GERBER et al., 2003). Unklar ist jedoch, inwieweit das Einstreumaterial einen Einfluss auf das Pferdeverhalten hat.

Die vorliegende Untersuchung baut auf Ergebnisse auf, die aus einer Arbeit stammen, die die Auswirkungen gängiger Einstreumaterialien auf das Stallklima zum Schwerpunkt hatte (FLEMING, 2008). Ziel war es, zu klären ob und inwieweit das Einstreumaterial das Verhalten von Pferden in Boxenhaltung beeinflusst.

2 Material und Methoden

Der Versuch fand in einem Stall in Lönigen (Landkreis Cloppenburg, Niedersachsen) in dem Zeitraum vom 26.01. bis 04.09.2006 statt. In diesem Stall waren vier Warmblutstuten, zwei davon mit Fohlen, in Einzelboxen untergebracht. In drei Durchgängen à sechs Wochen, wurden die Boxen jeweils für die Dauer von zwei Wochen mit Stroh (Halmlänge ca. 20–30 cm; Woche 1 und 2), dann mit entstaubten Holzspänen (Weichholzspäne „Goldspan“, Firma Allspan; Woche 3 und 4) und zuletzt mit Strohpellets (Firma Biolan; Woche 5 und 6) eingestreut. In den zwei Wochen, in denen ein Material verwendet wurde, fand keine Entmistung statt, es erfolgte lediglich eine tägliche Kotentnahme und bei der Strohvariante wurde täglich eine definierte Menge Stroh (11 kg/Tag/Box) nachgestreut. Die Raufuttermittelgabe erfolgte bei vier Pferden (drei Boxen) außerhalb der Box auf der Stallgasse und bei zwei Pferden (eine Box, Mutterstute 2 und Fohlen) innerhalb der Box. Im letzten Versuchsdurchgang wurde das Verhalten der Pferde in der Box jeweils über die ersten und letzten drei Tage der Einstreuvariante mithilfe von Videokameras aufgezeichnet. Die Pferde hatten täglich sechs bis sieben Stunden Weidegang (i. d. R. von 11.00 bis 18.00 h), sodass die Aufzeichnung für diese Zeit unterbrochen wurde. Da die Fütterung und Ausbringung auf die Weide an den Beobachtungstagen nicht immer exakt zur gleichen Uhrzeit stattfand, musste die Beobachtungszeit von den möglichen 17 auf 15 Stunden pro Tag verkürzt werden. Für jedes Pferd ergaben sich so sechs Beobachtungstage je Einstreumaterial (insgesamt 108 Datensätze), die kontinuierlich ausgewertet wurden. Es wurden Zeitbudgets mit den Verhaltensweisen „Stehen“, „Fressen“, „Liegen“, „Beschäftigung mit Einstreu“ und „Sonstiges“ erstellt. Der Rubrik „Sonstiges“ wurden Verhaltensweisen mit geringer Häufigkeit bzw. Dauer zugeordnet, wie Trinken, Säugen, Erkundung der Box, Lokomotion, Wälzen, Fellpflege, Schweif scheuern, Flehmen, Aggressionsverhalten, Koten und Harnen.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem System SAS 8e (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 1999–2000). Da die Daten der Verhaltensweisen „Stehen“, „Liegen“

und „Beschäftigung mit Einstreu“ nicht normalverteilt waren, wurden sie jeweils durch ein- oder mehrmaliges Logarithmieren in eine Normalverteilung überführt. Die Prozedur GLM wurde für die mittlere Häufigkeit und Dauer der Verhaltensweisen für jedes einzelne Pferd durchgeführt. Mithilfe des t-Tests wurde die Signifikanz der ermittelten Unterschiede überprüft.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Beobachtungen ergaben, dass – jeweils bezogen auf einen Beobachtungstag von 15 Stunden – die StrohEinstreu zu signifikant größerer Häufigkeit und Gesamtdauer von „Beschäftigung mit Einstreu“ und entsprechend zu geringerer Häufigkeit und Gesamtdauer von „Stehen“ und „Sonstiges“ führte (Abb. 1). Im Hinblick auf das Wohlbefinden der Pferde scheint Stroh somit unter den untersuchten Materialien die Einstreuvariante darzustellen, die den Ansprüchen der Pferde am besten gerecht wird, da sie der natürlichen, etwa 60 % des Tages einnehmenden Nahrungsaufnahme der Pferde in freier Wildbahn (DUNCAN, 1980), am nächsten kommt. Dieses Ergebnis deckt sich mit Erkenntnissen von MILLS et al. (2000) aus Untersuchungen zu Einstreupräferenzen von Vollblütern.

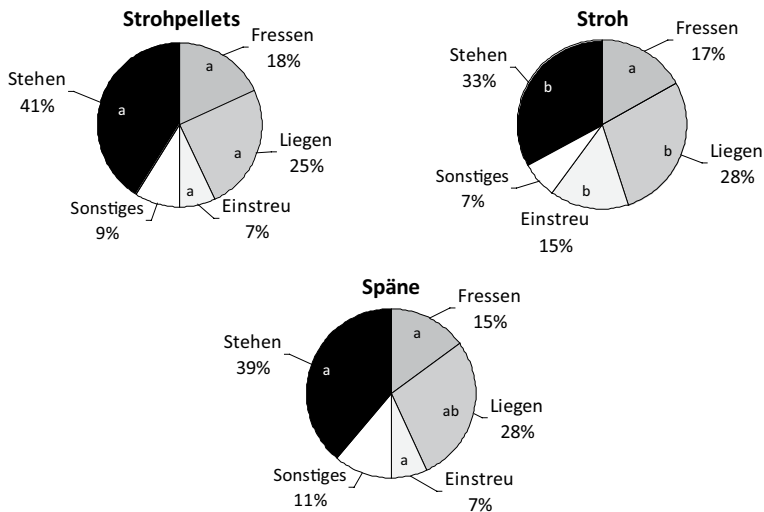


Abb. 1: Ermittelte Zeitbudgets zu den Verhaltensweisen während des Boxenaufenthalts (n = 108; Beobachtungsperiode 15 h) unterteilt nach Einstreuart

Fig. 1: Determined time budgets of the behaviour inside the box (n = 108; observation period 15 h) subdivided in bedding materials

Die *Gesamtliegezeit* (innerhalb der 15-stündigen Beobachtungszeit) war bei StrohEinstreu signifikant länger als bei der Einstreu von Strohpellets, die Gesamtliegezeit bei Späneeinstreu unterschied sich nicht signifikant von den anderen Materialien (Abb. 2). Auch bei Untersuchungen von HUNTER et al. (1989) ergaben sich keine Unterschiede

zwischen Stroh- und SpäneEinstreu. FADER et al. (FADER, 2002) stellten dagegen bei SpäneEinstreu im Vergleich zu Stroh eine etwas längere Liegezeit fest. Entgegen der Erwartungen ergab sich bei Einstreu von Strohpellets eine signifikant längere *Liegezeit in Seitenlage* als bei Stroheinstreu, die Liegezeit bei SpäneEinstreu lag wiederum zwischen den beiden anderen Materialien (Abb. 2). Da die Ruheform in Seitenlage für die lebenswichtigen Tiefschlafphasen als essenziell angesehen wird (PEDERSEN et al., 2004), bedarf dieses Ergebnis weiterer Untersuchungen. Die *Liegezeit in Bauchlage* wurde signifikant von der Einstreu beeinflusst. Hier ergab sich eine signifikant geringere Liegezeit bei Strohpelletseinstreu im Vergleich zu Stroh und Spänen (Abb. 2). Ob und inwiefern die Liegezeiten in Bauch- und Seitenlage voneinander abhängen, bleibt ebenfalls zu prüfen. Außerdem konnte festgestellt werden, dass die Einstreu bei Gesamtliegen und Liegen in Bauchlage einen signifikanten Einfluss auf die *Liegedauer je Abliegen* hat. Bei Gesamtliegen und Liegen in Bauchlage war die Liegedauer bei Strohpellets signifikant am geringsten. Die signifikant geringste Liegedauer in Seitenlage trat bei Stroheinstreu auf.

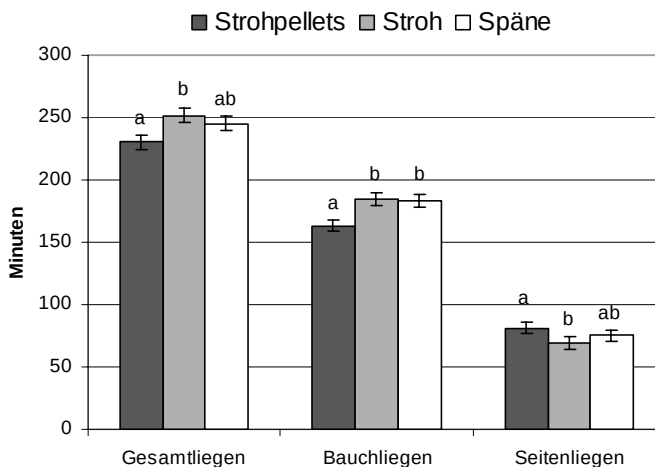


Abb. 2: LSMeans und SE der Liegezeit (in 15 h) unterteilt in Gesamtliegen, Bauchlage und Seitenlage in Minuten (n = 108)

Fig. 2: LSMeans and SE of the time spend lying (in 15 h) subdivided in total recumbency, sternal recumbency and lateral recumbency in minutes (n = 108)

Abbildung 3 verdeutlicht den hoch signifikanten Einfluss des einzelnen Pferdes auf die Verhaltensweisen an dem Merkmal „Beschäftigung mit Einstreu“. Die Zusammensetzung der Gruppe aus zwei Mutterstuten, zwei Fohlen, einem 5-jährigen (Reitpferd 1) und einem 18-jährigen Reitpferd (Reitpferd 2) war stark heterogen und erschwert somit die Interpretation der beobachteten Unterschiede. Die besonders lange Dauer der „Beschäftigung mit Einstreu“ bei Mutterstute 2 (Abb. 3) ist vermutlich auf die Art der Raufuttergabe zurückzuführen. Durch die Fütterung innerhalb der Box findet eine teilweise Vermischung von Futter und Einstreu statt. Durch die Suche nach Futterresten in der Einstreu verlängert sich die „Beschäftigung mit Einstreu“. Dennoch zeigte sich insgesamt, dass die Stroheinstreu eine um 8 % längere Beschäftigungsdauer mit der

Einstreu hervorruft als die beiden anderen Materialien (Abb. 1). In dieser Zeit befindet sich das Pferd sich mit dem Kopf am Boden, welches unter natürlichen Bedingungen der physiologischen Körperhaltung über mehr als die Hälfte des Tages entspricht. Außerdem ist die Beschäftigung eine wichtige Funktion, die von der Einstreu – insbesondere in Einzelhaltung – erfüllt werden sollte und hat einen großen Einfluss auf die Tiergerechtigkeit des Haltungssystems (ZEITLER-FEICHT, 2008; ZEITLER-FEICHT et al., 2005).

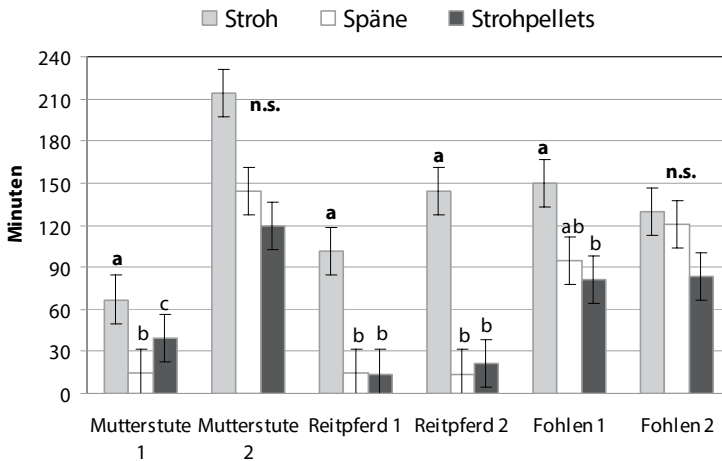


Abb. 3: LSMeans und SE der Gesamtdauer des Verhaltens „Beschäftigung mit Einstreu“ (in 15 h) unterteilt nach Pferden und Einstreumaterialien in Minuten (n = 108)

Fig. 3: LSMeans and SE of the total duration of "occupied with bedding" (in 15 h) subdivided in horses and bedding materials in minutes (n = 108)

Im Hinblick auf die längere Beschäftigungsdauer und geringere Stehzeiten scheint das Stroh die beste der untersuchten Einstreuvarianten darzustellen. Zwischen Strohpellets- und SpäneEinstreu konnten nur bei der Liegezeit in Seitenlage signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die Raufuttergabe innerhalb der Box führte bei allen Einstreuarten zu längerer Beschäftigungsdauer und sollte daher aus Sicht des Tierverhaltens der Raufuttergabe auf der Stallgasse vorgezogen werden.

Literatur

- DUNCAN, P. (1980): Time-budgets of camargue horses. Behaviour 72, S. 26–49
- DUNLEA, A. P.; DODD, A. V. (1999): A mechanical ventilation system for horse stables to control respirable dust. Irish Veterinary Journal 52, S. 257–262
- FADER, C. (2002): Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenlaufstall- und Boxenhaltung. Dissertation, Technische Universität München
- FLEMING, K. (2008): Eigenschaften ausgewählter Einstreumaterialien unter Praxisbedingungen hinsichtlich der Schwebstaub- und Gaskonzentrationen im Pferdestall mit Einzelboxenhaltung. Dissertation, Universität Göttingen

- GERBER, V.; ROBINSON, N. E.; LUETHI, S.; MARTI, E.; WAMPFLER, B.; STRAUB, R. (2003): Airway inflammation and mucus in two age groups of asymptomatic well-performing sport horses. *Equine Veterinary Journal* 35, S. 491–495
- HUNTER, L.; HOUP, K. A. (1989): Bedding material preferences of ponies. *Journal of Animal Science*, 67, S. 1986–1991
- KORRIES, O. C. (2003): Untersuchung pferdehaltender Betriebe in Niedersachsen. Bewertung unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit bei Trennung in verschiedene Nutzungsgruppen und Beachtung haltungsbedingter Schäden. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- MILLS, D. S.; ECKLEY, S.; COOPER, J. J. (2000): Thoroughbred bedding preferences, associated behaviour differences and their implications for equine welfare. *Animal Science – Glasgow*, 70, S. 95–106
- PEDERSEN, G. R.; SONDERGAARD, E.; LADEWIG, J. (2004): The influence of bedding on the time horses spend recumbent. *Journal of Equine Veterinary Science*, 24, S. 153–159
- ZEITLER-FEICHT, M. H. (2008): Handbuch Pferdeverhalten. Ursache, Therapie und Prophylaxe von Problemverhalten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart-Hohenheim
- ZEITLER-FEICHT, M. H.; BOHNET, W.; DÜE, M.; ESSER, E.; FRANZKY, A.; POLLMANN, U. (2005): Positionspapier zu den „Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten“. Herausgegeben vom Arbeitskreis Pferde der Tierärztlichen Vereinigung für Tierschutz e.V. (TVT), <http://www.tierschutz-tvt.de/positionspapier-pferdehaltung.pdf> (Abrufdatum: 08.01.2009)

Experimentelle Untersuchungen zur Generierung von Schwebstaubpartikeln aus verschiedenen Krippenfuttermitteln für Pferde

Experimental research relating to generation of airborne particles from different horse feeds

FELIX GARLIPP, ENGEL F. HESSEL, HERMAN VAN DEN WEGHE

Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Pferdehaltung, Futtermittel, Schwebstaubpartikel

Keywords: horse husbandry, feeds, airborne particles

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Schwebstaubgenerierung aus unterschiedlichen Allein- und Mischfuttermitteln für Pferde, in Abhängigkeit von der Art und der Verarbeitung, unter Technikumsbedingungen zu analysieren und miteinander zu vergleichen. Die Schwebstaubmessungen wurden unter standardisierten Voraussetzungen in einer Staubkammer durchgeführt. Zur Schwebstaubdifferenzierung wurden vier verschiedenen Messköpfe verwendet: PM_{20} ($< 20 \mu m$), PM_{10} ($< 10 \mu m$), $PM_{2,5}$ ($< 2,5 \mu m$) und $PM_{1,0}$ ($< 1 \mu m$). Die Analysen zeigten, dass das Reinigen der Futtermittel (Hafer und Gerste) zu einer Reduktion der Schwebstaubgenerierung um bis zu 80 % führte, wobei das Quetschen einen signifikanten Anstieg um bis zu 20 % (PM_{20} , PM_{10}) verursachte. Bei den verschiedenen industriell hergestellten Futtermitteln (Pellet und Müsli) traten die jeweils signifikant geringsten Schwebstaubkonzentrationen (PM_{20} , PM_{10}) auf.

Summary

Aim of the study was to analyze and compare the generation of different airborne particle fractions of diverse feed types and feed processing techniques under standardized laboratory conditions. All measurements of airborne particle generation have been effected under standardized conditions in a closed chamber (1 x1 x 1.5 m). The airborne particle concentration has been detected in four different particle fractions using four different sampling inlets: PM_{20} ($< 20 \mu m$), PM_{10} ($< 10 \mu m$), $PM_{2,5}$ ($< 2,5 \mu m$) and PM_1 ($< 1 \mu m$). It could be shown that cleaning of oats and barley breed to a reduction in the PM_{20} and PM_{10} particle fraction concentration of 80 %, whereas the rolling of this feeds causes to an increase of 20 % (PM_{20} , PM_{10}). The different compound feeds (Pellets, Mix) generated the significantly lowest concentration of PM_{20} and PM_{10} particle fraction.

1 Einleitung und Zielsetzung

Nichtinfektiöse respiratorische Erkrankungen (COPD, Rhinitis) beim Pferd resultieren häufig aus erhöhten Schwebstaubkonzentrationen in der Stallluft (SEEDORF und HARTUNG, 2002). Luftgetragene Partikel sind neben den Gehalten an Gasen wie z.B. Ammoniak und Kohlenstoffdioxid ein ausschlaggebender Faktor für ein schlechtes Stallklima (WOODS et al., 1993; MEYER und COENEN, 2002). Neben den unbelebten Bestandteilen können Staubpartikel auch Träger von Mikroorganismen und Endotoxinen darstellen, welche ausschlaggebend für eine Vielzahl von Atemwegserkrankungen sein können (SEEDORF und HARTUNG, 2002). Als Quellen für Schwebstaub in Pferdeställen konnten Einstreu sowie Raufutter in diversen Studien zweifelsfrei nachgewiesen werden (ZEITLER, 1986; BARTZ, 1992; FLEMING et al., 2008). Die Schwebstaubgenerierung aus Krippenfuttermitteln wird oftmals vernachlässigt, wobei diese im direkten Einatmungsbereich des Pferdes beim Füttern stattfindet und beim Fressen eingeatmet wird. Derzeit gibt es keine Angaben darüber, wie hoch die Schwebstaubgenerierung [mg/m³] verschiedener Partikelfractionen ausgehend von Krippenfuttermitteln ist. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, verschiedene Allein- und Mischfuttermittel in Abhängigkeit von der Verarbeitung (Reinigung, Quetschen, industrielle Herstellung), in Bezug auf die Höhe ihrer Schwebstaubgenerierung (PM₂₀, PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{1,0}), unter Laborbedingungen zu analysieren.

2 Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden folgende 13 Futtermittel ausgewählt:

- Hafer (aus einheitlicher Charge):
ungequetscht ungereinigt, gequetscht ungereinigt, ungequetscht gereinigt, gequetscht gereinigt
- Gerste (aus einheitlicher Charge):
ungequetscht ungereinigt, gequetscht ungereinigt, ungequetscht gereinigt, gequetscht gereinigt, Gersteflocken
- industriell hergestellte Futtermittel:
Pellet 5 mm, Pellet 10 mm, Müsli 1 (strukturarm), Müsli 2 (struktureich)

Das Reinigen der Futtermittel Hafer und Gerste erfolgte im Vorfeld der Untersuchungen mithilfe des Aspirateur OPTIMA 2002 NA (Company ZUTHER GmbH, Karwitz, Germany). Das Quetschen der jeweiligen Futtermittel wurde mithilfe der Quetsche „Universal“ (Company Sommer Maschinenbau, Osnabrück, Germany) durchgeführt. Die Gersteflocken, Pellet- und Müsli Futtermittel wurden von einem zertifizierten Futtermittelunternehmen hergestellt und zur Verfügung gestellt. Vor Beginn der Schwebstaubmessungen wurde von jedem Futtermittel der Trockenmassegehalt (TM in %) im Labor analysiert. Zusätzlich wurde durch Sieben der jeweiligen Futtermittel die partikuläre Zusammensetzung in fünf Partikelgrößen (9,9 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm, < 1 mm) bestimmt.

Mithilfe des gravimetrisch messenden Online-Schwebstaubmessgeräts TEOM 1400a der Firma Rupprecht und Patashnick Company (USA) wurde von jedem Futtermittel die Schwebstaubgenerierung [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] über 60 Minuten analysiert (pro Minute ein Messwert). Die Futtermittel wurden in eine eigens für diese Studie entwickelte Staubkammer ($1,5 \times 1 \times 1 \text{ m}$) integriert. Die Futtermittel wurden standardisiert über einen Einfüllbehälter mit Schiebevorrichtung der Kammer zugeführt. Von jedem Futtermittel wurden 2 kg abgewogen. Zur Schwebstaubdifferenzierung wurden vier verschiedene Messköpfe, in drei Wiederholungen pro Futtermittel, nacheinander verwendet ($n = 156$).

- $\text{PM}_{20} \leq 20 \text{ }\mu\text{m}$ (Gesamtschwebstaub)
- $\text{PM}_{10} < 10 \text{ }\mu\text{m}$ (thoraxgängiger Schwebstaubanteil)
- $\text{PM}_{2,5} < 2,5 \text{ }\mu\text{m}$ (alveolargängiger Schwebstaubanteil)
- $\text{PM}_{1,0} < 1,0 \text{ }\mu\text{m}$ (alveolargängiger Schwebstaubanteil)

Alle Messungen fanden unter standardisierten Bedingungen (relative Luftfeuchte = 45 % Temperatur = 18 °C) statt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mithilfe des Programms SAS 9.1 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Die Daten wurden mittels der Prozedur GLM bearbeitet, wodurch der Einfluss der Futtermittelart und der Verarbeitung auf die Schwebstaubgenerierung geschätzt wurde. Für die Auswertung wurde jeweils die mittlere Maximalschwebstaubkonzentration (C_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) und die mittlere 60-Minuten-Schwebstaubkonzentration (C_{mean} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) mit dazugehöriger Standardabweichung (SD [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) ermittelt. Mithilfe des t-Tests wurden signifikante Unterschiede ($P \leq 0,05$) zwischen den Schwebstaubkonzentrationen der jeweiligen Futtermittel ermittelt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Trockenmassebestimmung und partikuläre Zusammensetzung

Die Bestimmung der Trockenmasse der einzelnen Futtermittel ergab Werte im Bereich von 84,9 % bis 90 %. Die höchste Trockenmasse wiesen die Pellets (5 mm) auf und die niedrigste das Müsli 1. In Bezug auf die partikuläre Zusammensetzung der jeweiligen Futtermittel zeigten Müsli 1 (17,9 %) und die gequetschte, nicht gereinigte Gerste (13,7 %) den höchsten Anteil an Partikeln der Größe $< 2 \text{ mm}$. Im Vergleich dazu hatten die Futtermittel Hafer (gereinigt und gequetscht gereinigt), beide Pelletsorten und Müsli 2 einen Anteil von weniger als 1 % der Partikelfraktion $< 2 \text{ mm}$.

3.2 Schwebstaubmessungen Hafer

Der verwendete ungereinigte Hafer (ganz und gequetscht) generierte eine signifikant höhere PM_{20} , PM_{10} und PM_1 Partikelkonzentration (C_{max} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) im Gegensatz zu gereinigtem Hafer. Das Reinigen führte zu einer Reduktion der mittleren Maximalschwebstaubkonzentration sowie der mittleren 60-Minuten-Schwebstaubkonzentration der PM_{20} und PM_{10} Fraktionen um etwa 80 % und der $\text{PM}_{2,5}$ und $\text{PM}_{1,0}$ Fraktionen um etwa 30–50 %. Dieser Trend konnte ebenfalls in Praxisuntersuchungen von HAAKE (1992) nachgewiesen werden, dort führte die Reinigung des Hafers zu einer etwa 84,4 % geringeren Schwebstaubgenerierung.

Das Quetschen von Hafer (gereinigt und nicht gereinigt) führte zu einem signifikanten Anstieg der mittleren maximalen Schwebstaubkonzentration um 20 % (PM_{20}

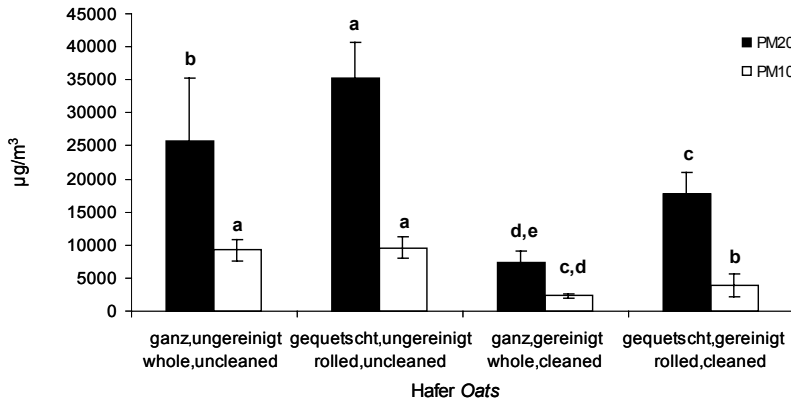


Abb. 1: Mittelwerte ($n = 3$) der maximalen Schwebstaubkonzentrationen ($C_{\max}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] PM₂₀ und PM₁₀) von Hafer unterschiedlicher Bearbeitungsweise; a, b, c, d, e = Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($P \leq 0,05$)

Fig. 1: Means ($n = 3$) of the maximum PM₂₀ and PM₁₀ particle fraction concentration ($C_{\max}$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) within oats after different processing; a, b, c, d, e = means without a common letter differ significantly ($P \leq 0,05$)

und PM₁₀). Innerhalb der alveolargängigen Partikelfractionen PM_{2,5} und PM₁ generierte die signifikant höchste Schwebstaubkonzentration der ungereinigte, nicht gequetschte Hafer. Abbildung 1 (Fig. 1) verdeutlicht die Schwebstaubgenerierung von Hafer unterschiedlicher Bearbeitungsweise (PM₂₀ und PM₁₀).

3.3 Schwebstaubmessungen Gerste

Die signifikant höchste Schwebstaubkonzentration (PM₂₀) generierte die ungereinigte, gequetschte Gerste. Im Vergleich zu Hafer, zeigte die Messung der PM₁₀ Fraktion keine

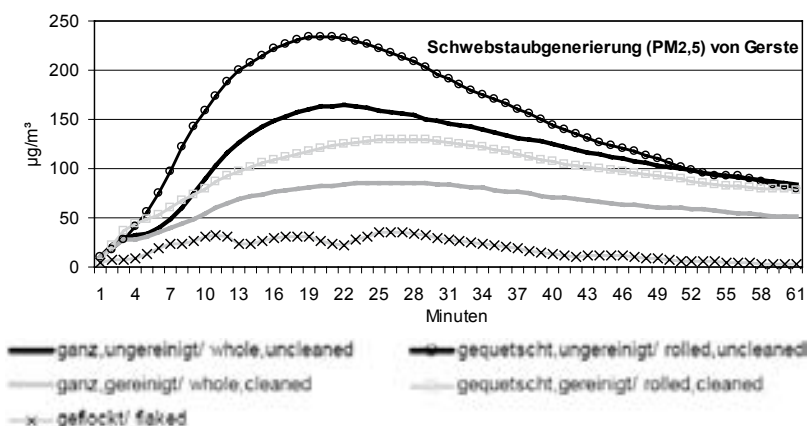


Abb. 2: Schwebstaubgenerierung (PM_{2,5}) von Gerste unterschiedlicher Bearbeitungsweise in Abhängigkeit von der Zeit ($n = 3$)

Fig. 2: Generation of airborne particles (PM_{2,5}) of barley as a function of time and processing ($n = 3$)

signifikanten Unterschiede zwischen gequetschter und nicht gequetschter Gerste. Die geringste Schwebstaubgenerierung wies die geflockte Gerste auf. Der Effekt des Reinigens stellte sich ähnlich wie beim Hafer dar. Die signifikant höchste Schwebstaubkonzentration der alveolargängigen Partikelfraktion ($PM_{2,5}$) konnte bei der nicht gereinigten, gequetschten Gerste nachgewiesen werden. Abbildung 2 (Fig. 2) zeigt den mittleren 60-Minuten-Schwebstaubkonzentrationsverlauf der alveolargängigen Partikelfraktion $PM_{2,5}$ von Gerste unterschiedlicher Bearbeitungsweise.

3.4 Schwebstaubmessungen industriell hergestellter Futtermittel

Die Schwebstaubgenerierung der Partikelfractionen PM_{20} , PM_{10} und $PM_{2,5}$ zeigten für die industriell hergestellten Futtermittel bis zu 80 niedrigere mittlere 60-Minuten Schwebstaubkonzentrationen (C_{mean} [$\mu g/m^3$]) im Vergleich zu ungereinigtem Hafer und ungereinigter Gerste. Von den industriell hergestellten Futtermitteln generierten beide Müslisorten bis zu 20 % niedrigere Schwebstaubkonzentrationen (PM_{20} und PM_{10}) im Vergleich zu beiden Pelletsorten. Die Größe der Pellets (5 mm und 10 mm) hatte keinen Einfluss auf die Höhe der Schwebstaubgenerierung. Müsli 1 wies eine der höchsten mittleren 60-Minuten-Schwebstaubkonzentrationen der alveolargängigen PM_1 Fraktion auf (Abb. 3). Die Ursache dafür könnte der hohe Gehalt an geschroteten sowie getrockneten Bestandteilen des Müslifuttermittels sein.

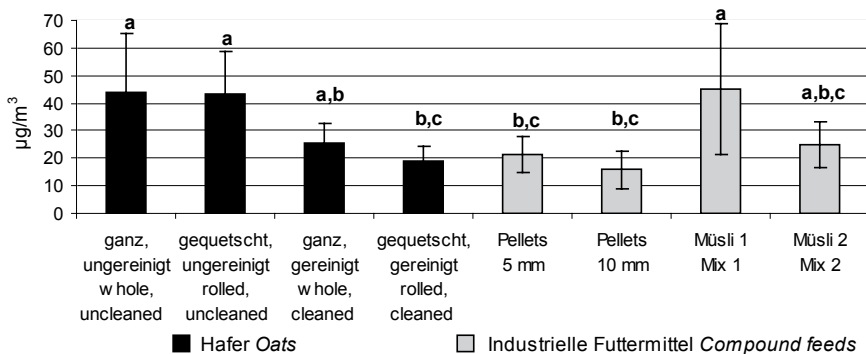


Abb. 3: Mittelwerte ($n = 3$) der 60-Minuten-Schwebstaubkonzentrationen (C_{mean} [$\mu g/m^3$]) der Partikelfraktion PM_1 von Hafer unterschiedlicher Bearbeitungsweise und der industriell hergestellten Futtermittel; a, b, c = Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ($P \leq 0,05$)

Fig. 3: Means ($n = 3$) of total 60-minute PM_1 particle fraction concentration (C_{mean} [$\mu g/m^3$]) within oats after different processing and compound feeds; a, b, c = means without a common letter differ significantly ($P < 0,05$)

Literatur

- BARTZ, J. (1992): Staubmessungen im direkten Einatmungsbereich eines Pferdes mit Hilfe eines „personal samplers“. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover
- FLEMING, K.; HESSEL, E. F.; VAN DEN WEGHE, H. F. A. (2008): Evaluation of factors influencing the generation of ammonia in different bedding materials used for horse keeping. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28, S. 223–231
- HAAKE, B. (1992): Felduntersuchungen zum Einfluss von Einstreu und Futterart auf die Luftqualität in freigelüfteten Boxen in einem Reitstall. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover
- MEYER, H.; COENEN, M. (2002): Pferdefütterung – 4. Erweiterte und aktualisierte Auflage, Parey Buchverlag, Berlin
- SEEDORF UND HARTUNG (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., (Hrsg.), KTBL-Schrift 393, KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster
- WOODS, P. S.; ROBINSON, N. E.; SWANSON, M. C.; REED, C. E.; BROADSTONE, R. V.; DERKSEN, F. J. (1993): Airborne dust and aeroallergen concentration in a horse stable under two different management systems. *Equine Veterinary Journal*, 25, S. 172–174
- ZEITLER, H. M. (1986): Staub-, Keim- und Schadgasgehalt in der Pferdestallluft, unter besonderer Berücksichtigung der FLH (Farmer's lung hay) Antigene. *Tierärztl. Umschau*, 41, S. 839–845

Ortungssysteme in Arbeitswissenschaft und Ethologie – Untersuchungen zur Genauigkeit der Positionsbestimmung in Gebäuden

Positioning systems in work science and ethology – researches on accuracy of position determination in buildings

STEFANIE BEYER, RUDOLF PEIS, JULIANA MACÍUHOVÁ, BERNHARD HAIDN

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

Schlüsselwörter: Ortung, Positionsmesssystem, Messgenauigkeit
Keywords: local positioning system, accuracy of measurement

Zusammenfassung

Die Echtzeit-Ortungssysteme Abatec Local Position Measurement (LPM) und Ubisense Series 7000 wurden in der Baulehrschau der LfL mit dem Ziel getestet, Aussagen über deren Genauigkeit zu erhalten. Je Systemvariante wurden 90 statische Transponder-ortungen sowie 15 weitere für die unterschiedlichen Transponderbauarten der Firma Ubisense verglichen. Alle Messpunkte wurden mit einem Tachymeter vermessen. Die damit erzielten Werte dienten als Referenzpunkte. Die Ergebnisse zeigen bei gleicher Anzahl Messstationen tendenziell eine vergleichbare Genauigkeit, wobei Abatec bei geringeren Streuungsmaßen innerhalb der Messreihen keine Ausfälle aufwies. Demgegenüber liegen die Vorzüge von Ubisense bei einer deutlich längeren Betriebsdauer sowie einem geringeren Transpondergewicht und geringerer Transpondergröße.

Summary

The real time location systems Abatec Local Position Measurement (LPM) and Ubisense Series 7000 were tested in the exhibition hall of the Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry of the Bavarian State Research Center for Agriculture in order to achieve information of accuracy. 90 static location measurements per system were made to compare them with tachymeter measurements and with each other. In conclusion, the Abatec-system is by tendency equally accurate, however, by lower deviation and without any missing measurement data. In contrast, Ubisense connects the advantages of a clearly larger operating time with lower transponder weight and size.

1 Einleitung

Die Kenntnis der genauen Position von Menschen, Tieren und Maschinen liefert für viele landwirtschaftliche Verfahren und Systeme wichtige Erkenntnisse und Steuerungsmöglichkeiten. Während im Außenbereich hierfür Satellitenortung (GPS) zur Verfügung steht, werden für den Einsatz in Gebäuden weder Signalabschirmung noch zuverlässige Alternativen gesucht. Der Ultrabreitband-Technologie (UWB) werden wegen hoher Übertragungsraten bei geringem Stromverbrauch und einer Ortungsgenauigkeit unter 1 m gute Chancen für eine stärkere Verbreitung eingeräumt. Ziel der eigenen Arbeit war es, die Ortungssysteme der Firmen Ubisense und Abatec auf ihre Genauigkeit zu testen, um ihre Eignung zur Erfassung von Arbeitszeit und Tierverhalten einschätzen zu können.

2 Material und Methoden

2.1 Systembeschreibung

Die Echtzeit-Ortungssysteme Ubisense Series 7000 und Abatec Local Position Measurement (LPM) bestehen aus aktiv sendenden Transpondern, ortsfesten Messstationen zur Ermittlung der Transponderkoordinaten, PC sowie Netzwerkinfrastruktur (Tab. 1). Die Messstationen empfangen Signale von den Transpondern, die an verschiedenen Objekten befestigt sein können. Deren Positionsbestimmung (Ortung) findet über die Erfassung von Laufzeitunterschieden sowie zusätzlich über Messungen des Einfallswinkels des Transpondersignals (Ubisense) statt. Die Positionen der Messstationen werden beim Aufbau mit einem Tachymeter eingemessen und sind dem System bekannt. Die Messstationen sind bei Ubisense mit LAN-Kabel über einen Switch an einen PC angeschlossen und zur Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen den eingehenden Signalen zusätzlich auch miteinander verbunden. Die Verrechnung der Daten findet in den Messstationen, die Aufzeichnung und weitere Verarbeitung im PC statt. Das System Abatec verwendet für die Datenkommunikation zwischen Stationen und einem Linux-PC Lichtwellenleiter-Kabel mit Hub. Die Messstationen liefern Rohdaten an den Computer, von dem sie verarbeitet und als UDP-Stream ausgegeben werden.

Transponder werden von Ubisense in zwei Bauformen angeboten. Eine für den personengebundenen Einsatz mit gerichteter Signalabgabe (Slim Tag) und eine mit ungerichteter Signalabgabe (Compact Tag). Bei Abatec sind ein Transpondertyp mit vier Antennen-Anschlussmöglichkeiten sowie austauschbare Antennen in drei Bauformen verfügbar.

Für die Erfassung 3-dimensionaler Daten benötigt Ubisense aufgrund der Einfallswinkelmessung der ankommenden Signale nur mindestens zwei möglichst hoch angebrachte Messstationen. Dagegen sind bei Abatec zur 3D-Messung weitere in verschiedenen Ebenen (mindestens drei) angebrachte Stationen erforderlich.

Die Möglichkeit Rohdaten auszulesen, ist im Ubisense-System nicht gegeben. Es können verarbeitete Daten im CSV-Format bereitgestellt werden. Über die Verrechnung der Rohdaten liegen von der Firma allerdings keine Angaben vor.

Bei der Unterstützung des Kunden scheint Ubisense den Schwerpunkt darauf zu legen, ein fertiges System im Rahmen einer Dienstleistung mit eigenen Fachleuten beim

Kunden an dessen Anforderungen inklusive Softwareentwicklungen anzupassen. Abatec ist an einer Weiterentwicklung des LPM-Systems in Zusammenarbeit mit dem Kunden und Anpassung an landwirtschaftliche Anforderungen zur Erschließung eines neuen Marktsegmentes interessiert.

Tab. 1: Technische Daten der Ortungssysteme (nach Firmenangaben)

Tab. 1: Technical specifications of the location systems (statements of the company)

System	Ubisense Series 7000		Abatec Local Position Measurement (LPM)
Frequenz	Positionsbestimmung: 6 GHz–8 GHz Kontrollkanal: 2,4 GHz		5,8 GHz
Ortung	Laufzeit, Einfallswinkel		Laufzeit
Messgenauigkeit	Besser als 15 cm in 3D		Bis $\pm$ 5 cm
Aktualisierungsrate	Sensor: 40/135 Hz Transponder (Tag): 0,01–10/20 Hz		1 000 Hz
Messstation	Sensor		Basisstation
Stromversorgung	Power-over-Ethernet IEEE 802.3af		110/230 V
Verbindung	LAN-Kabel		LWL Glasfaser
Transponder	Slim Tag	Compact Tag	Transponder (versch. Antennen)
Maße	83 x 42 x 11 mm	38 x 39 x 16,5 mm	92 x 57 x 15 mm
Gewicht	32 g	25 g	60 g
Stromversorgung	3 V Knopfzelle (CR2477)		Lithium-ion
Einsatzdauer	Dauerbetrieb 1 Update / 5 s: ca. 5 Jahre		4–5 Stunden
Organisation	max. 12 Sensoren/Zelle beliebige Anzahl Zellen unbeschränkte Anzahl Transponder		max. 30 Zellen bis 16384 Transponder
Messfeld	40 m x 40 m/Zelle		500 m x 500 m/Zelle
3D-Messung	mindestens zwei Sensoren		mehrere Ebenen Basisstationen

2.2 Versuchsaufbau

Die Prüfung der Systeme fand unter einheitlichen Bedingungen in der Baulehrschau „Rinder- und Pferdehaltung“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft am Standort Grub statt. Es handelt sich hierbei um eine stützenfreie Halle mit Leimbinderkonstruktion (L = 40 m, B = 19 m).

Die Durchführung der Messungen erfolgte mit dem Ubisense-System (Aktualisierungsrate Sensor: 40 Hz, Transponder: 10 Hz) im Oktober und November 2008. Hierfür waren insgesamt vier Messstationen an den Ecken der Ausstellungshalle aufgebaut. Im Januar und Februar 2009 wurden an denselben Eckpositionen sowie an weiteren Stellen insgesamt zehn Abatec-Messstationen in einer Ebene angebracht. Über die Abatec-Software können diese einzeln an- und abgeschaltet werden. Deshalb war es möglich, mit diesem System an jeder Messposition Positionsbestimmungen mit zehn, sechs und

vier Messstationen durchzuführen. Aufgrund der Anordnung der Messstationen waren allerdings nur Messungen in 2D möglich, bei Ubisense dagegen auch in 3D.

Da Aussagen über die Genauigkeit statischer und dynamischer Transponderortungen ermittelt werden sollten, wurden statische Messpositionen in der Ausstellungshalle festgelegt und die Koordinaten (als Referenzpunkte) mit einem Tachymeter bestimmt. Um die Genauigkeit der Ortsbestimmung bei Bewegung erfassen zu können, waren die Transponder auf einer liegenden und rotierenden Flügelkonstruktion mit definierter Mittelpunktsp position und gleichmäßiger Vorlaufgeschwindigkeit befestigt. Ergebnisse hierzu liegen derzeit noch nicht vor.

Bei den Untersuchungen wurden beide Varianten des Ubisense-Transponders sowie Abatec-Transponder mit gerader Sperrtopfantenne in Anschluss 1 eingesetzt. Die Messdatenerfassung erfolgte über mindestens drei Minuten an jeder der ausgewählten Positionen (Abb. 1). Die Anordnung der Transponder variierte:

- ein Transponder einzeln,
- zwei Transponder gleichzeitig nebeneinander bei einem Abstand von 0,72 m und gleicher Höhe,
- drei Transponder in unterschiedlicher Höhe (0,4 m, 0,9 m, 1,4 m) aber gleichen xy-Koordinaten,
- Compact Tag- und Slim Tag-Transponder gleichzeitig an verschiedenen Stellen und Höhen.

Die Auswertung der aufgezeichneten Rohdaten bzw. verarbeiteten Daten erfolgte mit SAS 9.1. Nach dem Datenimport wurde ein Ausreißertest durchgeführt. Lag eine der xyz-Koordinaten um mehr als den eineinhalbfachen Interquartilabstand unter dem

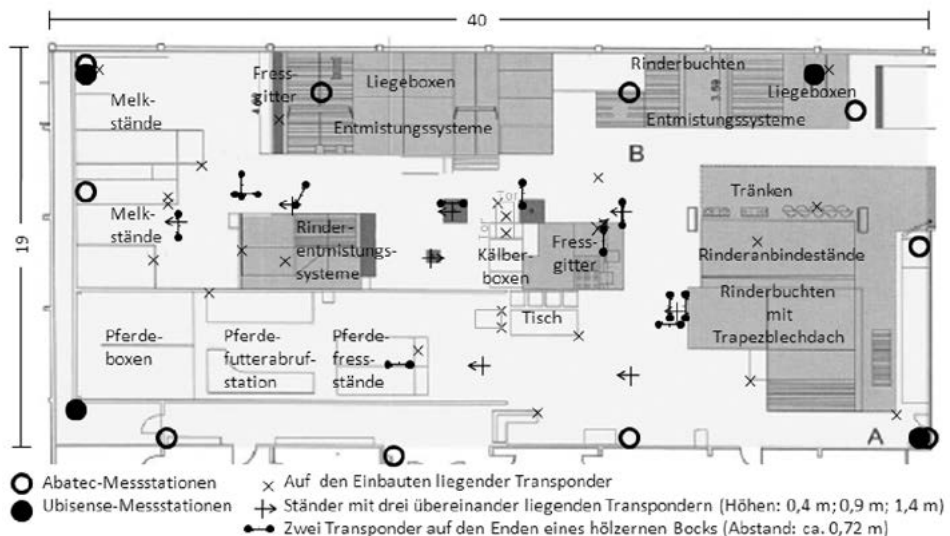


Abb. 1: Grundriss der Baulehrschau „Rinder- und Pferdehaltung“ mit Einbauten, Positionen der Messstationen und der Transponder

Fig. 1: Ground plan of the exhibition hall „stable and equipment for cattle and horse husbandry“ with installations and positions of measuring stations and transponders

25 %-Quantil bzw. über dem 75 %-Quantil der jeweiligen Messung, so wurde dieser Messwert verworfen. Anschließend wurden, um eine vergleichbare Datenbasis der Systeme zu erhalten, aus den verbleibenden Messwerten Sekundenmittelwerte gebildet. Als Kenngröße für die Testverfahren diente das Skalarprodukt aus den xy- bzw. xyz-Koordinaten zwischen Ortungs- und Tachymetermessung.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen wurden hinsichtlich Unterschiede zwischen den Herstellern sowie den Systemvarianten der Firmen Ubisense (2D, 3D, Slim Tag, Compact Tag) und Abatec (4, 6, 10 Messstationen) mit der SAS-Prozedur NPAR1WAY (WILCOXON) getestet. Um eine Verteilung der Genauigkeit aus den Einzelmessungen zu erhalten, wurde bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ getestet, ob die Nullhypothese (H_0 = kein Unterschied von 0) zutrifft. Dabei wurden die Genauigkeitsgrenzen in Schritten von 0,05 m von 0,05 m bis 1,0 m und in 1 m Schritten von 1 m bis 5 m festgelegt. Für diesen Test (SAS-Prozedur UNIVARIATE, Vorzeichen-Rang) wurden schrittweise (bei 0,05 m beginnend) alle Werte unterhalb des zu testenden Grenzwertes Null gesetzt. Sobald H_0 bestätigt wurde, wurde dieser Grenzwert als Genauigkeit der Messung auf dem angegebenen Signifikanzniveau gewählt.

3 Ergebnisse

Von 133 (96 Compact Tag, 37 Slim Tag) auszuwertenden Ubisense Messungen konnten aufgrund nicht ausreichender Werte nur 90 Compact Tag und 15 Slim Tag Messreihen ausgewertet werden. Bei Abatec waren bei allen 372 Messungen Werte in ausreichender Menge vorhanden. Für den Systemvergleich wurden aber nur die Ubisense entsprechenden Messreihen ausgewählt.

Die statistischen Verfahren ergaben für die Messreihen der Ubisense 2D-Variante sowie der Abatec-Varianten mit sechs und zehn Messstationen keine signifikanten Unterschiede. Dagegen wird bei den Vergleichen zwischen den übrigen Varianten die Nullhypothese, dass die Messreihen sich nicht unterscheiden, verworfen (Tab. 2). Ein besseres Bild über die Verteilung der Genauigkeit der Messwerte geben die Summenhäufigkeitskurven in Abbildung 2. Darin ist zu erkennen, dass insbesondere bei den Varianten des Abatec-Systems mit sechs und zehn Messstationen mehr Messreihen mit einem geringeren signifikanten Abstand zum Referenzpunkt vorkamen als dies bei Ubisense 2D oder 3D Aufzeichnungen der Fall war. Die Streuungen (10 %- bzw. 90 %-Quantilen) sind bei Abatec deutlich kleiner als bei Ubisense. Zwischen Ubisense Slim Tag und Compact Tag waren die Unterschiede der Messreihen nicht signifikant. Allerdings weisen die Summenhäufigkeiten darauf hin, dass die Compact Tags tendenziell zu besseren Ergebnissen führen.

Als Resümee der Untersuchungen lässt sich feststellen, dass beim Ortungssystem der Firma Abatec bei geringerer Streuung der Messwerte weniger Messwertauffälle auftreten. Das Ubisense-System bietet dagegen bei maximaler Aktualisierungsrate deutlich längere Betriebszeiten, mehrere Tage gegenüber wenigen Stunden, und den Vorteil der geringeren Größe und des geringeren Gewichtes. Die Ergebnisse der Genauigkeit sind bei nur vier Messstationen und 2D-Auswertung ähnlich. Für den Einsatz der Systeme

in Arbeitswirtschaft und Ethologie sind beide bei vier Messstationen und unter den getesteten Bedingungen geeignet, wenn Genauigkeiten bis 1 m ausreichen.

Tab 2: Statistische Kenngrößen der untersuchten Systemvarianten

Tab 2: Statistical parameters of the tested system variations

Nr.	Systemvariante	Anzahl Messreihen	Wertezahl je Sekundenmittelwert	Median der Messreihenmittelwerte [m]	10 %-Quantil–90 %-Quantil [m]
1	Ubisense 2D (nur Compact Tag)	90	49	0,32	0,092–1,328
2	Ubisense 3D (nur Compact Tag)	90	49	0,59	0,224–2,746
3	Abatec 4 Stationen	90	145	0,47	0,182–1,081
4	Abatec 6 Stationen	90	146	0,35	0,094–0,789
5	Abatec 10 Stationen	90	147	0,28	0,075–0,657

Signifikanzniveau der Messreihenvergleiche: Variante 1–Variante 2: ***; 1–3: ***; 1–4: n.s.; 1–5: n.s.; 2–3: *; 2–4: ***; 2–5: ***; 3–4: **; 3–5: ***; 4–5: n.s.
mit n.s. $p \geq 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

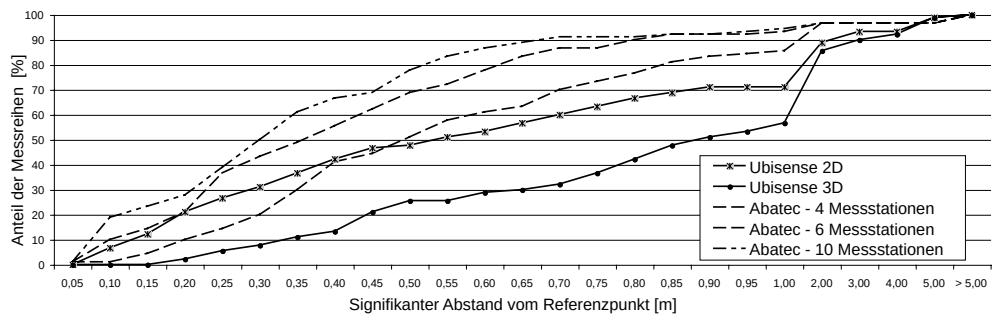


Abb. 2: Summenhäufigkeit der Anzahl Messreihen ohne signifikanten Abstand von Transpondermessung zu Referenzpunkt

Fig. 2: Cumulative frequency of number of series of measurements over significant distance from transponder location measurement to reference point

Betriebsführungsarbeiten in der Schweinehaltung: Arbeitszeitbedarf in Zucht und Mast

Farm management tasks in pig farming: Working time requirement for breeding and fattening

CHRISTOPH MORIZ

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Arbeitszeitbedarf, Betriebsführung, Schweinehaltung

Keywords: *working time requirement, farm management, pig farming*

Zusammenfassung

Die Arbeiten im Rahmen der Betriebsführung gewinnen in der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Im Gegensatz zu den produktionsbezogenen Tätigkeiten steht im Bereich der Betriebsführung auch in der Schweinehaltung für die arbeitswirtschaftliche Planung Datenmaterial nur in geringem Umfang zur Verfügung, sodass für Planungszwecke zutreffende Aussagen schwierig zu formulieren sind.

Auf Grundlage einer zielführenden Systematik und Methode für die Datenerfassung und -modellierung aus dem Bereich der Milchviehhaltung wurden im Rahmen dieser Studie die arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen für die Betriebsführung in der Schweinemast und in der Ferkelproduktion erarbeitet. Die erforderlichen Einflussgrößen galt es betriebsindividuell zu erheben, die Datenbank um zusätzliche Arbeitselemente zu ergänzen und die Berechnungsmodelle anzupassen.

Summary

Management tasks are assuming increasing importance in agriculture. Unlike the situation with production-related activities, there is a dearth of work-economics data on management tasks in pig husbandry, making it difficult to formulate reliable work-planning statements.

Based on purposeful classification and a method of data collection and data modelling used in dairy farming, the present study serves to establish key work-economics figures for management in pig fattening and piglet production. The challenge was to identify the necessary influencing factors for each individual farm, add additional work elements to the database and adapt the calculation models.

1 Problemstellung

Der Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführungsarbeiten gewinnt auch in der Schweinehaltung an Bedeutung. Im Gegensatz zu den direkt produktionsbezogenen Arbeiten (z.B. füttern) stehen für die oben genannten Tätigkeiten keine arbeitswirtschaftlichen Planungshilfen zur Verfügung. Um die Produktionsverfahren in der Schweinezucht und -mast in ihrer Gesamtheit vollständig arbeitswirtschaftlich abbilden zu können, bedarf es der Kenntnis arbeitswirtschaftlicher Kennzahlen für die Betriebsführung.

2 Zielsetzung

Ziel des Projektes war es, die entsprechenden arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen für die Ferkelproduktion und die Schweinemast zur Verfügung stellen zu können. Ausgehend von dem Produktionsverfahren Milchviehhaltung lag das Hauptaugenmerk der Arbeit auf der Entwicklung eines Kalkulationssystems, auf dessen Grundlage durch eine individuelle Eingabe von Einflussgrößen der Arbeitszeitbedarf für die thematisierten Arbeiten betriebspezifisch berechnet werden kann. Hierzu war es erforderlich, bestehende Berechnungsmodelle aus dem Bereich der Milchviehhaltung auf die Produktionsverfahren Schweinemast und Ferkelproduktion anzupassen. In Abhängigkeit der interessierenden Tätigkeit im Rahmen der Betriebsführung waren Kalkulationsmodelle lediglich durch Austausch der Bezugsgrößen Tierart und Anzahl zu modifizieren oder vollständig neu zu erstellen.

3 Material und Methoden

Grundlagen für das Projekt lieferte eine Arbeit, welche die Betriebsführung in der Milchviehhaltung thematisierte. Auf Basis einer systematischen Gliederung aller Betriebsführungsarbeiten war die bereits entwickelte Methode auf den Bereich der Schweinehaltung zu übertragen. Durch eine entsprechende Codierung der unterschiedlichen Aufgaben kann die dynamische Systematik entsprechend angepasst werden. Die Datenerfassung erfolgte getrennt nach Arbeitselementen und Einflussgrößen. Während die Arbeitselemente unabhängig von der Produktionsrichtung in einer Datenbank abgelegt wurden, konnten die Einflussgrößen betriebsindividuell erhoben werden. Ein bereits bestehender Fragebogen wurde hierfür den Erfordernissen der Schweinemast und der Ferkelproduktion angepasst.

Die Datenerfassung erfolgte in der Schweiz und in Deutschland. Somit konnte ein großes Spektrum an unterschiedlichen Bestandsgrößen berücksichtigt werden. Insgesamt wurden auf 20 Schweinemastbetrieben und auf 14 Ferkelproduktionsbetrieben Einflussgrößen zum Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung erhoben. Die Schweinemastbetriebe verfügten über 300 bis 6 000 Mastplätze. Auf den Ferkelproduktionsbetrieben wurden 100 bis 1 200 Zuchtsauen gehalten.

4 Ergebnisse

Die logische Verknüpfung der in Datenbanken abgelegten betriebsneutralen Arbeitselemente und betriebspezifischen Einflussgrößen erfolgt in einem modular aufgebauten Kalkulationssystem. Der Aufbau des Systems entspringt der grundlegenden systematischen Gliederung. So war es möglich, das Kalkulationssystem den Gegebenheiten der Ferkelproduktion und der Schweinemast anzupassen. Die mögliche Übertragbarkeit auf unterschiedliche Produktionsverfahren stellt weiterhin sicher, bereits abgesicherte Arbeitselemente aus dem Bereich der Betriebsführung nicht erneut erheben zu müssen. Für die Untersuchungen in der Schweinehaltung mussten die entsprechenden Kalkulationsmodelle angepasst und modifiziert werden. Die empirische Erhebung der Einflussgrößen erfolgte auf Grundlage eines ebenfalls existenten Fragebogens, welcher speziell auf die Erfordernisse der Schweinemast und der Ferkelproduktion verändert wurde.

4.1 Schweinemast

Die Berechnungen zum Arbeitszeitbedarf in der Schweinemast zeigen, dass für die einzelnen Kategorien der Betriebsführung unterschiedlich viel Zeit aufgewendet wird. So nehmen vor allem die Planung und Organisation, die Kontrollarbeiten und der Verkauf viel Zeit in Anspruch (Tab. 1).

Tab. 1: Arbeitszeitbedarfswerte für die Betriebsführung in der Schweinemast

Tab. 1: Working time requirements for farm management in pig fattening

Anzahl Mastplätze	400	800	1 200	2 000	3 000	4 000
AKh/100 Mastplätze und Jahr						
Planung u. Organisation	23,6	21,5	21,4	23,4	24,7	26,5
Kontrolle	22,9	21,1	20,5	20,9	21,1	21,3
Aufzeichnungen	7,8	6,0	5,4	4,9	4,6	4,5
Antragswesen	3,7	2,0	1,5	0,9	0,6	0,5
Einkauf	3,9	2,0	1,4	0,9	0,7	0,5
Verkauf	10,5	10,3	10,2	10,1	10,1	10,1
Geldverkehr u. Finanzen	3,8	2,5	2,0	1,8	1,8	1,7
Buchführung	2,7	1,4	1,0	0,7	0,5	0,4
Information u. Weiterbildung	14,5	8,4	7,7	5,5	3,7	2,7
Beratung	5,3	3,3	2,6	1,8	1,2	0,9
Betriebsführung insgesamt	98,7	78,5	73,7	70,9	69,0	69,1

Insgesamt werden in der Schweinemast zwischen rund 100 und 70 Arbeitskraftstunden (AKh) je 100 Mastplätze und Jahr für die Betriebsführung aufgewendet (Abb. 1). Je Betrieb entspricht dies einem jährlichen Arbeitszeitbedarf von etwa 400 AKh (400 Mastplätze) bis rund 2760 AKh (4000 Mastplätze). Der Rückgang des Zeitbedarfs je Platz und Jahr ist bis zu einer Bestandsgröße von 1500 Mastplätzen besonders stark ausgeprägt. Ab etwa 3500 Mastplätzen nimmt der Arbeitszeitbedarf wieder leicht zu. Dies hängt

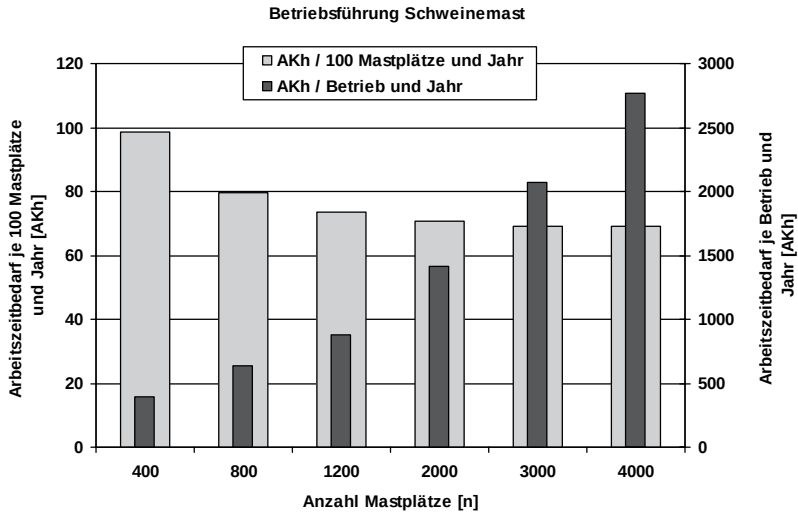


Abb. 1: Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Schweinemast in Abhängigkeit der Mastplätze
 Fig. 1: Working time requirements for farm management in pig fattening in subject to the number of places

mit den unterschiedlichen Verläufen des Zeitbedarfs in den einzelnen Kategorien der Betriebsführung zusammen. Während der Zeitbedarf für Information und Weiterbildung einen stark degressiven Verlauf aufweist, ist der Aufwand für die Kontrollarbeiten mit zunehmender Bestandsgröße nur leicht rückläufig. Für den Bereich der Planungs- und Organisationsaufgaben zeigt sich nach einem Rückgang des Zeitbedarfs bis etwa 1000 Mastplätze anschließend wieder eine deutliche Zunahme.

4.2 Ferkelproduktion

Auch in der Ferkelproduktion nehmen die unterschiedlichen Kategorien der Betriebsführung, den Zeitbedarf betreffend, deutlich differierende Ausmaße an. Vor allem Planung und Organisation sowie die Kontrollarbeiten stellen hohe Ansprüche an die Arbeitszeit des Landwirts. In Abhängigkeit der Bestandsgrößen werden für diese beiden Kategorien bis über 80 % der Arbeitszeit für die gesamte Betriebsführung aufgewendet. Damit ist die Bedeutung dieser Tätigkeiten in der Ferkelproduktion noch sehr viel stärker ausgeprägt als in der Schweinemast. Dort beträgt der Anteil von Planung, Organisation und Kontrollarbeiten bis rund 60 % der Betriebsführung.

In der Ferkelproduktion werden in Abhängigkeit der Bestandsgröße insgesamt zwischen rund 5,7 und 4,4 AKh je Sau und Jahr für die Betriebsführung eingesetzt (Abb. 2). Je Betrieb entspricht dies einem jährlichen Arbeitszeitbedarf von etwa 565 AKh (100 Zuchtsauen) bis rund 2622 AKh (600 Zuchtsauen). Bis zu einer Bestandsgröße von etwa 300 Sauen ist der Zeitbedarf je Sau und Jahr rückläufig. Dieser Rückgang des Zeitbedarfs stagniert ab einer Bestandesgröße von rund 500 Sauen.

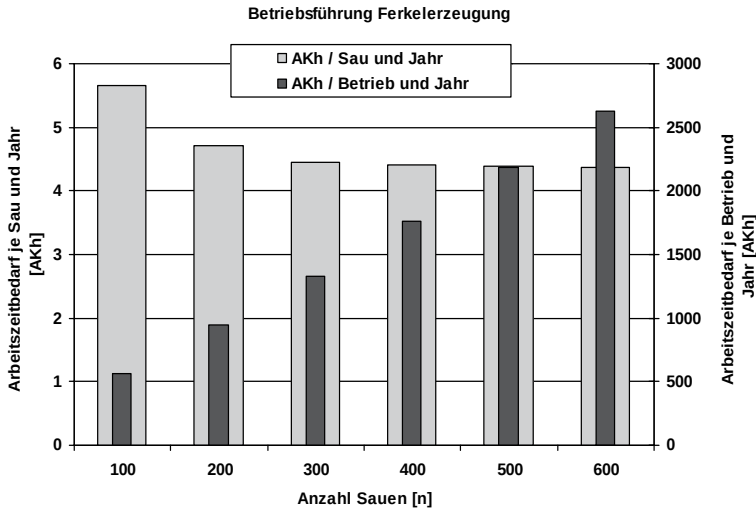


Abb. 2: Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Ferkelproduktion in Abhängigkeit der gehaltenen Sauen

Fig. 2: Working time requirements for farm management in pig breeding in subject to the number of sows

Wiederum sind die unterschiedlichen Verläufe des Zeitbedarfs in den einzelnen Kategorien der Betriebsführung Ursache für diese Effekte. Der Zeitbedarf für Planung und Organisation nimmt ab einem Bestand von 400 Sauen wieder deutlich zu. Bei einem Bestand von 600 Sauen erreicht der Zeitbedarf je Sau und Jahr bereits höhere Werte als bei einem Bestand von 100 Sauen. Einen ähnlichen Verlauf zeigen die Werte für die Kontrollarbeiten. Allerdings ist hier ab einem Bestand von 300 Sauen nur ein leichter Anstieg des Zeitbedarfs je Sau und Jahr zu verzeichnen. Insgesamt betrachtet unterstreichen diese beiden Verläufe sicher die Bedeutung von Planung, Organisation und Kontrollarbeiten in der Ferkelproduktion.

5 Schlussfolgerungen

Die erarbeitete Methode zur Datenerfassung und das entwickelte Kalkulationsmodell für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die Betriebsführungsarbeiten wurde im Rahmen dieser Arbeit auf die Schweinemast und die Ferkelproduktion angewendet bzw. deren Erfordernissen angepasst. Die Eingabe betriebsindividueller Einflussgrößen in das Kalkulationsmodell ermöglicht jetzt auch jedem Schweinehalter den Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung betriebspezifisch zu berechnen. Somit steht ein Planungsinstrument zur Verfügung, dessen Gültigkeit nicht nur auf die Untersuchungsbetriebe beschränkt ist, sondern durch die Variation der auf den Arbeitszeitbedarf einwirkenden Größen individuell eingesetzt werden kann.

Neben arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen für die Betriebsführung in der Milchviehhaltung und im Marktfruchtbau stehen jetzt auch die entsprechenden Daten für die Schweinemast und die Ferkelproduktion zur Verfügung. Somit können weitere Datenlücken im Bereich der Betriebsführungstätigkeiten geschlossen werden. Für die Schweinehaltung ist es nun ebenfalls möglich, den gesamten Arbeitszeitbedarf inklusive der wichtigen Arbeiten für die Betriebsführung zu kalkulieren und zu planen.

Literatur

- MORIZ, C. (2005): Model-based Planning of working time requirements for farm management. In: Increasing work efficiency in agriculture, horticulture and forestry, XXXI CIOSTA-CIGR V Congress Proceedings, Stuttgart-Hohenheim, S. 44–51
- MORIZ, C. (2007a): Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Landwirtschaft – Ein kausal-empirischer Ansatz für die Arbeitszeitermittlung in der Milchproduktion. Dissertation Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- MORIZ, C. (2007b): Planungsinstrument zur betriebsindividuellen und tierartspezifischen Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs für Produktionsführungs- und Sonderarbeiten. In: 8. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Bonn, S. 306–311

Workload assessment in agriculture – Integration in a work budget system

Bewertung von körperlicher Arbeitsbelastung in einem Arbeitsvoranschlagssystem

MATTHIAS SCHICK, RUEDI STARK, MARION RIEGEL

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Keywords: working-time measurements, modelling, work budget, work record chart, workload

Schlüsselwörter: Arbeitszeitbedarfsmessung, Modellierung, Arbeitsvoranschlag, Arbeitsaufriss, Arbeitsbelastung

Summary

The use of a contemporary model-based work budget allows the comparison of work and production processes up to total-farm level under otherwise equal conditions. The inclusion of physical load is ensured via expanded OWAS codes with a mass-related load index as well as with the average physically strenuous working-time requirement. Consequently, sectoral statements on manpower potential and workload in farming are also possible. The continuous traceability of the data is ensured, so that expansions and corrections of errors are easily carried out. Data may be exported from the program via interfaces. The software, which is modular in design, is available in four languages. The computer-based work budget therefore represents an internationally applicable tool both for the improvement of work organisation and time planning, as well as for the measurement of workload.

Zusammenfassung

Der Einsatz eines zeitgemäßen modellbasierten Arbeitsvoranschlages lässt den Vergleich von Arbeits- und Produktionsverfahren bis hin zum Gesamtbetrieb unter sonst gleichen Bedingungen zu. Die Integration der körperlichen Belastung wird über erweiterte OWAS-Codes mit einem massebezogenen Belastungsindex sowie dem durchschnittlichen belastenden Arbeitszeitbedarf gewährleistet. Auch sektorale Aussagen zum Arbeitskräftepotenzial und zur Arbeitsbelastung in der Landwirtschaft sind somit möglich. Die ständige Rückverfolgbarkeit des Datenmaterials ist sichergestellt, sodass Erweiterungen und Fehlerkorrekturen leicht möglich sind. Die Datenweitergabe aus dem Programm heraus ist über Schnittstellen möglich. Die modular aufgebaute Software ist in vier Sprachen einsetzbar. Somit steht mit dem rechnergestützten Arbeitsvoranschlag ein international einsetzbares Hilfsmittel sowohl zur Verbesserung von Arbeitsorganisation und Zeitplanung als auch zur Bemessung der Arbeitsbelastung zur Verfügung.

1 Introduction

The use of model calculation systems allows to calculate the working-time requirement of work processes, to production processes, up to total-farm level. At the same time, the element-oriented approach with its clear-cut beginning and end points for each work element also facilitates the inclusion of body postures, masses moved, and work-load groups.

Within the “Farm” work system, concrete time planning must be carried out in addition to the accurate calculation of the expected working times. The purpose of time planning is to determine what tasks the workforce deals with at what times, and how these tasks are prioritised. The computer-based work budget can serve as a tool here, both for work organisation and time planning.

2 Material und Methods

In Agroscope Reckenholz-Tänikon ART’s “Work Economics Planning Bases” project, work-economics key figures and the workload components affecting them (e.g. masses and posture) are recorded, edited and statistically analysed on the element level, and made available as both planning times and influencing variables to a model calculation system for further calculations, for the purpose of compiling work budgets. On each participating farm, a detailed questionnaire for recording the farm labour organisation (e.g. number of workers, state of labour force) and important influencing variables (e.g. number of dairy cows, milk yields, milking methods, distances travelled, etc.) is compiled. In this connection, an initial work observation is also performed to prepare the participating workforce and timekeepers for the time measurements.

The time measurements are carried out with electronic time-recording systems (hand-held PC and built-in recording software). They are performed exclusively as a direct work observation with individual time measurements on the element level. The essential influencing variables “masses moved”, “body postures”, “distances travelled”, “milk yields”, “feed quantities” and “driving speeds” are determined and recorded electronically during the time measurements. All other influencing variables (e.g. milking-parlour width, milking-parlour length, cowshed length, feeding-table length) are to be recorded before and after the time measurements.

With cyclical workflow steps such as “premilking”, “udder stimulation” and “milking-unit attachment”, determination of data quality takes place during measurement via the so-called Epsilon test. For this test method, the absolute value of the half confidence interval is applied to the mean, with an Epsilon of < 10 % judged to be good. Using the determination of data quality as a starting point, the expected sample size n' can also be determined after the recording of just a few measuring points. This makes it possible to plan the effort for the data recording.

3 Analysis, Element Database and Model Calculation System

For further processing, the recorded data is first prepared in tabular form, and then examined with non-problem-oriented test procedures (normal distribution, outlier, coincidence). In the absence of normal distribution, a one-sided logarithmic transformation is carried out as a basis for the following problem-oriented test procedures and regression calculations.

Next, the analysed data are transferred in the form of planning-time values and functions to a planning-times database table, with each element being assigned a unique alphanumeric code, a name with beginning- and end points, and the appropriate statistical parameters, including contents description, author, and creation date.

The continuing calculation of working-time requirement values on the level of work processes is performed with the built-in model calculation system. This involves the logical linking of work elements with the quantitative and qualitative influencing variables affecting them. All influencing factors are entered in the model calculation system as variables, and can be altered at any time within the upper and lower bounds. A warning message is automatically displayed in the event of entries falling outside these limits.

The calculation system is modular in construction, and in addition to the planning-times database consists of the modules “list of influencing variables”, “interconnection area”, and “output area”. For each work process of interest, a separate extract is created from the planning-times database. All data are available for further processing in freely selectable formats.

In order to assess workload, the load index L (LUNDQUIST, 1990), the mass-related load index (RIEGEL and SCHICK, 2005) and the physically strenuous working time (BMPH) are enlisted (Fig. 1).

$$B_{MPh} = W_F * \sum WT_F + W_{PM} * \sum WT_{PM}$$

WT = Working-time requirement per work process

WT_p = Working-time requirement per work process with MCL 2, MCL 3 and MCL 4

WT_{PM} = Working-time requirement per work process with MCL 2, MCL 3 and MCL 4 and masses ≥ 2 kg

W_{PM} = Weighting of body posture with masses

W_p = Weighting of body posture without masses

Fig. 1: Calculation of the physically strenuous working time B_{MPh}

Abb. 1: Berechnung der belastenden Arbeitskraftstunden B_{MPh}

The advantage of the workload indices lies in their ease of handling, as well as in the accurate qualitative comparison of individual working processes. On the other hand, the use of the physically strenuous working time makes available a facility for quantitative comparison. In addition to allowing consideration from an ergonomic viewpoint, this

approach also permits an objective monetisation of the effort and benefit of measures designed to make work easier.

4 Model Calculation System and Work Budget

Using the model calculation system as a point of departure, work and production processes can be compiled. In this context, a work process is a self-contained sequence of operations spanning all necessary work subprocesses or work elements and influencing variables for achieving the work objective (e.g. ploughing or milking). By contrast, a production process consists of a possible and logical combination of different work processes for producing a product (e.g. grain cultivation) or rearing a production unit (e.g. dairy-cattle husbandry). The overall farm working-time requirement is calculated through the combination of different production processes, bearing in mind circumstances of the individual farm, as well as the available fieldwork days for the individual activities.

On the one hand, overall working-time requirement values for production, special tasks and management activities may be represented on this level. On the other hand – using this level as a starting point – detailed analyses up to the “work process” level can be compiled.

An initial overall work budget is available as a result, which shows the working-time requirement for the whole farm as a function of the selected work and production processes as well as of the chosen influencing variables. In addition, this also allows us to determine how many labour units are required for the farm.

5 Assessment of Work via “Work-Related Physical Strain” Groups

On the “work budget” level, the objective degree of physical strain experienced by the workforce owing to the individual work and production processes is illustrated. Also possible at this level, however, is a subjective appraisal on the basis of “work-related physical strain” groups. These are groups of tasks with comparable work sequences (e.g. driving a tractor without significant manual labour, light manual labour, heavy manual labour). Using these “work-related physical strain” groups as a starting point, the performance per group is allocated for each labour unit. Ultimately, this allows us to calculate the performance per farm branch, or for the entire farm.

6 Initial Results and Discussion

The significant physically strenuous work processes in all production systems with dairy farming are milking and feeding. The proportion of overall daily work for these is well over 50 %.

Physical strain varies substantially depending on the milking process used. In tied housing, the milker spends the overwhelming part of the time spent milking in an

unfavourable posture. With the pipeline milking plant, automatic cluster removal and track transport may contribute to the simplification of work.

The workload indices of the milking parlours also vary, since task completion in terms of body postures varies to a fair extent in the standard processes without technical aids. However, where full use is made of technical aids (udder stimulation, automatic switch-off, automatic cluster removal, milking arm), these differences occur to a limited extent only.

As herd size increases, the working-time requirement for all daily tasks (without management and forage-crop production) increases from 6 MPh for 40 cows to over 50 MPh for 1000 cows per herd and day. At the same time, where milking and feeding are hardly mechanised, the proportion of activities involving significant physical exertion rises from 28 % to 33 % (Fig. 2). With a high level of mechanisation, the proportion of physically strenuous tasks rises from 16 % to 30 %. This means that the decrease in herd size and the process-engineering equipment used (diet feeder, milking parlour with milking arm) are not sufficient to offset the majority of the physically strenuous hours.

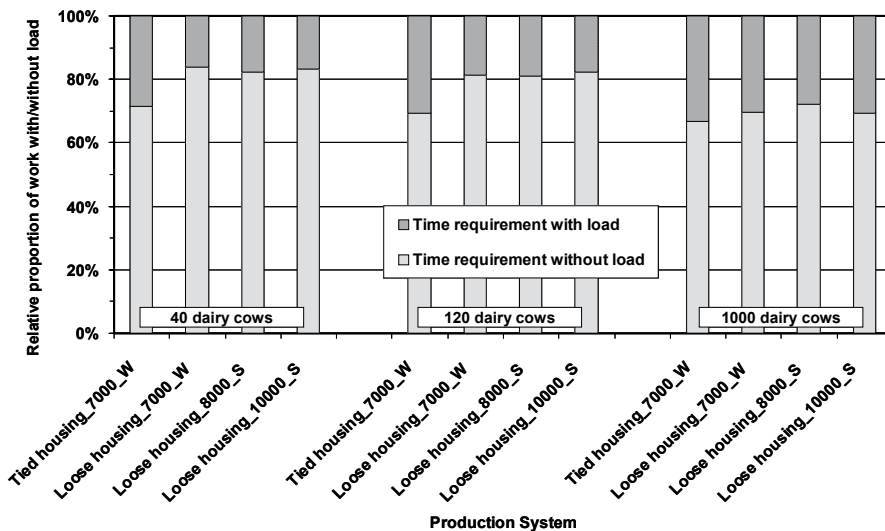


Fig. 2: Average relative workload per kg milk and day for different production systems (M = meadow grazing in summer; S = year-round feeding of silage)

Abb. 2: Durchschnittliche körperliche Arbeitsbelastung je kg Milch und Tag in Abhängigkeit verschiedener Produktionssysteme (W = Weidegang, S = Stallfütterung)

Comparison of the different production systems in the dairy-farming sector shows that despite its very good technical configuration (short-standing with open-steel flooring, suction unit, automatic cluster-removal unit), tied housing is the system with the highest physical workload. Likewise, the highly intensive loose-housing system can be viewed as relatively unfavourable in terms of physical workload when coupled with very large herds, year-round silage and very high milk yields. Medium-sized herds with

facilities that are optimal in process-engineering terms (cubicle housing system, elevated cubicles, herringbone milking parlour with service arm, diet feeders and mechanised feed-refill) are more favourable in terms of workload.

7 Conclusions

In combination with the need to move masses by hand, unfavourable body postures have a negative influence on work quality. Up till now, simple tools for the ergonomic analysis and assessment of work processes and whole farms have been lacking. In association with the calculation of working-time requirement values, a work-estimate system that includes workload indices and physically strenuous working times may constitute a useful tool for qualitatively and quantitatively assessing workload.

References

- LUNDQVIST, P. (1990): Wopalas – A method for ergonomical analysis and practical improvements – examples from Swedish industry and agriculture. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety II*, S. 827–832
- PINZKE, S. (1999): Towards the good work. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Agraria 155
- SCHICK M.; RIEGEL, M. (2003): Arbeitsqualität in der Milchviehhaltung. *Agrarforschung* Nr. 10, 4 S. 155–157
- SCHICK, M. (2005): Arbeitszeit und Management auf dem Landwirtschaftsbetrieb. 51. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA, Personalmanagement und Gestaltung, Heidelberg, S. 341–344

Entwicklung, Implementierung und Bewertung von zwei ISOagriNET-kompatiblen Systemen zur Messwerterfassung in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

Development, implementation and evaluation of two ISOagriNET compatible systems for data logging in livestock farming

ARNE KUHLMANN, DANIEL HERD, BENJAMIN RÖSSLER, EVA GALLMANN,
THOMAS JUNGBLUTH

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: ISOagriNET, Farming Cell, Mikrocontroller, Messwerterfassung
Keywords: ISOagriNET, farming cell, micro-controller, data logging

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen ist es, die Stärken und Schwächen sowie die Anwendungsbereiche zweier entwickelter Hardwarelösungen für die ISOagriNET-konforme Vernetzung einfacher Sensoren in einem Farmnetzwerk darzustellen.

Die beiden Entwicklungen unterscheiden sich stark hinsichtlich der Anschaffungskosten, der Hard- und Softwarebasis sowie des Entwicklungsprozesses. Das Produkt der Firma Maxim überzeugt gegenüber dem von Phoenix Contact hinsichtlich des Preises, des Konzeptes der Softwareentwicklung und der Flexibilität beim Einbau. In Hinblick auf die Zuverlässigkeit und mögliche zukünftige Erweiterungen überzeugt hingegen die speicherprogrammierbare Steuerung. Die entwickelten Lösungen tragen aufgrund der konsequenten Implementierung des Standards ISOagriNET dazu bei, diesen zu etablieren und die Möglichkeiten eines vernetzten Stalls aufzuzeigen.

Summary

The objective of this paper is to describe the implementation and utilization process of two different ISOagriNET conforming hardware devices, which link up sensors within a farm network.

The systems differ for example in acquisition costs, hard- and software layout, development process and reliability. The TINI microcontroller convinces in terms of price, the concept of software development and the flexibility in installation. In contrast, the ILC benefits from its reliability and possible future extensions. It is concluded that the developed ISOagriNET conforming prototypes are an important contribution for testing this new standard and they demonstrate the possibilities of efficient data collection.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Zur Bewertung von Tierhaltungssystemen ist u. a. eine Erfassung von Verbrauchs- und Umweltdaten von großer Bedeutung. Aus verfahrenstechnischer Sicht ist dies grundsätzlich möglich, jedoch verhindern inkompatible Datenformate und Kommunikationsprotokolle oder gänzlich fehlende Schnittstellen an Anlagen eine automatisierte Erfassung und zentrale Speicherung von Daten (KUHLMANN, 2008). Die meisten der heute verfügbaren Anlagen im Stall, bzw. Systeme zur Messwerterfassung sind hinsichtlich der Anzahl speicherbarer Werte und der Art und Anzahl anschließbarer Sensoren limitiert und arbeiten zumeist isoliert (HERD, 2008).

Um diese Probleme zu beseitigen und die Kommunikation zwischen den im Stall befindlichen Komponenten zu vereinheitlichen, definiert der internationale Standard ISOagriNET (ISO 2007) Datenformate und Kommunikationsprotokolle.

Da bisher kein vollständig vernetzter Stall auf Basis von ISOagriNET existiert, ist das Ziel des Projektes „Informations- und Datengewinnung aus Tierhaltungssystemen“ der Aufbau eines IT Systems entsprechend diesem Standard. Dieses als Farming Cell bezeichnete Netzwerk aus Soft- und Hardware sammelt alle verfügbaren Daten und stellt sie z. B. für Auswertungen im Bereich Tiergesundheit oder Qualitätsüberwachung bereit. Ebenso dokumentiert die Farming Cell den Produktionsprozess. Für die Integration von Anlagen und Sensoren wurden sowohl Hard- als auch Softwarelösungen entwickelt und erfolgreich implementiert.

2 Entwicklungen

Für die ISOagriNET-kompatible Integration von Sensoren in die Farming Cell wurden zwei Systeme entwickelt und implementiert. Folgende Voraussetzungen müssen diese Systeme erfüllen:

- Erweiterbarkeit
- Anpassbarkeit
- Zuverlässigkeit
- ISOagriNET Konformität

Folgende Hardwarekomponenten wurden anhand der Kriterien ausgewählt:

- Mikrocontroller TINI von Maxim
Hohenheimer Messwert-Erfassung TINI-Mikro-Controller (kurz: HME-TMC)
(<http://www.maxim-ic.com/products/microcontrollers/tini/>)
- Kleinststeuerung ILC 150 von Phoenix Contact (kurz: HME-PLC)
Hohenheimer Messwert-Erfassung Programmierbarer-Logik-Controller
(<http://eshop.phoenixcontact.de/phoenix/customerNavigation.do?action=selectlanguage>)

Beide Systeme sind in der Lage, Spannungen zu messen und digitale Pulse zu zählen. Die Verarbeitung der Messsignale erfolgt entsprechend der durch den Benutzer vorgenommenen Konfiguration. Errechnete Messwerte stehen im lokalen Netzwerk zur Verfügung.

2.1 Beschreibung der HME-TMC

Die HME-TMC besteht aus zwei Komponenten: dem Mikrocontroller auf einer Schnittstellenkarte und dem Netzteil. Zusätzlich ist ein Wireless-LAN oder ein Powerline-Modul verbaut. Abbildung 1 zeigt die W-LAN Variante der HME-TMC sowie drei in Reihe geschaltete One-Wire-Module zum Anschluss der Sensoren.

Modulart 1: Zwei digitale Eingänge; zwei integrierte Zähler von Impulsen

Modulart 2: Ein analoger Eingang für Spannung; integrierter Temperatursensor

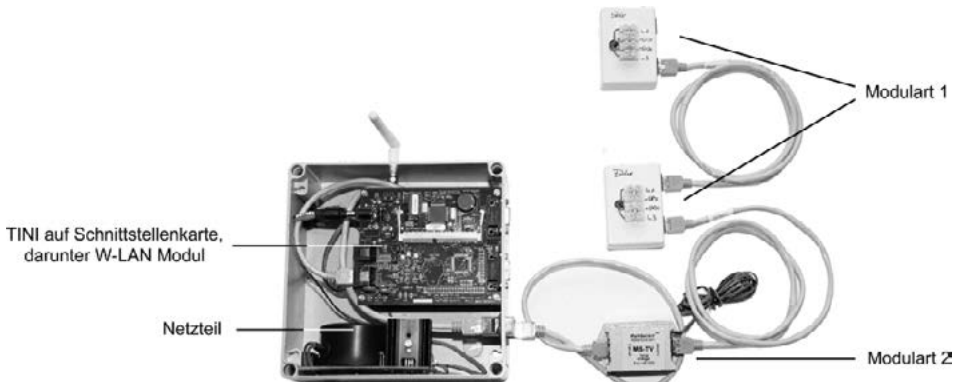


Abb. 1: Hohenheimer Messwerterfassung – TINI-Mikrocontroller (HME-TMC) mit angeschlossenen One-Wire-Modulen

Fig. 1: Hohenheimer Messwerterfassung – TINI-Mikrocontroller (HME-TMC) with connected One-Wire-modules

2.2 Beschreibung der HME-PLC

Die HME-PLC als industrielle speicherprogrammierbare Steuerung besitzt bereits integrierte Sensorein- und -ausgänge. Abbildung 2 zeigt von links nach rechts:

1. Netzteil,
2. ILC 150 (speicherprogrammierbare Steuerung),
3. ein Modul mit einem Analogeingang,
4. vier Module mit digitalem Eingang und integriertem Zähler.

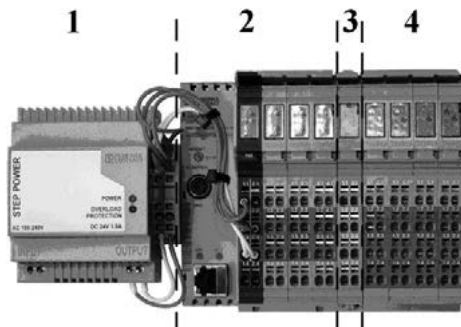


Abb. 2: Hohenheimer Messwerterfassung – Programmierbarer-Logik-Controller

Fig. 2: Hohenheimer Messwerterfassung – Programmierbarer-Logik-Controller

3 Vergleich

Die vorgestellten Systeme unterscheiden sich stark. Tabelle 1 vergleicht die Hauptmerkmale beider Systeme miteinander (Kernsysteme ohne zusätzliche Module für den Sensoranschluss).

Tab. 1: Systemvergleich
Tab. 1: System comparison

Kriterium	HME-TMC	HME-PLC
Plattform	TINI-Mikrocontroller	ILC 150
Entwicklungsumgebung	Eclipse (jede Java IDE)	PC WORX
Programmiersprache	Java	IEC 61131-3 (z. B. Strukturierter Text)
Digitale Ein-/Ausgänge	-/-	8/4
RS232	2	-
LAN/W-LAN/Powerline	•/• (opt.)/• (opt.)	•/-/-
Unterstützung	Dallas Maxim Forum, Literatur	Hotline, Literatur
Leistungsaufnahme (in Ruhe) ¹⁾	1,3 W ²⁾	6,8 W
Hardwarekosten (Nettopreise)	gesamt: 136,85 € Details TINI-Controller mit Schnittstellenkarte: 83,85 € ³⁾ Netzteil: 25 € Gehäuse: 28 €	gesamt: 421,30 € Details ILC 150 Controller: 299 € Netzteil: 122,30 €
Abmessungen in cm (Länge x Breite x Höhe)	19,8 x 18,9 x 8,4	26,2 x 12,2 x 6,2

(opt.): optional

¹⁾ Gemessen mit Messgerät EEM12-32A von ShellCount.

²⁾ Ohne W-LAN oder Powerline-Modul.

³⁾ Dollar-Euro Kurs von Freitag 23.01.2009: 1 \$ = 0.76929 €.

3.1 Hardwareplattformen

Die ILC 150 ist ein lauffähiges System, das lediglich um Software erweitert werden muss, wohingegen das TINI ohne weitere Hard- und Software nicht nutzbar ist. Es wird ohne Gehäuse oder direkt nutzbare Schnittstellen angeboten. Lediglich ein 144-Pin-SODIMM-Anschluss ist vorhanden. Dieser ist kompatibel mit Schnittstellenkarten wie beispielsweise der hier verwendeten DSTINIs400 von Dallas Maxim. Ist der TINI-Mikroprozessor auf der Schnittstellenkarte installiert, ist das Resultat mit der ILC 150 vergleichbar. Beide Plattformen bieten dann einen Ethernet-Anschluss, Zugang via Telnet und FTP und stellen eine Laufzeitumgebung für selbstentwickelte Software bereit.

Auch der Sensoranschlusspunkt ist ein deutliches Unterscheidungsmerkmal der beiden Systeme. Module zum Anschluss der Sensorik werden im Falle der ILC 150 direkt an dieser befestigt (Abb. 2). An das TINI auf der Schnittstellenkarte hingegen werden Module mittels Patchkabel über den One-Wire-Bus über Entfernungen bis etwa 15 m angeschlossen (Abb1).

3.2 Softwareentwicklungen

Für beide Plattformen wurde die benötigte Software selber entwickelt. Die TINI- Plattform erfordert dabei die Softwareentwicklung in Java mittels einer beliebigen Java IDE (Integrated Development Environment). Dallas hingegen stellt für die ILC 150 eine Entwicklungssoftware namens PC WORKX bereit (Programmierstandard IEC 2003). Da die Programmiersprache Java jünger und hinsichtlich ihres Sprachumfanges vielfältiger ist, ist sie eher für dieses Projekt geeignet und Ergebnisse wurden schneller erzielt.

3.3 Flexibilität und Betrieb

Beide Systeme lassen sich um Sensoreingänge erweitern. Die HME-TMC bietet aufgrund des modulareren Aufbaus durch die One-Wire-Module viel Flexibilität und kann theoretisch beliebig erweitert werden. Im Praxiseinsatz wurde sie mit sieben Modulen während der bisherigen Testphase von neun Monaten erfolgreich betrieben. Die raue Stallumgebung stellte keine Beeinträchtigung dar. Werden neue Module angeschlossen ist keine Softwareanpassung notwendig. Bei der HME-PLC ist die Anzahl der anschließbaren Module auf 64 begrenzt. Im Laborumfeld arbeitet sie zuverlässig. Werden neue Module angeschlossen, muss eine Softwareanpassung erfolgen. Im Vergleich können Sensorausgänge zur Steuerung integriert werden. Obwohl an die HME-PLC auch andersartige Modularten angeschlossen werden können, die für die HME-TMC nicht verfügbar sind, ist letztere besser für den angestrebten Einsatzzweck geeignet. Sie lässt sich unkompliziert und kostengünstiger erweitern.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Prozessdaten aus Tierhaltungssystemen können zur Optimierung und Automatisierung des Produktionsprozesses dienen. Ferner sind sie der Forschung in den Bereichen Tiergesundheit und Qualitätssicherung dienlich. Die beiden entwickelten Systeme dienen dem Anschluss einfacher Sensoren und Verbrauchszähler. Sie stellen die Messwerte im Netzwerk bereit und unterstützen somit das Betriebsmanagement. Hinsichtlich der Kosten ist die HME-TMC im Vorteil, da sowohl das Kernsystem als auch die Eingangsmodule günstiger sind als bei der HME-PLC. Letztgenannte HME wird, da sie in der Industrie bewährt und etabliert ist, als zuverlässiger eingestuft. Wird auf eine zuverlässige Bereitstellung der Messwerte mittels TCP Wertgelegt, ist die HME-PLC vorzuziehen. Die HME-TMC beherrscht lediglich UDP Multicast, ist aber leicht erweiterbar, da ohne Softwareanpassung hinzugefügt oder entfernt werden kann.

Mit der Farming Cell ist ein prototypisches ISOagriNET-Netzwerk aufgebaut worden. Als Teil dessen liefern die entwickelten Systeme wertvolle Daten für zukünftige Forschungsprojekte.

Danksagung

Das Projekt „Informations- und Datengewinnung aus Tierhaltungssystemen“ ist Teil des Verbundprojektes IT FoodTrace (www.itfoodtrace.de) und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert (Förderkennzeichen: 0330761).

Literatur

- HERD, D.; KUHLMANN, A.; MARTINI, D.; KUNISCH, M.; FRIEDRICHS, E. (2008): Technische Möglichkeiten zur Verbesserung der Prozessdokumentation und Rückverfolgbarkeit in der Schweinehaltung. In Tagungsband: Precision Pig Farming – innovative Technologien und Entscheidungsmodelle für die Schweinehaltung. KTBL-Tagung vom 30.09. bis 01.10.2008 in Osnabrück, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt, S. 121–131
- IEC – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (2003): IEC 61131-3 – Programmable controllers – Part 3: Programming languages, Genf
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2007): ISO 17532:2007 – Stationary equipment for agriculture – Data communications network for livestock farming, Genf
- KUHLMANN, A.; HERD, D.; RÖSSLER, B.; GALLMANN, E.; JUNGBLUTH, T. (2008): Hardwarevernetzung und Softwareintegration in der Schweineproduktion. In Landtechnik, 4/2008, 63. Jahrgang, S. 234–235

Potenziell nützliche biologische Stickstoffoxi-dation in Abluftreinigungsanlagen

Potential beneficial biological nitrogen oxidation in exhaust air treatment systems

JÖRGEN HANEKE^{1, 2}, RALF KOSCH³, NATUSCHKA M. LEE⁴, TOBIAS GAUL², HERMAN VAN DEN WEGHE¹

¹ Department für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

² Institut für Biophysik, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, AG Umweltbiotechnologie, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

³ Big Dutchman International GmbH, Postfach 1136, 49360 Vechta

⁴ AG Mikrobielle Systemökologie, Lehrstuhl für Mikrobiologie, Technische Universität München, Am Hochanger 4, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Abluftreinigung, Ammoniak, Säureeinsatz, Stickstoffumsatz
Keywords: exhaust air treatment, ammonia, acid input, nitrogen conversion

Zusammenfassung

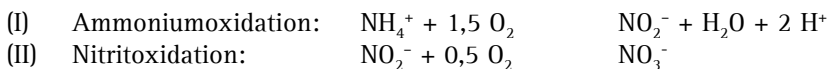
Nassfilterwände von dreistufigen Abluftreinigungsanlagen scheiden in Schweinemastställen Staub und Ammoniak aus der Abluft in Waschwasserbecken ab. In solchen Becken konnte nach etwa 40 Tagen Betriebsdauer eine nitrifizierende Biozönose beobachtet werden, welche in der physikalischen Reinigungsstufe wesentlich leistungsfähiger war als in der chemischen Reinigungsstufe. Letztere wies mit etwa 24 g/l, aufgrund einer pH-Regelung, eine ungefähr fünffach höhere Ammonium-Konzentration auf. In keinem der Waschwasserbecken wurden „klassische Nitrifizierer“ mittels der Methode Fluoreszenz in situ Hybridisierung (FISH) nachgewiesen, stattdessen wurde eine hohe Anzahl von grampositiven Bakterien (Actinobacteria) detektiert.

Summary

Wet filter banks of a three stage exhaust air washer separate dust and ammonia in water basins during a pig fattening period. After 40 days operating time a nitrifying biocenosis was observed in such washing liquid, which was more effective in the physical cleaning stage than in the chemical cleaning stage. Because of a pH control, the latter showed an ammonia concentration of 24 g/l, which was fivefold higher. No "classic nitrifiers" were observed in the washing liquid by the method fluorescence in situ hybridization (FISH) but a high content of Gram-positive bacteria (Actinobacteria).

1 Einleitung und Zielsetzung

Emissionen von Ammoniak (NH_3) und Ammonium (NH_4^+) aus der Intensivlandwirtschaft können durch Depositionen in der Umwelt zu Schäden in Ökosystemen führen (KRUPA, 2003). In der Bundesrepublik Deutschland stellt die Landwirtschaft mit ca. 90 % die Hauptquelle von NH_3 -Emissionen dar, wovon etwa 22 % auf die Mastschweinehaltung entfallen (UBA, Stand 2006). Bei Nichteinhaltung der gesetzlich vorgegebenen Immissionsgrenzwerte und/oder Abstandsregelungen in der Landwirtschaft von Stallungen zu urbanem Gebiet ist der Bau von Abluftreinigungsanlagen in Tierhaltungsanlagen erforderlich (NEC-RL 2001/81/EG, BImSchG, TA-Luft). Diese sollen, neben Staub und Geruch, eine Ammoniakabscheidung von mindestens 70 % gewährleisten (CLOPPENBURGER LEITFADEN, 2002). Eine bewährte Methode zur Reduzierung von Emissionen ist der Einsatz von kombinierten Abluftreinigungssystemen. In Schweinemastställen werden unter anderem dreistufige Kombinationsanlagen verwendet, deren Filtersysteme eine „physikalische“ (erste), „chemische“ (zweite) und „biologische“ (dritte) Reinigungsstufe bilden (SIEMERS, 2009, mdl. Mitt.). Zur Verbesserung der chemischen Ammoniak-Abscheidung wird dem Waschwasser der zweiten Stufe, gesteuert über den pH-Wert, Schwefelsäure zudosiert (HAHNE und VORLOP, 2004). Bedingt durch den permanenten Staub- und Ammoniak-Eintrag aus der Abluft und den Zulauf aus der biologischen Reinigungsstufe, nimmt der Anteil an Nährstoffen vor allem im ersten Waschwasserbecken während einer Schweinemastperiode stetig zu. Das Waschwasser stellt somit auch ein potenzielles Habitat für Ammonium- und Nitrit-oxidierende Bakterien (AOB und NOB) dar. Vereinfacht wären daher auch folgende biologische Oxidationsschritte möglich:



Durch diese biologische Umsetzung werden NH_4^+ -Ionen aus der Waschlösung entfernt, während die bei der Ammoniumoxidation (I) gebildeten Protonen gleichzeitig das pH-abhängige Dissoziationsgleichgewicht $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ zugunsten von NH_4^+ verschieben. Beide Prozesse wirken sich günstig auf den Übergang von NH_3 aus der Stallabluft in die Waschlösung aus. Zur aeroben Ammonium-Oxidation sind einige Mikroorganismen aus der Domäne der *Bacteria* (*Beta*- und *Gammaproteobacteria*) und der *Archaea* (*Crenarchaeota*) befähigt (PURKHOLD et al., 2000; KÖNNEKE et al., 2005).

Ziel der vorliegenden Untersuchung an einer großtechnischen dreistufigen Kombinationsanlage war eine erste Einschätzung, welche Stoffkonzentrationen im Waschwasser während eines Schweinemastdurchgangs auftreten und ob in der ersten Stufe geeignete Bedingungen bestehen, die eine biologische Oxidation von Ammonium durch nitrifizierende Mikroorganismen erlauben.

2 Material und Methoden

Bei dem für die Untersuchungen verwendeten Abluftwäscher handelte es sich um eine dreistufige Kombinationsanlage des Typs MagixX®, Fa. Big Dutchman (Abb. 1), welche an einen Schweinemaststall betrieben wurde.

Vor jedem Durchgang wurde der Abluftwäscher mit Leitungswasser gereinigt. Der Waschkreislauf der ersten Reinigungsstufe war mit dem Überlauf der dritten Reinigungsstufe verbunden, wohingegen der Waschkreislauf der zweiten Reinigungsstufe separat betrieben wurde.

Das Speichervolumen der ersten Stufe betrug 12,5 m³; das der zweiten Stufe 5,2 m³. Die Filterflächenbelastung der Nassfilterwände lag bei durchschnittlich 1015 m³/(m²h). Der erste Mastdurchgang A erfolgte von Oktober bis Dezember; der zweite Mastdurchgang B von Februar bis April. In der zweiten Stufe wurde der pH-Wert durch den Zusatz von 96 %-iger Schwefelsäure (H₂SO₄) auf konstant 6,0 gesteuert.

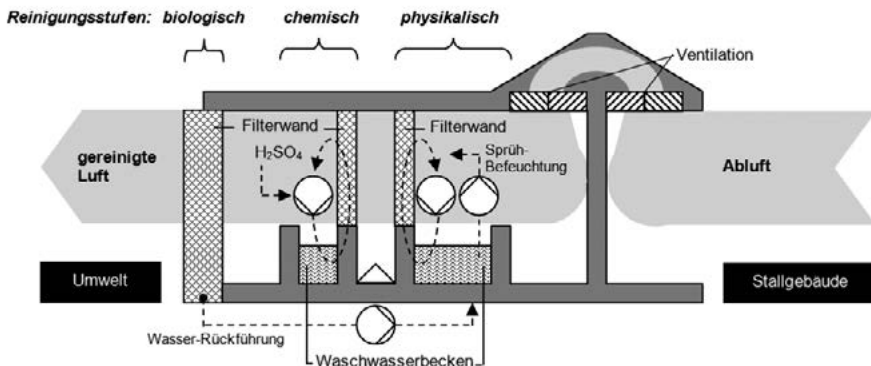


Abb. 1: Aufbau einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage: Die Abluft aus dem Stallgebäude wird in die Abluftreinigungsanlage geleitet, in der sie eine physikalische, chemische und biologische Reinigungsstufe durchläuft. Dabei werden Staubpartikel, Ammoniak und Geruch abgeschieden bzw. abgebaut
 Fig. 1: Structure of a three stage exhaust air washer: The exhaust air from the livestock area is conducted through three filter banks to achieve physical, chemical and biological separation and degradation respectively

Temperatur, Leitfähigkeit, pH und gelöster Sauerstoff wurden mit handelsüblichen Elektroden (Mettler-Toledo GmbH) erfasst und online mittels Datenlogger (UP-GmbH) gespeichert. Stichproben des Waschwassers wurden wöchentlich aus der ersten und zweiten Reinigungsstufe entnommen, vorfiltriert und photometrisch auf Ammonium-, Nitrit- und Nitrat-Stickstoff (Merck KGaA), sowie auf Gesamt-Stickstoff, Gesamt-Phosphor, Gesamt Organischen Kohlenstoff, Chemischen Sauerstoffbedarf und Gesamt-Hydrogencarbonat/CO₂ (Hach-Lange GmbH) analysiert. Weiterhin wurde titrimetrisch die Säurekapazität des Waschwassers nach ATB-DVWK Leitfaden Nr. 2–4 bestimmt.

Für die mikrobiologischen Analysen wurde jeweils am Ende der beiden Mastperioden Waschwasserschamm entnommen und fixiert, um mit gruppenspezifischen, fluoreszenzmarkierten Oligonukleotid-Sonden (mittels Fluoreszenz *in situ* Hybridisierung – FISH) die Präsenz verschiedener Hauptgruppen von Mikroorganismen nachzuweisen. (Fixierung und Hybridisierung nach AMANN et al. (1990)). Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der Konfokalen Laser-Scanning-Mikroskopie (CLSM) an einem Axiovert 100 M Mikroskop (Carl Zeiss AG).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die gemessene Temperatur des Waschwassers lag bei Durchgang A zwischen 13,3 und 18,9 °C, sowie bei Durchgang B zwischen 12,4 und 16,6 °C. Dabei unterschied sich die Temperatur aus der ersten Stufe nicht signifikant von der aus der zweiten Stufe. Die gelöste Sauerstoffkonzentration lag während der beiden Durchgänge in der ersten und zweiten Stufe aufgrund der Berieselung immer über 5 mg/l O₂. Temperatur und Sauerstoffgehalt sollten somit keine Limitierung für eine Nitrifikation im Waschwasser darstellen. Während der Betriebsdauer war eine klare Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Konzentration mineralischer Stickstoffverbindungen im Waschwasser in allen Stufen zu erkennen ($R^2 = 0,94$).

Die Säuredosierung auf einen pH-Wert von ca. 6,0 in der zweiten Stufe, führte zu einem hochgerechneten Säureverbrauch von etwa 1,8 kg-H₂SO₄ pro Mastplatz und Jahr. In der ersten Stufe fiel der pH-Wert im Waschwasser jeweils zwischen dem 40. und 50. Betriebstag im Mittel von pH 8,1–8,5 auf pH 6,8–7,0 ab und blieb bis zum Ende der Mastdurchgänge weitgehend konstant. Parallel zum Absinken des pH-Wertes verringerte sich auch die Säurekapazität. Diese Abnahme und die Bildung von Nitrit (Abb. 2b) sind ein klarer Hinweis auf biologische Nitrifikationsprozesse in der ersten Stufe.

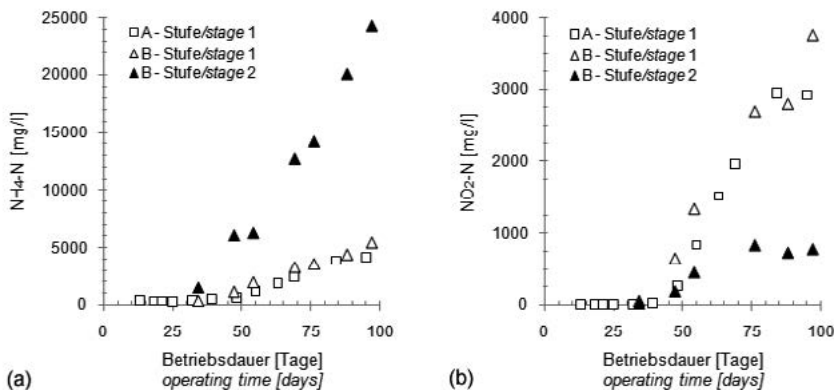


Abb. 2: Gemessene mineralische Stickstoffkonzentrationen im Waschwasser der Stufe 1 aus Durchgang A, sowie Stufe 1 und 2 aus Durchgang B. (a): Ammonium-Stickstoff (b): Nitrit-Stickstoff

Fig. 2: Measured inorganic Nitrogen concentrations in washing liquid of stage 1 during period A and stage 1 and 2 during period B. (a): Ammonia-Nitrogen (b): Nitrite-Nitrogen

Nach etwa 40 Tagen kam es im Waschwasser zu einem starken Anstieg des Gehalts an Ammonium-Stickstoff: In den ersten Reinigungsstufen beider Durchgänge sind nach etwa drei Monaten Betriebsdauer ca. 4 100 bis 5 500 mg-NH₄-N/l enthalten. In der zweiten Reinigungsstufe steigt die Konzentration – bedingt durch den niedrigeren pH-Wert – auf über 24 000 mg-NH₄-N/l an (Abb. 2a). Gegen Ende der Mastperioden lagen in der ersten Stufe 2 900–3 800 mg/l Nitrit-Stickstoff vor, während die zweite Stufe nur ca. 800 mg-NO₂-N/l aufwies (Abb. 2b). Ein ähnliches Verhältnis zeigt sich auch bei der Konzentration von Nitrat-Stickstoff: 600 bis 800 mg/l in den ersten Stufen gegenüber 200 mg/l in der zweiten Stufe.

Ob die geringere Oxidationsaktivität in der zweiten Stufe auf den niedrigeren pH-Wert oder auf die hohe Ammonium-Konzentration zurückzuführen ist, wird in nachfolgenden Untersuchungen zu klären sein. Beide Faktoren kommen nach hergebrachten Erklärungsmodellen als hemmend in Frage (ANTHONISEN et al., 1976). Weiterhin lagen in den ersten Stufen nach etwa drei Monaten im Mittel 34 mg-PO₄-P/l, 4 050 mg-CO₂(aq)/l und 1 050 mg-TOC/l vor. In der zweiten Stufe hingegen nur 8 mg-PO₄-P/l, 1 260 mg-CO₂(aq)/l und 170 mg-TOC/l, da hier kein Eintrag aus der dritten Stufe erfolgte.

Erste Populationsanalysen mittels FISH wiesen nach etwa drei Monaten im Waschwasserschamm der ersten und zweiten Reinigungsstufe keine signifikanten Mengen „typischer“ Aggregate von AOB/*Betaproteobacteria* nach, wie sie aus Belebtschlämmen der aeroben Abwasserreinigung bekannt sind. Auch erwartete NOB wie *Nitrobacter* spp. und *Nitrospira*-Arten, sowie *Gammaproteobacteria* waren nicht detektierbar.

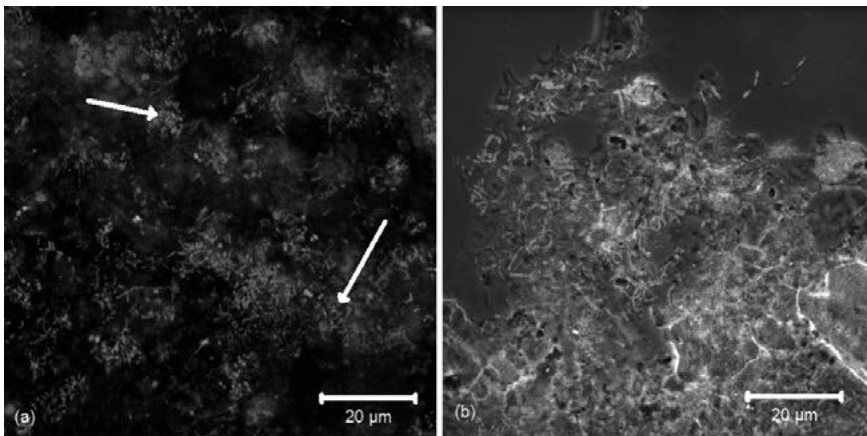


Abb. 3: Waschwasserschamm aus der physikalischen Reinigungsstufe mit verschiedenen Oligonukleotid-Sonden markiert. (a): Flockenartige Strukturen (Pfeile) von grampositiven Bakterien mit hohem GC-Gehalt (*Actinobacteria*) (Cy5 mit HGC69a); (b): *Deltaproteobacteria* (Cy3 mit äquimolarem Mix aus DELTA495a, b, und c), sowie *Betaproteobacteria* (FLUOS mit BET42a)

Fig. 3: Activated sludge in washing liquid from the physical cleaning stage, labeled with different oligonucleotide probes. (a): Aggregated structures (arrows) of *Actinobacteria* (Gram-positive Bacteria with high GC-content; Cy5 with HGC69a); (b): *Deltaproteobacteria* (Cy3 with an equimolar mix of DELTA495a, b and c), as well as *Betaproteobacteria* (FLUOS with BET42a)

In der ersten Stufe konnten vorwiegend, flockenartige Strukturen von stäbchenförmigen, grampositiven Bakterien mit hohem GC-Gehalt (*Actinobacteria*) detektiert werden (Abb. 3a). Möglicherweise spielt eine, durch ihren Zellwandaufbau bedingte, höhere osmotische Toleranz gegenüber dem hohen Salzgehalt des Waschwassers eine Rolle. Neben diesen Gruppen waren auch andere Bakterienarten in verschiedenen, jedoch oft geringeren Mengen nachzuweisen, wie *Alphaproteobacteria*, sowie einzelne stäbchenförmige *Betaproteobacteria* und *Deltaproteobacteria* (Abb. 3b). Weiterhin waren neben *Archaea* auch *Crenarchaeota*, zu denen Ammonium-oxidierende *Archaea* (AOA) gehören, in allen Stufen präsent aber nicht dominant. Bei den hohen Stoffkonzentrationen erscheint ein Vorkommen der als extremophil charakterisierten *Archaea* plausibel.

4 Schlussfolgerung und Ausblick

Die vorliegenden Untersuchungen an einer großtechnischen Abluftreinigungsanlage zeigten deutliche Hinweise auf mikrobiologische Oxidationsprozesse im angereicherten Waschwasserschlamms der physikalischen (ersten) Reinigungsstufe. Verfahrenstechnisch könnte insbesondere die biologische Stickstoffoxidation nutzbar sein, da sie durch Ansäuerung des Milieus und die Elimination von Ammonium die Aufnahmefähigkeit des Waschwassers für NH_3 aus der Abluft erhöhen kann. Eine Säuredosierung auf ca. pH 6,0 in der chemischen Reinigungsstufe resultierte in einem etwa fünffach höheren Ammonium-Gehalt gegen Ende der Mastperiode, gegenüber der vorgeschalteten physikalischen Stufe. Gleichzeitig wird dort jedoch die mikrobielle Weiteroxidation zu Nitrit und Nitrat um mehr als das Vierfache reduziert. Diese Hemmung der Nitrifikation in der chemischen Reinigungsstufe ist möglicherweise auf die hohen Ammonium-Konzentrationen oder auf den niedrigen pH-Wert zurückzuführen. Andere wesentliche Faktoren für die biologische Nitrifikation wie gelöster Sauerstoff, Temperatur, Phosphor und Hydrogencarbonat/ CO_2 als Kohlenstoffquelle erschienen nicht limitierend. Das Nichtauffinden von bekannten Nitrifizierern durch Oligo-FISH kann ein Indiz für eine eingeschränkte Nitrifikation sein, wobei die Abwesenheit von bestimmten Bakteriengruppen durch weitere Untersuchungen abzusichern ist. Da jedoch in der physikalischen Stufe ein erheblicher Teil des Ammoniaks oxidiert wurde, müssen andere nitrifizierende Mikroorganismen im Waschwasser enthalten sein, die in dieser ersten Untersuchung noch nicht erfasst wurden. Derzeit werden weitere Untersuchungen zur genaueren Charakterisierung mikrobiologischer Stickstoffoxidation in den Waschwässern und zu ihrer gezielten verfahrenstechnischen Nutzung durchgeführt.

Literatur

- AMANN, R. I.; BINDER, B. J.; OLSON, R. J.; CHISHOLM, S. W.; DEVEREUX, R.; STAHL, D. A. (1999): Combination of 16S rRNA-targeted oligonucleotide probes with flow cytometry for analyzing mixed microbial populations. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56(6), S. 1919–1925
- ANTHONISEN, A. C.; LOEHR, R. C.; PRAKSAM, T. B. S.; SRINATH, E. g. (1976): Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. *J Water Pollut Control Fed*, 48(5), S. 835–852
- HAHNE, J.; VORLOP, K.-D. (2004): Sind Abluftwäscher zur Minderung von Ammoniakemissionen geeignet? *Landtechnik*, 2, S. 106–107
- KÖNNEKE, M.; BERNHARD, A. E.; DE LA TORRE, J. R.; WALKER, C. B.; WATERBURY, J. B.; STAHL, D. A. (2005): Isolation of an autotrophic ammonia-oxidizing marine archaeon. *Nature*, 437, S. 543–546
- KRUPA, S. V. (2003): Effects of atmospheric ammonia (NH_3) on terrestrial vegetation: a review. *Environ Poll*, 124, S. 179–221
- PURKHOLD, U.; POMMERENING-ROSER, A.; JURETSCHKO, S.; SCHMID, M.; KOOPS, H.-P.; WAGNER, M. (2000): Phylogeny of all recognised species of ammonia oxidiser based on comparative 16S rRNA and amoA sequence analysis: implications for molecular surveys. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, S. 5368–5382

Säureverbrauch bei der Abluftreinigung reduzieren

Cutting acid consumption for waste air cleaning

JOCHEN HAHNE

Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Johann Heinrich von Thünen-Institut),
Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Abluftreinigung, Ammoniak, Schwefelsäureverbrauch, Wassertemperatur
Keywords: exhaust air treatment, ammonia, sulphuric acid consumption, water temperature

Zusammenfassung

Der Einsatz von Abluftreinigungsanlagen zur Emissionsminderung erhöht sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten in der Tierhaltung. In vielen Fällen ist der Verbrauch an Säure für die Ammoniakabscheidung ein wesentlicher Kostenfaktor. Langjährige Versuche an einem Rieselbettreaktor zur Reinigung von Abluft aus der Mastschweinehaltung ergaben, dass der Verbrauch an Schwefelsäure bei Waschwassertemperaturen von 12–13 °C mit 1,9 kg/kg NH₃-N relativ hoch war. Temperaturen über 15 °C verbesserten die biologische Ansäuerung von Ammoniak zu Nitrit und Nitrat und reduzierten dementsprechend den Schwefelsäurebedarf. Bei mittleren Wassertemperaturen um 17 °C lag der Schwefelsäureverbrauch nur noch zwischen 0 und 0,4 kg/kg NH₃-N. Oberhalb einer mittleren Wassertemperatur von 19 °C wurde überwiegend Nitrat gebildet. Die Reduzierung von Wärmeverlusten durch Wärmedämmung oder die Erwärmung des Waschwassers durch Wärmetauscher über 15 °C führt somit zu einer beträchtlichen Verminderung des Säurebedarfes.

Summary

The use of waste air treatment systems for emission reduction increases both the investment and the running costs of livestock keeping. In many cases the consumption of acid for ammonia reduction is a relevant cost factor. Long-time investigations with a trickle bed filter used for cleaning of waste gas from a pig fattening showed that the sulphuric acid demand was relatively high with 1.9 kg/kg NH₃-N if the washing liquid temperature was only 12–13 °C. Temperatures above 15 °C improved biological acidification of ammonia to nitrite and nitrate and reduced the sulphuric acid consumption accordingly. At mean washing liquid temperatures about 17 °C the sulphuric acid demand was only 0 to 0.4 kg/kg NH₃-N. If the mean water temperature exceeded 19 °C ammonia oxidation resulted predominantly in nitrate. Reducing the heat losses by insulation or warming up the washing water by heat exchangers above 15 °C will therefore reduce the sulphuric acid demand considerably.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Abluftreinigung in der Tierhaltung wird aus Gründen der Verknappung immissionsschutzrechtlich unbedenklicher Standorte, wachsender Bestandsgrößen und der sinkenden Akzeptanz gegenüber Umweltverschmutzungen zwangsläufig an Bedeutung gewinnen. Die zusätzlichen Produktionskosten verschlechtern jedoch die Wirtschaftlichkeit der Betriebe, die eine Abluftreinigungsanlage installieren müssen. Um die Akzeptanz und den Einsatz der Abluftreinigung in tierhaltenden Betrieben zu erhöhen, ist es auch angesichts der gegenwärtigen Ertragslage entscheidend, die Kosten für diese Technik ohne Einschränkung der Wirksamkeit weiter zu reduzieren. Ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Abluftreinigung ist die Abscheidung von Ammoniak, die bislang entweder durch sehr hohe Abschlämmraten ($> 0,6 \text{ m}^3/\text{TP Mastschwein}$) oder hohen Säureeinsatz ($1\text{--}3 \text{ kg/kg NH}_3\text{-N}_{\text{Rohgas}}$) gewährleistet werden kann [1]. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher zu untersuchen, mit welchem Säureverbrauch bei biologischen Abluftreinigungsverfahren im Jahresmittel zu rechnen ist und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie dieser weiter reduziert werden kann.

2 Versuchsdurchführung und Methodik

Für die in den Jahren 2004 bis 2008 durchgeführten Versuche wurde ein zweistufiger Rieselbettreaktor eingesetzt, der mit Abluft aus einem konventionell betriebenen Mastschweinestall beaufschlagt wurde (Abb. 1).

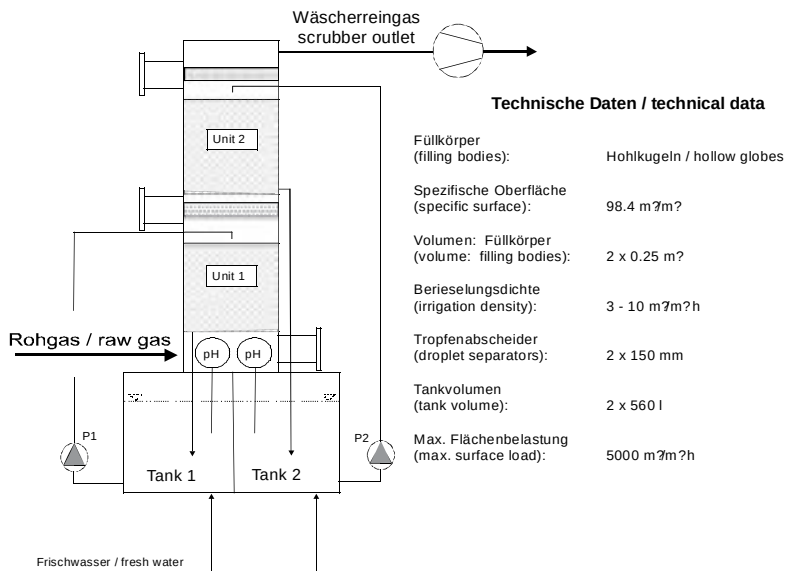


Abb. 1: Aufbau und technische Daten des Rieselbettreaktors

Fig. 1: Design and technical data of the trickle bed reactor

Mindestens dreimal in der Woche wurden in beiden Stufen die Waschwassertemperaturen und die Konzentrationen an Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$), Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$) und Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$) bestimmt [2]. Die Messwerte der insgesamt zehn Versuche wurden auf den Kalendertag bezogen und jeweils für beide Waschstufen getrennt gemittelt und jeweils zu Wochenmittelwerten zusammengefasst. Darüber hinaus wurden aus den Wochenmittelwerten der N-Verbindungen die mittleren, relativen Anteile an $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ für beide Waschstufen berechnet, wobei die Summe dieser Stickstofffraktionen als TIN (total inorganic nitrogen) mit 100 % angesetzt wurde. Als oxidierter Anteil wurde zusätzlich die Summe aus $\text{NO}_2\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ als relativer Anteil $\text{NO}_x\text{-N}$ berechnet. Die relativen N-Anteile beider Waschstufen wurden dann für jede N-Fraktion und für $\text{NO}_x\text{-N}$ erneut gemittelt.

3 Ergebnisse

Die gemeinsamen Wochenmittelwerte für die Waschwassertemperaturen im Rieselsbettreaktor schwankten im Messzeitraum von 2004 bis 2008 zwischen 10,2 °C (9. KW, Ende Februar) und 19,3 °C (29. KW, Mitte Juli) (Abb. 2). Die Unterschiede zwischen den Stufen waren mit 0,5 °C im Jahresmittel nur gering (Stufe 1: 14,9 °C, Stufe 2: 14,4 °C).

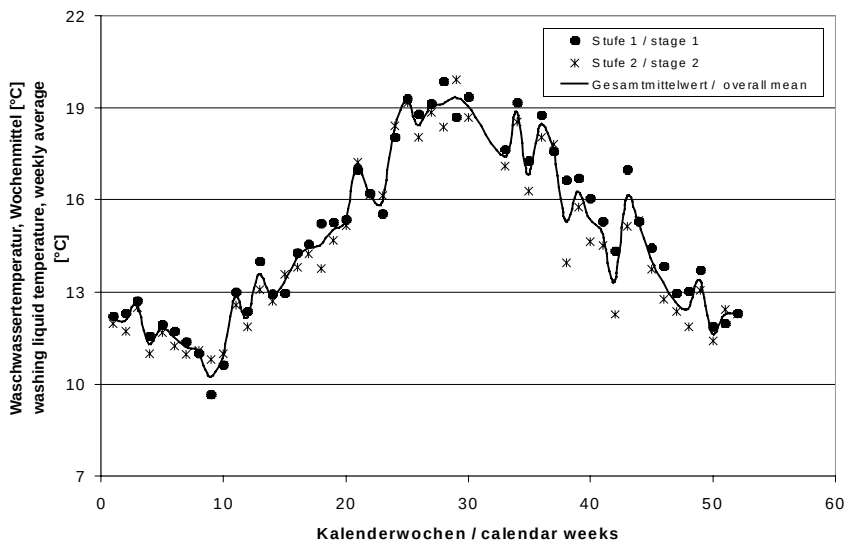


Abb. 2: Mittlerer jahreszeitlicher Verlauf der Waschwassertemperaturen im Rieselsbettreaktor (Messzeitraum: 2004–2008)

Fig. 2: Mean annual course of the washing liquid temperatures in the trickle bed reactor (measuring period: 2004–2008)

Die mittlere Verteilung der prozentualen N-Anteile ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) ergab, dass die Zusammensetzung des Waschwassers erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen unterlag (Abb. 3).

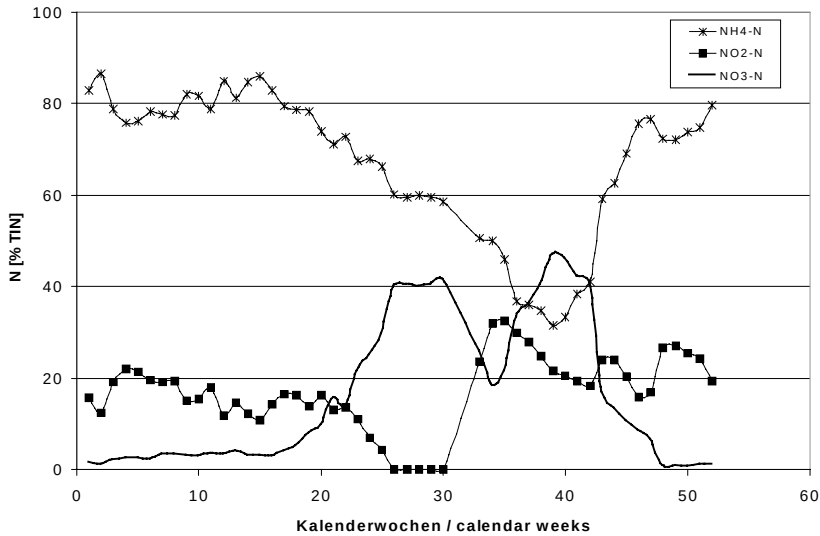
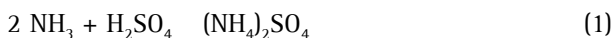


Abb. 3: Mittlerer jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffverbindungen im Waschwasser eines Rieselbet-treaktors (Messzeitraum: 2004–2008)

Fig. 3: Mean seasonal course of nitrogen compounds in the washing liquid of a trickle bed reactor (measuring period: 2004–2008)

In den Kalenderwochen (KW) 0 bis 19 lagen bei einer mittleren Waschwassertemperatur von 12,5 °C im Mittel knapp 81 % des in das Waschwasser eingetragenen Stickstoffs als $\text{NH}_4\text{-N}$, 16,1 % als $\text{NO}_2\text{-N}$ und lediglich 3,2 % als $\text{NO}_3\text{-N}$ vor. Etwa ab der 19. KW sank der relative $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil auf 60,2 % in der 26. KW, während der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteil in der gleichen Zeit auf 39,8 % stieg. In der 26. KW war kein $\text{NO}_2\text{-N}$ mehr nachweisbar. Die mittlere Waschwassertemperatur stieg in dieser Zeit von 15,3 °C (KW 20) auf 18,4 °C (KW 26). In der Zeit von KW 30 bis KW 38 trat bei einigen Versuchen wieder vermehrt Nitrit auf, das offensichtlich aus der Denitrifikation des Nitrats stammte (Abb. 3). Der relative $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil erreichte mit 31,6 % in der 39. KW sein Minimum, während der Anteil des oxidierten Stickstoffs (Summe aus $\text{NO}_2\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$) 68,4 % seinen höchsten Wert aufwies. Die mittleren Waschwassertemperaturen lagen zwischen der 26. und 39. KW zwischen 15,3 und 19,3 °C. Ab der 39. KW stieg der relative $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil wieder kontinuierlich an und erreichte in der 46. KW 75,7 % und in der 52. KW 79,7 %. Der relative $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteil sank in KW 48 auf weniger als 1 % bei einer Waschwassertemperatur von 12,4 °C.

Zur dauerhaften Absorption von $\text{NH}_3\text{-N}$ aus der Abluft kann entweder eine Säure eingesetzt werden (im Regelfall Schwefelsäure) oder es wird gezielt die biologische Ansäuerung über die Nitrifikation benutzt. In beiden Fällen kann eine ausreichende Herabsetzung des pH-Wertes im Waschwasser erreicht werden. Nach der chemischen Gleichung (1) kann der erforderliche Schwefelsäurebedarf zur Absorption eines Kilogramms $\text{NH}_3\text{-N}$ berechnet werden. Dieser beträgt 3,0 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$.



Wird Ammoniak mikrobiologisch oxidiert, kann sowohl Nitrit als auch Nitrat gebildet werden. Die biologische Ammoniakoxidation reduziert aber in jedem Fall den Säurebedarf, der zur Einstellung eines bestimmten pH-Wertes und damit auch zur sicheren Ammoniak-Absorption erforderlich ist. Nach eigenen Laborversuchen kann davon ausgegangen werden, dass bei einem $\text{NO}_x\text{-N}$ -Anteil von ca. 45 % im Washwasser sich pH-Werte von 6–7 einstellen und somit der Bedarf von Schwefelsäure gegen Null sinkt.

Unter Anwendung der Ergebnisse aus den Laborversuchen kann der Schwefelsäurebedarf für den Rieselbettreaktor anhand der Washwasser-zusammensetzung berechnet werden. Hierbei wurde eine vollständige NH_3 -Absorption aus der Abluft in das Washwasser unterstellt. Außerdem wurde vorausgesetzt, dass die Schwefelsäure ausschließlich zur Bindung von NH_3 „verbraucht“ wird. Die Ergebnisse zeigen, dass der Bedarf an Schwefelsäure (100 %) zwischen 2,4 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ (KW 2) und 0 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ (KW 33 bis KW 42) variierte (Abb. 4). Bei einer geringen biologischen Ammoniakoxidation (Nitrifikation), wie sie im Mittel der Versuche in der Zeit von Mitte November bis Ende April bei mittleren Wassertemperaturen von 12–13 °C beobachtet wurde, ist mit einem deutlichen Schwefelsäureverbrauch von ca. 1,9 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ zu rechnen. In dieser Zeit könnte bei den beschriebenen Bedingungen ohne Säuredosierung und pH-Regelung auf pH 6,5 bei den üblichen Abschlämmraten keine 70 %ige Ammoniakabscheidung – wie im DLG-Prüfrahmen gefordert – gewährleistet werden.

In der Zeit von KW 26 bis KW 46 lag der rechnerische Schwefelsäureverbrauch zwischen 0 und 0,4 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$. Bei einer mittleren Wassertemperatur von 16,7 °C betrug das $\text{NH}_4\text{-N}:\text{NO}_2\text{-N}:\text{NO}_3\text{-N}$ -Verhältnis 2,9:1:1,8. Besonders günstig waren die

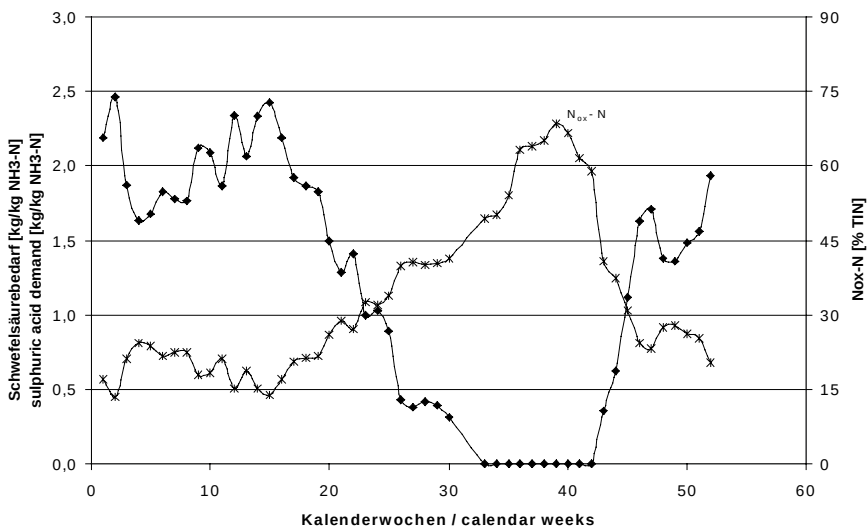


Abb. 4: Berechneter jahreszeitlicher Verlauf des Schwefelsäurebedarfs für die Ammoniakabscheidung mit einem Rieselbettreaktor (Messzeitraum: 2004–2008)

Fig. 4: Calculated seasonal course of sulphuric acid demand for ammonia separation with a trickle bed reactor (measuring period: 2004–2008)

Verhältnisse in der Zeit von KW 26 bis KW 30 zu beurteilen. Bei 19 °C Wassertemperatur lag der Stickstoff im Waschwasser nur als NH_4N (60 %) und $\text{NO}_3\text{-N}$ (40 %) vor.

Die Ergebnisse zeigen somit eindeutig, dass die durchschnittliche Waschwassertemperatur offensichtlich einen wesentlichen Einfluss auf die Nitrifikation und auf die relative Zusammensetzung der Stickstofffraktionen ausübt.

4 Fazit und Schlussfolgerungen für die Praxis

Temperaturen von mehr als 15 °C im Waschwasser sachgerecht dimensionierter und ordnungsgemäß betriebener biologischer Abluftwäscher können dazu beitragen, den Säurebedarf zur Ammoniakabtrennung von ca. 2,5 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ auf weniger als 0,5 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ zu reduzieren. Daher sollten Abluftreinigungsanlagen in Hinblick auf Einsparung jeglicher Wärmeverluste optimiert werden. Hierfür bieten sich eine Reihe von Möglichkeiten an, wie z.B. bessere Wärmeisolation, Einsatz von Wärmetauschern, Vorerwärmung des Frischwassers oder des Waschwassers über solarthermische Anlagen, die Abwärmenutzung von Biogasanlagen oder idealerweise die Integration der Abluftreinigungsanlage in den Stall.

Literatur

- [1] KTBL (Hrsg.) (2006): Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen. KTBL-Schrift 451, Darmstadt
- [2] HAHNE, J. (2007): Biologische Abluftwäsche – Möglichkeiten zur Reduzierung des Waschwasseranfalls. In: KTBL (Hrsg.): 8. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2007, Bonn, 8.–12. Oktober 2007, S. 45–50

Emission und Transmission realer Staubpartikel aus Tierställen

Emission and transmission of dust from livestock buildings

JESSICA HENSELER¹, EBERHARD ROSENTHAL², PHILIPP LODOMEZ², BERND DIEKMANN²,
WOLFGANG BÜSCHER¹

¹ Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 5, 53115 Bonn

² Physikalisches Institut, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 12, 53115 Bonn

Schlüsselwörter: Adsorption, Partikelverteilung, Windkanal

Keywords: adsorption, particle distribution, wind tunnel

Zusammenfassung

Im Hinblick auf die aktuelle Diskussion über Feinstaubbelastungen aus der Landwirtschaft ist es notwendig zu wissen, wie weit Staubpartikel aus Tierställen von der Luft transportiert werden können. Eine sachgerechte Ausbreitungssimulation für Stäube ist erstrebenswert, um präzise Prognosen treffen zu können.

In diesem Projekt werden daher die aerodynamischen Eigenschaften von Staubpartikeln verschiedener Tierarten, wie Formfaktor, spezifische Dichte, Partikelkonzentration und Partikelmassenkonzentration, sowie die chemischen Komponenten untersucht. Weiterhin wird die Analyse der einzelnen Transmissionsparameter an unterschiedlichen Laborprüfständen durchgeführt. Die Analyse der Sedimentationsgeschwindigkeit der unterschiedlichen Tierstallstäube erfolgt in einem dafür konstruierten Sedimentationszylinder (SCHMITT-PAUKSZTAT, 2006). Die Untersuchungen zur Resuspension und Adsorption der Partikel außerhalb des Stalles wurden in einem hierzu entwickelten Windkanal durchgeführt.

Summary

Related to the actual discussion about inhalable and respirable dust it is worth knowing how far particles from livestock buildings can be carried. A simulation model, especially for dust is desirable to give more accurate prognosis.

In this project the aerodynamic properties of dust like shape factor, specific gravity, particle concentration, particle mass and chemical composition are determined for different livestock buildings. Furthermore, the different transmission parameters are analysed in different lab tech benches. The analysis of sedimentation velocity for airborne dust in livestock buildings is done in a special sedimentation cylinder (SCHMITT-PAUKSZTAT, 2006). The resuspension and adsorption for airborne dust from livestock buildings is determined in a wind tunnel.

1 Problemstellung

Eine Ausbreitungssimulation zur Prognose von Staubimmissionen kann nur dann realitätsnahe Ergebnisse liefern, wenn partikelspezifische Parameter berücksichtigt werden (LODOMEZ et al., 2008). Insbesondere Stäube aus dem Bereich der Landwirtschaft sind aufgrund ihrer mehrkomponentigen Zusammensetzung modelltechnisch schwierig zu beschreiben.

Einen wichtigen Effekt stellt die Adsorption dar, die das Anhaften von Partikeln an Oberflächen beschreibt. Im Umfeld von Stallanlagen spielen die Anhaftungsvorgänge von Aerosolpartikeln an Pflanzen eine entscheidende Rolle. Bei den Untersuchungen wurde eine Abhängigkeit der Partikelanhaftung in Abhängigkeit an den Blätterbesatz vermutet.

2 Messprinzip und Versuchsaufbau

Der Transmissionsparameter Adsorption wurde in einem im Querschnitt quadratischen Windkanal (Abb. 1) mit einer Länge von etwa 9,8 m und einem Durchmesser von 0,9 m untersucht.

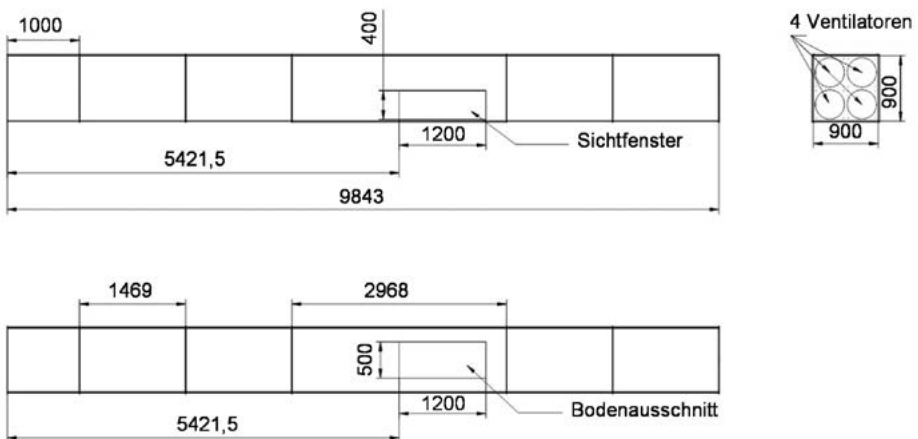


Abb. 1: Seitenansicht (oben), Querschnitt (oben rechts) und Draufsicht (unten) des verwendeten Windkanals

Fig. 1: side-view (top), cross-section (top right) and top view (bottom) of the wind tunnel

Im Anschluss an die Beruhigungsstrecke wurde in ein Segment des Windkanals eine Testplattform installiert. Ein Bodenausschnitt (0,5 m x 1,2 m) ermöglicht es, dass zu untersuchende Material von unten in den Windkanal einzuführen. Ein Sichtfenster aus Plexiglas (0,4 m x 1,2 m) gewährt die ständige Überwachung der Messungen während der einzelnen Versuchsreihen.

Durch den Einbau von vier Axialventilatoren der Firma Ziehl-Abegg können verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten und Einstellungen simuliert werden. Jeder

Ventilator hat einen Durchmesser von 0,3 m. Die Ventilatoren haben laut Hersteller eine Volumenstrom-Fertigungstoleranz von bis zu 10 % untereinander. Die Problembehebung der Drehzahlunterschiede wurde mit einem speziellen Aufsatz gelöst, der mittels Keilriemen die Ventilatorenachsen verbindet. Über einen Frequenzumrichter, von der Firma Ziehl-Abegg, werden die vier Ventilatoren angesteuert.

Um den Windkanal optimal bedienen zu können, wurde eine Software mit LabView 8.5 geschrieben, die sowohl den Frequenzumrichter der Ventilatoren als auch die eigentliche Messtechnik im Windkanal steuert. Die Messtechnik besteht aus zwei Aerosolspektrometern (Model 1.108) der Firma Grimm, GRIMM Aerosol Technik GmbH & Co. KG, sowie einem Temperatur- und Luftfeuchtefühler und zwei Flügelradanemometer der Firma Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH. Die Messdaten werden online übertragen und graphisch dargestellt.

Im Windkanal gibt es zwei Messpunkte, an denen die Partikelanzahlkonzentration in acht Größenklassen via Aerosolspektrometer gemessen wird. Das erste Aerosolspektrometer zeichnet die Partikelanzahlkonzentration vor der Testplattform auf und erfasst somit die Hintergrundkonzentration. Das zweite Aerosolspektrometer ist hinter der Testplattform installiert. Die isokinetischen Ansaugköpfe der beiden Aerosolspektrometer stehen in einem Abstand von 10 cm zur Testplattform, wobei diese die Partikelanzahlkonzentration auf gleicher Höhe und Ebene messen.

Weiterhin wird die Windgeschwindigkeit an zwei Messpunkten erfasst (VDI 3783). Die Flügelradanemometer werden hierfür diagonal auf der Testplattform aufgebaut, sodass die Windgeschwindigkeit vor und hinter dem zu untersuchenden Objekt aufgezeichnet werden kann. Der Temperatur- und Luftfeuchtefühler zeichnet die Klimadaten auf; er ist ebenfalls auf der Testplattform installiert.

Die Eindosierung der Stäube erfolgt mit einer am Institut für Landtechnik entwickelten Dispergiereinheit. Diese ermöglicht im Bezug auf die Staubeindosierung die Einstellung von unterschiedlichen

- Eindosierungshöhen,
- Vorschüben,
- Druckverhältnissen,
- Luftvolumenströmen und
- Staubmengen.

Bei dem untersuchten Objekt im Windkanal handelt es sich um Winterweizen der Sorte Isengrain. Dieser wurde auf einem Praxisbetrieb dem Weizenbestand entnommen und in Saatschalen (50 cm x 30 cm) eingepflanzt. Der Weizen wurde in den Wachstumsstadien EC 23 und EC 31 verwendet.

Die Versuche mit den Tierstallstäuben erfolgten jeweils an einem Tag, sodass der Weizen über Nacht die Möglichkeit zur Regeneration hatte. Weiterhin konnte der Weizen nach dem täglichen befeuchten bis zum nächsten Tag wieder vollständig abtrocknen.

Der Ablauf der Datenauswertung für die Adsorptionsmessungen ist in mehrere Schritte gegliedert. Zunächst wird die gemessene Partikelverteilung für Rinderstallstaub im Stall betrachtet (Abb. 2).

In den kleinen Größenklassen kommen die höchsten Partikelanzahlkonzentrationen vor. Betrachtet man hingegen die Partikelmassenkonzentration, so wandelt sich das Bild und in den kleinsten Größenklassen herrschen die geringsten Mengen vor. Mit steigender

Partikelgröße nimmt die Partikelmasse zu und erreicht ihre maximale Massenkonzentration in den Größenklassen von 5,0–10,0 μm .

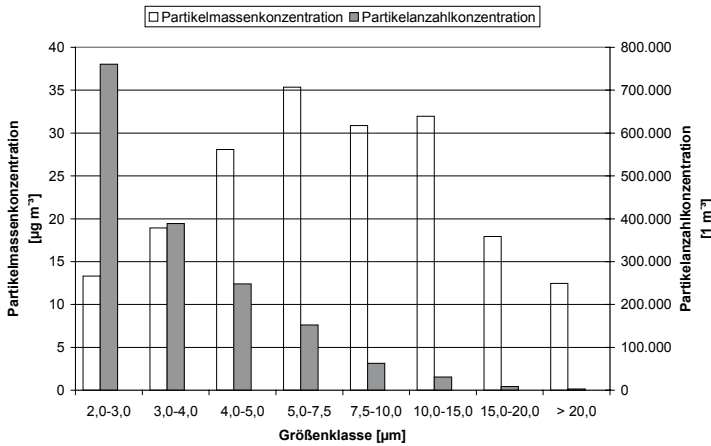


Abb. 2: Gemessene Partikelverteilung im Rinderstall
 Fig. 2: Measured particle distribution of dairy cattle barn dust

Im nächsten Schritt wird die gemessene Partikelanzahl und Partikelmasse in den Größenklassen 2–20 μm aufsummiert. Die prozentuale Verteilung für jede gemessene Größenklasse wird bestimmt, wodurch man in der Lage ist, eine theoretische Partikelverteilung für die ausgebrachte Rinderstallstaubmenge von 2 g im Windkanal festzulegen. Im Anschluss daran erfolgt die Berechnung des prozentualen Anteils der adsorbierten Partikel an der Gesamtkonzentration der jeweiligen Partikelgrößenklassen.

3 Messergebnisse

Ein erstes Ergebnis der Adsorptionsmessungen mit Winterweizen ist in Abbildung 3 dargestellt. Zu sehen ist die Verteilung der Partikelanzahlkonzentration bezogen auf die vor dem Weizen ankommenden Partikel. Zum anderen kann der Anteil der adsorbierten Partikel für die unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten entnommen werden. Hier bestätigt sich das erwartete Bild, dass mit steigender Windgeschwindigkeit und ansteigender Partikelgrößenklasse der Anteil der adsorbierten Partikel zunimmt. Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4,1 m s^{-1} wurden bei diesen Bilanzmessungen Adsorptionsraten von bis zu 85 % in der Größenklasse 15–20 μm erreicht.

Zu erwähnen ist weiterhin, dass nur ein Bruchteil der zudosierten Rinderstallstaubmenge vor dem Weizen ankam. Die hier dargestellten Adsorptionsraten beziehen sich lediglich auf die vor dem Weizen gemessenen Partikelanzahlkonzentrationen.

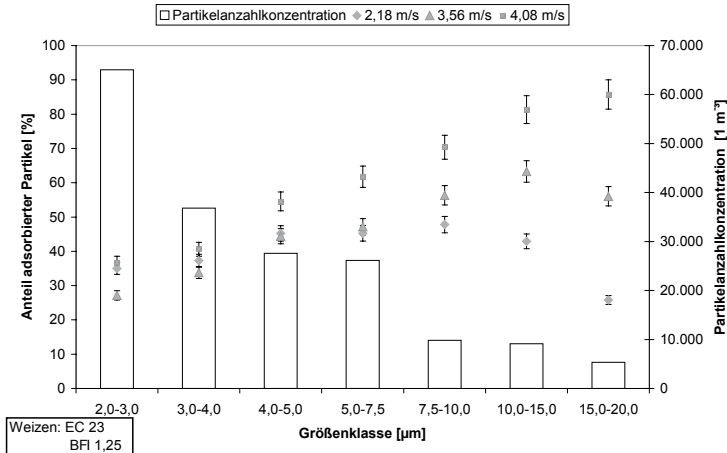


Abb. 3: Prozentualer Anteil der adsorbierten Partikel bezogen auf die tatsächliche Partikelanzahlkonzentration vor dem Weizen bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und einer ausgebrachten Rinderstallstaubmenge von 2 g

Fig. 3: Procentual fraction of adsorbed particles to theoretical particle number distribution in front of the wheat for a sample of 2 g dairy cattle barn dust and taking different wind velocities into consideration

4 Diskussion

In den letzten Jahren wurden zunehmend Emissionsmessungen im Bereich der Tierstallstäube durchgeführt, wodurch die Prognosen für Ausbreitungssimulationen verbessert werden konnten (TAKAI et al, 1998; VAN DER HOEK, 2007).

Weiterhin wurden die Systeme zur Staubbminderung optimiert (HÖLSCHER, 2006), sodass die emittierten Staubkonzentrationen aus den Tierställen unter den gesetzlichen Mindestanforderungen liegen (TA-LUFT, 2001).

In weiteren Schritten sind die Einflussfaktoren auf das Transmissionsverhalten der Feinstäube zu untersuchen, wodurch die Prognosen präzisiert werden können. Hierbei ist vor allem das Adsorptionsverhalten des Pflanzenbewuchses in der Stallumgebung zu erwähnen, wodurch ein weiterer Beitrag zur Abtrennung von Feinstaub aus der Umgebungsluft geleistet wird (REZNIK und SCHMIDT, 2008).

Literatur

- HÖLSCHER, R. (2006): Nachrüstlösungen zur Emissionsminderung dezentral entlüfteter Stallungen zur Schweinemast. Dissertation, VDI-MEG 446
- LODOMEZ, P.; ROSENTHAL, E.; HENSELER, J.; BÜSCHER, W.; DIEKMANN, B. (2008): Dynamic Dispersion Modelling of Odours and Aerosols. 12th International Conference on Harmonization within Atmospheric Modelling for Regulatory Purposes. Proceedings, Zagreb, Vol. 43
- REZNIK, G.; SCHMIDT, E. (2008): Abscheidung von Feinstaub an Pflanzen bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten. Chemie Ingenieur Technik 80, 12, S. 1849–1853

- SCHMITT-PAUKSZTAT, G. (2006): Verfahren zur Bestimmung der Sedimentationsgeschwindigkeit von Stäuben und Festlegung partikelspezifischer Parameter für deren Ausbreitungssimulation. Dissertation, VDI-MEG 440
- TAKAI, H.; PEDERSEN, S.; JOHNSEN, J. O.; METZ, J. H. M.; GROOT KOERKAMP, P. W. G.; UENK, G. H.; PHILLIPS, V. R.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; SHORT, J. L.; WHITE, R. P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K. H.; WATHES, C. M. (1998): Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe. *J. agric. Engng Res.* 70, S. 59–77
- TA-Luft (2001): Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
- VAN DER HOEK, K. W. (2007): Particulate matter emissions from animal production in the netherlands. Dust Conference, Maastricht
- VDI 3783 (2000): Umweltmeteorologie. Physikalische Modellierung von Strömungs- und Ausbreitungsvorgängen in der atmosphärischen Grenzschicht. Windkanalanwendungen. VDI-Richtlinie 3783, Blatt 12

Möglichkeiten der Exkrementbehandlung zur Emissionsminderung – ein Verfahrensüberblick

Emission Reduction by Manure Treatment Techniques – a Review

WERNER BERG

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Emissionsminderung, Exkrementbehandlung

Keywords: *emission reduction, manure treatment*

Zusammenfassung

Die Exkremente aus der Tierhaltung sind eine bedeutende Emissionsquelle für Ammoniak (NH_3), Methan (CH_4) und Geruch. Bislang gibt es kein praxistaugliches Verfahren, mit dem sich alle relevanten Emissionen aus Exkrementen wirkungsvoll und kosteneffizient reduzieren lassen. NH_3 - und Geruchsemissionen aus Exkrementlagern kann man durch Abdeckungen der emittierenden Oberflächen um 70–90 % senken. Das ist vor allem für Flüssigmist, der keine natürliche Schwimmdecke bildet, eine kosteneffiziente Maßnahme, kann aber zu erhöhten Treibhausgasemissionen führen. Mit der anaeroben Behandlung in Biogasanlagen lassen sich die CH_4 -Emissionen um 50–70 % vermindern. Geschlossene Gärrestlager (Nachgärbehälter) verbessern diese Werte auf 70–80 % und reduzieren darüber hinaus die NH_3 - und Geruchsemissionen. Additive bieten aussichtsreiche Möglichkeiten alle relevanten Emissionen effektiv zu mindern, hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Summary

Excreta from animal husbandry are an important source of ammonia (NH_3), methane (CH_4) and odour emissions. So far no procedure is available to reduce all relevant emissions from excreta effectively and economically. Covering the emitting surfaces of storage facilities can decrease NH_3 and odour emissions by 70–90 %. This is an economically measure especially for liquid manure not forming a natural floating layer but may be accompanied by increasing greenhouse gas emissions. Anaerobic treatment in biogas plants can reduce CH_4 emission by 50–70 %. Closed digestate storages (post-digester) increase these values up to 70–80 % and additionally they reduce NH_3 and odour emissions. Additives provide promising opportunities to reduce all relevant emissions effectively, further research is needed.

1 Problem- und Zielstellung

Die Exkremente aus der Tierhaltung sind die Hauptemissionsquelle für Ammoniak (NH_3), aber auch für Methan (CH_4) und Geruch stellen sie eine bedeutende Quelle der Freisetzung dar. Distickstoffmonoxid (N_2O) und Schwefelwasserstoff (H_2S) können unter bestimmten Umständen ebenfalls aus Exkrementen entweichen. Die Wirkungen dieser gasförmigen Emissionen sind ganz unterschiedlich: NH_3 trägt zur Versauerung und Eutrophierung von Ökosystemen bei, darüber hinaus führt es über den Weg der Stickstoffdeposition zur Bildung und Freisetzung von N_2O . CH_4 und N_2O tragen als klimarelevante Gase zur Erwärmung der Erdoberfläche bei. H_2S bildet mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch und wirkt in Konzentrationen ab 500 ppm akut toxisch. Zur Verminderung der NH_3 -, CH_4 - und N_2O -Emissionen existieren internationale Übereinkommen und Richtlinien (UN, 1998; UN/ECE, 1999; EU, 2001) zu deren Umsetzung Deutschland sich verpflichtet hat und die für NH_3 vor allem über das Bundes-Immissionsschutzgesetz umgesetzt werden. Für Geruchsimmissionen sind in verschiedenen nationalen Richtlinien zulässige Höchstgrenzen für Geruchsstoffkonzentrationen und Immissionshäufigkeiten vorgegeben, die ihre Anwendung in Genehmigungsverfahren finden.

Gegenstand dieses Beitrages sind Verfahren, die eine Behandlung der Exkremente darstellen und die Freisetzung der genannten Gase beeinflussen, auch wenn dies nicht immer der Hauptzweck dieser Verfahren ist. Maßnahmen und Verfahren, die sich nicht unmittelbar auf die Exkrementbehandlung richten, wie z.B. die nährstoffangepasste Fütterung, Futterzusatzstoffe, die Stallklimatisierung oder die Abluftbehandlung sind ebenso wenig Gegenstand dieses Beitrages wie die Exkrementausbringung. Die Exkrementbehandlung ist seit langer Zeit Gegenstand von Untersuchungen, von denen hier aber nur einige wenige genannt werden können. Ein Teil dieser Arbeiten findet sich in den Überblicksbeiträgen von McCrory & Hobbs (2001), Ndegwa et al. (2008) und VanderZAAG et al. (2008).

2 Verfahren der Exkrementbehandlung

Die Verfahren der Exkrementbehandlung nutzen sowohl mechanische, thermische, chemische als auch biologische Wirkprinzipie, wobei innerhalb einzelner Verfahren mehr als ein Wirkprinzip zur Anwendung kommen kann. Darüber hinaus können auch verschiedene Verfahren miteinander kombiniert werden.

Die Verfahren der Exkrementbehandlung lassen sich sieben Kategorien zuordnen:

- bauliche Maßnahmen,
- organisatorische Maßnahmen,
- Additive,
- Separieren,
- aerobe Behandlungen,
- anaerobe Behandlungen,
- Abdeckung emittierender Oberflächen.

2.1 Bauliche Maßnahmen

Bauliche Maßnahmen, die der Emissionsminderung durch Exkrementbehandlung zuzuordnen sind, zielen darauf ab, den Harn möglichst rasch und vom Kot getrennt aus dem Stall zu entfernen. Dieses Ziel soll durch eine entsprechende Ausführung des Stallbodens erreicht werden. Harn und Kot können danach weiteren Behandlungen unterzogen, gesondert gelagert und ausgebracht werden. Obwohl in Untersuchungen zumindest für NH_3 Minderungseffekte von bis zu 50 % ermittelt wurden, werden sie mit Skepsis betrachtet und konnten sich nicht in der Praxis durchsetzen.

2.2 Organisatorische Maßnahmen

Organisatorische Maßnahmen und das Management von Exkrementbehandlungen beeinflussen deren Wirksamkeit ganz wesentlich. Dies trifft für die Reinhaltung des Stallbodens (mit oder ohne Kot-Harn-Trennung) ebenso zu wie für die Wirkungen aller nachfolgend genannten Verfahren. Deshalb sei dies hier ausdrücklich erwähnt.

2.3 Additive

Es gibt eine große Palette von Additiven zur Verminderung gasförmiger Emissionen. Sie lassen sich entsprechend ihrer Wirkungsweisen in vier Gruppen einteilen:

- pH-Wert-Absenkung,
- Ureaseinhibition,
- Binden freier Ammonium-Ionen,
- Fördern der natürlichen Abbauprozesse.

Der pH-Wert der Exkremente, der im unbehandelten Zustand neutral bis schwach basisch ist, kann auf drei Wegen herabgesetzt werden: durch Säuren, deren Salze oder leicht abbaubare Kohlenstoffverbindungen (Zucker, Stärke). Letztgenannte senken den pH-Wert indirekt über eine verstärkte Produktion von organischen Säuren der in den Exkrementen vorhandenen Mikroorganismen. Anorganische Säuren und Salze sind effizienter als organische, dennoch sind organische Säuren und Salze aufgrund ihrer Vorteile in Bezug auf Handhabung und Umwelteigenschaften vorzuziehen. Auf allen drei Wegen ist eine sehr wirksame Absenkung des pH-Wertes möglich. pH-Werte unterhalb von 4,5 verhindern sowohl die NH_3 - als auch die CH_4 -Emissionen fast vollständig. Selbst bei konservativer Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf reale Anwendungen kann man mit Emissionsminderungsraten von mindestens 50 % rechnen. Und dies über einen relativ großen Bereich: Die Absenkung des pH-Wertes der Exkremente kann bereits im Stallgebäude erfolgen, die Wirkung erstreckt sich über die Lagerung der Exkremente hinaus bis zu deren Ausbringung. Eine Verminderung der Geruchsemissionen konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Der Substrataufwand und die damit verbundenen Kosten sind allerdings so hoch, dass die Anwendung dieser Verfahren der Emissionsminderung bislang nicht von praktischer Bedeutung ist (BERG & HÖRNIG, 1997).

Ureaseinhibitoren finden in einigen Mineraldüngemitteln Anwendung. In Untersuchungen der vergangenen zehn Jahre haben diese, wie auch neu entwickelte Inhibitoren eine gute Wirksamkeit für Exkremente gezeigt. Während die pH-Wert-Absenkung das chemische Gleichgewicht von Ammonium-Ionen (NH_4^+) und Ammoniak (NH_3) in Richtung NH_4^+ verschiebt, zielen Ureaseinhibitoren darauf ab die Harnstoffhydrolyse zu verhindern. Dies geschieht durch Hemmung der Wirkung der Ureaseenzyme, die als

Katalysator den Abbau des Harnstoffs ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) zu NH_3 und Kohlendioxid (CO_2) fördern. Eine der noch offenen Fragen bei der Anwendung von Ureaseinhibitoren ist die erforderliche Applikationshäufigkeit. Hinsichtlich ihrer Effekte und Kosten sind Ureaseinhibitoren ähnlich zu beurteilen, wie die pH-Wert-Absenkung und damit ebenfalls noch kein praxisreifes Verfahren der Emissionsminderung (LEINKER et al., 2007).

Eine weitere Gruppe von Zusatzstoffen entfaltet ihre Wirkung durch das Binden freier NH_4^+ -Ionen. Auf diese Weise scheinen Minderungen der NH_3 -Emission in einer Größenordnung von 30 % erreichbar zu sein. Es wird auch über Minderungen der Geruchsfreisetzung berichtet, die aber geringer ausfallen als die der NH_3 -Emission. Diese Zusatzstoffe erhöhen nicht nur die Kosten, sondern auch den Trockenmassegehalt der Exkremente und erschweren damit deren Handhabbarkeit. Mehrfach untersuchte Stoffe sind Zeolithe, Bentonite und Torfe, die ihre Wirkung auch als Abdeckung entfalten (siehe Abschnitt 2.7). Sie können nicht nur bei Fest- und Flüssigmist angewendet, sondern auch dem Futter zugesetzt werden, dann ist ihre Wirkung allerdings geringer. Offenbar hängen die Minderungseffekte, neben der Aufwandmenge, von mehreren Faktoren ab und sind nicht immer reproduzierbar. Diese Additive finden bisher kaum Anwendung.

Darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe von chemisch oder biologisch wirkenden Zusatzstoffen, die in unterschiedlicher Weise die natürlichen Abbauprozesse fördern. Die Palette dieser Zusatzstoffe reicht von Mineralien über Pflanzenextrakte, Enzyme, Bakterien bis zu Pilzen. Die Wirksamkeit dieser Additive ist sehr unterschiedlich, die Minderungsraten betragen bis zu 20 %. Einige von ihnen werden in der Praxis eingesetzt, da sie neben anderen Emissionen vor allem die Freisetzung von Geruch vermindern.

2.4 Separieren

Auch das Separieren der Exkremente in eine flüssige und eine feste Phase ist eine auf Betrieben vorzufindende Behandlung der Exkremente. Dazu existieren verschiedenartige, gut funktionierende technische Einrichtungen. Hauptzweck dieser Maßnahme ist allerdings eine unterschiedliche Nutzung der beiden Phasen. Oft geht es darum, die Nährstoffe in der festen Phase kostengünstiger über größere Entfernungen zu transportieren. Die Summe der Emissionen aus flüssiger und fester Phase entspricht in etwa denen aus den unbehandelten Exkrementen. Insofern ist das Separieren an sich nicht als emissionsmindernde Behandlung einzustufen, kann aber für emissionsmindernde Maßnahmen eine nützliche Ergänzung sein (DINUCCIO et al., 2008).

2.5 Aerobe Behandlungen

Aerobe Behandlungen von Exkrementen zielen darauf ab, die Lagerfähigkeit der Exkremente und/oder die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe zu verbessern sowie Emissionen kontrolliert zu beeinflussen bzw. zu reduzieren. Prinzipiell entstehen beim aeroben Abbau von Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen NH_3 und CO_2 . Damit sind aerobe Exkrementbehandlungen vor allem eine Maßnahme zur Verminderung der Freisetzung der klimarelevanten Gase N_2O und CH_4 . Den erhöhten NH_3 -Emissionen kann man u. U. durch andere Maßnahmen begegnen. Für die Behandlung von Festmist, Trockenkot und Gärresten stehen verschiedene Verfahren der Kompostierung zur Verfügung. Flüssigmist kann auf unterschiedliche Art belüftet werden. Bei der praktischen

Anwendung dieser Verfahren liegen neben den beabsichtigten aeroben z.T. auch anaerobe Bedingungen vor, sodass es zu keiner vollständigen Vermeidung der Freisetzung eines der genannten Gase kommt.

2.6 Anaerobe Behandlungen

Anaerobe Behandlungen haben entgegengesetzt zu den aeroben das Ziel, den Exkrementen/Substraten möglichst viel Kohlenstoff in Form von CH_4 zu entziehen und die darin enthaltene Energie zu nutzen. In Biogasanlagen werden Gasausbeuten von 50–70 % erreicht. Sofern ein weiterer Gärbehälter nachgeschaltet wird, lässt sich die Gasausbeute auch auf 70–80 % steigern. Höhere Gasausbeuten sind meist nicht mehr wirtschaftlich. Werden auch die Gärreste gasdicht gelagert, lassen sich darüber hinaus die NH_3 - und Geruchsemissionen während der Lagerung nahezu vermeiden. Aufgrund des hohen NH_3 -Freisetzungspotenzials bei der anschließenden Ausbringung sollten hier unbedingt Maßnahmen zur Emissionsminderung ergriffen werden.

2.7 Abdeckung emittierender Oberflächen

Die Vielfalt der Materialien zur Abdeckung emittierender Oberflächen und ihrer Wirkungsweisen ist ähnlich groß wie die der Additive. Abgesehen davon können verschiedene Abdeckmaterialien miteinander und auch mit Additiven kombiniert werden (BERG et al., 2006). Die Wirkungsweise von Abdeckungen ist physikalischer (Verschließen des Emittenten) oder/und chemischer bzw. biologischer Natur.

Das Versehen von Exkrementlagern mit festen Abdeckungen aus Beton oder Kunststoff mindert NH_3 - und Geruchsemissionen um etwa 90 % (Bezugsbasis: unbehandelte Exkremente, keine Schwimmdecke/Verkrustung). Mit künstlichen Schwimmdecken aus Granulaten (z.B. Leca®, Pegülit®) oder Schwimmfolien lassen sich diese Emissionen um bis zu 85 % reduzieren. Schwimmdecken aus natürlichen Materialien wie Stroh und anderen Pflanzenresten, Torf (auch NH_4^+ -Ionen-bindende Wirkung, siehe Abschnitt 2.3), Holzspänen oder Pflanzenöl erreichen Minderungen von 70–90 %. Bei Abdeckungen mit natürlichen Materialien und Granulaten muss jedoch mit erhöhten Treibhausgasemissionen (N_2O , CH_4) gerechnet werden.

3 Fazit

Bislang steht kein Verfahren zur Verfügung, mit dem sich alle relevanten Emissionen aus Exkrementen wirkungsvoll reduzieren lassen und das praxistauglich ist. NH_3 - und Geruchsemissionen aus Exkrementlagern können zu 70–90 % durch Abdeckungen der emittierenden Oberflächen kosteneffizient vermindert werden. Mit der anaeroben Behandlung in Biogasanlagen lassen sich die CH_4 -Emissionen um etwa 70 % senken, geschlossene Gärrestlager reduzieren auch die NH_3 - und Geruchsemissionen. Additive bieten aussichtsreiche Möglichkeiten alle relevanten Emissionen effektiv zu mindern, hier besteht weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Literatur

- BERG, W.; BRUNSCH, R.; PAZSICZKI, I. (2006): Greenhouse Gas Emissions from Covered Slurry compared with Uncovered during Storage. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 112 (2–3), S. 129–134
- BERG, W.; HÖRNIG, G. (1997): Emission Reduction by Acidification of Slurry – Investigations and Assessment. International Symposium „Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities“. Vinkeloord, NL, October 6–10 1997, S. 459–466
- DINUCCIO, E; BERG, W.; BALSARI, P. (2008): Gaseous emissions from the storage of untreated slurries and the fractions obtained after mechanical separation. *Atmospheric Environment*, 42, S. 2448–2459
- EU (Europäische Union) 2001. Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe. (NEC-Richtlinie). ABl. der Europäischen Gemeinschaften L 309 vom 27.11. 2001, S. 22–30
- LEINKER, M.; REINHARDT-HANISCH, A.; VON BORELL, E.; HARTUNG, E. (2007): Applikation von Ureaseinhibitoren in der Milchviehhaltung zur Minderung von Ammoniakemissionen. 8. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“. Bonn. 8.–10. Oktober 2007, S. 27–32
- MCCRORY, D. F.; HOBBS, P. J. (2001): Additives to Reduce Ammonia and Odor Emissions from Livestock Wastes: A Review. *J. Environ. Qual.*, 30, S. 345–355
- NDEGWA, P. M.; HRISTOV, A. N.; AROGO, J.; SHEFFIELD, R. E. (2008): A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. *Biosystems Engineering*, 100, S. 453–469
- UN/ECE (United Nations/Economic Commission for Europe) 1999. Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. 15. Oct. 1999. UN/ECE/EB.AIR/1999/1. [www.unece.org/env/lrtap/protocol/99multi.htm]
- UN (United Nations) 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. [<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>]
- VANDERZAAG, A. C.; GORDON, R. J.; GLASS, V. M.; JAMIESON, R. C. (2008): Floating Covers to Reduce Gas Emissions from Liquid Manure Storages: A Review. *Applied Engineering in Agriculture*, 24 (5), S. 657–671

Minderung der Methan-, Ammoniak- und Lachgasemissionen aus Schweinemastställen durch Flüssigmistbelüftung

Decrease of methane, ammonia and dinitrous oxide emissions from pig barns by slurry aeration

ANNE KRESSE, WOLFGANG BÜSCHER

Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der Tierischen Erzeugung,
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 5, 53115 Bonn

Schlüsselwörter: Emissionen, Emissionsminderung, Treibhausgase
Keywords: emissions, emission reduction, greenhouse gases

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, ein praxistaugliches Verfahren zu entwickeln, mit dem die Methan-, Lachgas- und Ammoniakemissionen in Schweinemastställen durch Belüftung des Flüssigmistes (FM) gemindert werden können. Zur Kalkulation der einzelnen Module wurde eine Pilotanlage entwickelt, in der die entscheidenden Parameter untersucht wurden. Mit einem optimalen Luftdurchfluss von 7,2 m³ Luft pro m³ FM und Tag im 1-h-Intervall wurde in der Praxis ein Minderungspotenzial von 14 % für Lachgas und von 55 % für Methan ermittelt. Mit einem schwefelsauren Abluftwäscher wurden NH₃-Abscheidungen von 80–87 % erzielt. Die einzelnen Bauelemente des Verfahrens zeigten sich als praxistauglich und können auf andere Ställe übertragen werden.

Summary

The aim of this work was to develop a process with which the emission of ammonia, dinitrous oxide and methane from pig slurry can be decreased by slurry aeration. To calculate the moduls for the practice a pilot plant has been developed for detecting the important parameters. Using the optimum air flow with 7,2 m³ air per m³ slurry and day in a 1-h-interval in the practice the decreasing potential for dinitrous oxide was 14 % and for methane 55 %. With a sulphuric acid air cleaner the NH₃ were absorbed about 80–87 %. The single moduls were tested as practicable and can be used for other animal barns.

1 Einleitung

Die Emissionen an Treibhausgasen müssen in Deutschland mit Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls um 21 % gesenkt werden, was einer Minderung von 53 % Methan und 30 % Lachgas entspricht. Die Landwirtschaft ist zweitgrößter Emittent dieser Gase auch durch die Lagerung und Ausbringung von Flüssigmist (FM). Ziel der Arbeit war es, ein Verfahren zu entwickeln, das durch die Belüftung von Schweine-FM die Ammoniak-, Lachgas- und Methanemissionen aus einem Maststall deutlich mindert. Es sollte in Modulen aus Belüftung, Unterflurabsaugung und Abluftwäscher aufgebaut sein.

2 Material und Methoden

2.1 Pilotanlage

Danach wurde zunächst eine Pilotanlage (Abb. 1) entwickelt, um die Betriebsverhältnisse zu simulieren. Sie bestand aus drei Reaktionsbehältern und einem Analysenverfahren. Jeder Behälter bestand aus einem 1,5 m langen PVC-Rohr. Über zwei Ausströmsteine erfolgte die Belüftung von 19,0 l FM 12 cm über dem Boden. Im oberen Bereich, befanden sich vier Bohrungen im Deckel und vier Bohrungen 40 cm unterhalb des Deckels als Druckausgleich und als Messstelle. Die Regelung des Gasdurchflusses erfolgte durch eine Apparatur aus Luftfilter, Druckminderer und drei Durchflussreglern. So wurden Feststoffpartikel entfernt und die feinen Poren in den Ausströmsteinen verstopften nicht. Der Luftdruck konnte von 10,0–1,0 bar reguliert und der Durchfluss separat von 2,5–5 000 ml min⁻¹ eingestellt werden. Die Messungen wurden von Hand oder durch Magnetventile über eine Software gesteuert. Als Analysenverfahren wurde der Multigasmonitor 1312 eingesetzt, der sich in früheren Arbeiten bereits bewährt hatte (3).



Abb. 1: Pilotanlage im Technikum

Fig.1: Pilot plant

Aerobe und anaerobe Bedingungen. Die drei Reaktionsbehälter wurden mit je 19,0 l FM befüllt, der Gasmonitor angeschlossen, durch den einen Reaktionsbehälter wurde Luft und durch die zwei anderen Stickstoff mit jeweils einem Durchfluss von 800 ml min⁻¹ bei Raumtemperatur geleitet. Der Gasmonitor erfasste online die Gas-konzentrationen in beiden Gasen. In Tabelle 1 sind die Kenngrößen c_{konstant} und m_{id} der Gase aufgeführt. c_{konstant} stellt dabei die Konzentration des konstanten Kurvenbereiches dar und m_{id} ist die daraus berechnete tägliche Massenemission in mg.

Variation des Luftdurchflusses. Je 19,0 l FM wurden in die drei Reaktionsbehälter gefüllt und der Luftdurchsatz erfolgte von 10–4000 ml min⁻¹ bei Raumtemperatur in sieben Schritten. Bei Durchflüssen von 10 und 50 ml min⁻¹ wurde die Gasentnahme mit einem Probenbeutel durchgeführt, der dazu seitlich direkt über der FM-Oberfläche angebracht und mit der durchströmenden Luft aufgefüllt wurde. Bei den höheren Durchflüssen erfolgte die Gasentnahme online am oberen Deckel. Die Ergebnisse beinhaltet Tabelle 2.

2.2 Praxisanlage

Die Arbeiten in der Praxisanlage beziehen sich auf den Maststall der Forschungsstation Frankenforst. Für die Versuche wurden zwei Abteile ausgewählt, von denen eines als Kontroll- und das andere als Versuchsabteil dienten. Im Versuchsabteil wurden die entwickelten Module zur Belüftung, Unterflurabsaugung und Abluftreinigung installiert, was in Abbildung 2 im Querschnitt dargestellt ist.

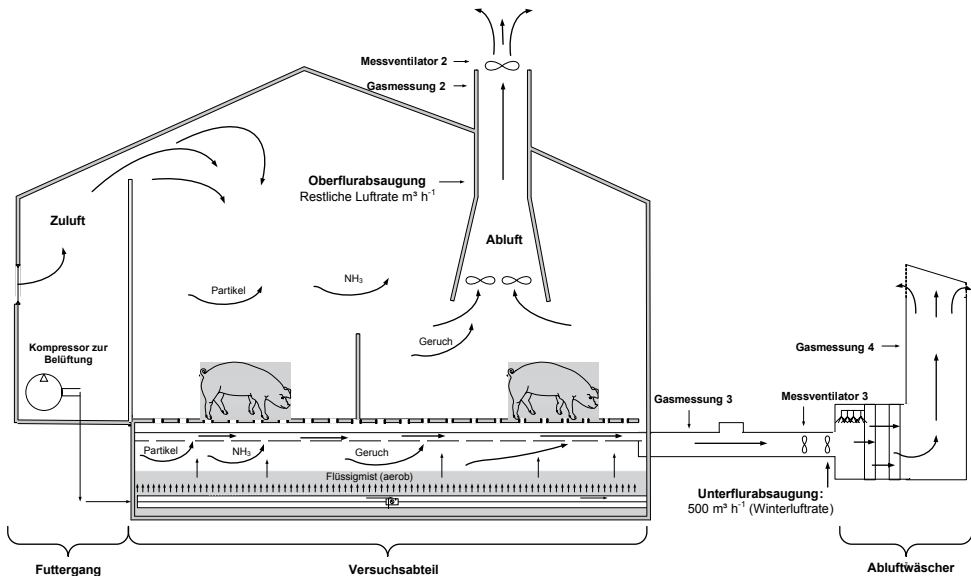


Abb. 2: Querschnitt des Versuchsabteils mit installierten Modulen

Fig. 2: cross section of the test compartment with the installed modules

Belüftungsanlage. Zur Belüftung wurden für beide FM-Kanäle des Abteils zwei gleiche Gitter angefertigt, wobei jedes aus einer rechteckigen Ringleitung aus PE-Schläuchen sowie 28 Querverstrebungen aus Bewässerungsschläuchen bestand. Ein Gitter füllte den Großteil eines FM-Kanals aus, sodass aerobe Bedingungen über die gesamte Fläche gewährleistet waren. Ein Vorversuch bestätigte dies, der Druckverlust über das gesamte Gitter konnte mit 8 % vernachlässigt werden.

Unterflurabsaugung. Eine gleichmäßige Absaugung der ausgetriebenen Schadgase erfolgte über zwei bebohrte KG-Rohre aus PVC über jedem FM-Kanal. Kalkulationsgrundlage stellte die Winterlufrate von $500 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ für 40 Tiere nach DIN 18910 dar. Auch hier bestätigte ein Vorversuch die gleichmäßige Absaugung über die gesamte Länge der KG-Rohre durch Messung der Luftgeschwindigkeit an allen Bohrungen und Ermittlung der Fehlerspannweite von 5 %.

Abluftreinigung. Im Außenbereich wurde die Unterflurabsaugung mit dem Abluftwäscher verbunden, der auf Basis der KTBL-Kenndaten konzipiert wurde. Bei Einsatz von H_2SO_4 mit pH 3 sollte eine Abscheiderate von 75–95 % NH_3 erreicht werden.

Inbetriebnahme. Vor Versuchsbeginn wurde in beide Abteile eine FM-Anfangshöhe gepumpt, im Kontrollabteil 25 cm und im Versuchsabteil 38 cm. Im 8-Tages-Rhythmus wurden Variationen durchgeführt und eine grenzflächenaktive Substanz zugesetzt. Davor erfolgte die Ermittlung des Ist-Zustandes, um im Vergleich die Wirkung der Belüftung feststellen zu können. Im Folgenden sind die Varianten aufgeführt: Variante 1 : 160 l min^{-1} kontinuierlich, Variante 2: 320 l min^{-1} kontinuierlich, Variante 3 : 320 l min^{-1} kontinuierlich + 5 % Baysilon, Variante 4 : 320 l min^{-1} intermittierend im 1-h-Intervall. Die Einzelheiten zu den Ergebnissen der jeweiligen Varianten beinhalten die Tabellen 1 und 2.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Pilotanlage

Aerobe und anaerobe Bedingungen Die c_{konstant} -Werte in Tabelle 1 zeigen, dass sowohl bei NH_3 als auch bei CH_4 aerobe Bedingungen deutlich niedrigere Konzentrationen bedingen als anaerobe Bedingungen. Dieser Abfall steht in Übereinstimmung mit den Angaben der Literatur (1) und (2). Anders verhält sich N_2O . Hier kommt es unter aeroben Bedingungen zu einer stärkeren Gasentwicklung. Zur Beurteilung des Belüftungseffektes wurde aus den m_{id} -Werten der Gase sowie dem Treibhauspotenzial von 310 für N_2O und 35 für CH_4 die CO_2 -Äquivalente berechnet. Ermittelt wurden 2254 mg d^{-1} CO_2 -Äquivalente unter aeroben Bedingungen und 5751 mg d^{-1} CO_2 -Äquivalenten unter anaeroben Bedingungen, sodass in der Gesamtbilanzierung durch Einstellung aerober Bedingungen ein großer positiver Effekt von etwa 61 % für die Umwelt resultiert.

Tab. 1: Kenngrößen der aeroben und anaeroben Reaktionen des FM

Tab. 1: Characteristic of the aerobic and anaerobic slurry reactions in the pilot plant

Trärgas	Charakteristische Kenngrößen					
	c_{konstant} [ppm]			m_{id} [mg d ⁻¹]		
	NH ₃	N ₂ O	CH ₄	NH ₃	N ₂ O	CH ₄
Luft	29	0,7	70	23	1,4	52
Stickstoff	103	0,3	212	82	0,6	159
Stickstoff	103	0,3	215	82	0,6	161

Variation des Luftdurchflusses Bei N₂O und CH₄ sinken mit steigendem Durchfluss die Konzentrationen von 6 auf 0,5 ppm bzw. von 410 auf 22 ppm, die Emissionen aber steigen von 0,8 auf 5 mg bzw. von 19 auf 82 mg. Anders verhält sich NH₃, bei Erhöhung des Durchflusses kommt es zu steigenden Emissionen von 1 auf 310 mg und Konzentrationen von 17 auf 78 ppm. Die stärkeren Turbulenzen im System führten zu schnellerem Stoffaustausch, der den Verdünnungseffekt übertraf. Weiterhin zeigte sich, dass bei zu niedrigen Durchflüssen wie 10 ml min⁻¹ streuende Werte erzeugt werden, was auf aerobe und anaerobe Mischverhältnisse hindeutet. Auch THAER (4) berichtet davon. Der optimale Luftdurchfluss muss bei niedrigen Werten gleichmäßig aerobe Bedingungen erzeugen, um minimale Emissionen zu sichern. Mit 100 ml min⁻¹ konnte dies erfüllt werden, sodass der Wert als Grundlage für die Praxis diene.

3.2 Praxisanlage

Aufgrund des unterschiedlichen FM-Spiegels, war eine Korrektur der gemessenen Werte erforderlich. So wurde während der Versuche die Tiefe des FM gemessen und mit den Emissionen graphisch ausgewertet. Die in den Reaktionen entstandene Menge der Schadgase NH₃, N₂O und CH₄ ist abhängig von der Tiefe und damit vom Volumen, wobei für alle drei Gase ein linearer Zusammenhang für den untersuchten Bereich besteht. Das zeigen die Korrelationskoeffizienten mit Werten zwischen 0,94 und 0,99. Danach wurden die Emissionen des Kontrollabteils mit der FM-Tiefe korrigiert.

Die Ermittlung des Ist-Zustandes zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Abteilen hinsichtlich der NH₃-Emissionen. Bei den beiden anderen Gasen liegt eine solche Differenz nicht vor, sodass die Abweichung hier unberücksichtigt bleibt. Mit einer Belüftung von 160 l min⁻¹ wird eine Minderung von 13 % erzielt. Eine Erhöhung des Luftdurchflusses bewirkt hingegen keine Verbesserung. Lediglich eine intermittierende Arbeitsweise im 1-h-Intervall bewirkt eine signifikante Minderung von 20 %. Bei den N₂O-Emissionen wurde mit einer Belüftung von 160 l min⁻¹ eine verstärkte N₂O-Austreibung von 25 % ermittelt. Eine Erhöhung des Luftdurchflusses bewirkt keine weitere Erhöhung, führt aber auch zu keiner Verbesserung.

Auch hier stellt die intermittierende Arbeitsweise mit 14 % Minderung das Verfahren der Wahl dar. Bei den CH₄-Emissionen konnten mit steigender Belüftungsrate steigende Minderungen von bis zu 55 % erreicht werden. Der halbe Energieaufwand spricht für die intermittierende Arbeitsweise (Tab. 2).

Tab. 2: Minderung der Emissionen bei unterschiedlicher Belüftung in der Praxis
 Tab. 2: Decrease of the gas emissions by different air flow in the practice test

Gas	Differenz [%] Ist-Zustand	Minderung [%] 160 l/min.	Minderung [%] 320 l/min.	Minderung [%] 320 l/min. 1-h-Intervall
NH ₃	28	- 13	0	- 20
Signifikanz	0,040*	0,691 ^{ns}	0,522 ^{ns}	0,032*
CH ₄	0	- 17	- 55	- 55
Signifikanz	0,634 ^{ns}	0,000***	0,000***	0,000***
N ₂ O	0,3	+ 25	+ 5	- 14
Signifikanz	0,482 ^{ns}	0,000***	0,283 ^{ns}	0,000***

4 Fazit

Nach Entwicklung einer Pilotanlage und grundlegenden Technikumsversuchen wurde mit einer Belüftung von 320 l min.⁻¹ im 1-h-Intervall eine Minderung des Treibhauspotenzials von 46 % in der Praxis erzielt. Weiterer Vorteil des entwickelten Verfahrens ist die Bindung des NH₃ im Abluftwäscher, wobei Reinigungsleistungen von 80 bis 87 % ermittelt wurden. Das entwickelte Modulsystem für den Betrieb hatte sich bewährt, nach spezifischer Anpassung kann es auf andere Ställe für Schweine mit FM übertragen werden. Für einen Praxiseinsatz sind allerdings noch Kostenoptimierungen notwendig.

Literatur

- (1) AMON, B. (1998): NH₃-, N₂O- und CH₄-Emissionen aus der Festmistanbindehaltung für Milchvieh Stall – Lagerung – Ausbringung. Dissertation, Wien
- (2) BENNDORF, R. (2001): Klimarelevante Wirkungen von Lachgas und Methan Emissionen der Tierhaltung, KTBL Schrift 406, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt
- (3) FROSCH, W.; BÜSCHER, W. (2004): Einsatz chemischer Flüssigmist-Additive zur Emissionsminderung. Emissionen der Tierhaltung und Beste Verfügbare Techniken zur Emissionsminderung. KTBL-Schrift 406, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt
- (4) THAER R. (1978): Probleme der aeroben Behandlung von Flüssigmist in flüssiger Phase. Grundlagen Landtechnik, 28, S. 36–47

Bewertung des Energieeinsatzes für Gebäude und Maschinen in der Rinderhaltung

Determination of the energy demand of livestock buildings and machines in cattle husbandry

SIMONE KRAATZ, WERNER BERG

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: kumulierter Energieaufwand, Energiebilanz, Milchviehhaltung, Stallgebäude, Maschinen

Keywords: energy balance, dairy cows, livestock buildings, machines

Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrages ist die Ermittlung des kumulierten Energieaufwands (KEA) für die Bereitstellung von landwirtschaftlichen Gebäuden und technischer Ausrüstung sowie notwendiger Futter- und Exkrementlagerstätten im Milchproduktionsverfahren. Weiterhin wird der KEA für die Maschinen in der Tierhaltung kalkuliert. Der KEA der Stallgebäude wird hauptsächlich durch die Fußbodengestaltung bestimmt. Der Einfluss unterschiedlicher Gebäudehüllen auf den KEA ist vernachlässigbar. Die Berechnungen ergeben, dass der Energieeinsatz für Gebäude und Maschinen in der Milchviehhaltung im Bereich von 2940 MJ Kuh⁻¹ Jahr⁻¹ und 3650 MJ Kuh⁻¹ Jahr⁻¹ liegt, in der Jung-rinderhaltung zwischen 857 MJ Jungrind⁻¹ Jahr⁻¹ und 1220 MJ Jungrind⁻¹ Jahr⁻¹ und in der Kälberaufzucht 307 MJ Kalb⁻¹ Monat⁻¹ beträgt.

Summary

The purpose of this study is the determination of the cumulative energy demand of the supply of agricultural buildings, technical facilities as well as storage facilities for forage and excrements in dairy farming. Furthermore the cumulative energy demand for machines in livestock husbandry is calculated. The analyses of the cumulative energy demand for different livestock buildings show a strong influence of the design of the floor on it. The energy demand of storage facilities for solid manure is less than for liquid manure. The storage of forage in bunker silos causes a lower energy demand than in tower silos. The cumulative energy demand for buildings and machines in dairy farming is in a range from 2940 MJ animal place⁻¹ year⁻¹ till 3650 MJ animal place⁻¹ year⁻¹ in dependence of the keeping system. For young cattle the cumulative energy demand of machines and buildings is in a range from 857 MJ young cattle⁻¹ year⁻¹ till 1220 MJ young cattle⁻¹ year⁻¹ and for calves it is 307 MJ calf⁻¹ month⁻¹.

1 Einleitung

Der Einsatz von Rohstoffen sowie fossiler Energie in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen hat aufgrund steigender Intensivierung und Mechanisierung der Produktionsverfahren zugenommen. Der effiziente Einsatz von Energie im Agrarsektor ist eine Bedingung für eine nachhaltige Landbewirtschaftung, weil dadurch der Schutz von fossilen Ressourcen, eine Verminderung von Emissionen sowie finanzielle Einsparungen ermöglicht werden (PERVANCHON et al. 2002). Bisher ist nur unzureichend bekannt wie energieeffizient Produktionsverfahren der Tierhaltung sind, welchen Anteil sie am Gesamtenergieverbrauch eines Betriebes haben und wie durch Ausrichtung und Intensität der Produktion Einfluss auf die Energieeffizienz genommen werden kann. Die Bewertung der Intensität und Umweltverträglichkeit der Landbewirtschaftung mithilfe von Energiebilanzen erfordert die Einbeziehung des Energieinputs von Investitionsgütern (KALK und HÜLSBERGEN, 1996).

2 Zielstellung

Ziel dieser Arbeit ist die Ermittlung des kumulierten Energieaufwands (KEA) von den Gebäuden und baulichen Anlagen sowie der Maschinen und technischen Ausrüstung im Milchproduktionsverfahren. Dabei wird der Einfluss unterschiedlicher Stallgebäudetypen für die Milchvieh-, Jungvieh- sowie Kälberhaltung auf den Energieaufwand pro Tier und Jahr geprüft. Der KEA für Maschinen in der Tierhaltung wird in Abhängigkeit unterschiedlicher Haltungsverfahren kalkuliert. Für die Lagerstätten von Futter und Exkrementen wird der KEA unter Berücksichtigung unterschiedlicher Materialien und Bauweisen untersucht.

3 Methodik

Die Energieinputs in der Tierhaltung werden gemäß der VDI-Richtlinie 4600 zum kumulierten Energieaufwand (KEA) auf der Basis des direkten (bspw. Kraftstoffe und Strom) und indirekten Energieaufwands ermittelt (Gebäude, bauliche Anlagen, Maschinen und technische Ausrüstung). Der KEA stellt die Summe der kumulierten Energieaufwendungen für die Herstellung (KEA_H), die Nutzung (KEA_N) und die Entsorgung (KEA_E) des ökonomischen Gutes dar (Gleichung (1); VDI, 1997).

$$KEA = KEA_H + KEA_N + KEA_E \quad (1)$$

Zur Ermittlung des indirekten Energieaufwands der Gebäude und baulichen Anlagen, sowie der Maschinen und technischen Ausrüstung wird die Masse der einzelnen Materialien ermittelt und der Primärenergiebedarf je Masseinheit (Energieäquivalent) genutzt. Der KEA wird für vier unterschiedliche Stallgebäude ermittelt, welche jeweils die gleiche Grundfläche haben. Zur Berechnung des KEA der Stallgebäude sowie der baulichen Anlagen wird eine Nutzungsdauer von 25 Jahren berücksichtigt.

Für die Herstellung der Maschinen wird ein Energieäquivalent von 108 MJ kg^{-1} (KALK und HÜLSBERGEN, 1996) in die Kalkulationen einbezogen.

Für den KEA für die Entsorgung (KEA_E) der Maschinen findet der von SCHOLZ et al. (1998) empfohlene Wert von $0,5 \text{ MJ kg}^{-1}$ Maschine Berücksichtigung.

Die Kalkulationen des KEA für die technische Ausrüstung basieren auf einer Nutzungsdauer von 12 Jahren, nur für Gummiliegematten oder Sand als Liegeboxenmaterial wird eine Nutzungsdauer von 8 bzw. 3 Jahren angenommen.

Die Berechnung des Energieaufwands erfolgt unter Nutzung der Datenbank GEMIS (2006) (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme), welches Bilanzierungs- und Analysemöglichkeiten für Lebenszyklen von energetischen Prozessen bietet.

4 Ergebnisse und Diskussion

Die Kalkulationen des KEA für Milchviehställe erfolgen an vier unterschiedlichen Gebäudetypen. Die Unterschiede bestehen in der Gebäudehülle und der Stallfußbodengestaltung. Die Gebäudetypen sind: 1. geschlossener Kaltstall, 2. Außenklimastall, 3. Warmstall sowie 4. Leichtbaustall. Die Analysen zum KEA der unterschiedlichen Stallgebäude einschließlich der technischen Ausrüstung zeigen, dass nur geringe Unterschiede hinsichtlich der Gebäudehüllen bestehen. Der KEA der Gebäude wird wesentlich stärker durch die Fußbodengestaltung bestimmt. Mehr als zwei Drittel des KEA der Gebäude mit Spaltenboden werden durch die Fußbodengestaltung verursacht. Der KEA für die Güllekanäle und den Spaltenboden eines Milchviehstalls beträgt $442 \text{ MJ Tierplatz}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$. Der relative Vergleich der Gebäudehüllen zeigt Differenzen im KEA (Tab. 1), die insgesamt betrachtet allerdings nicht ins Gewicht fallen.

Tab. 1: Kumulierter Energieaufwand von Gebäudehüllen in der Milchviehhaltung
Tab. 1: Cumulative energy demand of building shells in dairy farming

Gebäudehülle	Kaltstall	Außenklimastall	Warmstall	Leichtbaustall
$\text{MJ Tierplatz}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$	117	106	160	69

Der KEA für die Milchviehgebäude insgesamt beträgt ohne bzw. mit Spaltenboden 400 bzw. $650 \text{ MJ Tierplatz}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Tab. 2). Gebäude für die Nachzucht und Lagerstätten für Futter und Exkremente haben einen geringeren KEA je Tierplatz als Gebäude für die Milchviehhaltung. Der KEA der Gebäude für die Milchkühe ($10 \text{ m}^2 \text{ Tierplatz}^{-1}$) ist aufgrund des höheren Platzbedarfes der Tiere durchschnittlich höher als der für Jungrinder ($6,5 \text{ m}^2 \text{ Tierplatz}^{-1}$) und Kälber ($4 \text{ m}^2 \text{ Tierplatz}^{-1}$).

Tab. 2: Kumulierter Energieaufwand von Stallgebäuden und baulichen Anlagen
Tab. 2: Cumulative energy demand of livestock buildings and storage facilities

Gebäude/ bauliche Anlagen	Milchviehstall	Jungviehstall	Kälberstall	Lagerstätten
$\text{MJ Tierplatz}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$	400–650	300–450	250–350	100–200

Der KEA für die Futterlagerung in Hochsilos ist im Allgemeinen höher als der für die Lagerung in Flachsilos (Abb. 1). Insbesondere ist auf den hohen KEA für Hochsilos aus Kunststoff hinzuweisen. Dagegen weisen Hochsilos aus Stahl einen ähnlichen KEA auf wie Flachsilos aus Beton.

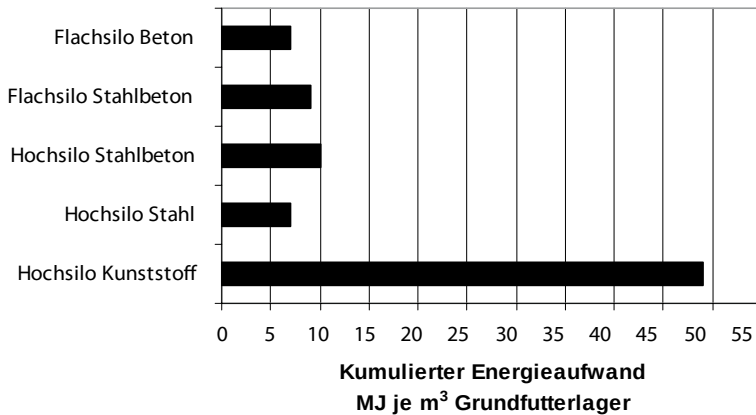


Abb. 1: Kumulierter Energieaufwand für die Grundfutterlagerung

Fig. 1: Cumulative energy demand for the storage facilities of forage

Die Flüssigmistlagerung erfolgt in Behältern die aus Beton, Stahlbeton oder Stahl bestehen. Den Berechnungen liegen Güllelagerbehälter mit einem Volumen von 2800 m³ bei einem Durchmesser-Höhenverhältnis von 4:1 zugrunde.

Die Kalkulationen für die verschiedenen Güllebehälter ergeben einen KEA zwischen 7 und 11 MJ je m³ Güllelagerraum (Abb. 2). Dabei ist der KEA der Güllebehälter aus Beton und Stahl nahezu gleich und der KEA für den Behälter aus Stahlbeton etwas höher.

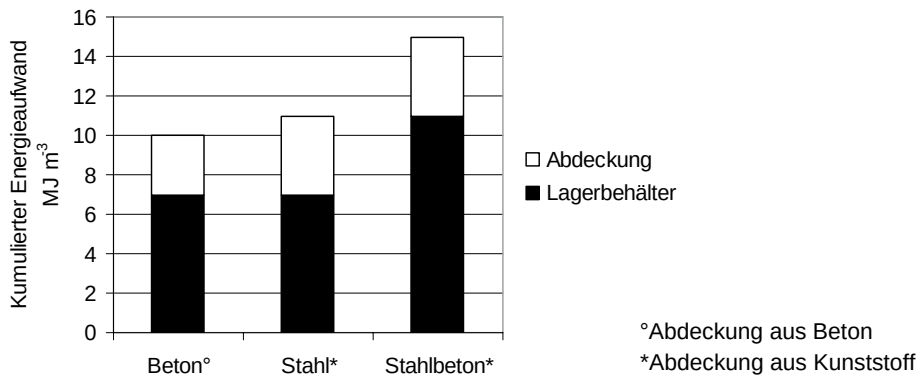


Abb. 2: Kumulierter Energieaufwand für Güllelager

Fig. 2: Cumulative energy demand of storage facilities for slurry

Eine Abdeckung aus Beton erfordert einen zusätzlichen Energieaufwand von 3 MJ je m³ Güllelagerraum und bei einer Kunststoffabdeckung etwa 4 MJ je m³ Lagerraum. Erhält der Lagerbehälter eine bauliche Abdeckung so erhöht sich der KEA auf insgesamt 10 bis 15 MJ je m³ Gülle.

Der KEA der technischen Ausrüstung im Stallgebäude beträgt insgesamt 475 MJ Tierplatz⁻¹ Jahr⁻¹ wenn für die Liegeflächen Gummimatten verwendet werden. Mit über 75 % nimmt die Gummiliegematte den höchsten Anteil am KEA der technischen Ausrüstung ein. Wird anstelle von Gummiliegematten Sand als Liegematerial verwendet, beträgt der KEA für die technische Ausrüstung insgesamt nur 112 MJ Tierplatz⁻¹ Jahr⁻¹.

Die Untersuchungen zum KEA für den Maschineneinsatz in der Tierhaltung umfassen die Bereiche Futterentnahme, Futtervorlage, Restfutterbeseitigung, Weidehaltung, Entmistung und Exkrementlagerung. Die Berechnungen werden anhand von drei unterschiedlichen Varianten durchgeführt (Abb. 3). Als erste Variante wird die ganzjährige Stallhaltung in einem Stallgebäude mit Spaltenboden und Flüssigentmistung betrachtet. Ausgangsbasis für die zweite Variante ist ebenfalls ein Stallgebäude mit Flüssigentmistung, jedoch in Kombination mit halbtägiger Weidehaltung der Tiere im Sommer. Die dritte Variante bezieht sich auf ein Stallgebäude mit Festmist und ganzjähriger Stallhaltung der Tiere.

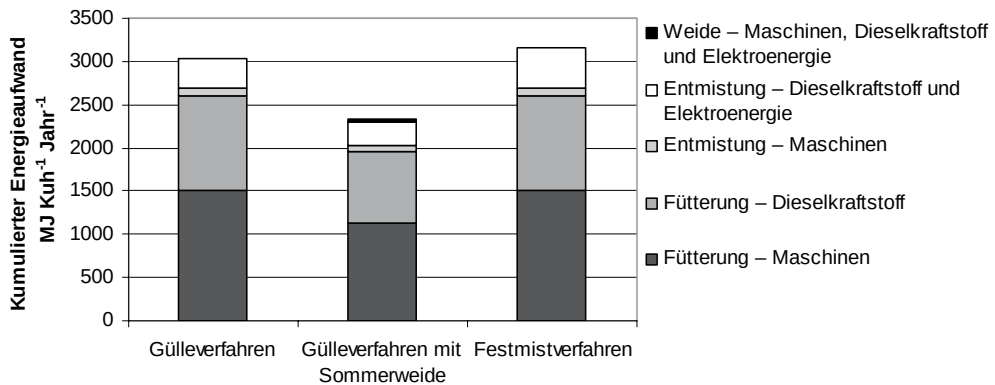


Abb. 3: Kumulierter Energieaufwand für Maschinen in der Milchviehhaltung

Fig. 3: Cumulative energy demand of machines in dairy farming

Deutlich zu erkennen ist, dass die Variante mit halbtägiger Weidehaltung der Tiere im Sommer einen geringeren Energieaufwand hat als die beiden Varianten mit ganzjähriger Stallhaltung, deren KEA sich kaum voneinander unterscheidet. Der Energieaufwand für die Fütterung einer Totalmischration mit einem Futtermischwagen nimmt mit etwa 85 % den größten Anteil am KEA der einzelnen Varianten ein.

Die Kalkulationen des KEA der Stallgebäude und Maschinen in der Milchviehhaltung zeigt, dass die beiden Entmistungsverfahren Flüssigmist und Festmist nahezu den gleichen KEA benötigen.

Die Einordnung der vorgestellten Ergebnisse in das Verfahren der Milchviehhaltung zeigt, dass der Anteil der Gebäude und der baulichen Anlagen am KEA des Gesamt-

verfahrens, welcher 28 315 MJ Kuh⁻¹ Jahr⁻¹ beträgt, mit 3 % sehr gering ist (KRAATZ und BERG, 2009). Die Maschinen und die technische Ausrüstung haben am KEA in der Milchviehhaltung einen Anteil von etwa 11 %.

5 Schlussfolgerungen

Der kumulierte Energieaufwand (KEA) der Maschinen wird durch die Rationsgestaltung bestimmt. Mit steigendem Anteil an Weidefütterung in der Ration nimmt der KEA für die Maschinen in der Tierhaltung ab. Der KEA für die Maschinen zur Entmistung unterscheidet sich entsprechend dem Entmistungsverfahren und ist bei Flüssigentmistung etwas geringer als bei Festmistverfahren.

Der KEA der Gebäude wird vor allem durch die Fußbodengestaltung bestimmt, weit aus weniger durch die Gebäudehülle. Der KEA für die Lagerung von Festmist ist geringer als der für die Lagerung von Flüssigmist, dies wird aber durch die Differenz des KEA für die Maschinen wieder nahezu ausgeglichen. Die Futterlagerung in Flachsilos verursacht einen geringeren Energieaufwand als die Lagerung in Hochsiloplanlagen. Der Anteil des KEA der Lagerstätten am KEA für die Gebäude in der Tierhaltung insgesamt ist nur marginal. Insgesamt wird für die Gebäude und Maschinen in der Milchviehhaltung ein KEA von 2 940 MJ Tierplatz⁻¹ Jahr⁻¹ bis 3 600 MJ Tierplatz⁻¹ Jahr⁻¹ in Abhängigkeit vom Haltungssystem eingesetzt. Für die Jungrinder wird ein KEA von 857 MJ Jung-rind⁻¹ Jahr⁻¹ bis 1 220 MJ Jungrind⁻¹ Jahr⁻¹ für die Gebäude und Maschinen benötigt, für die Kälberhaltung sind es 307 MJ Kalb⁻¹ Monat⁻¹.

Literatur

- GEMIS – GLOBAL EMISSION MODEL FOR INTEGRATED SYSTEMS (2006): Version 4.3. Öko-Institut Freiburg i. Br. (Institut für angewandte Ökologie e. V.). <http://www.oeko.de/service/gemis/> (März, 2006)
- KALK, W.-D.; HÜLSBERGEN, K. J. (1996): Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. Kühn-Archiv 90, S. 41–56, Münster-Hiltrup. Landwirtschaftsverlag, ISSN: 0940-3507
- KRAATZ, S.; BERG, W. E. (2009): Energy efficiency in raising livestock at the example of dairy farming. 2009 ASABE Annual International Meeting, Reno/Nevada. Paper number: 096715
- PERVANCHON, F.; BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P. (2002): Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. Agricultural Systems. Volume 72, Nr. 2, S. 149–172
- SCHOLZ, V.; BERG, W.; P. KAULFUSS (1998): Energy Balance of Solid Biofuels. J. agric. Engng Res. 71, pp. 263–272
- VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1997): VDI-Richtlinien: VDI 4600 Kumulierter Energieaufwand. VDI-Gesellschaft Energietechnik, Beuth-Verlag GmbH, Berlin

Grundlagen zur Bemessung von Biogasanlagen mit Kofermentation

Fundamentals for dimensioning of biogas plants with co-fermentation

BERND LINKE¹, PIA MÄHNERT², VINCENT PLOGSTIES¹

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

² KTG Biogas AG, An den Eichen 1, 16516 Oranienburg

Schlüsselwörter: Biogas, Gülle, Kinetik

Keywords: biogas, slurry, kinetics

Zusammenfassung

Die meisten Biogasanlagen in der Landwirtschaft vergären Gülle und nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) in durchmischten Rührfermentern als Kofermentation. Grundlage für die Bemessung der Fermentergröße ist die tägliche Belastung des Fermenters mit organischer Trockensubstanz B_R . Ausgehend von einer Reaktion 1. Ordnung für den Substratabbau wurde ein einfacher Bemessungsansatz entwickelt, der die Biogasausbeute in Abhängigkeit von der maximal möglichen Biogasausbeute, der Konzentration an organischer Substanz im Zulauf des Fermenters, der Dichte des Biogases und des Fermenterinhalt und einer Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten beschreibt. Die Validierung des Bemessungsansatzes erfolgte auf der Grundlage von Langzeitversuchen im Labor mit Rinder- und Schweinegülle, die allein und in Kofermentation mit Silagen aus Mais, Roggen und Rüben bei 35 °C vergoren wurden. Bei annähernd vergleichbaren Substraten und Belastungen konnte eine gute Übereinstimmung der Biogasausbeuten zwischen Labor- und Praxisergebnissen festgestellt werden, wenn der Anteil der organischen Trockensubstanz aus den NawaRo in der Mischung mit Gülle berücksichtigt wird.

Summary

Biogas production in agriculture is processed mostly in completely stirred tank reactors at mesophilic temperatures. With respect to reactor dimensioning the daily load of the fermenter with volatile solids VS (OLR) is recognised as the most important parameter. On the base of a first order reaction for substrate degradation a formula was developed for biogas yield considering the maximum biogas yield, the concentration of volatile solids of the input, the density of the biogas and of the effluent, and the reaction rate constant. Validation of the formula was conducted by means of long term semi-continuous lab-scale experiments at 35 °C with cow and pig slurry, silage from maize, whole-crop rye and beets in mono- and co-fermentation. Given that nearly equal substrates are used, the fermenter are operated at similar OLR and the proportion of VS from the energy crops in the mixture with slurry are considered the results from lab- and practice scale experiments are in good accordance.

1 Problem- und Zielstellung

Im Bereich der Landwirtschaft kommt der Gewinnung von Biogas aus Wirtschaftsdüngern, die seit der Novellierung des EEG 2004 zunehmend gemeinsam mit nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) in Kofermentation vergoren werden, besondere Bedeutung zu (WEILAND et al., 2009). Mit der VDI Richtlinie (VDI 4630, 2006) wurde zwar ein Standard zur Bestimmung der Biogas- oder Methanausbeute aus Biomasse geschaffen. Es fehlt jedoch ein Bemessungsansatz, der eine Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Gärtests für die praktische Auslegung der Fermentergröße ermöglicht. Die Ergebnisse aus einer Vielzahl von Gärversuchen mit verschiedenen Substraten zeigten die erwartete große Schwankungsbreite (KTBL, 2005), die nicht allein auf die Qualität der Biomasse zurückzuführen ist. Auch bei vergleichbaren Biomassen sind zum Teil große Unterschiede festzustellen. Sofern die Ergebnisse aus kontinuierlichen Versuchen stammen, ist es notwendig, den Einfluss der Belastung des Fermenters auf die Biogasausbeute zu berücksichtigen. Ziel ist es, unter Berücksichtigung dieser wesentlichen Planungsgröße für das Fermentervolumen einen einfachen Bemessungsansatz zu entwickeln, der bei vorgegebener Belastung die Biogasproduktion für den in der Biogaspraxis am häufigsten verwendeten Rührfermenter beschreibt.

2 Entwicklung eines einfachen Bemessungsansatzes

Geht man davon aus, dass das zu vergärende Substrat im Biogasfermenter ohne wesentliche Prozesshemmung mit einer von der Substratkonzentration c abhängigen Reaktionsgeschwindigkeit $r(c)$ abgebaut wird, dann entspricht die Masse des produzierten Biogases m_g dem Produkt aus der Masse des Fermenterinhalt und $r(c)$. Die Masse des Fermenterinhalt ist wiederum das Produkt aus Fermentervolumen V_R und Dichte des Fermenterinhalt ρ_a (Gl. 1). Für vollständig durchmischte Rührfermenter gilt, dass die Konzentration und die Dichte im Fermenter denen des Ablaufs entsprechen.

$$m_g = V_R \cdot \rho_a \cdot r(c) \quad (1)$$

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Reaktionsgeschwindigkeit des Substratabbaus nach Gleichung 2 einer Reaktion erster Ordnung (Zerfallsreaktion) mit einer Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten k entspricht (MÄHNERT und LINKE, 2009). Damit ist $r(c)$ linear abhängig von der Ablaufkonzentration c_A , die bei vollständiger Durchmischung der Konzentration im Fermenter entspricht.

$$r(c) = k \cdot c_A \quad (2)$$

Da sich das Fermentervolumen V_R nach Gleichung 3 aus der Zulaufmenge m_0 , der Zulaufkonzentration c_0 sowie der Raumbelastung B_R berechnen lässt, ergibt sich für die Masse des Biogases Gleichung 4.

$$V_R = \frac{m_0 \cdot c_0}{B_R} \quad (3)$$

$$m_g = m_0 \cdot \frac{c_0}{B_R} \cdot \rho_A \cdot k \cdot c_A \quad (4)$$

Darüber hinaus lässt sich m_g über das Volumen des täglich produzierten Biogases multipliziert mit der Dichte des Biogases ρ_g berechnen. Dabei entspricht das Volumen des täglich produzierten Biogases dem Produkt aus Biogasausbeute y_B und der täglichen oTS-Zugabemenge $m_0 \cdot c_0$ (Gl. 5)

$$m_g = y_B \cdot \rho_g \cdot m_0 \cdot c_0 \quad (5)$$

Die Gleichsetzung von Gleichung 4 und Gleichung 5 führt zu Gleichung 6 und damit zu Gleichung 7.

$$\frac{c_0}{B_R} \cdot \rho_A \cdot k \cdot c_A = y_B \cdot \rho_g \cdot c_0 \quad (6)$$

$$y_B = \frac{c_0}{B_R} \cdot \frac{\rho_A}{\rho_g} \cdot k \cdot \frac{c_A}{c_0} \quad (7)$$

Zwischen c_A , c_0 und y_B sowie der durch einen einfachen Gärtest zu bestimmenden maximalen Biogasausbeute $y_{\max}$, besteht ein einfacher Zusammenhang, da organische Substanz zu Biogas umgesetzt wird (Abb. 1).

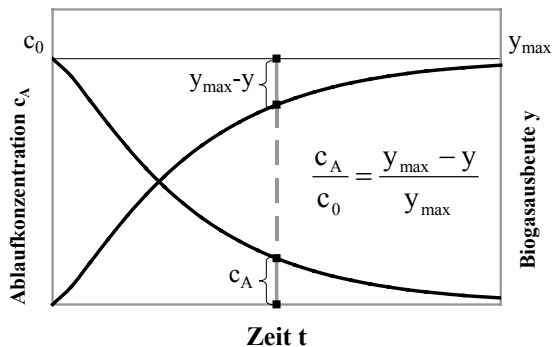


Abb. 1: Beziehung zwischen Substratkonzentration und Biogasausbeute
Fig. 1: Correlation between substrate concentration and biogas yield

Mit $\bar{k}$ als Produkt aus k und ρ_A/ρ_g ergibt sich Gleichung 8 und damit Gleichung 9.

$$y_B = \frac{c_0}{B_R} \cdot \bar{k} \cdot \left(\frac{y_{\max} - y_B}{y_{\max}} \right) \quad (8)$$

$$y_B = y_{\max} \cdot \frac{\bar{k} \cdot c_0}{\bar{k} \cdot c_0 + y_{\max} \cdot B_R} \quad (9)$$

Mit Gleichung 9 existiert eine einfache Bemessungsgleichung, mit deren Hilfe der Einfluss der Raumbelastung auf die Biogasausbeute ermittelt werden kann. Die beiden Größen $y_{\max}$ und k sind dabei experimentell zu bestimmen.

3 Validierung des Bemessungsansatzes

Für die Validierung des vorgestellten Bemessungsansatz wurden parallel 20 vollständig durchmischte Rührfermenter mit einem Nutzvolumen von je 8 l über einen Zeitraum von 42 Wochen bei 35 °C mit Gülle, NawaRo (Tab. 1) und jeweils zwei Mischungen aus Gülle und NawaRo kontinuierlich beschickt und bei 35 °C vergoren. Bei schrittweiser Steigerung der Raumbelastung erfolgte die Messung der produzierten Biogasmenge (Normzustand) und der Biogaszusammensetzung.

Tab. 1: Analysen der untersuchten Güllen und NawaRo
 Tab. 1: Composition of the influents slurries and biogas crops

Substrat	n	pH	TS % FM ¹⁾	oTS %TS	NH ₄ -N g kg ⁻¹ FM	TKN ²⁾ g kg ⁻¹ FM	XP ³⁾ %TS	XF ⁴⁾ %TS
Rindergülle	34	7,0	9,0	81,5	1,7	4,0	–	–
Schweinegülle	18	7,7	6,0	72,8	4,1	5,5	–	–
Maissilage	20	3,7	31,0	94,7	0,33	–	9,5	24,6
RoggenGPS	22	4,6	21,8	88,8	1,73	–	10,4	31,9
Rübensilage	28	3,7	13,1	92,0	0,17	–	7,8	8,0

¹⁾ Frischmasse.

²⁾ Kjeldahl-Stickstoff.

³⁾ Rohprotein; ⁴⁾ Rohfaser.

Am Beispiel der Kofermentation von Rindergülle und Maissilage zeigt sich, dass die Biogasausbeute mit steigender Raumbelastung und höherem Gülleanteil in der Mischung abnimmt (Abb. 2). Wendet man für die Kurvenverläufe mit den ermittelten Messwerten Gleichung 9 an, lassen sich die Konstanten $\bar{k}$ bzw. k sowie $y_{\max}$ ermitteln. Die ermittelten k -Werte zeigen deutliche Unterschiede zwischen den eingesetzten Güllen und den verwendeten NawaRos (Tab. 2). Hohe Werte deuten auf eine gute Abbaubarkeit der Substrate hin und sind Ausdruck für eine geringere Sensitivität der oTS-Biogasausbeute gegenüber der oTS- Raumbelastung. Die stärkere Belastbarkeit bei Kofermentation mit Schweinegülle ohne deutlichen Rückgang der Biogasausbeute ist vermutlich auf die bessere Versorgung der an der Methanbildung beteiligten Archaeen mit Spurenelementen zurückzuführen.

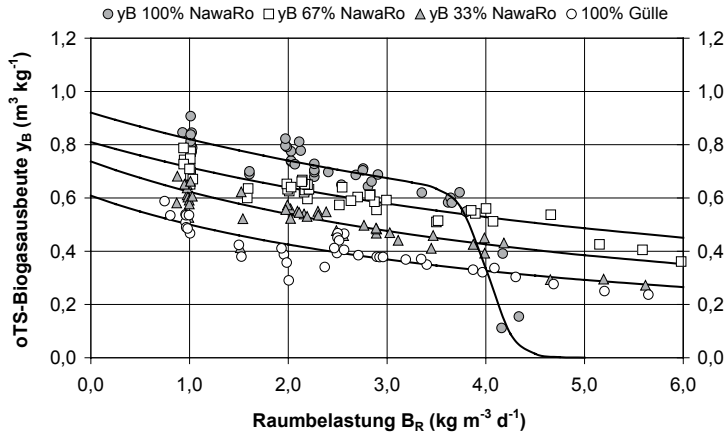


Abb. 2: Einfluss der Raumbelastung auf die Biogasausbeute bei der Mono- und Kofermentation von Rindergülle und Maissilage

Fig. 2: Effect of organic loading rate on biogas yield for mono- and co-fermentation of cow slurry and maize silage

Tab. 2: Analysenwerte und kinetische Parameter nach der Kurvenanpassung entsprechend Gleichung 9

Tab. 2: Analytical results and kinetic parameter based on curve fitting according to equation 9

Substratanteile in der Mischung bezogen auf oTS		Rindergülle				Schweinegülle			
		c_0	ρ_g	$y_{\max}$	k	c_0	ρ_g	$y_{\max}$	k
		Ma. %	kg m ⁻³	m ³ kg ⁻¹	d ⁻¹	Ma. %	kg m ⁻³	m ³ kg ⁻¹	d ⁻¹
100 %	Gülle	7,2	1,175	0,61	0,046	4,4	1,116	0,55	0,057
100 %	Maissilage	29,2	1,279	0,92	0,033	25,3	1,286	0,82	0,147
67 %	Maissilage	14,7	1,253	0,81	0,052	9,9	1,258	0,69	0,301
33 %	Maissilage	9,7	1,224	0,74	0,051	6,0	1,205	0,62	0,119
100 %	RoggenGPS	19,8	1,232	0,92	0,040	20,2	1,237	1,01	0,028
67 %	RoggenGPS	12,5	1,219	0,82	0,052	9,2	1,219	0,88	0,052
33 %	RoggenGPS	9,2	1,199	0,73	0,054	5,9	1,181	0,81	0,057
100 %	Rübensilage	12,4	1,258	0,93	0,316	11,4	1,293	1,08	0,162
67 %	Rübensilage	10,0	1,245	0,80	0,252	7,3	1,237	0,89	0,155
33 %	Rübensilage	8,4	1,221	0,73	0,113	5,5	1,192	0,73	0,105

4 Kofermentation im Labor und in der Praxis

Neben der Belastung des Fermenters wird die Biogasausbeute maßgeblich vom Anteil der NawaRo in der Mischung beeinflusst. Dies konnte nicht nur unter Laborbedingungen, sondern auch bei Praxisanlagen beobachtet werden (Abb. 3). Während den Laborwerten

eine oTS-Raumbelastung von $3 \text{ kgm}^{-3}\text{d}^{-1}$ mit Rindergülle und Maissilage zugrunde liegt, bewegte sich die Belastung bei den Praxisanlagen zwischen 1,9 und $4,3 \text{ kgm}^{-3}\text{d}^{-1}$. Hier wurde ebenfalls Rindergülle aus Grundsubstrat verwendet. Die NawaRo bestanden zu etwa 70 % aus Maissilage und zu etwa 30 % aus Grassilage.

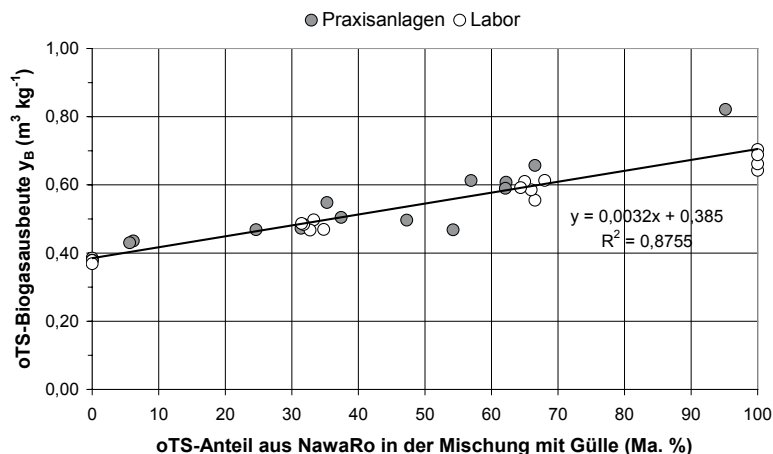


Abb. 3: Korrelation zwischen NawaRo-Anteil im Gemisch mit Rindergülle und oTS-Biogasausbeute (Labor- und Praxisanlagen)

Fig. 3: Correlation between proportion of biogas crops in the mixture with cow slurry (VS basis) on VS-biogas yield from lab- and practical scale biogas plants

Literatur

- MÄHNERT, P.; LINKE, B. (2009): Kinetic study of biogas production from energy crops and animal waste slurry: Effect of organic loading rate and reactor size. *Environmental Technology*, 30 (1) S. 93–99
- KTBL (2005): Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. KTBL-Heft 50, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt
- VDI 4630 (2006): Vergärung organischer Stoffe. VDI-Richtlinien
- WEILAND, P. et al. (2009): Bundesmessprogramm zur Bewertung neuartiger Biomasse Biogasanlagen. Abschlussbericht Teil 1, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Wirtschaftsdüngereinsatz in Biogasanlagen und deren klimarelevante Bedeutung

Use of animal manure in biogas plants and its relevance for climate protection

MATHIAS EFFENBERGER, HANS BACHMAIER, ANDREAS GRONAUER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Biogas, Treibhausgase, Tierhaltung, Wirtschaftsdünger
Keywords: biogas, greenhouse gases, livestock farming, animal manure

Zusammenfassung

Aufgrund des starken Wachstums der Biogasproduktion und deren Konzentration auf Energiepflanzen als Substrate gerieten Biogaserzeugung und Tierhaltung lokal und regional in Konkurrenz zueinander. Aus Sicht des Klimaschutzes ist die Kombination der beiden Produktionsverfahren hingegen durchweg positiv zu bewerten, da durch die Vergärung der Wirtschaftsdünger unkontrollierte Methanemissionen vermieden und erhebliche Energiemengen bereitgestellt werden können. Anhand von Modellrechnungen wird der Einfluss des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern auf die Treibhausgasbilanz der Stromproduktion in landwirtschaftlichen Biogasanlagen deutlich. Zusätzlich können sich durch eine Kombination von Biogas- und Veredelungsproduktion auch betriebswirtschaftliche Vorteile ergeben.

Summary

Due to its dynamic development and the concentration on energy crops as input materials, biogas production has become a rival to livestock farming on a local and regional scale. However, from the point of view of climate protection, these two branches complement one another. Anaerobic digestion of animal manure avoids uncontrolled methane emissions during conventional storage and provides a significant source of energy. Using model calculations, the influence of the use of animal manure on overall greenhouse gas emissions from electricity production in agricultural biogas plants is demonstrated. In addition to that, combining biogas production and livestock farming can result in considerable economical benefits.

1 Einleitung

Nach Inkrafttreten der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) zum 1. Januar 2009 rechnet die Biogas-Branche wieder mit einem deutlichen Wachstum. Für das laufende Jahr erwartet man, dass etwa 800 Biogasanlagen neu errichtet werden, womit die Zahl der Anlagen in Deutschland um weitere 20 % zunähme (Fachverband Biogas, 2008).

Betrachtet man die geographische Verteilung der Biogasanlagen, so häufen sich diese insbesondere in viehstarken Regionen, denn die verfügbare landwirtschaftliche Fläche ist sowohl für die Produktion von Futtermitteln als auch von Biogassubstraten ein erfolgsrelevanter Produktionsfaktor. Da sich die Biogasproduktion in den letzten Jahren stark auf Energiepflanzen als Substrate konzentriert hatte, gerieten Biogaserzeugung und tierische Veredelungsproduktion teilweise in Konkurrenz um Flächen, Arbeit und Kapital.

Aus Sicht des Klimaschutzes ist die Kombination der Produktionsverfahren der Tierhaltung und der Biogaserzeugung hingegen positiv zu bewerten. Während der konventionellen Lagerung von Gülle wird nämlich durch unkontrollierte Gärprozesse Methan freigesetzt, welches im Vergleich zu Kohlendioxid ein Treibhausgaspotenzial von 23 aufweist. Der Gesetzgeber hat deshalb in der zweiten Novelle des EEG durch die Einführung des sogenannten „Gülle-Bonus“ einen Anreiz geschaffen, verstärkt Exkremente von Nutztieren zur Biogaserzeugung einzusetzen und insbesondere auch auf kleineren Tierhaltungsbetrieben Biogasanlagen zu errichten.

2 Methanertrag und -emissionen aus Wirtschaftsdüngern

Zur Abschätzung der Methanemissionen während der Lagerung tierischer Exkremente (hier Wirtschaftsdünger genannt) werden Methankonversionsfaktoren verwendet, die nach Tierart und Haltungsverfahren aufgeschlüsselt sind (HEYER, 1994; DÖHLER et al., 2002). Hiermit lassen sich die Methanemissionen aus den Wirtschaftsdüngern abschätzen. Für Bayern ergibt sich beispielsweise ein Wert von 1,6 Mio. t CO₂-Äquivalentemissionen (Tab. 1), was knapp 2 % der durch den bayerischen Primärenergieverbrauch bedingten CO₂-Emissionen entspricht.

Nach verschiedenen Schätzungen für Bayern wurden 2007 in bestehenden Biogasanlagen 5,5 % der anfallenden Rindergülle, 7,5 % der Schweinegülle und 45 % des Geflügelmists verwertet. Dies bedeutet, dass insgesamt nur rund 7 % des verfügbaren Energiepotenzials der Wirtschaftsdünger ausgeschöpft wurden (Tab. 2).

Das gesamte elektrische Erzeugungspotenzial der Wirtschaftsdünger in Bayern beläuft sich auf rund 3,7 TWh pro Jahr, entsprechend rund 4,8 % des Strombedarfs Bayerns im Jahr 2007 (Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2008). Damit könnte mehr elektrische Energie bereitgestellt werden, als derzeit durch die energetische Verwertung von Biogas aus Abfällen, Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen zusammen realisiert wird. Für den Klimaschutz bedeutete dies eine Verringerung der gesamten CO₂-Äquivalentemissionen des bayerischen Energiesektors um 2,3 Mio. t pro Jahr oder etwa 4 %.

Tab. 1: Viehbestände, Methan- und CO₂-Äquivalent-Emissionspotenzial aus Wirtschaftsdüngern in Bayern (berechnet nach Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2008; HEYER, 1994)
 Tab. 1: Potential methane and CO₂-equivalent emissions from livestock manure in Bavaria

Tierart	GV	Methanertragspotenzial Mio. m ³ CH ₄	Emissionen aus Lagerung ¹	
			Mio. m ³ CH ₄	1 000 t CO ₂ -Äquivalente
Rinder	2 836 400	715	49	1 137
Schweine	637 785	234	20	450
Legehennen	12 057	14	1	23
Truthühner	11 218	13	1	21
Summe				1 631

¹ Anteil Flüssigmistsysteme für Rinder 60 %, für Schweine 75 %.

Tab. 2: Viehbestände und bisher erschlossene Anteile an der potenziellen elektrischen Arbeit aus der Vergärung von Wirtschaftsdüngern (Widü) für Bayern (berechnet nach Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2008)

Tab. 2: Livestock and actual share of potential electricity production from anaerobic digestion of animal manure in Bavaria

Tierart	GV	el. Leistung ¹	el. Arbeit	Vergärungs- quote	el. Arbeit	Anteil am Potenzial
		kW · GV ⁻¹	GWh · a ⁻¹	%	GWh · a ⁻¹	%
Rinder	2 836 400	0,11	2 733,16	5,5	150,3	
Schweine	637 785	0,16	893,92	7,5	67,0	
Legehennen	12 057	0,5	52,81	45,0	23,8	
Truthühner	11 218	0,5	49,14	45,0	22,1	
Summe	3 497 460		3 729		263	7,1

¹ Faustzahlen.

3 Treibhausgasbilanz der Stromproduktion aus Biogas

Im Folgenden wird anhand von Modellrechnungen der Einfluss der Vergärung von Wirtschaftsdüngern auf die Treibhausgasbilanz der Stromproduktion in landwirtschaftlichen Biogasanlagen nebst anderen Faktoren verdeutlicht. Für die Bilanzierung wird die Biogasanlage incl. Vorkette betrachtet. Die hierfür verwendete Methode wurde bereits an anderer Stelle dargelegt (BACHMAIER et al., 2007; 2009).

Ziel ist die Produktion von elektrischem Strom, der zu den Konditionen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes in das öffentliche Netz eingespeist wird. Um den Einfluss der Vergärung von Wirtschaftsdüngern zu bewerten, wird eine Gutschrift angesetzt, die derjenigen Menge an Methanemissionen entspricht, die bei der konventionellen Lagerung der Gülle oder des Mistes freigesetzt worden wäre (s. Abschnitt 2). Für die verwertete Wärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung wird ebenfalls eine Gutschrift in Höhe der durchschnittlichen Menge an Treibhausgas (THG)-Emissionen vergeben, die beim Einsatz fossiler Brennstoffe emittiert würde.

Es wurden sechs Anlagenvarianten berechnet, wobei von Variante 1 mit den höchsten THG-Emissionen ausgegangen wurde. Diese Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass das gesamte Biogas aus einer Mischung von 50 % Maissilage, 25 % Getreide-Ganzpflanzensilage und 25 % Grassilage (Frischmasseverhältnis) erzeugt wird. Zusätzlich wurde angenommen, dass keine Nutzung der überschüssigen Wärme erfolgt und während der Gärrestlagerung gebildetes Biogas nicht erfasst wird (offenes Gärrestlager). Schließlich wurden noch erhöhte Stickstoffverluste bei der Gärrestausrückführung in Höhe von 50 % des ausgebrachten Stickstoffs angesetzt. In Summe ergeben sich für diese Variante erhebliche THG-Emissionen von $498 \text{ g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$ (Abb. 1).

Von Variante zu Variante wurde nun jeweils eine (zusätzliche) Maßnahme ergriffen, um die THG-Emissionen zu reduzieren. Für Variante 2 wurde angenommen, dass die Stickstoffverluste bei der Gärrestausrückführung lediglich 30 % betragen, sodass weniger mineralischer Stickstoff gedüngt werden muss. Dies bewirkt eine Reduktion der klimawirksamen Emissionen um $25 \text{ g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$. In Variante 3 wurde das Gärrestlager abgedeckt, um restliches entstehendes Biogas in Höhe von 1,6 % zusätzlich zu erfassen. Hierdurch werden $74 \text{ g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$ in Form von Methanemissionen vermieden. Für Variante 4 wurde angenommen, dass je kWh_{el} eine Wärmemenge von 0,5 kWh an externe Nutzer abgegeben wird. Hierdurch können an anderer Stelle $113 \text{ g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$ eingespart werden.

In den Varianten 5 und 6 schließlich wurden jeweils 30 Massen-% der nachwachsenden Rohstoffe (NawaRo) durch Rindergülle bzw. Hähnchenmist ersetzt. Hierdurch reduzieren sich die Treibhausgasemissionen um weitere 46 bzw. 239 $\text{g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$ im Vergleich zu einer reinen NawaRo-Biogasanlage. Hiervon stammen 34 bzw. 154 $\text{g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$ aus der Gutschrift, der Rest aus der Verringerung der NawaRo-Produktion. Im günstigsten

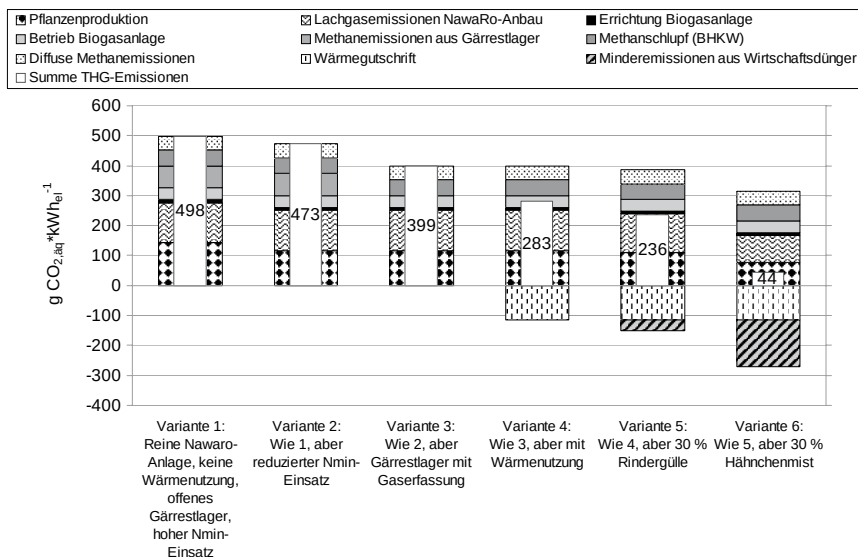


Abb. 1: Treibhausgasemissionen der Stromproduktion aus Biogas für verschiedene Anlagenvarianten

Fig. 1: Cumulated greenhouse gas emissions of electricity production from biogas for different scenarios

Fall ergeben sich so nur noch spezifische THG-Emissionen von $44 \text{ g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$ (Abb. 1).

Nach FhG-ISI (2005) ersetzt Strom aus Biogasanlagen im Mittel zu 70 % Strom aus Steinkohle- und zu 30 % Strom aus Gaskraftwerken. Für diesen Kraftwerksmix werden durchschnittliche spezifische THG-Emissionen von $793 \text{ g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$ angegeben (FRITSCHÉ et al., 2007). Daraus errechnen sich im günstigsten Fall der Variante 6 dieser Betrachtung vermiedene THG-Emissionen durch die Stromproduktion aus Biogas von $749 \text{ g CO}_{2,\text{äq}} \cdot \text{kWh}_{\text{el}}^{-1}$.

4 Wirtschaftliche Aspekte

Neben dem Aspekt des Klimaschutzes, können sich durch den Betrieb einer Biogasanlage in Kombination mit einem Tierhaltungsbetrieb auch betriebswirtschaftliche Vorteile ergeben (PAHL et al., 2009). So lassen sich durch die Nutzung der Wärme aus der Biogasanlage für Betriebe der Veredelungsproduktion mit Schweinen oder Geflügel unter Umständen erhebliche Einsparungen bei den Energiekosten erzielen. Daneben können in der Biogasanlage im Allgemeinen auch die insbesondere in Rinderhaltungsbetrieben anfallenden Futterreststoffe verwertet werden. Der Gärrest aus Biogasanlagen weist zudem im Vergleich zu herkömmlicher Gülle eine bessere Nährstoffverfügbarkeit für die Pflanze und eine geringere Geruchsintensität auf.

Durch den „Güllebonus“ im Rahmen des EEG gewinnen Gülle und Mist einen Marktwert, der die Kooperation zwischen Biogasanlage und Tierhaltung als Substratlieferant begünstigt. Insbesondere kann das gemeinsame Betreiben einer Biogasanlage für Tierhaltungsbetriebe arbeits- und betriebswirtschaftliche Vorteile bringen. Biogasanlagen im unteren Leistungsbereich (ca. $150 \text{ kW}_{\text{el}}$) erzielen mit einem Gülleanteil zwischen 35 und 40 % das beste wirtschaftliche Ergebnis, da bei höherem Gülleanteil die Anlagenkosten beginnen, die eingesparten Substratkosten zu übertreffen, während gleichzeitig der Biogasertrag sinkt.

Literatur

- BACHMAIER, J.; EFFENBERGER, M.; GRONAUER, A. (2007): Ökobilanz der energetischen Nutzung von Biogas aus Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen. 8. Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“, 8.–10. Oktober 2007, Bonn, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt
- BACHMAIER, H.; BAYER, K.; FRIEDL, G.; GRONAUER, A.; PAHL, H.; RAUH, S. (2009): Treibhausgasemissionen der Energieproduktion aus Biogas. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V., Freising
- BMU (2008): Erneuerbare Energien in Zahlen, Nationale und internationale Entwicklung, Internet-Update. Herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, Stand: Dezember 2008

- DÖHLER, H.; EURICH-MENDEN, B.; DÄMMGEN, U.; OSTERBURG, B. LÜTTICH M.; BERGSCHMIDT, A.; BERG, W.; BRUNSCH, R. (2002): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. Forschungsbericht 299 42 245/02 UBA-FB 000249, Berlin
- FACHVERBAND BIOGAS (2008): Jährlicher Zubau von Biogasanlagen in Deutschland in Abhängigkeit der jeweils geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen – Entwicklung 1992–2009. Fachverband Biogas e.V., Freising
- FRAUNHOFER INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG (FhG-ISI) (2005): Gutachten zur CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien; Karlsruhe
- FRITSCH, U. R.; RAUSCH, L.; SCHMIDT, K. (2007): Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung – Arbeitspapier. Öko-Institut e.V., Darmstadt [<http://www.oeko.de/oekodoc/318/2007-008-de.pdf>] (22.05.2009 10:30)
- HEYER, J. (1994): Methan. In: Studienprogramm Band 1: Landwirtschaft. Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.), Studie C
- PAHL, H.; RAUH, S., FAATZ, M. (2009): Viehhaltung und Biogaserzeugung – eine Chance für die Entwicklung landwirtschaftlicher Unternehmen. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V., Freising

Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen

Economy of Biogas Plants

MANFRED DEDERER

Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ) Forchheim, Auf dem Wasen 9, 71640 Ludwigsburg

Schlüsselwörter: Biogas, Wirtschaftlichkeit

Keywords: biogas, economy

Zusammenfassung

Durch das neue EEG wird die Verwertung von Wirtschaftsdünger (Gülle, Festmist) besonders gefördert und ist auch für den wirtschaftlichen Betrieb einer Biogasanlage besonders wichtig. Kommt Wirtschaftdünger zum Einsatz, spielt der TS-Gehalt bei der Planung eine wichtige Rolle, damit die Gasausbeute richtig eingeschätzt werden kann. Um den Güllebonus zu bekommen, muss eine Mindestmenge an Wirtschaftsdünger eingesetzt werden. Mit Wärmenutzung kann eine Biogasanlage ab einer Leistungsgröße von unter 100 KW, ohne Wärmenutzung ab 190 KW wirtschaftlich interessant sein, wobei man bei der Planung immer über ein Wärmekonzept nachdenken sollte.

1 Einleitung

Die Vorgaben des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG), das zum 1.1.2009 in Kraft getreten ist, führen bei landwirtschaftlichen Betriebsleitern vermehrt zu der Überlegung, ob anstelle oder zusätzlich zur Tierhaltung zunächst einmal in die Energieproduktion investiert werden soll.

Wir stellen in der Beratung fest, dass derzeit sehr viele Landwirte die Biogaserzeugung als zusätzliche Einkommensquelle nutzen wollen. Nur bei wenigen Betrieben bzw. bei denen, die in naher Zukunft sowieso aus der Tierhaltung aussteigen werden, wird die Tierhaltung jetzt schneller zugunsten der Energieproduktion aufgegeben. Im Folgenden werden die Rahmenbedingungen und die Wirtschaftlichkeit der Energieproduktion für landwirtschaftliche Betriebe mit eigener Tierhaltung dargelegt.

Für die Rentabilität dieser Biogasanlagen sind die Grundvergütung, der NAWARO-Bonus, der Güllebonus und der KWK-Bonus von besonderer Bedeutung. Die Boni für Technologie, Landschaftspflege und Formaldehyd sind dagegen von untergeordneter Bedeutung.

2 EEG

Das EEG regelt die Stromvergütung, die Vergütung für Wärmenutzung und die Vergütung bei Gülleenutzung. Weiter ist darin geregelt, wer den Technologie- und den Landschaftspflegebonus erhält.

Die Grundvergütung liegt derzeit bei 11,67 ct/KWh bis 150 KW und bei 9,18 ct/KWh zwischen 150 und 500 KW und 8,25 ct/KWh über 500 KW. Zu beachten ist, dass die Grenze zwischen zwei Stufen nicht von der installierten Motorleistung abgängig ist, sondern von der produzierten Strommenge.

Der NAWARO-Bonus liegt bei einer Höhe von 7 ct/KWh bis 150 KW, darüber 4 ct/KWh bis 500 KW, für welche Einsatzstoffe dieser Bonus bezahlt wird, ist im EEG ebenfalls in einer Positiv- bzw. Negativliste festgelegt.

Neu ist im EEG geregelt, dass neben der Positivliste für Biomassen außerdem eine Liste für rein pflanzliche Nebenprodukte existiert. Die Stoffe aus dieser Liste können in einer NAWARO-Anlage eingesetzt werden, ohne dass der NAWARO-Bonus für die gesamte Anlage verloren geht. Für den Anteil an Energie, die aus diesen Stoffen entsteht, wird kein NAWARO-Bonus bezahlt und falls der Güllebonus in Anspruch genommen wird, wird auch dieser nicht ausbezahlt.

Der Einsatz von auf landwirtschaftlichen Betrieben anfallender Gülle und Festmist ist ein weiteres durch das EEG gefördertes Ziel im Hinblick auf die Reduzierung der Emissionen bei der Güllelagerung, Ausbringung und Energiegewinnung.

Wird Gülle in der Biogasanlage mitvergoren, so wird eine zusätzliche Vergütung gewährt. Diesen Güllebonus erhält derjenige aber nur, wenn 30 % der eingesetzten Biomasse Wirtschaftsdünger im Sinne der EU VO 1774/2002 sind.

3 KWK

Die Wärmenutzung ist im EEG (Anlage 3 des EEG) neu geregelt worden, dazu wurden eine Positiv- und Negativliste für die Wärmenutzung eingeführt oder durch die Wärmenutzung werden nachweislich fossile Energieträger ersetzt und es entstehen dabei Mehrkosten für die Wärmebereitstellung von mindestens 100 € pro KW Wärmeleistung.

4 Landschaftspflegematerial

Eine Definition, was Landschaftspflegematerial ist und welche Voraussetzungen zu erfüllen sind und wofür man den Bonus bekommt, ist im Moment noch in der Diskussion und soll im Laufe des Jahres 2009 definiert werden.

Um den Güllebonus und den KWK-Bonus zu erhalten und dass der Einsatz von pflanzlichen Nebenprodukten erfolgt, ist durch ein Gutachten eines Umweltgutachters zu bestätigen.

5 Wirtschaftlichkeit

Für die Planung einer Biogasanlage ist es wichtig, die Biogasausbeute (Tab. 1) aus den eingesetzten Biomassen zu kennen. Kann man für Biomasse in den bei den üblichen TS-Gehalten von 200 m³/t FM ausgehen, gibt es bei Gülle je nach TS-Gehalt große Unterschiede. Liegt der TS-Gehalt bei Schweinegülle z.B. nur bei 4 %, so können nur 15 m³ Biogas gewonnen werden, liegt er hingegen bei einer Rindergülle bei 10 %, so können bis zu 30 m³ Biogas erzeugt werden.

Auch Festmist zählt in diesem Zusammenhang zum Güllebonus und erreicht bis zu 100 m³ Biogas pro t Festmist.

Tab. 1: Biogasausbeute aus Wirtschaftsdünger in Abhängigkeit des TS-Gehaltes

Tab. 1: Biogas yield from animal excrements in dependence on dry matter content

TS-Gehalt	Schweine	Milchvieh	Rinder
4 %	15 m ³	–	–
6 %	23 m ³	20 m ³	–
8 %	30 m ³	26 m ³	30 m ³
10 %	–	33 m ³	
Festmist	100 m ³	100 m ³	100 m ³

Um in den Güllebonus zu kommen, muss der Anteil mindestens 30 % an der gesamten Biomasse sein. Als Orientierungsgrößen können folgende Werte gelten (Tab. 2). Bei 100-KW-Anlage sollten dann mindesten 850 m³, bei 190 KW etwa 1 700 m³ und bei einer 500-KW-Anlage etwa 4 200 m³ Wirtschaftsdünger (Gülle oder Festmist) eingesetzt werden. Mit den genannten Mengen wird im Beispiel die 30-%-Grenze gerade erreicht, in der Praxis sollten 35–40 % erreicht werden, um auch den Nachweis einfacher belegen zu können. Als Berechnungsgrundlage wurde die Biomasse aus Silomais und GPS angesetzt.

Tab. 2: Mindestgüllemenge zum Erreichen des 30 % Anteils in Abhängigkeit von der Leistung

Tab. 2: Minimum amount of excrements to achieve the 30 % limit for different power

Leistung	30 KW	60 KW	100 KW	150 KW	
Menge	250 m³	500 m³	850 m³	1 250 m³	
Leistung	190 KW	250 KW	370 KW	530 KW	1 060 KW
Menge	1 700 m³	2 100 m³	3 100 m³	4 200 m³	8 400 m³

Bei der Planung einer Biogasanlage sollte man bei der Bereitstellung der Biomasse auf Pflanzen zurückgreifen, die im Anbau bereits bekannt sind und für die die entsprechende Ernte- und Verarbeitungstechnik vorhanden ist. Es empfiehlt sich Silomais, Ganzpflanzensilage, Getreide und Grassilage. Neue Produkte wie Hirse oder die Doppelnutzung der Fläche können im Laufe der Zeit geprüft werden.

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit werden jetzt folgende Unterstellungen angenommen: Es sind 2 200 m³ bzw. 4 400 m³ Gülle im Betrieb vorhanden. Zu dieser Güllemenge sind für eine 30-KW-Anlage noch 8 bzw. 1 ha Fläche erforderlich, die bei einer 250-KW-Anlage auf bis zu 100 ha ansteigen (Tab. 3).

Tab. 3: Flächenbedarf an Biomasse in Abhängigkeit von Güllemenge und Leistung
 Tab. 3: *Needed area for biomass for different amounts of excrements and power*

Leistung	30 KW	60 KW	100 KW	190 KW	250 KW
2 200 m ³ Gülle	8 ha	22 ha	39 ha	77 ha	100 ha
4 400 m ³ Gülle	1 ha	15 ha	32 ha	70 ha	96 ha

Wird Silomais durch andere Kulturen wie Grassilage und GPS ersetzt, so steigt der Flächenbedarf bei den unterstellten Erträgen je nach Leistung bis um 40 % an.

Der Einsatz von Festmist in Biogasanlagen ist bei steigenden Substratkosten eine interessante Möglichkeit, denn 1 t Silomais können durch etwa 2 t Festmist ersetzt werden.

5.1 Kalkulation der Wirtschaftlichkeit

Für die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit wird von den in Tabelle 4 dargestellten Investitionskosten ausgegangen. Für die Berechnung wird von einer jährlichen durchschnittlichen Anlagenlaufzeit von 7 500 h unter Vollastleistung ausgegangen. Als Biomasse werden Silomais und GPS oder Grassilage eingesetzt.

Tab. 4: Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen bei Variation der elektrischen Leistung und des Gülleanteils

Tab. 4: *Profitability of biogas plants for different electrical power and amounts of excrements*

Leistung	30 KW	60 KW	100 KW	190 KW	250 KW
Investition	290.000 €	440.000 €	620.000 €	910.000 €	1,15 Mio. €
Mindestgüllemenge	– 5.800 €	5.700 €	22.500 €	69.000 €	78.500 €
2200 m ³ Gülle	1.400 €	13.000 €	28.400 €	70.000 €	79.000 €
4400 m ³ Gülle	12.200 €	22.300 €	38.000 €	80.000 €	88.000 €

Gülle kostenlos auf dem Betrieb

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse dieser Modellkalkulationen dargestellt. Unterstellt man, dass in vielen Betrieben 2 200 m³ Gülle vorhanden ist, so stellt sich die Wirtschaftlichkeit für eine 30-KW-Anlage mit einem Betriebszweigeinkommen von 1.400 € dar. Dieses steigt dann bei einer 190-KW-Anlage bzw. bei 250 KW auf 70.000 € bzw. 88 000 € an. Bei diesem Einkommen ist die Entlohnung der Arbeitszeit enthalten.

Je nach Gülleanteil variiert das Einkommen. Tabelle 4 zeigt, dass je mehr Gülle vorhanden ist, das Einkommen entsprechend steigt. Bei höherem Gülleanteil (4 400 m³) sind schon Anlagen ab 100 KW wirtschaftlich interessant.

Festmist verbessert die Wirtschaftlichkeit weiter, wenn man folgende Überlegungen anstellt. Sind 500 t Festmist zusätzlich auf dem Betrieb vorhanden, können dadurch 250 t Silomais ersetzt werden. Wird der Silomais mit 32 €/t angesetzt, ergibt sich ein Kostenvorteil von 8.000 €. Als Nachteil könnte ein höherer Rühraufwand genannt werden. Nicht bewertet wurde in diesem Beispiel die frei werdende Fläche, auf der evtl. Getreide angebaut und verkauft werden kann.

Die optimale Größe einer Biogasanlage liegt nach meinen Berechnungen bei 190–250 KW elektrischer Leistung, da in diesem Bereich zurzeit ein gutes Preis-Leistungs-verhältnis zu erkennen ist.

Wie das kalkulierte Einkommen sich ändert, wenn die Parameter Substratkosten, Wirkungsgrad, Gasausbeute, Laufzeit und Bedarf an Eigenstrom sich ändern, wird in Tabelle 5 am Beispiel eine 190-KW-Anlage dargestellt.

Tab. 5: Variation verschiedener Parameter am Beispiel einer 190-KW-Anlage, bei einem Gesamteinkommen von 70000 €

Tab. 5: Variation of various economic parameters at the example of an 190 kW plant and a total income of 70.000 €

Substratkosten	± 5 %	5.700 €
Wirkungsgrad	± 1 %	6.000 €
Gasausbeute	± 5 %	11.000 €
Laufzeit	± 7 %	6.100 €
Baukosten	± 10 %	7.900 €
Eigenstrom	± 1 %	2.100 €

Ändern sich die Substratkosten um $\pm 5\%$, so würde das Einkommen um 5.700 € höher oder geringer ausfallen. Bei höherem oder niedrigerem Wirkungsgrad könnten es 6.000 € sein. Steigt die Gasausbeute bei gleicher Biomasse-Einsatzmenge um 5 %, resultiert daraus 11.000 € mehr Einkommen. Kann die Laufzeit um 7 % von 7 500 h auf 8 000 h ausgedehnt werden bei gleichzeitigem Mehreinsatz an Biomasse, erhöht sich das Einkommen auf 76.100 €. Bei höheren Baukosten, wie in der Kalkulation angenommen, würde das Einkommen jedoch auf 62.100 € sinken. Ändert sich der Eigenstrombedarf um 1 %, schlägt sich das mit 2.100 € auf das Einkommen nieder.

5.2 Einsatz pflanzlicher Nebenprodukte

Der Einsatz pflanzlicher Nebenprodukte aus der Positivliste des EEG zieht nachfolgende Überlegungen nach sich.

Es wird Anbaufläche für die Getreideproduktion (bei einer 100-KW-Anlage etwa 17 ha) frei, diese könnte bei einem Getreidemehrpreis von 20 €/t 1.800 € betragen. Es werden Nährstoffe dem Betriebskreislauf zugeführt, welche einen kalkulatorischen Wert von 6.000 € haben. Dies kann den möglichen Nachteilen durch höhere Baukosten und Auflagen (Mehraufwand 6.000 €) in einer einzelbetrieblichen Betrachtung überlegen sein. Wobei hier unterstellt wird, dass die Nebenprodukte (in der Betrachtung Getreideaussputz) keine Kosten für die Biogasanlage verursachen. Weitere Voraussetzung ist, dass die anfallenden Nährstoffe im Betrieb untergebracht werden können. Je nach Preis-

entwicklung auf dem Getreidemarkt hat der Einsatz von Nebenprodukten mehr oder weniger Bedeutung.

6 Wärmenutzung

Die Nutzung der anfallenden Wärme sollte ein Ziel bei der Energieerzeugung sein, dabei ist aber darauf zu achten, dass auch ausreichend Wärme kontinuierlich zur Verfügung steht. Aus diesem Grund sollte die Anlage nicht zu klein dimensioniert werden. Ist die Anlage zu klein und soll viel Gülle eingesetzt werden, so besteht die Gefahr, dass in der kühlen Jahreszeit zu wenig Wärme vorhanden ist, um den Gärprozess in Gang zu halten. Ab einer Anlagengröße von etwa 60 KW elektrischer Leistung ist genügend Wärme übrig, um noch ein oder zwei Wohnhäuser zu heizen.

Folienschlauch – Flexibles Konservier- und Lagerverfahren für agrarische Rohstoffe aller Art

Large plastic bags – a flexible system for all kind of agricultural raw materials

ANDREA WAGNER, UDO WEBER

BAG Budissa Agroservice GmbH, Birnenallee 10, 02694 Malschwitz

Schlüsselwörter: Silierung, Folienschlauchsilierung

Keywords: bagging machines, ensiling

Zusammenfassung

Futtermittel und Energierohstoffe werden zunehmend im Folienschlauch konserviert bzw. gelagert. Im geschlossenen System Schlauch entstehen nur sehr geringe Verluste und eine hohe Qualität. Seit der Erfindung der Silopresse vor 40 Jahren und der Wiedereinführung in Deutschland vor 15 Jahren hat sich die Technik zu einem Verfahren entwickelt, das in moderne Ernteketten passt.

Technologie und Empfehlungen zur Einlagerung von Raufutter sowie von Industrienebenprodukten im Folienschlauch basieren auf langjährigen Erfahrungen und verschiedenen Forschungsprojekten (WEBER, 2005; WAGNER, 2005; MATTHIESEN, 2008; MAACK, 2008; WEBER, 2008). Erstmals wurde im vergangenen Jahr auch die Zuckerrübe („Energierübe“) mit der Schlauchtechnologie eingelagert. Den Substrateigenschaften und Ernteverfahren entsprechend empfehlen sich unterschiedliche Bauarten von Silopressen. Im Folgenden soll eine Übersicht über den Stand der Technik, verschiedene Forschungsergebnisse und Beispiele aus der Praxis gegeben werden.

Summary

Feed and energy feedstock are conserved and stored increasingly in silage bags. The closed bag system is characterized by low losses and high quality. Since the invention of the silo press 40 year ago and its re-introduction 15 years ago, the technology has been developed into a process that fits in all modern harvest chains.

Technology and recommendations for storing forage as well as industrial by-products in silage bags are based on many years of experience and on various research projects (WEBER, 2005; WAGNER, 2005; MATTHIESEN, 2008; MAACK, 2008; WEBER, 2008). For the first time ever sugar-beet was ensiled in silage bags last year. According to substrate properties and harvesting methods different types of silo presses are recommended. In the following an overview of the state of the art of silo presses, of various research results and as well as of practical examples is given.

1 Einleitung

Die Investition in einen Siloneubau ist kritisch zu hinterfragen: Während sich die Kapitalkosten auf hohem Niveau bewegen, ist die Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Rahmenbedingungen über mindestens zwei Jahrzehnte eingeschränkt. Stark schwankende Rohstoffpreise, die Überarbeitung gesetzlicher Vorgaben und Förderungsmaßnahmen, zunehmende Diskussionen über einen Substratmix für Biogasanlagen stellen hohe Anforderungen an die Flexibilität der Betriebsleiter.

Durch den Einsatz der Folienschlauchtechnologie ist eine Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Mengen, an verschiedene Substrate sowie an den Standort gegeben – bei geringerem Investitionsrisiko. Darüber hinaus werden Qualitätsaspekte positiv beeinflusst: Geringe Verluste im Folienschlauch liegen je nach Substrat zwischen 1 und 5 % aufgrund des frühzeitigen Luftabschlusses und des geschlossenen Systems (STEINHÖFEL, 1998; WEBER, 2005; MATTHIESEN, 2008); auch das Verderbsrisiko nach Schlauchöffnung wird durch eine vergleichsweise kleine Anschnittfläche reduziert.

Seit der Erfindung der Eberhardt-Silopresse vor 40 Jahren haben sich Technik und Leistung den Anforderungen moderner Ernteketten angepasst. Neben den klassischen Futtermitteln bzw. den „Nawaros“ (Anwelksilagen, Maissilagen, Ganzpflanzen, Feucht- und Trockengetreide, Zuckerrüben), können auch Substrate der weiterverarbeitenden Agrarindustrie (Pressschnitzel, Biertreber, Trester) bis hin zu organischen Reststoffen im Schlauch konserviert bzw. gelagert werden. Um den verschiedenen Substrateigenschaften zu entsprechen, empfehlen sich je nach Substrat, verschiedene Bauarten von Silopressen (Abb. 1).

Gras - Silomais - GPS - Luzerne - Biertreber - Pressschnitzel - Feuchtgetreide/-mais - Zuckerrübe ...

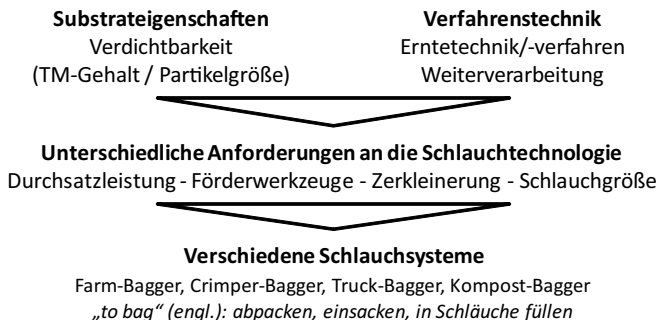


Abb. 1: Systeme der Folienschlauchlagerung bzw. -konservierung

Während Fahrsilofolien zumeist unterschiedliche Mengen an Recyclaten enthalten, werden für Folienschläuche aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen ausschließlich Primärrohstoffe verwendet. Die Foliendicke liegt in Abhängigkeit vom Schlauchdurchmesser bei $> 215 \mu\text{m}$. Dieses Qualitätskriterium kann jedoch bei alleiniger Betrachtung zu Fehleinschätzungen führen (STEINHÖFEL, WEBER, MEISE, 2006).

2 Bauarten

Das Einpressen der Substrate in den Folienschlauch erfolgt mit Rotor, mit zentraler Schnecke („Farm Bagger“) oder – wie derzeit bei den Energierüben – mit einem Schiebeschild, das die ganze Rübe in den Schlauch drückt („Kompost Bagger“). Falls für Feuchtgetreide/-mais zusätzlich zur Lagerung eine Zerkleinerung erforderlich ist, empfiehlt sich eine Walzenmühle („Crimper Bagger“). Speziell zum Abkippen von Bietreiber wurde ein Tunnelaufsatz für LKWs entwickelt, der „Truckbagger“. Diese Systeme unterscheiden sich in Aufbau, Leistung, Schlauchgrößen und Verfahrenskosten.

2.1 Rotormaschinen

Prinzipiell erfolgt die Steuerung der Verdichtung bei Silopressen manuell über ein stufenloses hydraulisches Bremssystem, wobei der Pressdruck über die Beobachtung der Foliendehnung an aufgedruckten Dehnungsmessstreifen kontrolliert wird. Erste technische Entwicklungen zeigen positive Ergebnisse bei der automatischen Steuerung über die Dehnungsmessung mithilfe von Abstandssensoren am Folienschlauch (MAACK, 2008).

Klassiker unter den Silopressen sind die „Rotormaschinen“. Diese Maschinen können mit allen gängigen Silier- oder Häckselwagen befüllt werden. Herkömmliche Rotormaschinen bauen den Verdichtungsdruck über ein Gitter auf, das wiederum über Seiltrommeln mit der Maschine verbunden ist. Die kontinuierliche Zufuhr von Substrat über einen Rotor in den Schlauch erhöht den Druck gegen das Gitter, dem durch Regulierung des Bremsdruckes über die Seiltrommeln entgegengewirkt wird – nach diesem Prinzip erfolgt die Steuerung der Verdichtung im Schlauch. Die Schlauchlänge ist hier auf 75 m begrenzt. Elastisches Material mit vergleichsweise höherem Rohfasergehalt und größeren Partikeln wird mit einem Rotor über die Tunnelbreite in den Schlauch gefördert, wodurch eine höhere Verdichtung erzielt werden kann als mit Schneckenförderung.

Neue Ankermaschinen, die jetzt auch in Deutschland produziert werden, arbeiten mit ein bzw. zwei Ankern (je nach Schlauchdurchmesser) bei bis zu 3,60 m Schlauchdurchmesser. Zu Beginn der Schlauchbefüllung wird der Anker über den Gutstrom in den Schlauch gezogen. Die Position des Ankers im Schlauch entscheidet über die Höhe des Pressdruckes. Am Schlauchende kann der Anker eingezogen werden, ein Auflockern des Materials erfolgt nicht, da sich dieses durch das Eigengewicht wieder zusammendrückt.

Durch den Verzicht auf Gitter und Seiltrommel ist eine Schlauchlänge von bis zu 150 m in der Praxis möglich. Bei einem Durchmesser von 3,60 m erzielt man damit Lagermengen von 1000 t pro Schlauch – insbesondere für Biogasanlagen von großem Interesse. Auch die Verfahrensleistung ist bei den Ankermaschinen größer, da durch den Wegfall des Gitterwechsels die Rüstzeiten für den Schlauchwechsel halbiert werden. Damit sind Tagesleistungen von 2000 t möglich.

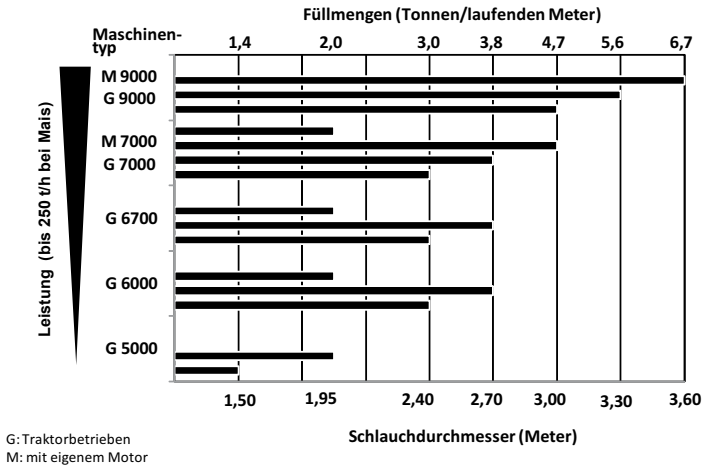


Abb. 2: Rotormaschinen: verschiedene Schlauchdurchmesser und zugehörige Füllmengen

Ein Maschinentyp kann mit bis zu vier verschiedenen Tunnelgrößen (Schlauchdurchmesser) ausgestattet werden (Abb. 2), wahlweise gibt es Wechseltunnelsysteme, die es dem Lohnunternehmer ermöglichen, zwei verschiedene Schlauchgrößen anzubieten. Für geringe tägliche Entnahmemengen gibt es auch einen Doppeltunnel, damit ist das gleichzeitige Befüllen von zwei Schläuchen mit je 1,20 m Durchmesser möglich. Mit diesem System können kleine Schläuche bei hoher Verfahrensleistung gelegt werden.

2.2 Silopresse mit Trichter und Schnecke

Rieselfähiges Schüttgut, wie feuchtes oder trockenes Getreide (auch Mais) aber auch Düngemittel und Industrienebenprodukte können mit einem „Farmbagger“ im Schlauch gelagert werden. Diese Maschine wird über einen Trichter befüllt, eine Schnecke fördert das Substrat in den Schlauch mit 2,7 m Durchmesser. Hier wird nicht gegen ein Gitter gearbeitet. Die Maschinen können mit Überladewagen, Schnecke oder Radlader befüllt werden. Bei 75 m Schlauchlänge liegen etwa 250 t Getreide im Schlauch. In Abhängigkeit von Substrat und Befüllsystem werden Leistungen von > 250 t/h erreicht.

Erste Versuche mit Nahrungsgetreide im Folienschlauch im Vergleich zum konventionellen Flachlager stellen heraus, dass eine Kurzzeitlagerung von Weizen (sechs Monate) keine Unterschiede in den Qualitätsparametern zur Folge hat (IDLER, 2009).

2.3 Silopresse mit Walzenmühle

Die Konservierung von gemahlenem Feuchtgetreide/-mais im Folienschlauch (Durchmesser von 1,50 m und 1,95 m) kann in einem Arbeitsgang mit einer Silopresse, die zusätzlich mit Walzenmühlen ausgestattet ist („Crimper Bagger“) erfolgen. Dieses System spart Kosten für Trockung (Energie), Arbeit und Lagerung. Die Leistung liegt bei bis zu 20 t/h (eine Doppelwalze) bzw. 40 t/h (zwei Doppelwalzen). Zum Einsatz der Walzenmühlen wurde in 2008 ein Promotionsprojekt abgeschlossen, in dem Qualitätsparameter wie Zerkleinerung, Verdichtung, Qualität und Stabilität in Abhängigkeit des Feuchtegehaltes untersucht wurden (MATTHIESEN, 2008).

2.4 Silopresse mit Schiebeschild

Sogenannte Kompost-Bagger werden klassisch zur Kompostierung eingesetzt. Bei diesem Verfahren wird der Bagger über einen Fülltrichter mit organischen Reststoffen befüllt (Frontlader), diese werden nachfolgend durch ein Schiebeschild in Schläuche mit 1,65 m bzw. 2,40 m Durchmesser geschoben. Im Unterschied zum konventionellen Silierungssystem können hier zusätzlich perforierte Belüftungsschläuche mit im Schlauch verlegt werden, um nachfolgend den Kompostierungsprozess zu steuern. Mit dieser Technologie wurden erstmals ganze Zuckerrüben im Folienschlauch konserviert. Das Verfahren wurde auf der agra Messe in Leipzig mit dem Innovationspreis 2009 ausgezeichnet.

2.5 Lkw mit Tunnel

Mit LKWs, die mit einem speziellen Tunnel ausgerüstet sind, können Treber oder auch Düngemittel direkt vom LKW in einen Folienschlauch verkippt werden (Truckbagger). Der Folienschlauch (2,40 m Durchmesser) wird an die gewünschte Stelle abgelegt und sofort luftdicht verschlossen. Der Fahrer des Truckbaggers erledigt alle Arbeiten selbst, Voraussetzung für den Einsatz des Truckbaggers ist die Fließfähigkeit des Produktes, die z.B. bei Nassstrebern immer gegeben ist (WEBER 2009).

3 Empfehlungskriterien

So unterschiedlich wie die Einsatzbereiche der Maschinen, sind auch die Größenklassen. Der Schlauchdurchmesser wird in Abhängigkeit vom Vorschub gewählt. In Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der erforderlichen Tunnelgröße ist eine Siliermittelapplikation zu empfehlen. Aus dem Schlauchdurchmesser ergibt sich der Flächenbedarf. Dieser liegt mit 1,0 m²/t zwar höher als beim Fahrsilo, kann jedoch mit zunehmendem Schlauchdurchmesser auf bis zu 0,7 m²/t sinken (WAGNER, 2008). Die Kosten für den Maschineneinsatz sinken mit der Auslastung und amortisieren sich in kurzer Zeit.

Vergleichskalkulationen stellen das höhere Investitionsrisiko für ein Fahrsilo (Baukosten, Verdichtung, Abdeckung) heraus: Bei einem Abschreibungszeitraum von sechs

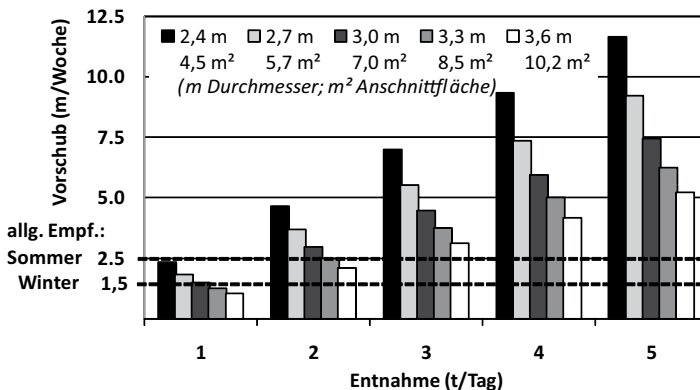


Abb. 3: Vorschub bei unterschiedlicher Entnahmemenge und Schlauchgröße (Bsp. Silomais)

bis acht Jahren würde die Fahrсило-Variante das Doppelte der Kosten einer Einlagerung im Schlauch (Maschine, Arbeit, Schlauchfolie) verursachen. Zur Bedienung der Maschine ist nur eine AK einzuplanen, das aufwändige Siloabdecken entfällt. Die hohe Flexibilität des Verfahrens ermöglicht, unabhängig von der Silokapazität kurzfristig Rest- und Kleinmengen zu verarbeiten. Schläuche können auch dezentral gelegt werden.

Der Einsatz des Systems wird nicht von der Betriebsgröße beeinflusst, das können zahlreiche Beispiele aus über 20 Ländern belegen. So ist die Schlauchtechnologie sowohl auf großen Betrieben in Ostdeutschland als auch in der Schweiz zu finden.

Literatur

- IDLER, C. (2009): Qualitätsbestimmung von Weizen nach Lagerung im Folienschlauch. Versuchsbericht Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.
- MAACK, C.; BÜSCHER, W. (2008): Verdichtung von Siliergütern bei der Folienschlauchtechnologie. Landtechnik 63 (2008), Nr. 5, S. 282–283
- STEINHÖFEL, O.; WEBER, U.; MEISE, S. (2006): Folienqualität von Siloschläuchen. Dick allein genügt nicht. Neue Landwirtschaft 4, Sonderdruck
- MATTHIESEN, M. (2008): Experimentelle Untersuchungen zur Feuchtgetreidekonservierung im Folienschlauch. Diss. Universität Bonn, VDI-MEG-Schrift 468, Selbstverlag
- WAGNER, A. (2005): Qualitätsmanagement bei der Futterernte – Einflüsse der Erntetechnik auf den Qualitätsparameter „Langzeitstabilität“ von Silagen. Habilitationsschrift, Universität Bonn, VDI-MEG-Schrift 432, Selbstverlag
- WAGNER, A.; WEBER, U. (2008): Energierohstoffe im Folienschlauch. Biogas Journal Nr. 2/08, S. 58–63
- WEBER, U. (2006): Untersuchungen zur Silierung von Zuckerrübenpressschnitzeln in Folienschläuchen. Diss. Humboldt Universität, Logos Verlag Berlin
- WEBER, G. (2009): Untersuchungen zur Silierung von Biertrebern. Diss. Humboldt Universität, Logos Verlag Berlin

Automatische Fütterung von Rindvieh – Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik

Automatic Cattle Feeding – State of the art

ANNE GROTHMANN, FRANZ NYDEGGER

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Automatisierung, Fütterung, Rinderhaltung

Keywords: automatic, cattle, feeding

Zusammenfassung

Die automatisierte Fütterung erleichtert die Arbeit, spart Zeit und bringt Flexibilität. Dies zeigt eine Erhebung bei 18 Milchviehbetrieben in Dänemark, Deutschland, den Niederlanden und der Schweiz zur aktuellen Entwicklung in der Fütterungstechnik. Verschiedene Systeme erlauben die Automatisierung der Fütterungstechnik. In der Praxis sind zurzeit schienengeführte Futterwagen am stärksten verbreitet. Zum Einsatz kommen aber auch Futterbänder und Selbstfahrer. Große Unterschiede treten sowohl bei der Zahl der verwendeten Rationen wie bei der Anzahl Futterkomponenten auf. Das Futternachschieben entfällt bei einigen Systemen vollständig.

Automatische Fütterungssysteme nehmen im Stall weniger Fläche in Anspruch als befahrbare Futtertische. Somit kann der Futtertisch deutlich schmaler dimensioniert werden. Einige Landwirte nutzen den Platzgewinn und erweitern Liege- und Laufflächen.

Summary

A survey carried out on 18 dairy farms in Switzerland, Germany, Denmark and the Netherlands indicates current trends in cattle feeding. An increasing number of farms are relying on automatic feeding to ease their workload, save time and achieve flexibility. There are various systems which permit the automation of feeding systems.

At present rail-guided feed wagons are the best established in practice, but conveyor belts and self-propelled feeders are also used. Nine of the farms surveyed had retrofitted the automatic feeding system in an existing animal housing system. Automatic feeding systems take up less cowshed area, so the dimensions of the feeding table can be considerably lower than when feeding is effected with a feed mixer wagon. Some farmers use the space gained to extend lying and exercise areas.

1 Problemstellung

Die Fütterung beansprucht – neben dem Melkvorgang – am meisten Zeit in der Milchviehhaltung und betrifft 15–20 % des gesamten Arbeitszeitbedarfs. Zudem werden täglich große Massen bewegt. Seit einiger Zeit ist es jedoch möglich, die Grundfütteration automatisch vorzulegen. Die automatische Fütterung soll eine deutliche Arbeitsentlastung, bessere Futterhygiene aber auch weniger Futterverluste erreichen. Eine Erhebung auf Betrieben, die bereits eine automatische Fütterung in der Praxis einsetzen, soll zeigen, welche Systeme auf dem Markt vorhanden sind und ob sie die (in sie gesetzten) Erwartungen erfüllen.

2 Vorgehensweise bei der Praxiserhebung

Die Betriebe (Anzahl in Klammer) mit automatischen Fütterungssystemen wurden in Zusammenarbeit mit den Firmen Cormall (3), DeLaval (2), Mullerup (5), Pellon (1), Rovibec (4) und Trioliet (3) ausgewählt. Die Datenerhebung fand auf allen Betrieben, die automatische Fütterungssysteme in unterschiedlichen Ausführungen einsetzten, statt. Dies erforderte Betriebsbesuche in Dänemark, Deutschland, den Niederlanden und der Schweiz. Anhand eines Fragebogens erfolgte die Befragung der Landwirte. Er enthielt Fragen zu verschiedenen Bereichen der Betriebsstruktur und zur Mechanisierung. Zudem wurden Daten zu den folgenden Bereichen erhoben:

- Fütterung und Futterlagerung
- Mechanisierung der Fütterung
- Eingliederung ins Gebäude
- Motivation für den Einsatz eines automatischen Fütterungssystems
- Erfahrungen und Auswirkungen des automatischen Fütterungssystems

3 Ergebnisse der Erhebung

3.1 Betriebsstrukturen

Die Herdengröße der besuchten Betriebe liegt bei 28 bis 390 Milchkühen (Tab. 1), wobei der größte Betrieb in Dänemark ein Milchkontingent von 3,6 Mio. kg Milch besitzt. Die landwirtschaftliche Nutzfläche liegt zwischen 18 und 640 ha. Auch hier ist der größte Betrieb dänisch. Zwei Schweizer Betriebe mit automatischer Fütterungstechnik halten ihre Kühe in Anbindeställen. Die durchschnittliche Milchleistung liegt zwischen 8000 und 9000 kg pro Jahr. Auf den meisten Betrieben (16 Betriebe) ist die Rasse Holstein Friesian dominierend, gefolgt von Red Holstein, Brown Swiss und Braunvieh.

Tab 1: Struktur der Milchviehbetriebe

Tab 1: Basic data of dairy farms

	Landwirtschaftliche Nutzfläche LN in ha						
Aufteilung der LN	10–29	30–49	50–69	70–89	90–109	110–129	≥ 130
Anzahl Betriebe	1	2	5	4	1	0	5
	Milchviehbestand Anzahl Kühe						
	10–29	30–49	50–69	70–89	90–109	110–129	≥ 130
Anzahl Betriebe	1	2	2	3	2	3	5
	Milchkontingent in 1 000 kg						
	100–299	300–499	500–699	700–899	900–999	1 000–1 500	≥ 1 500
Anzahl Betriebe	2	2	3	1	2	4	4
	Herdendurchschnitt Milchleistung in kg						
	5 000– 6 999	7 000– 7 999	8 000– 8 999	9 000– 9 999	10 000– 10 999	11 000– 11 999	
Anzahl Betriebe	2	0	9	4	2	1	

3.2 Fütterung und Futterlagerung

Die Betriebe füttern bis zu zehn Futterkomponenten automatisch (Tab. 2). Am häufigsten werden Gras- und Maissilage, gefolgt von Heu und Soja in den Rationen eingesetzt. Insgesamt vier Betriebe teilten ihre laktierenden Milchkühe in Fütterungsgruppen ein. Dabei unterscheiden sie meist nach Milchleistung und Laktationsstadium. Meist wurden zugleich auch Jungtiere und Trockensteher mit dem Roboter versorgt. Die Anzahl automatisch vorgelegter Rationen lag zwischen einer und fünf (Tab. 3).

Tab. 2: Futterkomponenten pro Ration, Futtervorlage und Reinigung

Tab. 2: Number of feed components, distributing, cleaning of feeding tabel

Anzahl Futterkomponenten/Ration				
Komponenten	≤ 4	5–7	8–10	
Anzahl Betriebe	8	8	2	
Anzahl Futtervorlagen				
Vorlagen	≤ 3	4–6	7–9	≥ 10
Anzahl Betriebe	1	5	7	5
Reinigung Futtertisch				
Reinigung	täglich	2–3 x pro Woche	1 x pro Woche	≥ alle 3 Wochen
Anzahl Betriebe	8	6	2	2

Tab. 3: Rationen je Betrieb

Tab. 3: *Rations per farm*

	Anzahl Rationen				
Rationen	1	2	3	4	5
Anzahl Betriebe	5	7	0	3	3

Die maximale Anzahl der Futtervorlagen liegt bei 13 pro Tag. Im Mittel der Betriebe wird das Futter 7,2-mal am Tag neu vorgelegt (Tab. 2). Individuelle Kraftfuttergaben für die Kühe fanden auf 16 Betrieben statt. Davon fütterten die Landwirte in sechs Fällen das Kraftfutter am Kraftfutterautomat, auf sieben Betrieben im automatischen Melksystem, bei zwei Landwirten per Hand und einmal über einen zusätzlichen Kraftfutterbehälter am Fütterungsroboter. In 16 Fällen lagerte das Futter im Flachsilo (Gras- und Maissilage). Heu und Stroh lagerten überwiegend als Quaderballen. Nur drei Betriebe legten ihr Heu lose auf dem Heustock ab.

3.3 Mechanisierung

Sieben Betriebe legten bereits vor dem Einbau einer automatischen Fütterungsanlage eine Total-Misch-Ration mit Fräsmisch- oder Futtermischwagen vor. Auf drei Betrieben erfolgte die Futtervorlage per Hand. Die restlichen Betriebe füttern mit Siloblockschneidern, Greif- oder Schneidschaufeln.

50 % der Betriebe bauten ihr automatisches Fütterungssystem in bestehende Ställe ein. Je nach System wird das Futter ein- bis zweimal pro Tag oder zwei- bis dreimal pro Woche (Trioliet) entnommen. Auf einem Betrieb mit Anbindehaltung und Hochsilolagerung entnimmt eine Fräse für jede Futtervorlage das Futter direkt dem Hochsilo.

Im Mittel bezifferten die Landwirte den Zeitaufwand für die automatische Fütterung auf 30 Minuten pro Tag. Hinzu kommen rund sechs Minuten für jede Reinigung des Futtertischs. Wie Tabelle 2 zeigt, findet die manuelle Reinigung des Futtertischs meist mindestens einmal täglich statt. Der manuelle Futternachschub hingegen ist bei 16 Betrieben vollständig durch das Fütterungssystem ersetzt. Darüber hinaus gaben insgesamt 16 Landwirte an, keine regelmäßige Reinigung des Fütterungssystems vorzunehmen. Dies ergibt nach ihrer eigenen Einschätzung eine Zeitersparnis von einer halben bis zu drei Stunden pro Tag, je nachdem, welcher Mechanisierungsgrad im Vorfeld bestand.

3.4 Motivation und Erfahrungen

Als Hauptgrund für ein automatisches Fütterungssystem gaben 14 der 18 Betriebe die Arbeitsentlastung und die Zeitersparnis an. Des Weiteren führten stallbauliche Gründe zum Einbau eines automatischen Fütterungssystems. Indem der Futtertisch bei Neubauten schmaler gestaltbar ist – bis unter 2 m – werden Baukosten gespart. Bei Altbauten dient der gewonnene Platz zusammen mit einer Umgestaltung oft einer erweiterten Lauf- oder Liegefläche. Auch die gesteigerte Flexibilität der Arbeitsplanung und die präzisere Fütterung der Herde, indem Rationen gruppenspezifisch zusammensetzbar sind, werden genannt.

Zuverlässigkeit und Funktionalität wird bei allen Befragten mit gut bis sehr gut bewertet. Sie benoten die Bedienbarkeit überwiegend mit gut bis sehr gut. Mängel fanden sich teilweise bei zu kleinen Displays an den Fütterungsrobotern und bei der langen Einarbeitungsphase. Die Übersichtlichkeit des Steuerungsrechners stuften die Landwirte als gut bis durchschnittlich ein. Bei Systemen ohne Messer im Mischer (Mullerup, Pellon, Rovibec) kann es zu Schwierigkeiten bei zu langem Futter kommen. So rät Pellon von einer Futterlänge über 10 cm ab, da längeres Futter zu Störungen und zu mangelhafter Vermengung der Komponenten führen kann.

Nach der notwendigen Einarbeitungszeit haben sich auf allen Betrieben die Erwartungen an das Fütterungssystem vor allem in Bezug auf die Arbeitszeitreduktion und Flexibilität erfüllt. Alle befragten Landwirte würden einem Berufskollegen ihr Fütterungssystem weiterempfehlen.

4 Diskussion der Ergebnisse

Die Erhebung zeigt, dass viele Betriebe dank automatischer Fütterungssysteme eine deutlich geringere Arbeitsbelastung erreichen. Sie wirken sich positiv auf die Flexibilität aus und bewähren sich besonders in Zeiten mit Arbeitsspitzen. Der Zeitbedarf für ein automatisches Fütterungssystem hängt zusätzlich von der Entnahmetechnik, der Entfernung zum Futterlager sowie der Art des Futterlagers (Hochsilo, Flachsilo, Großballen) ab.

Viele Betriebsleitende stellten fest, dass bei den Tieren deutlich weniger Stress auftritt. Rangniedere Tiere können ihrer Einschätzung nach dank des täglich mehrmaligen Fütterns auch bei mehr als einem Tier pro Fressplatz mehr und besseres Futter aufnehmen. Dies sehen einige Landwirte als Grund für höhere Milchleistung und insbesondere bei Erstlaktierenden für ein besseres Fett-Protein-Verhältnis in der Milch. Auf einigen Betrieben mit automatischen Melksystemen ist eine steigende Anzahl Melkungen pro Tag auszumachen. Als Grund wird die höhere Aktivität der Herde durch das mehrmalige Füttern am Tag vermutet. Es fiel auf, dass die Kraftfuttermahlzeit oft immer noch mittels Kraftfutterautomaten erfolgte, obwohl die Möglichkeit bestand, mehrere Leistungsgruppen mit Totalmischration zu füttern.

Die Zufriedenheit der Landwirte mit ihren Fütterungssystemen ist durchgängig sehr hoch, ungeachtet einiger Schwierigkeiten zu Beginn. Bedenken wurden allein zur Sicherheit geäußert. Die automatisch anlaufenden Maschinen können speziell im Hinblick auf Kinder gefährlich sein, trotz vorhandener Notstopp- und Abschaltfunktionen.

Dass die automatische Fütterung nicht nur für Rindviehbetriebe in Frage kommt, zeigte sich auf einem niederländischen Betrieb mit 2500 Milchziegen. Nach der Umstellung von Kühe auf Ziegen wurde unter anderem zur Arbeitserleichterung und aus gesundheitlichen Gründen ein automatisches Fütterungssystem integriert. Die Zeitersparnis liegt bei diesem Betrieb bei bis zu 4,5 Stunden am Tag.

Nicht zu vernachlässigen sind die Investitionen für eine automatische Fütterung. Die Anschaffungskosten liegen je nach System und Ausstattung zwischen 70.000 und 170.000 €. Futterbänder sind zwar mit etwa 40.000–60.000 € billiger, bieten jedoch meist einen geringeren Automatisierungsgrad an. Bei diesen Aufwendungen bleibt

unberücksichtigt, dass bei konsequenter Umsetzung ein Verzicht auf Futterdurchfahrten möglich wird.

Der technische Fortschritt bei der automatischen Fütterung geht kontinuierlich weiter.

Zurzeit ist ein System in der Testphase, das nicht nur das Mischen und Ausfüttern automatisiert, sondern direkt am Flachsilo selbstständig beschickt wird. Weitere Bestrebungen gehen dahin, den Tieren auch in Laufställen das Grundfutter tierindividuell vorzulegen.

Literatur

- NYDEGGER, F.; SCHICK, M.; AMMANN, H. (2005): Futternachschieben im Rindviehstall. FAT-Berichte 648 (heute ART-Berichte), Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen
- BISAGLIA, C.; PIRLO, G.; CAPELLETTI, M.; (2008): A simulated comparison between investment and labour requirements for a conventional mixer feeder wagon and an automated total mixed ration system. CRA-Unità di ricerca per l'ingegneria agraria, Treviglio
- GJØDESEN, M. U. (2007): Automatiske foderanlæg. Landskonsulent Kjeld Vodder Nielsen, AgroTech A/S

Untersuchung von zwei Fütterungstechniken für säugende Sauen

Study of two techniques for feeding lactating sows

CHRISTOPH LUTTERMANN¹, HEINZ BERNHARDT², HANS-PETER SCHWARZ³

¹ Universität Gießen, Mühlenfeld 36, 33428 Harsewinkel

² Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TU München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

³ Fachgebiet Technik Forschungsanstalt Geisenheim, Brentanostr. 9, 65366 Geisenheim

Schlüsselwörter: Sauen, Fütterung, Abferkelstall

Keywords: sows, feeding

Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wurden zwei Fütterungstechniken für laktierende Sauen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Gewichtsentwicklung der Muttertiere und ihrer Ferkel miteinander verglichen. Die Versuchsgruppe war mit der computergesteuerten Rafüfütterung der Firma Mannebeck ausgestattet, die es den Tieren ermöglichte, das Futter nach einer vorgegebenen Futterkurve über den ganzen Tag verteilt aufzunehmen. Die Kontrollgruppe wurde mittels Volumendosierer viermal täglich gefüttert. Als Ergebnis stellte sich heraus, dass die Versuchsgruppe im 2. Durchgang bei niedrigerer Futteraufnahme und gleicher Anzahl an abgesetzten Ferkeln signifikant etwa 4 kg weniger an Substanz verlor als die Kontrollgruppe. Die Rafütechnik ist durch den daraus folgenden niedrigeren Futtereinsatz in der folgenden Trächtigkeit trotz höherer Investitionskosten mit einem monetären Vorteil gegenüber dem Volumendosierer von etwa 25 € je Abferkelplatz und Jahr wirtschaftlicher.

Summary

In this study two techniques for feeding lactating sows, in terms of the effect on the weight development of the mother and her piglets, were compared. The test group was equipped with the Rafü I feeding machine from the company Mannebeck, which enabled the animals to feed according to a given feeding curve dispensed over the entire the day. The control group was fed using a volume dosing feeder four times daily. The result was that the test group in the second phase, with lower feed intake and the same number of weaned piglets, lost a significant approx. 4 kg less weight than the control group. The Rafü technology's resulting lower feeding application during the following gestation period is financially more economical than the volume dosing feeder, by approx. 25 € per litter space per year, despite the higher investment.

1 Einleitung

Um Ferkel kostendeckend zu erzeugen werden in einer Zeit der steigenden Konkurrenz am Absatzmarkt hohe Anforderungen an das Management hinsichtlich Kostenminimierung sowie ganzjähriger Liquidität gestellt. Die Futterkosten in der Ferkelerzeugung sind mit über 60 % an den Direktkosten beteiligt, stellen also die größte Kostenposition dar. Aus diesem Grund nimmt die Fütterungstechnik in der säugenden Phase der Sauen einen immer größeren Stellenwert ein, da diese Leistungsphase mit einer hohen Futtermittelaufnahme von relativ teurem Laktationsfutter verbunden ist. Das Fütterungskonzept, bzw. die Fütterungstechnik, muss also auch die Minimierung der Futterkosten zum Ziel haben (WEISS, 2005).

In dieser Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Fütterungstechniken miteinander verglichen. Die Kontrollgruppe wurde mittels Volumendosierer gefüttert, der abgesehen von der Vorratsbefüllung durch eine Seilförderanlage keine technische Steuerung erfordert. Die Fütterung der Versuchsgruppe erfolgte mit dem Rafüsystem der Firma Mannebeck. Dies ist eine computergesteuerte sensorgestützte Fütterung, die es den Tieren ermöglicht das Futter nach einer Futterkurve auf den Tag verteilt aufzunehmen.

Während der Untersuchung wurden die Substanzverluste der Sauen in der Laktation und die Zunahmen der Ferkel festgestellt. Neben den Gewichten wurden die aufgenommenen Futtermengen, die Anzahl geborener und abgesetzter Ferkel sowie die Umrauscherquote im Folgewurf als weitere Parameter erfasst, um diese als Einflussfaktoren berücksichtigen zu können.

Hohe Substanzverluste von 20–25 kg in der Laktation bedeuten eine verminderte Fruchtbarkeit (HÜHN, 1996). Deshalb sollte in dieser Untersuchung festgestellt werden, ob eine Tendenz in Bezug auf steigende Umrauscherquoten bei erhöhten Gewichtsverlusten zu erkennen ist.

2 Material und Methoden

In einem Praxisbetrieb in Niedersachsen mit 300 produzierenden Sauen wurde im Jahr 2008 in zwei Abferkelabteilen à 18 Abferkelbuchten die Untersuchungen durchgeführt. Die Aufstallung unterschied sich lediglich in der Futtervorlagetechnik. Insgesamt wurden zwei Durchgänge gefahren und die jeweiligen Daten von 50 Sauen erfasst. Tabelle 1 zeigt die Aufteilung der Sauen in den Durchgängen 1 und 2 auf die Kontroll- und Versuchsgruppen.

Tab. 1: Verteilung der Gruppen

Tab. 1: Division of groups

		Fütterungstechnik		Gesamt Kontrollgruppe
		Kontrollgruppe	Versuchsgruppe	
Durchgangsnummer	1	10	13	23
	2	12	15	27
Gesamt		22	28	50

2.1 Versuchsaufbau

In den durchgeführten Versuchsreihen steht die Fütterung im Mittelpunkt. In Abbildung 1 ist die Futtervorlagetechnik der Kontrollgruppe zu sehen.

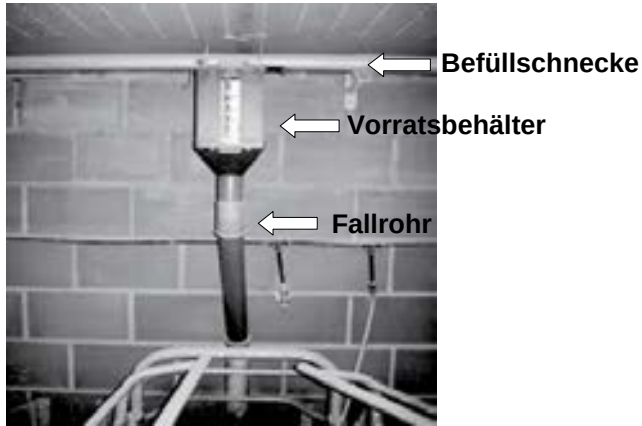


Abb. 1: Volumendosierer
Fig. 1: Volume dosing feeder

Jeder Sauenplatz des Kontrollabteils ist mit solch einem Volumendosierer ausgestattet. Mit einem Auslöseseil werden die Dosierer viermal täglich geöffnet, und zwar um 5, 10, 15 und 20 Uhr. Durch die Seilförderanlage werden die Vorratsbehälter nach jeder Ausdosierung wieder befüllt.

Die Fütterung der Versuchsgruppe erfolgte durch das Rafüsystem, die in Abbildung 2 abgebildet ist. Diese Fütterung ist eine Erweiterung eines Vorgängermodells und wurde eigens für den Versuch montiert. Jeder Sauenplatz ist mit einem Vorratsbehälter und der dazugehörigen Ausdosierelektronik ausgestattet. Ein Zentralrechner, der außerhalb

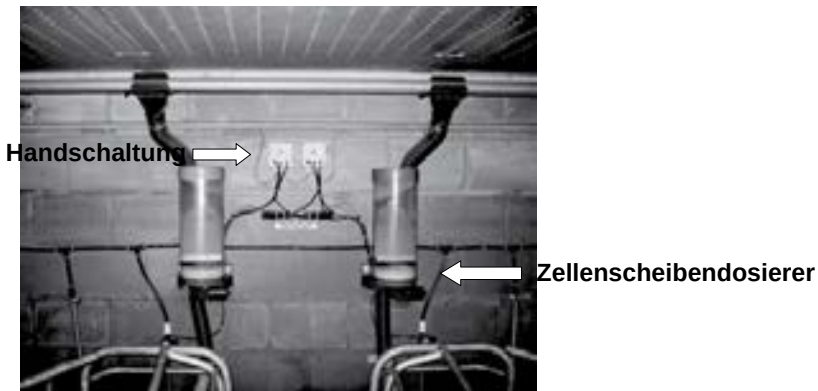


Abb. 2: Rafüsystem
Fig. 2: Rafü feeding machine

des Abteils montiert ist, steuert die Fütterungseinheiten. Am unteren Ende des Vorratsbehälters ist ein Zellscheibendosierer angebracht. Er sorgt für die Ausdosierung der Futterportionen von 85 g pro Umdrehung. Pro Umdrehung erfolgt außerdem ein Wasserzufluss zu der ausgegebenen Menge, sodass in dem Trog ein Futterbrei entsteht. Dieser Füllstand wird im Sekundentakt von einem Sensor abgefragt, sodass nur bei einer Leermeldung ausdosiert wird. Durch die Handschaltung kann zusätzliches Wasser hinzugegeben werden.

Abbildung 3 und 4 zeigen die unterschiedlichen Trogformen mit denen das Versuchsabteil ausgestattet wurde. Bei dem Trog in Abbildung 3 waren die Seitenwände abgeschrägt zum Sensor. Abbildung 4 zeigt den flachen, rechteckigen Trog, der nur von der vorderen Seite abgeschrägt ist.



Abb. 3: Abgeschrägter Trog
Fig. 3: Conical feeding trough



Abb. 4: Abgeflachter Trog
Fig. 4: Flattened feeding trough

2.2 Versuchsdurchführung

Die Erfassung der Futtermengen erfolgte in dem Abteil der Kontrollgruppe durch die tägliche Mitschrift der Dosiereinstellung, von der auf die verbrauchten Futtermengen geschlossen werden konnte. Die verbrauchten Futtermengen der Sauen aus der Versuchsgruppe wurden dem Zentralrechner entnommen.

In jedem Durchgang wurden die Tiere an den folgenden Zeitpunkten gewogen. Direkt beim Einstellen wurde die erste Wiegung der Sauen durchgeführt. Zwei bis drei Tage nach der Geburt erfolgte die zweite Wiegung der Sauen. Hierzu werden alle Ferkel aus einem Wurf gemeinsam gewogen. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die Aufzeichnung der Futtermengen. Drei Tage vor dem Absetztermin wurden die Tiere zum dritten Mal gewogen. Nicht verkaufsfähige Ferkel werden weder mitgewogen, noch mitgezählt.

Aus den erfassten Gewichten der drei Wiegetermine wurden die Gewichtsverluste der Sauen und die Zunahmen der Ferkel errechnet. Die Auswertung wurde mit SPSS 15.0 für das Betriebssystem Windows vorgenommen.

3 Ergebnisse/Diskussion

Tab. 2: Ergebnisse der Kontroll- und Versuchsgruppe

Tab. 2: Results of the test and control group

	Futteraufnahme pro Tag in kg	Substanzverlust in kg	Umrauscher- quote in %	Zunahme der Ferkel in kg	Gesäugte Ferkel pro Sau
K1	5,0	17,1	9	4	11,0
V1	4,9	2,6	8	3,9	10,2
K2	6,2	22,4	15	3,9	12,2
V2	5,2	18,7	7	4,1	12,1

In dem ersten Durchgang verliert Gruppe V1 signifikant 14,5 kg weniger an Körpermasse als K1. Dieser deutlich verminderte Substanzverlust ist zum Teil auf die geringere Säugeleistung der Gruppe V1 zurückzuführen. Im zweiten Durchgang baute Gruppe V2 in der Laktation signifikant 3,7 kg weniger an Körpermasse ab als K2. Die Futteraufnahme war bei V2 sogar niedriger und die Anzahl der gesäugten Ferkel nahezu identisch. Die Gewichtszunahmen der Ferkel waren nur geringfügig unterschiedlich, können also vernachlässigt werden. Der geringere Körpermasseabbau ist also allein auf die Fütterungstechnik zurückzuführen.

4 Fazit

Im zweiten Durchgang verlor die Versuchsgruppe ca. 4 kg weniger an Substanz. Dadurch ergeben sich bei einer Futterverwertung von 1 : 3 verminderte Futterkosten in der folgenden Trächtigkeitsphase von 46,80 € pro Abferkelplatz und Jahr. Bei Berücksichtigung von höheren Abschreibungskosten von 20 € pro Platz und Jahr verbleibt ein monetärer Vorteil der Rafütechnik von 26,80 € pro Abferkelplatz und Jahr.

In Bezug auf die Umrauscherquote zeichnet sich bei der Versuchsgruppe eine Tendenz ab: V1 und V2 weisen eine um durchschnittlich 9 % geringere Umrauscherquote auf. Unter Einbeziehung dieses Faktors ergibt sich eine zusätzliche Kostenersparnis von 9 € pro Sau und Jahr. Dieser Umstand wurde ebenfalls in Untersuchungen von BILKEI (2007) im Swine Ethology Studio in der Schweiz bestätigt, wo niedrigere Abferkelraten bei abgemagerten Sauen festgestellt wurden.

Die Trogform „Abgeschrägter Trog“ erwies sich als die tendenziell Bessere, da durch die Abschrägung des Troges zum Sensor hin verhindert wurde, dass sich Futter außerhalb des Sensors befindet und so durch eine vermeintliche Leermeldung unnötig Futter ausdosiert wird.

In der Versuchsgruppe wurden im Vergleich zu der Kontrollgruppe geringere Gewichtsverluste bei einer niedrigeren Futteraufnahme festgestellt. Dies widerspricht Aussagen von MULLAN und WILLIAMS (1989), in denen von einer stärkeren Mobilisierung der Körpersubstanz aufgrund einer vergleichsweise geringeren Energiezufuhr gesprochen wird. Der festgestellte mäßige Gewichtsverlust der Tiere in der Versuchsgruppe kann mit der Verteilung der Futtermengen auf den ganzen Tag in Zusammenhang gebracht werden.

HILGERS (2002) nennt eine geringere Stoffwechselbelastung und somit verminderte Gewichtsverluste in der Laktation in Folge eines derartigen Fütterungsmanagements. JEROCH, DROCHNER und SIMON (1999) bewerten eine langsame Futtermengensteigerung, wie es bei dem Rafüsystem der Fall ist, aus verdauungsphysiologischer Sicht als positiv.

Literatur

- BILKEI, G. (2007): Hohe Gewichtsverluste – weniger Ferkel. SUS 4, S. 50–52
- HILGERS, J. (2002): Füttern im Sechs-Stunden-Takt. DLZ 9, S. 127
- HÜHN, U. (1996): Mehr Speck hält die Sau fit. Fettdepots können die Fruchtbarkeit fördern. DLZ 9, S. 96–103
- JEROCH, H.; DROCHNER, W.; Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 544
- MULLAN, B. P.; WILLIAMS, I. H. (1989): The effect of body reserves at farrowing on the reproductive performance of first litter sows. Animal Production 48, S. 449–457
- WEISS, J. (2005): Strategien zur Fütterung der Sauen und Ferkel. BauBriefe Landwirtschaft 45, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, S. 57–62

Einfluss der Gewöhnung von Färsen an die Melkroutine vor der Kalbung auf die Herzfrequenzen während der ersten Melkungen

Effects of habituating heifers to the milking parlour routine prior to calving on heart rates during milking

ANJA SCHWALM¹, MERLE GRONAU², HEIKO GEORG¹, GRACIA UDE¹

¹ Institut für Ökologischen Landbau, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Trenthorst 32, 23847 Westerau

² BSc-Arbeit am Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Georg-August-Universität Göttingen, Albrecht-Thaer-Weg 3, 37075 Göttingen

Schlüsselwörter: Melkstand, Färsen, Herzfrequenz, ökologischer Landbau
Keywords: milking parlour, heifers, heart rate, organic farming

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss einer Gewöhnung von Färsen an die Melkroutine vor der ersten Kalbung auf die Herzfrequenz bei der Melkung in den ersten Laktationstagen zu untersuchen. Eine Gruppe von fünf Färsen durchlief die Melkstand-routine an drei aufeinanderfolgenden Nachmittagsmelkungen etwa eine Woche vor der errechneten Kalbung (TF). Als Kontrolle (F) dienten fünf Färsen, die den Melkstand routinemäßig zum ersten Mal nach der Kalbung betraten. In den ersten Laktationstagen zeigten TF niedrigere Herzfrequenzen als F. Diese Unterschiede verringerten sich in den ersten zehn Laktationstagen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass schon durch ein dreimaliges Durchlaufen der Melkroutine vor der Kalbung eine Reduktion der Herzfrequenzen von Färsen im Melkstand in den ersten Laktationstagen erreicht werden kann.

Summary

The aim of this study was to investigate changes in heart rates in the first days of lactation during the milking procedure as a result of habituating heifers to the milking parlour environment prior to calving. A group of five heifers was exposed to the full milking parlour routine once daily (afternoon milking) on three subsequent days about one week prior to calving (training group/TF). Five additional heifers, entering the milking parlour routinely the first time at the afternoon milking after calving served as control group (F). On the first days of lactation lower heart rates were found during milking in the training group. These differences diminished during the first ten days of lactation. These results indicate that a habituation of heifers to the milking routine on only three afternoon milkings can reduce heart rates in the milking parlour in the first days of lactation.

1 Einleitung

Insbesondere Färsen stehen bei der ersten Melkung durch die neue Umgebung, den ungewohnten Mensch-Tier-Kontakt am Euter und den Zitzen und durch den erstmaligen Milchentzug unter Stress. Manche Tiere reagieren nervös und/oder gewalttätig, sodass eine Melkung schwierig und unter Umständen gefährlich für Mensch und Tier ist (DAS und DAS, 2004).

Es ist bekannt, dass Färsen, die sich vor der Kalbung an den Melkstand und die Melk-routine gewöhnen konnten, besser mit dem Stress in den ersten Wochen der Laktation zurecht kommen (HEINRICHS, 1996). Die Tiere zeigen weniger Angstreaktionen, sind ruhiger und haben höhere Milchleistungen und längere Melkzeiten als ungewöhnte Tiere (BREMNER, 1997; WICKS et al., 2004). Zudem sind der Stress und die Gefahr für Tier und Melker durch Abwehrreaktionen reduziert (BREMNER, 1997). Dieser Umstand ist insbesondere für die ökologische Tierhaltung relevant, da hier besonderes Augenmerk auf die Tiergerechtigkeit von Managementmaßnahmen und Haltungssystemen gelegt wird.

Untersuchungen an Kühen haben ergeben, dass die Melkung in ungewohnter Umgebung zu erhöhtem Plasmakortisol, höheren Herzfrequenzen, niedrigerer Oxytocin-Ausschüttung und niedrigeren Milchmengen zusammen mit erhöhten Restmilchmengen im Euter führt (BRUCKMAIER et al., 1993, 1996, 1997; RUSHEN et al., 2001).

Die Herzschlagfrequenz kann zur Beurteilung einer Stressreaktion bei Kühen auch im Melkstand verwendet werden (TROXLER, 2009; RUSHEN et al., 1999, 2001; HOPSTER et al., 1997, 2002).

2 Material und Methoden

Die praktischen Untersuchungen wurden am Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (vTI) bzw. am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung (FAL) durchgeführt. In einem Vorversuch mit zehn Färsen (konventionelle Aufzucht) der Rasse deutsche Holstein wurden die Herzfrequenzen in den ersten zehn Laktationstagen während der Nachmittags-Melkung erfasst.

Fünf der Färsen (Trainingsgruppe/TF) wurden etwa eine Woche vor dem errechneten Kalbungstermin an drei aufeinander folgenden Tagen in die Melkstandroutine der Nachmittagsmelkung integriert. Die fünf übrigen Färsen (Vergleichsgruppe/F) betraten den Melkstand (Doppel-Fünfer-Auto-Tandem-Melkstand, Firma Lemmer Fullwood) routinemäßig das erste Mal bei der ersten Nachmittagsmelkung nach der Kalbung. Alle Färsen hatten zum Zeitpunkt der Kalbung sehr engen Kontakt zum Menschen.

Die Herzschlagfrequenz wurde mit dem für Pferde entwickelten POLAR® heart rate monitor erfasst und im beat-to-beat-Modus abgespeichert, sodass jeder Herzschlag aufgezeichnet wurde. Anhand von Videoaufzeichnungen konnten die gewonnenen Herzfrequenzdaten den Ereignissen im Melkstand (Eintritt in die Melkstand, Reinigung und Vormelken, Ansetzen und Abnahme des Melkgeschirrs, Austritt aus dem Melkstand) zugeordnet werden.

Die Datenerfassung erfolgte an den ersten zehn Nachmittagsmelkungen, wobei der erste Melkstandbesuch immer nachmittags stattfand.

3 Ergebnisse

Die Daten (Abb. 1) zeigen deutlich, dass eine Gewöhnung an die Melkroutine (an drei Melkungen) vor der ersten Kalbung eine Reduktion der Herzschlagfrequenzen in den ersten Laktationstagen bei Färsen (TF) bewirken kann. Es zeigt sich auch, dass dieser Unterschied zu allen untersuchten Zeitpunkten (Eintritt Melkstand, Reinigung Euter, Vormelken, Ansetzen Melkgeschirr, Abnahme Melkgeschirr und Austritt aus Melkstand) besteht. Die Unterschiede verringern sich in den ersten zehn Laktationstagen, sodass nach einigen Tagen keine Unterschiede zwischen den Trainingsfärsen und den untrainierten Färsen mehr zu erkennen ist.

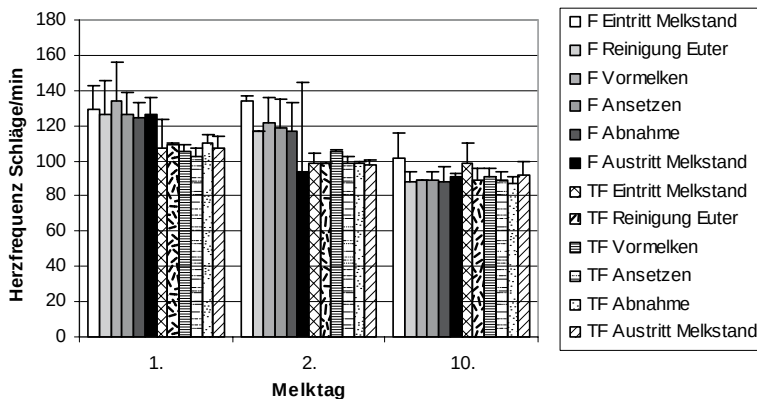


Abb. 1: Herzfrequenzen von Färsen (F/einfarbige Balken) und Trainingsfärsen (TF/Balken mit Muster) an den Nachmittagsmelkungen (Eintritt Melkstand, Reinigung Euter, Vormelken, Ansetzen Melkgeschirr, Abnahme Melkgeschirr und Austritt aus Melkstand) der Laktationstage 1, 2 und 10 (inkl. Standardabweichung)

Fig. 1: Heart rates of heifers in the control (F) and training group (TF) during the afternoon milkings on lactation day 1, 2 and 10 (including standard deviation)

4 Diskussion

BREMNER (1997) berichtete, dass eine Gewöhnung an den Melkstand vor der Kalbung bei konventionell aufgezogenen Färsen die Abwehrbewegungen beim Melken reduzieren kann. Es wird empfohlen, Färsen ab etwa vier Wochen vor der Kalbung in die bestehende Milchviehherde zu integrieren, sodass sich diese an die neue Umgebung und den Melkstand gewöhnen können. Dadurch kommen die Tiere leichter mit den Stressfaktoren zurecht, denen sie in den ersten Wochen der Laktation ausgesetzt werden (HEINRICHS, 1996). Situationen beim Melken, die für die Tiere Stress bedeuten, führen u. a. zu einer Erhöhung der Herzfrequenz. Als Beispiel werden Melken in unbekannter Umgebung (RUSHEN et al., 2001), Melken auf der ungewohnten Seite des Melkstandes (HOPSTER et al., 1998), Lärm und Vibrationen beim Melken (NOSAL et al., 2004) genannt. Eine Erhöhung der Herzfrequenz von Kühen beim Melken kann als Indikator für die Stressbelastung herangezogen werden (TROXLER, 2009).

Bei unseren Untersuchungen konnten wir feststellen, dass ein dreimaliges Durchlaufen der Melkroutine vor der Kalbung schon einen deutlichen Einfluss auf die Herzfrequenz der Färsen hat. Es ist daher anzunehmen, dass schon diese zeitlich sehr begrenzte Erfahrung mit der Melkroutine einen Gewöhnungseffekt bei den Färsen erzielt.

Den Trainingsfärsen ist im Vergleich zu untrainierten Färsen die Umgebung und die Situation im Melkstand schon bekannt, sodass nur der eigentliche Milchentzug (inkl. Euterreinigung und Vormelken) eine neue Situation für die Tiere darstellt. Die Tiere sind ruhiger, sodass der Umgang zwischen Melker und Tier vereinfacht und das Verletzungsrisiko reduziert wird.

Auch bei den „nicht trainierten“ Färsen kommt es zu einer Gewöhnung an die Melkroutine, sodass im Verlauf der ersten zehn Tage der Laktation die Unterschiede in den Herzfrequenzen zwischen den Trainingsfärsen und den untrainierten Färsen verschwinden.

Wie viele „Trainingstage“ den bestmöglichen Effekt bei möglichst geringem Arbeitsaufwand erzielen, bedarf weiterer Forschung.

5 Ausblick

In weiteren Untersuchungen sollen auch Milchleistungsdaten und Herzfrequenzen von multiparen Kühen in die Auswertung miteinbezogen werden. Zudem soll der Einfluss des Aufzuchtverfahrens der Färsen (muttergebundene Aufzucht vs. konventionelle Aufzucht) auf die Herzfrequenzen bei der Melkung in den ersten zehn Laktationstagen untersucht werden.

Literatur

- BREMNER, K. J. (1997): Behaviour of dairy heifers during adaptation to milking. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 57, S. 105–108
- BRUCKMAIER, R. M.; PFELSTICKER, H.; BLUM, J. W. (1996): Milk yield, oxytocin and β -endorphin gradually normalize during repeated milking in unfamiliar surroundings. Journal of Dairy Research 63, S. 101–200
- BRUCKMAIER, R. M.; SCHAMS, D.; BLUM, J. W. (1993): Milk removal in familiar surroundings: concentrations of oxytocin, prolactin, cortisol and β -endorphin. Journal of Dairy Research 60, S. 449–456
- BRUCKMAIER, R. M.; WELLNITZ, O.; BLUM, J. W. (1997): Inhibition in milk ejection in cows by oxytocin receptor blockage, α -adrenergic receptor stimulation and in unfamiliar surroundings. Journal of Dairy Research 64, S. 315–325
- DAS, K. S.; DAS, N. (2004): Pre-udder massaging as a means for reduction of fear in primiparous cows at milking. Appl. Anim. Behav. Sci. 89, S. 17–26
- HEINRICHS, A. J. (1996): Nutrition and management of replacement cattle. Animal Feed Science Technology 59, S. 155–166

- HOPSTER, H.; BRUCKMAIER, R. M.; VAN DER WERFT, J. T. N.; KORTE, S. M.; MACUHOVA, J.; KORTE-BOUWS, G.; VAN REENEN, C. G. (2002): Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85, S. 3206–3216
- HOPSTER, H.; JOOP, T. N.; VAN DER WERFT, J. T. N.; BLOCKHUIS, H. J. (1997): Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Applied Animal Behaviour Science* 55, S. 312–229
- HOPSTER, H.; VAN DER WERFT, J. T. N.; BLOKHUIS, H. J. (1998): Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Applied Animal Behaviour Science* 55, S. 213–229
- NOSAL, D.; RUTISHAUSER, R. (2004): Lärm und Vibrationen als Stressfaktoren beim Melken. *FAT-Berichte* Nr. 625
- RUSHEN, J.; DE PASSILÉ, A. M. B.; MUNKSGAARD, L. (1999): Fear of people by cows and effects on milk yield, behaviour and heart rate at milking. *Applied Journal of Dairy Science* 82, S. 720–727
- RUSHEN, J.; MUNKSGAARD, L.; MARNET, P. G.; DEPASILLE, A. M. (2001): Human contact and the effect of acute stress on cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science* 73, S. 1–14
- TROXLER, J. (2009): Die Kuh beim Melken – Einfluss der Haltungsumwelt und des Menschen. 2. Tänniker Melktechniktagung, ART-Schriftenreihe 9, S. 31–36
- WICKS, H. C. F.; CARSON, A. F.; MCCOY, M. A.; MAYNE, C. S. (2004): Effects of habituation to the milking parlour on the milk production and reproductive performance of first calving Holstein-Friesian and Norwegian dairy herd replacements. *Animal Science* 78, S. 345–354

Melksysteme in Praxisbetrieben

Milking systems in dairy farms

JÜRGEN NIENHAUS¹, EWALD ALBERS¹, ANDREAS PELZER¹, WOLFGANG VON BROCKE¹,
GÜNTER GERIGHAUSEN¹, HORST CIELEJEWSKI², TOBIAS BELKE²

¹ LK NRW Siebengebirgsstr. 200, 53229 Bonn

² FH Südwestfalen, Lübecker Ring 2, 59494 Soest

Schlüsselwörter: Melken, Melktechnik, Melksystem, Investitionskosten, Arbeitswirtschaft

Keywords: milking, milking technique, milking system, investment costs, efficiency of work

Zusammenfassung

Für die Melkarbeit wird die überwiegende Arbeitszeit investiert. Aus diesem Grunde ist es für wachsende Betriebe von großer Bedeutung, sich intensiv mit der Frage der Abläufe und Investitionshöhe der unterschiedlichen Melksysteme zu beschäftigen. Zur Generierung von Beratungsempfehlungen wurden in einer Feldstudie 55 Milchviehbetriebe in NRW untersucht. Gegenstand der Untersuchung waren die Daten von konventionellen und automatischen Melksystemen hinsichtlich Arbeitsleistung und Investitionen. Dabei fiel auf, dass sich die Melksysteme untereinander, aber auch innerhalb der einzelnen Systeme deutlich unterscheiden.

Summary

The most time a day is invested for milking-work. For this reason it is necessary for growing dairy farms to concern on the questions of work flow and height of investment for different milking systems. To generate consultant statements, there were 55 dairy farms in NRW checked. Objects of investigation were the data from conventional and automatically milking systems with regard to efficiency and costs. It was noticeable, that there were some differences between the systems, but even although within the separately systems.

1 Datengrundlage und Datenerhebung

Auswahl der befragten Betriebe: In Anbetracht des weiter anhaltenden Strukturwandels mit wachsenden Milchkuhbeständen wurden Betriebe ab einer Kuhzahl von etwa 100 Milchkühen befragt. Der Durchschnitt der auf den Betrieben gehaltenen Milchkühe lag bei 121 Milchkühen, wobei die Spanne von 81 bis 435 reichte. Es wurden nur Betriebe befragt, deren Ställe bzw. die eingesetzte Melktechnik nach 2001 in Betrieb gegangen sind. Melksysteme: Untersucht wurden die heute am häufigsten eingesetzten Systeme

- FGM, 30 und 50°
- Karussell
- Swing over
- Automatische Melksysteme
- Side by Side

Insgesamt wurden 55 Betriebe aufgesucht, befragt und während eines kompletten Melkdurchganges die Melkzeiten und Melkzwischenzeit gemessen. Um eine weitestgehende Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, wurden alle Betriebe während des abendlichen Melkens aufgesucht. Dabei wurden die Zeiten für das Vorbereiten (Betreten des Melkbereiches), die reine Melkdauer (Ansetzen erstes Melkzeug bis Dippen letzte Kuh) und das Nacharbeiten (Reinigung Melkstand und Warteraum) erfasst. Mit einem Fragebogen wurden betriebliche Daten, wie z.B. Milchleistung, Anzahl der Melkpersonen, Ausstattungsmerkmale der Melktechnik, Größe und Merkmale der Melkgebäude abgefragt. Die Bau- und Technikkosten wurden anhand von standardisierten Angaben errechnet, da eine Ermittlung der tatsächlich von jedem Betrieb getätigten Investitionen ein verzerrtes Bild wiedergegeben hätte. Die Daten der anfallenden Baukosten stammen aus Erfahrungswerten der Bauberatung der LK NRW, die Daten zu den Technikkosten wurden aus vorliegenden Firmenangaben und vorliegenden Angeboten zusammengestellt.

Nach Kontrolle und Durchsicht der Daten konnten 53 Betriebe in die Bewertung aufgenommen werden.

2 Ergebnisse

Die Anteile der einzelnen Melksysteme verteilen sich wie folgt:

Tab. 1: Übersicht der Betriebe

Tab. 1: Overview of farms

	Insges.	davon mit Schnellaustrieb	Anzahl Melkzeuge	Durchschn. Anzahl Melkzeuge
FGM	13	7	16–32	21,5
Side by Side	12	11	16–32	22
Swing over	7	3	16–25	19
Karussell innen FGM	10		20–28	25
AMV	11		1–4	1,8

Es wurde eine Vielzahl von Daten erhoben, nachfolgend wird eine Auswahl der Ergebnisse dargestellt.

Tab. 2: Milchleistung pro Melkzeug nach Austriebssystem [kg/h]

Tab. 2: Milk yield per milking unit by system of burr [kg/h]

Austriebssystem		min	max
Mit Schnellaustrieb	59,5	32,8	151,7
Ohne Schnellaustrieb	59,5	31,5	95,6

Bei den Gruppenmelkständen war im Durchschnitt aller Betriebe kein Unterschied zwischen Melkständen mit und ohne Schnellaustrieb in der ermolkenen Milchmenge festzustellen.

Die minimale Milchleistung pro Stunde und Melkzeug lag sowohl bei den Schnellaustrieben als auch bei den Melkständen ohne Schnellaustrieb etwa gleich hoch bei etwa 32 kg. Den Maximalwert erreichte erwartungsgemäß ein Melkstand mit Schnellaustrieb mit 151,7 kg, bei dem besten Melkstand ohne Schnellaustrieb lag der Wert bei 95,6 kg. Die oben stehende Tabelle zeigt eindrücklich, dass der Einbau von Technik allein keinesfalls eine höhere Arbeitsleistung garantiert. Entscheidend ist auch hier die Umsetzung durch den Betriebsleiter und damit zusammenhängend eine durchdachte Arbeitsorganisation.

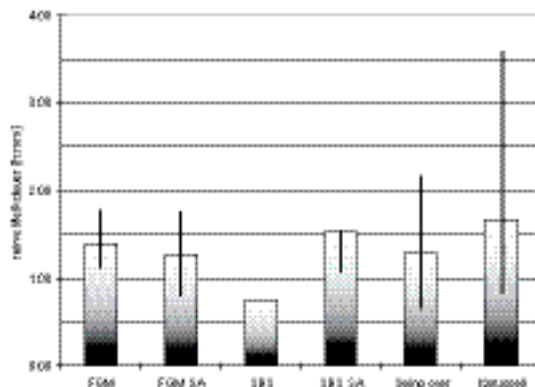


Abb. 1: Konventionelles Melken: Reine Melkdauer – Systemvergleich

Fig. 1: Conventional milking: milking duration – comparison of systems

Das Diagramm zeigt, dass die empfohlen Melkdauer von max. 90 Minuten vom Durchschnitt der Betriebe eingehalten wird, wie es als Planungsgröße für Familienbetriebe immer wieder zugrunde gelegt wird. Wie die Darstellung der Maximalwerte zeigt, sind in der Praxis jedoch auch Werte von über drei Stunden angetroffen worden. Bei Betrieben mit sehr langen Melkzeiten werden i.d.R. Fremd AK eingesetzt.

Der Systemvergleich (Abb. 2) zeigt, dass in Gruppenmelkständen etwa 50 Kühe pro AK und Stunde, in Swing over und Karussell-Melkständen dagegen 70 Kühe je AK und Stunde gemolken werden. Bei Gruppenmelkständen wird als Zielgröße ein Durchsatz von 60 Kühen je AK und Stunde angestrebt, der NRW Durchschnitt liegt momentan bei etwa 40 Kühen pro AK und Stunde. Das zeigt, dass noch ein enormes Leistungspotenzial

entwickelt werden kann, vor allem, wenn man berücksichtigt, dass die oberen 20 % aller untersuchten Betriebe bereits 90 Kühe pro AK und Stunde melken. Dabei wird dann allerdings die Qualität der Melkarbeit häufig schon eingeschränkt.

Das zeigt die Notwendigkeit, alle Rahmenbedingungen, die den Melkprozess beeinflussen, zu optimieren. Das bedeutet, von der Planung des Stalles und des Melkstandes mit den dazugehörigen Vor- und Nachwarteräumen bis hin zur eingesetzten Melktechnik und des gesamten Melkprozesses sind alle Bereiche aufeinander abzustimmen.

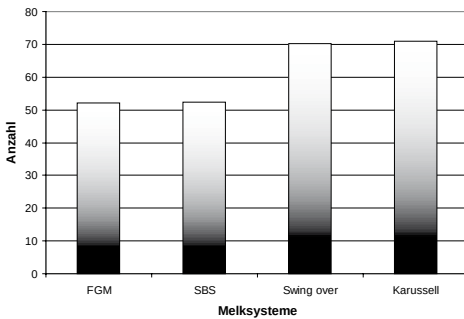


Abb. 2: Konventionelles Melken: Melkungen pro Arbeitskraft und Stunde

Fig. 2: Conventional milking: Number of milkings per milker and hour

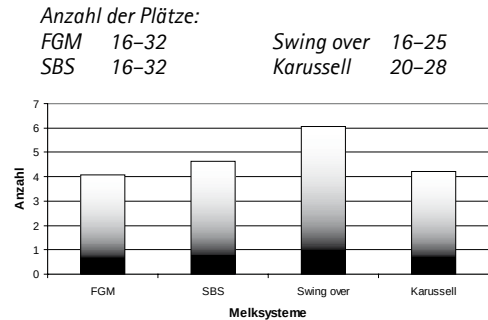


Abb. 3: Konventionelles Melken: Melkungen pro Melkzeug und Stunde

Fig. 3: Conventional milking: number of milkings per milking instrument and hour

Die Anzahl der Kühe pro Melkzeug und Stunde liegt auch in dieser aktuellen Studie bei etwa vier Melkungen. Lediglich der Swing over liegt mit sechs Melkungen deutlich darüber (50 %), was allerdings wiederum mit der doppelten Anzahl an Standplätzen erkauft wird. Auf den Melkplatz bezogen erreicht der Swing over lediglich etwa drei Umtriebe. Es zeigt sich aber auch, dass die Leistungen der Gruppenmelkstände (Aus-

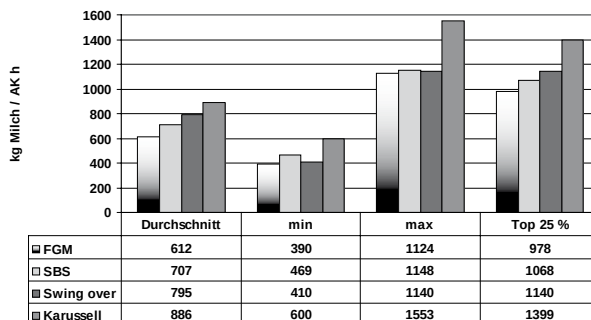


Abb. 4: Konventionelles Melken: Milch pro AK und Stunde – Systemvergleich

Fig. 4: Conventional milking: milk per milker an hour – comparison of systems

nahme Swing over) mit den Leistungen der Karussellmelkstände vergleichbar sind, wobei die SBS Melkstände tendenziell etwas besser abschnitten.

Eine ergänzende Auswertung der Leistung von Melkständen nach dem Kriterium „ermolkene Milch pro Melkzeug und Stunde“ zeigte ebenfalls das Ergebnis, dass Karussellmelkstände zwischen FGM und SBS einzuordnen sind. Daraus kann geschlossen werden, dass die in der Untersuchung aufgenommenen Karussellmelkstände für einen optimalen Betrieb eine zu geringe Anzahl an Melkplätzen aufweisen, um das Potenzial dieses Systems auszunutzen.

Die ermolkene Milchmenge liegt im Durchschnitt zwischen 612 und 886 kg/AK und Stunde. Damit wird der betriebswirtschaftliche Zielwert von 900 kg nicht erreicht.

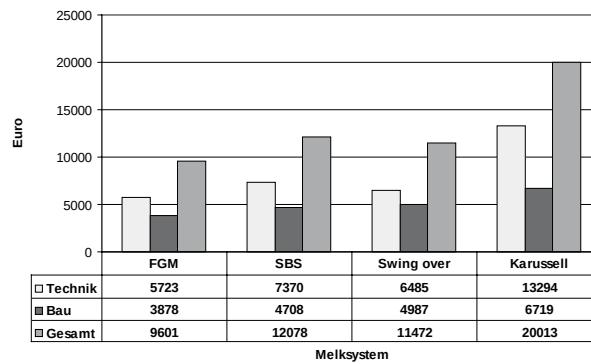


Abb. 5: Konventionelles Melken: Investitionskosten pro Melkzeug – Systemvergleich

Fig. 5: Conventional milking: height of investment per kg milking instrument – comparison of systems

Dass dieser Zielwert nicht utopisch ist, zeigen die Werte der Top 25 %-Betriebe, die 978 bis 1399 kg erreichten. Diese Zahlen zeigen deutlich den Einfluss des Managements auf.

Die dargestellten Summen spiegeln die unmittelbar zum Melkplatz zuzuordnenden Investitionen wider. Periphere Räume wie Technik-, Tank- und Warteräume wurden

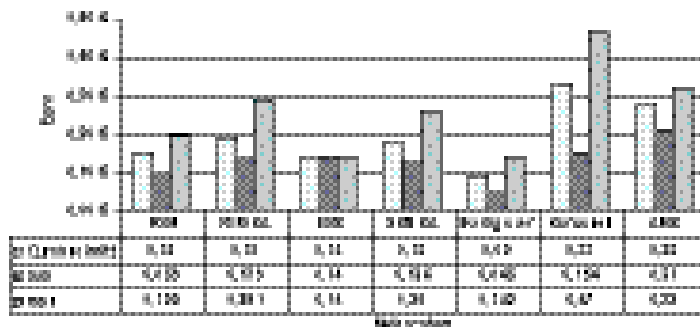


Abb. 6: Konventionelles Melken: Investitionskosten pro kg Milch – Systemvergleich

Fig. 6: Conventional milking: height of investment per kg milk – comparison of systems

nicht berücksichtigt. Die Investitionen in die Technik beziehen sich auf die Ausstattungsmerkmale der untersuchten Betriebe.

Bei den Karussellmelkständen fallen die hohen Investitionen sowohl für Bau und Technik auf. Sieht man darüber hinaus die häufig nur durchschnittlichen Leistungsdaten der Karussellmelkstände, dann wird deutlich, dass die hohen Investitionen sich nur in Verbindung mit einem überdurchschnittlichen Management lohnen.

Bei den geschätzten Investitionssummen für Bau und Technik ist zu berücksichtigen, dass nicht alle gebauten Melkplätze mit Technik ausgestattet wurden. Hierdurch kann es sein, dass bei einigen Betrieben die Baukosten im Vergleich zu den Technikkosten überhöht erscheinen. Dies trifft jedoch nur bei den Gruppenmelkständen zu. Bei den Swing over Melkständen ist die Bestückung komplett.

Auffällig ist die große Streuung der Investitionen. Der Maximalwert liegt teilweise um 300 % über dem Minimalwert. Das ist zurückzuführen auf die unterschiedliche Dimensionierung und Ausstattung der Melkanlage in Bezug auf die Herdengröße. Offensichtlich wählen einige Landwirte eine sehr aufwendige Technik in der Erwartung, dass der Tierbestand kurzfristig weiter wächst.

Die AMS Investitionen liegen im Schnitt deutlich über denen der konventionellen Melksysteme, mit Ausnahme der Karussellmelkstände, die wiederum um 5 ct/kg Milch höher sind.

Überraschend war sicherlich bei der Auswertung der Daten, wie groß die Streuung der Ergebnisse insbesondere bei den Leistungsdaten war. Diese Streuung trat weniger zwischen den verschiedenen Melksystemen auf, sondern vielmehr innerhalb der einzelnen Systeme. Als ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchung bleibt deshalb festzuhalten, dass auf vielen Betrieben noch ganz erhebliche Leistungssteigerungen durch eine Optimierung der Arbeitsabläufe zu erreichen ist. Alle Möglichkeiten, die Arbeit effizienter zu gestalten, sollten genutzt werden, bevor Investitionen in neue Technik getätigt werden.

Results of Using Milking Robots in Latvia

Ergebnisse aus dem Praxiseinsatz von Melkrobotern in Lettland

ARMINS LAURS, JURIS PRIEKULIS

Agraruniversität Lettland, Institut für Landtechnik, J. Čakstes bulv. 5, LV-3001, Jelgava, Lettland

Keywords: automatic milking system (AMS), milking capacity, milking frequency

Schlüsselwörter: Automatisches Melksystem (AMS), Melkleistung, Melkfrequenz

Summary

The first milking robots were installed in Latvia only in July, 2007. Considering that in Latvia by that time was no experience in milking with robots a necessity arose to carry out research related to the implementation of the new technology and its rational application in the local conditions.

During the research it was planned to state the milking capacity per milking robot a day and during the hours of the day as well as the robotic load.

The results of the research showed that during twenty-four hours in one robot in the average 129 cows were milked but in every hour of the day – 5.5 cows. The robotic load at the present number of the herd of cows is 80 %. According to the research results it can be concluded that the robotic load in all hours of a day is approximately the same. In order to achieve complete robotic load the number of cows in the group should be increased at least to 100–110 animals.

Zusammenfassung

Die ersten Melkroboter wurden in Lettland im Juli 2007 eingeführt. Davor hatte man in Lettland keine Erfahrung beim Melken der Kühe mit Melkrobotern, deshalb war es notwendig, die mit der neuen Technologieeinführung verbundenen Forschungen der rationellen Nutzung von Melkrobotern unter örtlichen Bedingungen durchzuführen.

Es wurde im Laufe der Forschungen festgestellt, wie viel Mal am Tag und zu welchen bestimmten Tages- und Nachtstunden die Kühe zu Melkrobotern gehen und wie die Roboter ausgelastet sind.

Die Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass mit einem Roboter pro Tag und Nacht im Durchschnitt 129 Kühe gemolken wurden und 5,5 Kühe – pro Tag- und Nachtstunde. Bei der jeweiligen Anzahl der Kühe wurden die Roboter zu 80 % ausgelastet. Die Ergebnisse der Forschungen führen zur Schlussfolgerung, dass die Auslastung der Roboter je Stunde pro Tag und Nacht ungefähr gleichmäßig ist. Damit die volle Auslastung der Roboter erreicht wird, muss die Zahl der Kühe in einer Gruppe auf 100–110 angehoben werden.

1 Introduction

Implementation of milking robots in Latvia started in 2007 and by the end of the year they were installed already on four farms (LAURS, 2007). At present the number of milking robots in Latvia has become even larger. With the installation of the milking robots a necessity arose to carry out research that is related to implementation and rational application of them in the local conditions. Such work was needed in spite of the fact that wide research in milking robots had been carried out already in Germany (SCHÖN et al., 2000; FREIBERGER et al., 2005) as well as in other countries where milking robots had been used already for a longer period of time. Still it has to be considered that in Latvia by that time there was no experience in milking cows in robots and that milk farming can have its peculiarities in different countries.

The first investigations were carried out on the milk farm of the training and research farm "Vecauce" of the Latvia University of Agriculture where the first two milking robots VMS of the company DeLaval were installed. This research was related mainly to the introduction of the robotized milking technology on the farm where before cows were handled in stanchion barns and milked in the pipeline as well as to the research in the specificity of robot machinery and technology (LAURS and PRIEKULIS, 2008).

The research described in the present article was carried out in 2008 at already stable process and due to that it was possible to evaluate the actual efficiency of milking robots as well as to see their most important advantages and disadvantages.

The task of the research was to state:

- robotic milking frequency per twenty-two hours,
- robotic milking frequency of hours per day,
- robotic load per twenty two hours,
- optimal size of the group of cows that can be served by robots.

2 Materials and Methods

The research was carried out on the newly built milk farm of the training and research farm „Vecauce” of the Latvia University of Agriculture where the cows were loose housed. The cows being in one section were milked with two milking robots VMS of the company DeLaval (Fig. 1), in the other three sections – in parallel parlour.

For cow traffic to the milking robots on the farm „Vecauce” the feed first cow traffic technology is used. In order to the cows from the recreation zone have Access to the milking robots they must enter the feeding zone through the one-way gate that is operated by the cows themselves. The cows can get out of the feeding zone only going through the segregation gate that directs the cows either to the waiting yard or to the feed concentrate feeding zone. If a cow has entered the feed concentrate feeding zone it can consume in the automatic feed concentrate boxes its feed concentrate ration if it is planned for it at that moment or it can get through the one-way gate back to the recreation zone. If the cow has entered the waiting yard where there is room for not more than eight cows it can enter one of the two robots if it is vacant at the moment. In the robot the cow gets a definite ration of feed concentrate and is automatically milked

after what it is let back to the feeding zone from where going repeatedly through the segregation gate it gets in the feed concentrate feeding zone and the recreation zone.

The experiment lasted for 15 days. During this period in the section there were 88 cows. The data obtained every day from the robot control computer about every cow were used in the experiment.

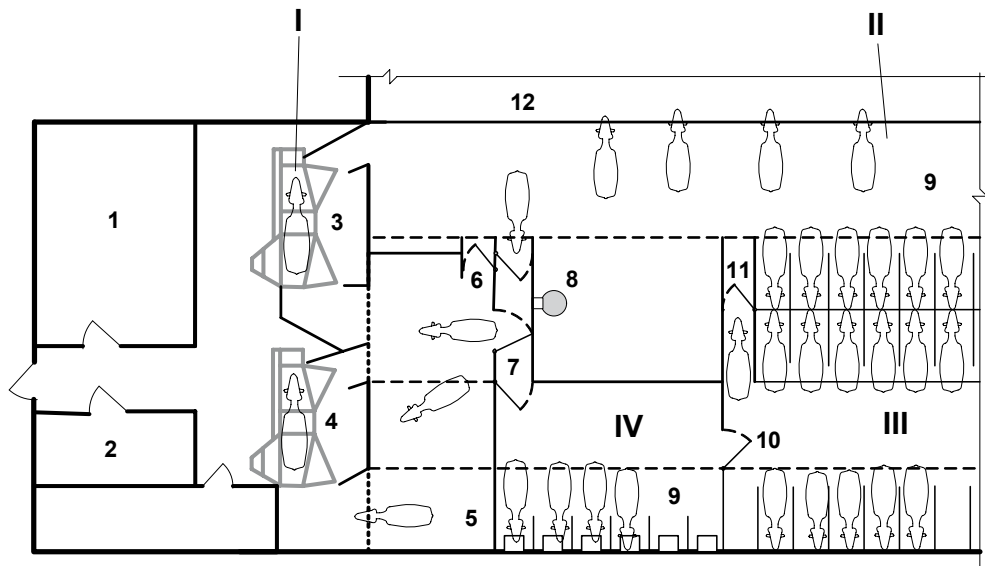


Fig. 1: Planning of robot milked cows on the farm: I – milking zone; II – feeding zone; III – recreation zone; IV – feed concentrate feeding zone; 1 – milk room; 2 – office; 3, 4 – milking robots; 5 – waiting yard; 6, 7 – segregation gate; 8 – cow-combs; 9 – feed concentrate boxes; 10, 11 – one-way gate; 12 – feeding table

Abb. 1: Grundriss der Milchviehstallsektion: I – Melkanlagenbereich; II – Futtergang; III – Laufgang; IV – Kraftfutterfressbereich; 1 – Milchraum; 2 – Büro; 3, 4 – Melkroboter; 5 – Warteraum; 6, 7 – Selektionstor; 8 – Kuhbürste; 9 – Kraftfutterstation; 10, 11 – Einwegtor; 12 – Futtertisch

3 Results, discussion and conclusion

One of the most essential indices of milking robot load is robotic milking frequency per day. It characterizes the robotic capacity.

During the experiment every day the milking capacity per milking robot a day was fixed. The times when the management system has refused milking were separated.

The average milking capacity per milking robot a day can be seen in Figure 2.

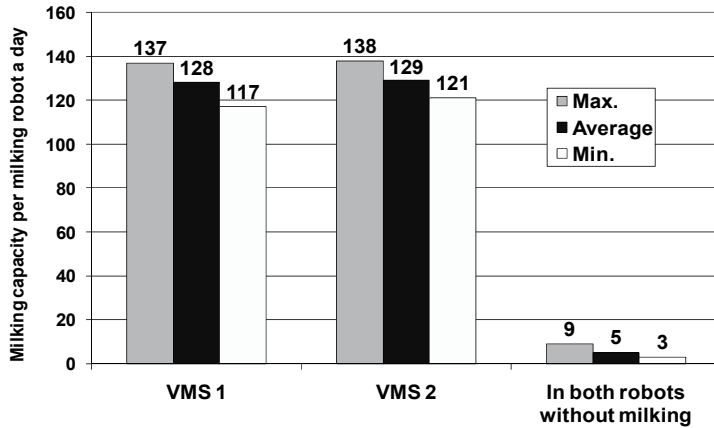


Fig. 2: The average milking capacity per milking robot a day during the period of the experiment
 Abb. 2: Mittlere Besuchsanzahl der Melkroboter pro Tag

From the results of the research it can be seen that:

- both robots were visited equally often (in the average 128 and 129 times a day);
- the robots on the farm are located so that leaving the first robot the cow gets back into the waiting yard that does not exclude the possibility for the cows to enter the robot repeatedly also when milking is not planned;
- Analysing the results of the research and observations it can be concluded that the robotic frequency is influenced by:
 - possibility of cows to access the robot comfortably (direct access of cows to the robot or going through different gates and passages);
 - habits of cows and stimuli to visit the robot (formation of the conditioned reflex, feed concentrate in the robot, forced driving of cows);
 - possibility of access to the robot only for those cows that are programmed for milking at that moment (free or selective access of cows to the robot);
 - productivity of cows (cows having higher milk yield have a greater tendency to visit the robot and get milked);
 - length of milking (depends on the milk yield and speed of milking) and the length of technological operations that is necessary for preparation of cows for milking and to finish milking;

Length of the interval that is needed for drying of the milk tank as well as for washing of the milk pipeline and reservoir.

It is obvious from the above mentioned that the average robotic milking frequency per day can considerably differ in different forms.

The total robotic milking frequency of both robots according to the hours per day can be seen in Figure 3.

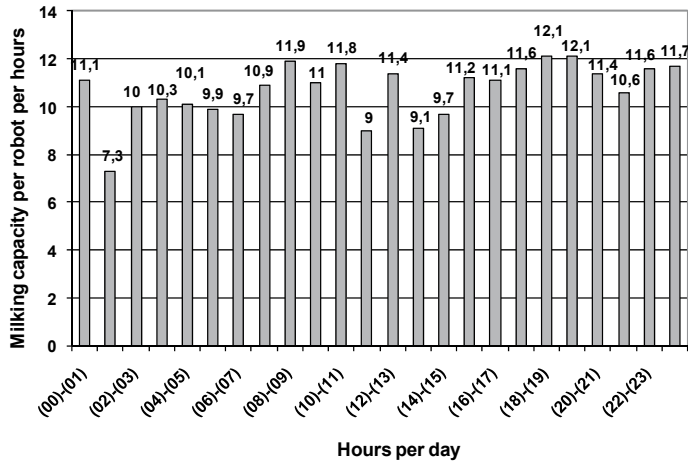


Fig. 3: The total robotic milking capacity of both robots according to the hours per day
 Abb. 3: Mittlere Besuchanzahl der Melkroboter im Tagesablauf pro Stunde

During the experiment the average robotic milking frequency according to the hours per day varied in the range from 7.3 to 11.9. The deviation amplitude is not large and the difference between the both extreme values is not essential.

If the twenty two hours are divided in three periods of time (according to the hours per day) it can be seen that from 00 to 08 there are in the average 9.9 visits; from 09 to 16–10.6 visits but from 17 to 24–11.5 visits. The results show that a little large activity of cows can be observed in the afternoon and evening hours.

According to the results of this series of investigations it can be concluded that the robotic frequency per day is regular. A little reduction of activity can be observed from 00 to 08 but increase in the period from 17 to 24.

A robot is loaded effectively if there is a cow in it and it is being milked. Still, the technological time that is consumed for emptying and washing of the milk tank and the pipeline or a separate part of the pipeline after milking poor quality milk should be added to the useful time. Due to this idle time can be qualified as the time when the robot is ready for milking but there are no cows in it.

It is not actually possible to reduce the milking time as well as the time spent for emptying of the milk tank and washing the pipeline, though the idle time of the robot should be reduced till minimum. The obtained results showing robotic milking frequency a day can be seen in Figure 4.

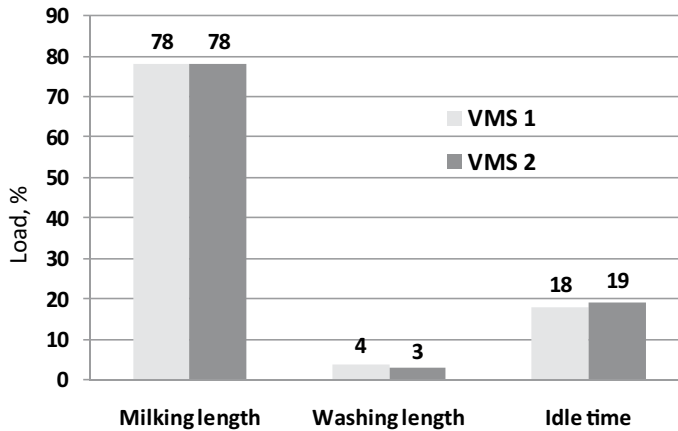


Fig. 4: Robotic load a day

Abb. 4: Auslastung der Melkroboter pro Tag

The figure shows that both robots are loaded equally and their idle time is 18 %, resp. 19 %. Therefore, it can be concluded that it is possible to increase the robotic load at least by 15 %.

In order to reduce the idle time it would be purposeful to increase the number of cows in the group leaving a little idle time reserve (5 %) in order to compensate the variations of milking times. Knowing that on the farm the average length of every milking time is 8.8 min. and every cow is milked in the average 2.9 times a day the number of cows in the group could be increased up to 100–110 animals or 50–55 cows per one robot.

References

- LAURS, A. (2007): Robotic Milking in Latvia: Situation and Perspective. In: Proceedings of the 6th International Scientific Conference „Engineering for Rural Development”, Jelgava: LLU, S. 377–381
- SCHÖN, H. et al.(2000): Automatische Melksysteme. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL, Darmstadt, S. 149
- FREIBERGER, F. et al. (2005): Automatische Melken in modernen Milchvieställe. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL, Darmstadt, 141 S.
- LAURS, A.; PRIEKULIS, J. (2008): Robotic Milking of Dairy Cows. In: Agronomy Research, Vol. 6, Engineering of Agricultural Technologies (Special issue), Saku, S. 241–247

Einsatzbeurteilung von SwingOver-Melkständen in Bayern

Investigation concerning the practical use of SwingOver-milking parlours in Bavaria

MARTIN KÜHBERGER, JULIANA MACUHOVÁ, JAN HARMS

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

Schlüsselwörter: Melktechnik, Melkverfahren, Swing-Over Melkstände, Melkleistung

Keywords: milking technology, milking procedure, swing-over milking parlour, milking capacity

Zusammenfassung

Vom Institut für Landtechnik und Tierhaltung (LfL-Bayern) wurde in Zusammenarbeit mit dem Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. eine bayernweite Erhebung der SwingOver-Betriebe durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Melkleistung in den bayerischen SwingOver-Melkständen unter der von vergleichbaren, doppelt bestückten, Melkständen liegt. Die Auswertung der LactoCorder-Daten ergab, dass in SwingOver-Melkständen zudem signifikant niedrigere Milchflussraten erreicht werden, die zu einer Verlängerung der Hauptmelkphase führen.

Summary

An investigation of SwingOver-milking parlours in Bavaria was accomplished by the Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry (LfL-Bavaria).

The results showed that milking capacity of the investigated SwingOver-milking parlours was below the capacity of comparable, double assembled, milking parlours. The analysis of LactoCorder-data pointed out that SwingOver-milking parlours achieve lower milk flow rates, which results in an extension of the main milking phase.

1 Einleitung und Zielstellung

SwingOver-Melkstände (SwO-Melkstände) werden als Alternative bei Neuinvestitionen in die Melktechnik regelmäßig diskutiert. Die Befürworter versprechen sich von diesem Melksystem insbesondere hohe Melkleistungen bei gleichzeitig zu realisierenden Investitionseinsparungen. Bei Veröffentlichungen zu diesem System wird meist auf die Erfahrungen aus anderen Ländern (mit anderen Voraussetzungen und Einsatzbedingungen) zurückgegriffen, sodass eine Beurteilung der SwO-Melkstände unter süd-deutschen Bedingungen sinnvoll und notwendig erscheint.

Die vorliegende Untersuchung sollte Aufschluss über den Verbreitungsgrad und die technische Ausstattung von SwO-Betrieben in Bayern geben. Gleichzeitig wurde untersucht, ob die hohen Erwartungen, z.B. bezüglich der arbeitswirtschaftlichen Vorteile, unter praktischen Einsatzbedingungen erfüllt werden können. Weiterhin sollten Beratungsempfehlungen zu Planung und Betrieb von SwO-Melkständen erarbeitet werden.

2 Material und Methoden

Vom Institut für Landtechnik und Tierhaltung (LfL-Bayern) wurde, in Zusammenarbeit mit dem LKV-Bayern, im Herbst 2007 eine bayernweite Erhebung der SwingOver-Melkstände durchgeführt. Es wurden alle Melkstände mit SwingOver-Technik (ein Melkzeug für zwei Melkplätze und hochverlegte mittige Melkleitung), unabhängig vom Hersteller, aufgenommen. Die wichtigsten Leistungsdaten und praktischen Erfahrungen mit diesem System wurden erfasst. Ergänzend wurden in ausgewählten Betrieben Messungen zur Arbeitszeit und eine Dokumentation der Melkroutine durchgeführt.

Für einen Vergleich des Leistungsniveaus bzw. Milchabgabeverhaltens von SwO-Melkständen mit den konventionellen Melkständen konnten die MLP- und LactoCorderdaten von 71 SwO-Betrieben herangezogen werden. Die Daten wurden mithilfe der PROC GLM-Prozedur des SAS® 9.1-Paketes ausgewertet. Der Effekt von Melkstandtyp, Rasse und Wechselwirkungen zwischen Melkstandtyp und Rasse wurden getestet.

3 Ergebnisse

3.1 Verbreitung und technische Ausstattung

Es wurden 79 SwO-Melkstände erfasst, d.h. der Anteil an den gesamten beim LKV-Bayern erfassten Melkstandbetrieben liegt bei rund 0,8 %. Im Mittel sind die neueren SwO-Melkstände (ab Baujahr 2000, n = 63) mit 15 Melkplätzen bzw. 7,6 Melkzeugen ausgestattet.

In Bezug auf die verwendete Melkstandform zeichnet sich bei den neueren SwO-Melkständen eine klare Tendenz ab. Während vor dem Baujahr 2000 SwO-Technik fast ausschließlich in flache Fischgräten-Melkstände eingebaut wurde, weisen 42 % der neueren SwO-Melkstände die steile Fischgräte (> 50°-Schrägstellung der Tiere) als Bauform auf.

Die Hälfte der neueren SwO-Melkstände ist mit einer technischen Stimulation ausgestattet, sodass die vorbereitende Melkroutine (Vormelken, Reinigen plus Ansetzen) einzeltierbezogen, ohne entsprechende Wartezeiten, stattfinden kann. 59,7 % der SwO-Melkstände verfügen über eine Abnahmeautomatik. Größere SwO-Melkstände (≥ 8 Melkzeuge) sind zu über 80 % mit dieser Technik ausgerüstet.

3.2 Melkleistung

Im Schnitt werden in den neueren SwO-Melkständen in Bayern 48 Kühe gemolken, wobei 1,3 Personen mit dem Melken beschäftigt sind (Tab. 1). Die durchschnittliche Melkleistung beträgt in diesen Betrieben 39 Kühe je Stunde und eingesetzter Arbeitskraft.

Tab. 1: Kennwerte der neueren SwO-Melkstände in Bayern (ab Bj. 2000)

Tab. 1: *Characteristic of newer SwO-milking parlours in Bavaria (installed after 2000)*

	Melkende Kühe n	Melker n	Melk- plätze n	Melk- zeuge n	Melkzeit Ohne Rüstzeiten Min.	Kühe je h und AK n/Akh
Schnitt	48,4	1,3	15,1	7,6	57,7	39,0
Max.	180,0	2,0	44,0	22,0	105,0	77,5
Min.	20,0	1,0	8,0	4,0	30,0	15,0

In Abbildung 1 sind die Melkleistungen in SwO-Melkständen differenziert nach Melkständen mit einer und mehr als einer Arbeitskraft dargestellt. Soweit für die Arbeitserledigung eine zweite Person (zum Teil nur zeitweise) eingesetzt wird, geht die erzielte Melkleistung je AK stark zurück. So sinkt die durchschnittliche Melkleistung von 44 gemolkenen Kühen je Stunde (bei einem Melker) auf durchschnittlich 33 Kühe in den Melkständen mit mehr als einer Melkperson. Erst in größeren Melkständen wird die zusätzliche Arbeitskraft wieder voll ausgelastet, sodass eine vergleichbare Arbeitseffektivität wie in Melkständen mit einer Person erreicht wird.

Die in der Praxis erzielten Durchsätze variieren sehr stark, auch zwischen vergleichbar ausgestatteten Betrieben. So werden beispielsweise in SwO-Melkständen mit sechs Melkzeugen (eine Melkperson) zwischen 30 und 70 Kühe je Stunde gemolken. Gründe hierfür können einerseits in der unterschiedlichen Arbeitsorganisation (Gruppenbildung, Melkreihenfolge, Zu- und Abtrieb), aber auch beim unterschiedlichen Anspruch an die Arbeitsqualität (Melkroutine) gesehen werden.

Um gleiche Melkleistungen wie in doppelt bestückten Melkständen zu erreichen, müssen SwO-Melkstände um 20 bis 25 % größer ausgelegt werden, wodurch sich die Investitionen in Melktechnik und -gebäude entsprechend erhöhen.

Der Arbeitsablauf in SwO-Melkständen wird durch die einfache Bestückung mit Melkzeugen bestimmt. In der Praxis kann in SwO-Melkständen die Einzeltier-Melkroutine (alle vorbereitenden Verfahrensschritte und Ansetzen werden an jeweils einem Tier nacheinander durchgeführt), als auch die Gruppen-Melkroutine (Verfahrensschritte werden nacheinander an einer Gruppe von Tieren durchgeführt) beobachtet werden.

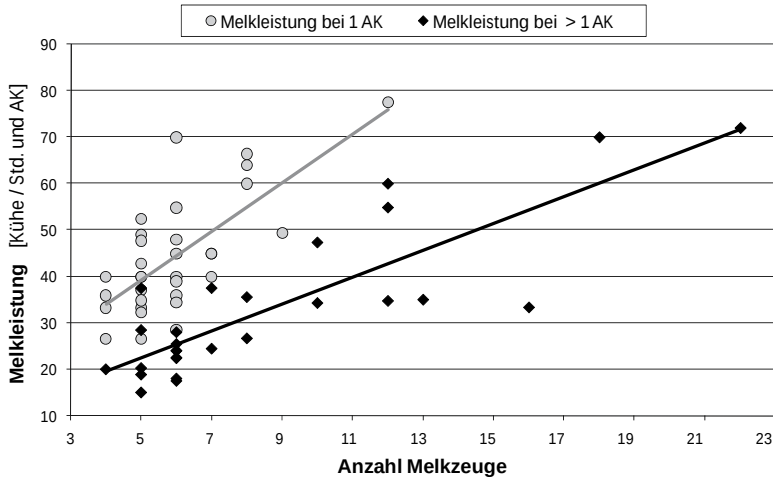


Abb. 1: Melkleistung in SwO-Melkständen bei unterschiedlicher Größe und AK-Besatz

Fig. 1: Milking capacity in SwO-milking parlours with different size and labour resources

Soweit mit einer Gruppen-Melkroutine alle Tiere einer Seite vorbereitet werden, können in der Regel nicht alle Tiere dieser Gruppe zeitgerecht (d.h. Melkbeginn rund 60 Sekunden nach Beginn der Stimulation) angesetzt werden. In fünf untersuchten Betrieben mit Gruppen-Melkroutine betrug die durchschnittliche Dauer zwischen erster Euterberührung und Ansetzen des Melkzeuges drei Minuten und 15 Sekunden. Bei diesen langen Zeitintervallen muss davon ausgegangen werden, dass die Oxytocin-Freisetzung bereits wieder rückläufig ist und erneut angeregt werden muss, sodass negative Auswirkungen auf die Ausprägung der Milchflusskurve zu erwarten sind (BRUCKMAIER, 2008).

In Betrieben, in denen einzeltierbezogen gearbeitet wird, können die melkphysiologisch notwendigen Zeitspannen wesentlich besser eingehalten werden. Im Optimalfall werden die Einzeltiere erst vorbereitet, wenn das Melkzeug der gegenüberliegenden Seite frei wird. Bei diesem Verfahren sollte, aus arbeitswirtschaftlichen Gründen, auf jeden Fall eine technische Stimulation der Tiere möglich sein.

3.3 Leistungs- und LactoCorder-Daten im Vergleich

Das Ergebnis der statistischen Auswertung zeigt die Tabelle 2 exemplarisch für die Rassen Fleckvieh und Braunvieh. Für diese beiden Rassen stand jeweils eine ausreichend große Anzahl von SwingOver-Betrieben für eine vergleichende Auswertung zur Verfügung.

Tab. 2: LSMeans und Signifikanzen ausgewählter Merkmale im Vergleich SwingOver und konventionelle Melkstände (Rassen Fleckvieh und Braunvieh)

Tab. 2: *LSMeans and significance of selected criteria in comparison swingover- and conventional milking parlours (German Simmental and Brown Swiss breeds)*

	Einheit	Fleckvieh			Braunvieh		
		konv.	SwingOver	Sign.	konv.	SwingOver	Sign.
		Melkstände			Melkstände		
		LSMEAN			LSMEAN		
Anzahl Betriebe	n	5 646	35		1 493	23	
MLP-Leistung	kg	7 003	7 021	n.s.	7 085	6 970	n.s.
Fett-%	%	4,09	4,07	n.s.	4,13	4,10	n.s.
Eiweiß-%	%	3,51	3,51	n.s.	3,59	3,57	n.s.
Zellgehalt	Tsd.	181	188	n.s.	208	205	n.s.
Höchster Milchfluss	kg/min.	3,05	2,86	**	3,29	2,97	***
Höchstes Minutengemelk	kg/min.	2,95	2,76	**	3,16	2,87	***
-Minutenhauptgemelk	kg/min.	1,96	1,88	*	2,09	1,94	**
Dauer Hauptgemelk	Min.	5,56	5,77	n.s.	5,13	5,56	**
Plateau	Min.	2,20	2,43	**	1,93	2,31	***
Abstieg	Min.	2,61	2,61	n.s.	2,57	2,60	n.s.
Anteil Bimodalitäten	%	21,6	25,3	n.s.	15,3	22,2	**

n.s. = nicht signifikant; * = signifikant ($p \leq 0,05$); ** = signifikant ($p \leq 0,01$); *** = signifikant ($p \leq 0,001$)

In Bezug auf die Leistungsdaten (Milch-kg, Fett-%, Eiweiß-%) zeigen sich bei beiden Rassen keine signifikanten Unterschiede zwischen den SwingOver- und konventionellen Melkstandbetrieben. Ebenso konnte auf der vorhandenen Datengrundlage kein Unterschied bezüglich des Zellzahlniveaus zwischen SwO- und konventionellen Melkständen festgestellt werden.

Eindeutige Unterschiede zwischen SwO- und konventionellen Melkständen zeigten sich jedoch bei den Kennwerten der Milchflusskurven (Tab. 2). Der höchste Milchfluss, das höchste Minutengemelk (HMG) und auch das erzielte durchschnittliche Minutenhauptgemelk liegen bei den SwO-Melkständen signifikant niedriger als in den konventionellen Melkständen. So ist beispielsweise das HMG im Schnitt der Betriebe um rund 0,2 kg/min reduziert. Am ausgeprägtesten ist die Minderung des HMG bei den Braunviehbetrieben um 0,3 kg/min.

Es bestätigt sich hier ein Effekt, der auch beim Vergleich der LKV-Daten zwischen Melkstandbetrieben (tiefverlegte Melkleitung) und Betrieben mit Rohrmelkanlage (hochverlegte Melkleitung) beobachtet werden kann (LKV-BAYERN, 2008).

Bei vergleichbarer Milchleistung verlängert sich bei beiden Rassen, offensichtlich aufgrund des niedrigeren Milchflusses, die Dauer der Plateauphase in den SwO-Betrieben signifikant. Bei der Rasse Braunvieh führt die Verlängerung der Plateauphase zu einer signifikanten Verlängerung der Hauptgemelksphase (von annähernd 30 Sekunden). Die Dauer der Abstiegsphase unterscheidet sich hingegen nicht zwischen den verglichenen Melksystemen.

4 Zusammenfassende Bewertung

Das oftmals angeführte Hauptargument für SwO-Melkstände, dass diese wesentlich höhere Melkleistungen erzielen, konnte in dieser Untersuchung nicht bestätigt werden. Vielmehr wurde beobachtet, dass die Leistung der bayerischen SwO-Melkstände rund 20 % unter der von gleich großen, doppelt bestückten Melkständen liegt. Bei einem Kostenvergleich der beiden Melksysteme muss daher berücksichtigt werden, dass ein SwO-Melkstand entsprechend größer ausgelegt werden muss, um die gleiche Melkleistung zu erreichen. Die höhere Investition in ein größeres Gebäude und mehr Melkplätze muss in einen Vergleich mit einfließen.

Beim Milchleistungsniveau konnte kein Unterschied zwischen konventionellen Melkständen und SwO-Melkständen festgestellt werden. In SwO-Melkständen werden jedoch signifikant niedrigere Milchflussraten erreicht, die zu einer Verlängerung der Hauptmelkphase führen.

Bei der Arbeitsroutine ist in jedem Fall die einzeltierbezogene Melkroutine (mit technischer Stimulation) zu bevorzugen, da ansonsten riskiert wird, dass zu viele Tiere zu lange „auf das Melkzeug warten müssen“. Beim Einbau von SwO-Melkständen in „steile“ Fischgräten-Melkstände sind Vorteile bei der Positionierung der Melkzeuge gegenüber dem „flachen“ Fischgräten-Melkstand festzustellen.

Literatur

- BRUCKMAIER, R. (2008): Physiologische Grundlagen der Milchejektion. In: Tagungsband zur 9. Jahrestagung der WGM, Futterkamp, S. 1–5
- LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E.V. – LKV (2008): Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Rinderzucht in Bayern 2007, München, 95 Seiten

Viertelindividuelle zitzennahe Vakuummessung mit Drucksensoren zur Entwicklung einer Vakuumsteuerung

Quarter individual vacuum measurement at the teat-end with pressure sensors to develop a vacuum control unit

ULRICH STRÖBEL, SANDRA ROSE-MEIERHÖFER, REINER BRUNSCH

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Melktechnik, Melkvakuum, viertelindividuelles Melken, Drucksensor

Keywords: milking technique, milking vacuum, quarter individual milking, pressure sensor, milking vacuum

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine technische Lösung für den dauerhaften zitzen-nahen Einbau eines Drucksensors in den Milchschauch zu entwickeln. Der Sensoreinbau wurde durch Konstruktion einer Testhülse realisiert. Bei einer Messreihe zur Messgenauigkeit des eingesetzten Sensors zeigt sich, dass der Sensoreinbau mit Testhülse möglich ist, da die Mittelwerte der Messabweichung im Vergleich mit einem Messgerät maximal bei 3,5 % des Melkvakuums liegen. Damit ist die Grundlage zur Entwicklung einer Vakuumsteuerung mit Testhülse als Halterung für den Signalgeber geschaffen. Ob dieses System bei Weiterentwicklung zur Vakuumsteuerung geeignet ist, hängt maßgeblich davon ab, ob sich die Vakuumverhältnisse in unmittelbarer Sitzennähe stark von denen am Melkbecherende unterscheiden. Bereits durchgeführte Messungen weisen auf geringfügige Unterschiede hin.

Summary

The aim of this study was to develop a technical solution for assembly a pressure sensor in a milk-tube. The developed technical solution is a new constructed casing for a pressure sensor. The results of the test series of research on the measuring deviation between the pressure sensor in a casing and the pressure sensor of a measuring device, show that an assembly of pressure sensors is possible as the mean of measuring deviation is at most 3,5 % of the miliking vacuum. For this reason, the foundation for development of a vacuum control unit with casing for the pressure sensor has been created. Whether this system is applicable for vacuum steering after an improvement step, depends on the correlation between vacuum condition at the teat-end and that at the end of the teat cup. First results are already available and show a low measuring deviation between both measuring points.

1 Einleitung

Viele Melkanlagen sind mit Sensortechnik zur Datenaufzeichnung ausgestattet. Derzeit verfügbare Melkanlagen bieten jedoch keine Möglichkeit zur kontinuierlichen Messung und Speicherung des zitzenahen Vakuumverlaufes am Melkbecher. Die Erzeugung stabiler Vakuumverhältnisse in der Melkanlage ist jedoch eine der wichtigsten Voraussetzungen, um befriedigende Melkeigenschaften der Anlage zu gewährleisten (HOEFELMAYR und MAIER, 1979). Negative Auswirkungen auf die Eutergesundheit werden dem Blindmelken und der uneingeschränkten Vakuumeinwirkung auf das Zitzengewebe zugeschrieben (IDF, 1994). Viertelindividuell über den gesamten Melkprozess gemessene Vakuumdaten für das zitzenahe Melkvakuum können zur gezielten Steuerung des Vakuums an dieser Stelle verwendet werden. Damit könnten gezielt stabile Vakuumverhältnisse an der Zitze erzeugt werden.

Der Strichkanal der Zitze ist empfindlich und bildet die Öffnung für Keime und Bakterien. Durch eine Verminderung der mechanischen Belastung der Zitze, auf das gerade noch notwendige Maß für einen zügigen Milchentzug, kann die Zitze gesund und damit widerstandsfähig gegen Krankheitserreger gehalten werden. Die Anzahl von Ringbildungen und Hyperkeratosen, welche Eutererkrankungen begünstigen, könnte durch eine zitzenahe Vakuumsteuerung vermindert werden. Außerdem könnte eine solche Steuerung auf lange Sicht so optimiert werden, dass tierindividuell, unter Berücksichtigung von Kuhrasse, Eutercondition, Eutergesundheitszustand und Laktationsstadium, für jede Kuh die optimale Vakuumapplikation errechnet und anschließend erzeugt wird. Der für die Eutergesundheit bzw. für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes optimale Vakuumverlauf an der Zitzenspitze einer Kuh ist bisher nicht bekannt und darüber hinaus von Tier zu Tier unterschiedlich. Dieser Verlauf kann nur dann ermittelt werden, wenn erstens eine präzise zitzenahe Vakuummessung im oder am Melkbecher entwickelt wird und wenn zweitens weitere Melk- und Tiergesundheitsdaten automatisch per Computer verarbeitet und bewertet werden können.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine erste technische Lösung für den dauerhaften Einbau eines Drucksensors zu erarbeiten, wobei der eingebaute Drucksensor zur Aufzeichnung des Melkvakuums über den gesamten Melkprozess fähig sein muss. Weiterhin sollte ermittelt werden, ob beim Einbau eines Drucksensors Messabweichungen im Vergleich zur konventionellen zitzenahen Vakuummessung vorkommen, welche für die Entwicklung einer Vakuumsteuerung bedeutend sind.

2 Material und Methode

Der grundlegende Versuchsaufbau der zwei hier durchgeführten Messreihen A und B ist in Abbildung 1 dargestellt. Bei Messreihe A wurde die Messabweichung zwischen einem Drucksensor des verwendeten Messgerätes (M) und dem fest eingebauten externen Drucksensor (S) bestimmt.

Bei Messreihe B wurde zum Vergleich die Messabweichung zwischen zwei Sensoren (M1, M2) eines Messgerätes bestimmt. Dabei waren die Sensoren wie in Abbildung 1 ersichtlich, mit Messnadeln etwa 30 mm unterhalb des Becherendes angeschlossen.

Messnadeln sind stumpfende Metallkanülen mit einem Innendurchmesser von 2 mm, die in der Humanmedizin Verwendung finden. Die Nadeln werden mittels eines 10 mm langen Schlauches direkt auf die Messsensoren gesteckt.

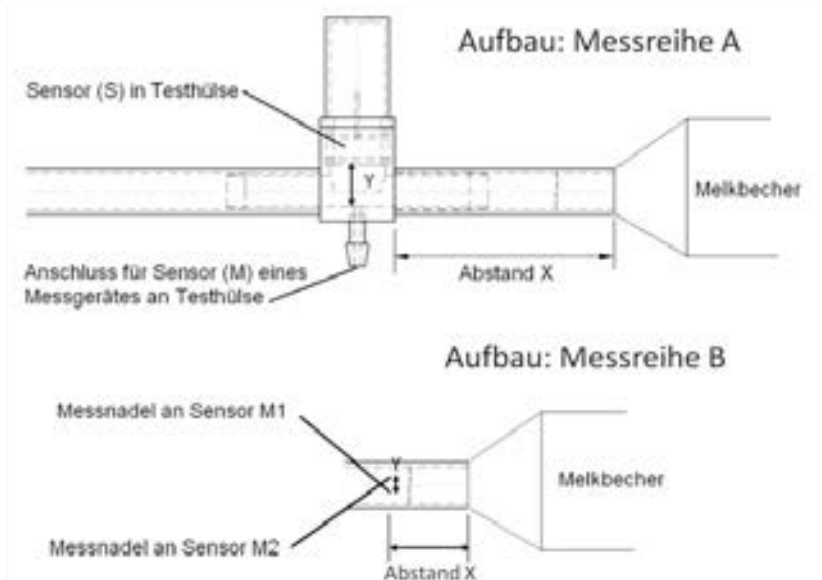


Abb. 1: Skizze des Versuchsaufbaus: Testhülse am Melkbecherende (Messreihe A) und Messung mit zwei Messnadeln (Messreihe B)

Fig. 1: View of the test set-up: Sensor casing at the end of the teat cup (test series A) and measuring with two measuring needles (test series B)

Die Anordnung beider Sensoren zueinander, war bei Messreihe A stets wie folgt: Der piezoresistive Sensor (S) war fest in eine eigens hierfür konstruierte Testhülse eingebaut, der Sensor (M) des Messgerätes war gegenüber angeschlossen. Der Abstand zwischen Testhülse und Melkbecherende wurde wie in Tabelle 1 beschrieben in drei Stufen verändert. Die Öffnung zur Druckmessung in der Testhülse liegt für beide Sensoren parallel zur Strömungsrichtung im Milchschauch. Der Innendurchmesser des Milchschauchs wird durch den Einbau der Testhülse nicht verengt. Innerhalb der Hülse beträgt der Innendurchmesser, wie der Milchschauchinnendurchmesser 10 mm. Der fest in einer Testhülse eingebaute Sensor ist ein hochwertiger, kalibrierter, piezoresistiver Drucksensor (KELLER, Ges. für Druckmesstechnik mbH, 2008).

Bei Messreihe B waren die beiden verwendeten Sensoren, wie in Abbildung 1 Messreihe B zu sehen, über Messnadeln am Milchschauch angeschlossen. Die Messnadelenden mit Lufteinlass an der Nadelspitze, wurden etwa 6 mm voneinander entfernt im Milchschauch 30 mm nach dem Melkbecherende eingestochen.

In Tabelle 1 sind die Daten zu den beiden Messreihen zusammengefasst dargestellt. Mithilfe von Messreihe B soll ermittelt werden, welcher Messunterschied zwischen zwei Sensoren, bei Nutzung des Verfahrens mit Messnadel, auftreten kann.

Tab. 1: Angaben zum Versuchsaufbau bei Messreihe A und B

Tab. 1: Details of the test set-up at test series A and B

Messreihe	Sensor 1	Sensor 2	Abstand X der Testhülse vom Melkbecherende in mm	Abstand Y des Lufteinlasses der beiden Sensoren in mm
A	S	M	140	12
B	M1	M2	30	6

Die Drucksensoren M, M1 und M2 sind Sensoren am Vakuummessgeräte MilkoTest MT52 (Firma SystemHappel). Nach Herstellerangaben liegt die Genauigkeit des verwendeten Sensors S von Keller GmbH bei 0,5 %. Die maximale Messfrequenz beträgt 2 kHz. Beim Messgerät MilkoTest MT52 liegt die Genauigkeit der verwendeten Sensoren ebenfalls bei 0,5 %, die maximale Messfrequenz beträgt hier 1 kHz.

Gemessen wurde bei einer Frequenz von 500 Hz. Der Sensor in der Testhülse war bei der Messung an einen Analog-/Digitalwandler angeschlossen, welcher über eine Schnittstelle mit einem Computer verbunden war. Zur Datenaufzeichnung wurde die Software LabView verwendet (National Instruments).

Alle Vakuummessungen erfolgten nach Vorgabe der Nassmessmethode DIN ISO 6690, 2006. Hierbei wird der Melkprozess durch Flüssigkeitszuflussregler und Kunst-euter mit Din Iso-Kunstsitzen simuliert (DIN ISO 6690, 2006). Durchgeführt wurden alle Messungen an einem viertelindividuellen Melksystem. Dieses System ist das bisher einzige viertelindividuelle Melksystem für Melkstände. Es verfügt über periodischen Lufteinlass und wird mit Niedrigvakuum von 35 kPa betrieben. Alle Messungen wurden jeweils in der Milchleitung des gleichen Euterviertels durchgeführt. Es wurden bei jeder Messreihe mindestens zwei Wiederholungen (Wdh) durchgeführt. Als Testflüssigkeit wurde Wasser verwendet.

Zur Beurteilung der Eignung des Sensoreinbaus mit Testhülsen wurden die durchschnittlichen prozentualen Messabweichungen zwischen beiden Messsystemen für jede Einzelmessung berechnet und im Ergebnisteil als Maß für den Messunterschied von zwei Sensoren verwendet.

Die Berechnung erfolgt, indem für jedes der gemessenen Wertepaare (min. 7000 Wertepaare, bei 500 Hz Aufzeichnungsrate) zuerst der Betrag der Abweichung in kPa berechnet wird. Weiterhin wird der Mittelwert des Vakuums der beiden verwendeten Sensoren berechnet. Folgend wird die prozentuale Messabweichung immer bezogen auf den Mittelwert des Sensors M bzw. M1/M2 berechnet. Für Messabweichung und prozentuale Messabweichung werden der Mittelwert und die Standardabweichung aus einer Messung ermittelt. Diese Berechnung wurde für alle durchgeführten Messungen vorgenommen. Zur statistischen Auswertung der Messergebnisse wurde die Statistiksoftware SAS Version 9.1.3 mit Service Pack 4 verwendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Es konnte grundsätzlich festgestellt werden, dass die Messfunktion von zitzennah, mit Testhülse eingebauten Drucksensoren gewährleistet ist. Der Einbau kann mit den entwickelten Testhülsen kostengünstig erfolgen.

Bei der durchgeführten Messung konnte festgestellt werden, dass der Mittelwert der prozentualen Messabweichung bei Messreihe A, bei allen Durchflüssen unter 3,5 % liegt (Abb. 2). Der Mittelwert der prozentualen Messabweichungen bei den beiden niedrigeren Durchflüssen liegt unter 2,2 % und damit niedriger. Die Standardabweichungen bei allen Durchflussraten sind hoch. Insbesondere ab einem Durchfluss von 4,8 l/min. Dies zeigt, dass bei hohen Durchflussraten höhere Maximalwerte für die Messabweichung auftreten. Die Streuung ist höher, als bei niedrigen Durchflussraten.

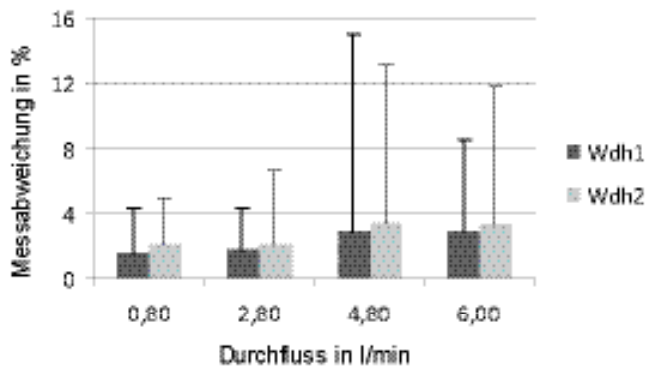


Abb. 2: Prozentuale Messabweichung beim Versuchsaufbau von Messreihe A bei verschiedenen Durchflussraten

Fig. 2: Percentage of measuring deviation on the test set-up of test series A at different flow rates

Wird Messreihe A mit B verglichen so zeigt sich, dass bei Messreihe B höhere Mittelwerte der prozentualen Messabweichung zwischen den beiden Sensoren, als bei Messreihe A auftreten. Bei den Durchflussraten 0,8 bis 2,8 l/min liegt der Mittelwert der prozentualen Abweichung zwischen 4,2 % und 5,0 %. Für die hohen Durchflussraten 4,8 bis 6,0 l/min liegt der Wert zwischen 8,3 % und 8,8 %. Auch hier stimmen die beiden Wiederholungen gut überein. Die Standardabweichungen sind wie bei Messreihe A hoch. Damit zeigt sich, dass beim gängigen Messverfahren mit Messnadel, aufgrund von unterschiedlicher Einstichposition und -art beinahe doppelt so hohe prozentuale Messabweichungen auftreten, als beim Vergleich zweier Sensoren in einer Testhülse. Die Messabweichung beim Sensorvergleich mit Testhülse ist somit deutlich niedriger, als bei der Referenzmessung in Messreihe B.

ROSE (2005) stellt fest, dass bei einigen Melkzeugen Vakuumabfälle von bis zu 28 %, bezogen auf Anlagenvakuum vorkommen. 3–4 % Messabweichung vom Referenzsensor sind somit ein Wert, bei welchem die dauerhafte zitzennahe Vakuummessung sinnvoll erscheint, da hiermit ein bedeutender Anteil des Vakuumabfalls verhindert werden kann.

Welche Messabweichung zwischen Zitzen- und Melkbecherende auftreten, kann unter Verwendung desselben Auswertungsprinzips festgestellt werden, wie es für die vorliegende Arbeit zum Messdatenvergleich verwendet wurde. Die Ergebnisse sind zur Steuerungsentwicklung zwingend erforderlich. Falls eine geringe Messabweichung zwischen den beiden Messpunkten Zitzenspitze und Melkbecherende festgestellt werden kann, so ist die weitere Nutzung der Testhülsen mindestens zur Vakuumsteuerung im Labor zu empfehlen. Grundsätzlich kann die Datenübertragung von der Testhülse zum Messcomputer auch über eine Funkverbindung erfolgen. Ein späterer Einbau in der Praxis scheint prinzipiell möglich. Die Forschung zur Entwicklung einer Vakuumsteuerung sollte deshalb mit der für diese Arbeit konstruierten Testhülse weitergeführt werden, da eine Verbesserung der Messgenauigkeit erwartet werden kann.

Literatur

DIN ISO 6690 (2006): Mechanische Prüfungen, Berlin

HOEFELMAYR, T.; MAIER, J. (1979): Vom klassischen Zweiraumbecher und seinen Funktionsmängeln. Milchpraxis 17, S. 62–64

IDF (1994): Teat tissue reactions to machine milking and new infection risk. Bulletin of the international dairy federation

KELLER, Ges. für Druckmesstechnik mbH (2008): Angebot für piezoresistive Drucktransmitter PR-8LY. Potsdam

ROSE, S. (2005): Untersuchung mechanischer Belastungen am Euter bei verschiedenen Melksystemen. Forschungsbericht Agrartechnik des AK VDI-MEG Nr. 436, Eigenverlag. Dissertation, Berlin

Eine neue Methode zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen

A new method to assess animal husbandry appropriate to the species

KIRA KULTUS, HANS-ULLRICH BALZER

Institut für agrar- und stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin,
Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Haltung, Tiergerechtigkeit

Keywords: husbandry systems, welfare, animal-friendly

Zusammenfassung

Seit vielen Jahren ist der Mensch bemüht, Haltungsverfahren möglichst tiergerecht zu gestalten. Wettbewerben und Zertifizierungssystemen zu ihrer Bewertung ist in der Regel eines gemein: Der Mensch beurteilt an Hand der unterschiedlichsten Kriterien und Vorgaben, ob sich das Tier in einem Umfeld wohlfühlt. Für die Definition von Wohlbefinden bei Tieren gibt es unterschiedlich Ansätze. Erstmals wurde das multiparametrische Messsystem smardwatch®, mit welchem psycho-physiologische Parameter beim Tier erfasst werden können, zur Beurteilung verschiedener Haltungssysteme beim Pferd verwendet.

Summary

Humans try to design animal-friendly husbandry systems since long time. Competitions and certifications mostly have one thing in common: humans assess the systems by distinct criteria to ascertain if animals feel well. But there exists different approaches to define well-being of animals. The multi-parametric system smardwatch® which measures psycho-physiological parameters on animals was used first time to assess different horse keeping systems.

1 Material und Methoden

Unter Nutzung des Systems *smardwatch*[®] wurden psycho-physiologische Parameter eines 17-jährigen Wallachs in drei verschiedenen Haltungssystemen gemessen.

smardwatch[®] ist ein multiparametrisches Messgerät zum Dauermonitoring von Tieren bestehend aus einem Sensor, einer Basisstation und einer Auswertungssoftware, welche auf chronobiologischer Regulationsdiagnostik basiert. Jeder Organismus reagiert auf verschiedenste Einflüsse mit einer Anpassung körpereigener Prozesse. Gesundheit ist charakterisiert durch den regelmäßigen Wechsel zwischen langsamen und schnellen Prozessen (z.B. Wachen/Schlaf). Betrachtet wird in der chronobiologischen Regulationsdiagnostik, wie Prozesse sich ändern; nicht der absolute Messwert ist entscheidend sondern seine Veränderung im Verlauf der Zeit (HEIDIG, 2007; KUHNE, 2006; BENECKE, 2004; ECKART, 2003; BALZER et al., 2002 u.a.). Geht im Körper durch verschiedenste Einflüsse der regelmäßige Wechsel verloren, d.h. biologische Rhythmen verändern sich und der Organismus ist nicht in der Lage, den natürlichen Rhythmus wiederherzustellen, kommt es zu Krankheit.

Wird ein Tier Reizen ausgesetzt, kann man zwischen vegetativ-emotionalen Reaktionen, die z.B. über den Hautwiderstand (HW) gemessen werden können, vegetativ-nervalen Reaktionen, abgebildet über das Hautpotenzial (HP) und muskulären Reaktionen (Elektromyogramm, EMG) unterscheiden. Diese Parameter werden u.a. von *smardwatch*[®] im 10-tel Sekundentakt gemessen und waren Basis der vorliegenden Auswertungen.

Das Pferd wurde vor Messbeginn auf 25 m² durch Abtrennung einer Fläche des Offenstalls mit einem stromlosen Band sieben Tage einzeln gehalten. Es folgte die dreitägige Messung in Einzelhaltung. Sozialkontakte mit den anderen Pferden der Gruppe waren auf diese Weise weiterhin möglich. Nach gemeinsamem Weidegang tagsüber begann am Abend des 11. Tages die 3,5-tägige Haltung in der gewohnten Gruppe im Offenstall. Der Offenstall besitzt 154 m² Auslauffläche, zusätzlich 25 m² Liegebereich und einen Futterstand. Am Morgen des 15. Tages wurde mit der Öffnung des Weideausgangstores die fünftägige Messung mit Weidegang, welche der üblichen Haltung des Pferdes entsprach, eingeleitet. Das Pferd hat Chronisch Obstruktive Bronchitis (COB), welche sich nach Umstellung von Stall- auf Offenstallhaltung in Kombination mit Sommerweide auf anfallsweise Erscheinungen reduzierte.

2 Ergebnisse und Diskussion

Die vorliegende Darstellung ist eine Stichprobe (jeweils 20 bis 21 Uhr) der Auswertung aller Tage. Zunächst wurden sogenannte Zustände ermittelt, d.h. für jeden gemessenen Parameter wurde über gleitende Datenfenster von jeweils 20 Messwerten die Art der Regulation bestimmt (BALZER, 2002). Bei wissenschaftlichen Studien an Mensch und Tier konnten bisher insgesamt 37 verschiedene Zustände der Regulation gefunden werden. Sie wurden schematisch nummeriert und im Periodensystem der Regulationszustände ordnend zusammengeführt (Abb. 1) (BALZER, 2000 und 2009).

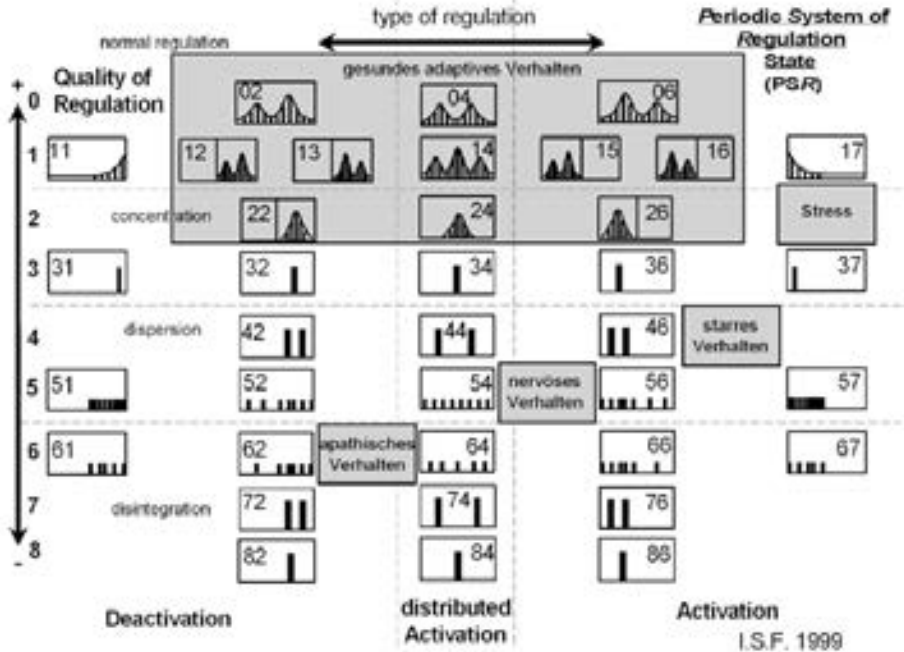


Abb. 1: Periodensystem der Regulationszustände (PSR)

Im oberen Bereich bis Zeile 3 (Zeilennummer = 1. Zahl des Bildes) finden sich Bilder von Regelprozessen, die denen eines gesunden Individuums entsprechen. Ab Zeile 4 beginnen Prozesse zu zerfallen; die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ihres regelmäßigen biologisch normalen Rhythmus sinkt. Während auf der linken Seite (Spalte 1 bis 3; Spaltennummer = 2. Zahl des Bildes) langsam regulierte Prozesse vorherrschen, sind es auf der rechten Seite (Spalte 5 bis 7) überwiegend schnell regulierte. In Spalte 4 halten sich langsam und schnell regulierte Prozesse die Waage.

Menschen, deren Regulation im Rahmen der im Bereich oben links dargestellten Abbildungen verläuft, fühlen sich wohl. Finden sich überwiegend Regulationszustände des oberen rechten Bereiches empfinden sie Freude. Trauer, Apathie oder Depressionen weisen Regulationszustandsbilder des unteren linken Bereiches auf. Bei Ärger, Aggression oder Wut zeigen sich Zustände des unteren rechten Bereiches.

Tabelle 1 zeigt die täglich zwischen 20 und 21 Uhr ermittelte Anzahl von Zuständen der vier Quadranten des PSR nach Parametern getrennt. Die Begrifflichkeiten des menschlichen Befindens wurden der Einfachheit halber übernommen. Die Häufigkeit des Auftretens bestimmter Zustände unterliegt dabei stets verschiedensten – auch minimalen – Einflüssen der Umwelt sowie inneren Vorgängen.

Über den Gesamtzeitraum der Messung fällt auf, dass das Pferd durch das Vorherrschen von Zuständen im Bereich der Trauer, d. h. Deaktivierung mit vorwiegend langsam ablaufenden Regulationsprozessen, gekennzeichnet ist. Langsame Prozesse verbrauchen weniger Energie und Sauerstoff, an dem es insbesondere bei COB mangelt.

Tab. 1: Anzahl der Regulationszustände des Pferdes in den Haltungssystemen

	Einzelhaltung			Offenstall				Weide			
Wohlbefinden											
EMG	15	17	19	17	14	16	18	13	18	16	24
HP	37	28	26	30	32	21	23	36	26	25	39
HW	9	23	11	20	9	19	12	16	14	10	9
Gesund/Unbestimmt											
EMG	23	12	13	10	22	11	15	14	17	22	16
HP	14	23	11	18	17	11	20	17	19	22	9
HW	8	11	15	14	11	12	9	11	13	12	10
Freude											
EMG	14	14	17	13	10	15	8	15	10	14	12
HP	5	10	8	6	10	14	10	8	7	8	3
HW	10	10	11	13	9	9	14	11	13	13	13
Trauer											
EMG	20	23	24	21	21	22	31	18	22	26	21
HP	35	26	33	30	30	27	32	23	36	33	40
HW	21	30	19	22	19	29	20	18	22	17	18
Krank/Unbestimmt											
EMG	12	15	13	19	18	14	17	20	14	10	13
HP	6	6	9	8	6	13	8	9	5	8	5
HW	17	10	21	14	21	15	18	17	19	17	18
Ärger											
EMG	13	15	10	15	10	19	10	15	12	7	9
HP	1	4	10	4	3	12	6	5	4	3	0
HW	21	11	18	11	25	11	23	20	16	25	28

Betrachtet man zusammenfassend nur die verschiedenen Bereiche des PSR, ergeben sich für die Haltungssysteme folgende Verteilungen (Tab. 2):

Tab. 2: Verteilung der Zustände in Abhängigkeit von ihrer Regulationsgeschwindigkeit

		Einzelhaltung	Offenstall	Weide
Aktiviert/schnelle Regelprozesse	EMG	14	13	12
	HP	6	8	5
	HW	14	14	17
Unbestimmt	EMG	15	16	16
	HP	12	13	12
	HW	14	14	15
Deaktiviert/langsame Regelprozesse	EMG	20	20	20
	HP	31	28	32
	HW	19	19	16

Muskulär (EMG) kann mit steigendem Bewegungsangebot eine Entspannung (Zeile 2, Tab. 2) verzeichnet werden. Der Hautwiderstand (HW, Zeile 4) als Parameter der vegetativ-emotionalen Reaktionen des Organismus läuft dem entgegen, die Weidehaltung mit großem Aktionsraum und wechselnden Reizen bedingt eine vermehrte emotionale Aktivität. Bei den kognitiven Prozessen (HP, Zeile 9) herrschen vor allem in Einzelhaltung und auf der Weide langsame Regulationsvorgänge vor. Die Umgebung ist gleichbleibend und reizarm bzw. auf der Weide treten viele unbekannte Eindrücke auf, welche zunächst emotional verarbeitet werden (Anstieg HW, Zeile 4).

Von besonderem Interesse bei chronobiologischen Untersuchungen ist neben dem Auftreten bestimmter Regulationszustände insbesondere die Synchronisation, das Aufeinanderabgestimmtsein innerer Vorgänge. Die folgenden Abbildungen 2 bis 12 zeigen die Synchronisationswolken (BALZER, 2002) der vorab betrachteten Regulationsprozesse. Der dunkelgraue Punkt in der hellen Wolke stellt den Bereich, in dem sich die meisten Daten finden dar, die dunkle Wolke mit hellerem Punkt stammt von einem Referenzpferd. Verschiebungen der Wolke nach links deuten auf Anspannung, nach rechts auf Entspannung. Durch die nächtliche Entkopplung autonomer vegetativer Funktionen vom Zentralnervensystem steigt in der Nacht die Variabilität, die Ausdehnung der Wolke nimmt zu.



Abb. 2 bis 4: Synchronisation während Einzelhaltung



Abb. 5 bis 8: Synchronisation während Offenstallhaltung

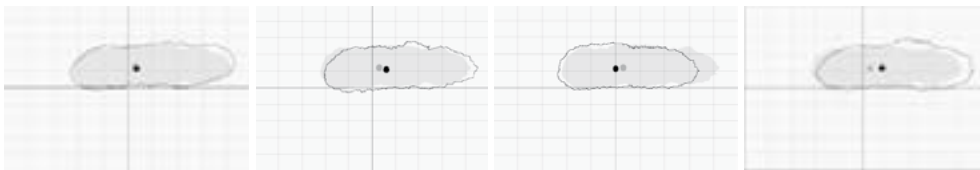


Abb. 9 bis 12: Synchronisation während Weidehaltung

Es wird deutlich, dass in Einzelhaltung die Variabilität und damit die Anpassungsfähigkeit des Organismus am stärksten eingeschränkt ist, die Wolken sind relativ klein und ihr Mittelpunkt liegt nahezu unverändert. Die größten Abweichungen sowohl die Lage der Wolken als auch ihren Mittelpunkt betreffend treten bei Weidehaltung auf.

Die Messung psycho-physiologischer Parameter in Verbindung mit chronobiologischer Regulationsdiagnostik ermöglicht somit eine Beurteilung des „Befindens“ von Tieren in einem Haltungssystem im Sinne des Ablaufens gesunder körperlicher Prozesse und ihrer Anpassungsfähigkeit unabhängig von menschlicher Bewertung oder festgesetzten Mindestmaßen. Die Nutzung von *smardwatch*[®] ermöglicht dies zu erkennen, um Maßnahmen einzuleiten, die Haltung tiergerechter zu gestalten.

Literatur

- BALZER, H.-U. (2009): Chronobiology – as a foundation for and an approach to a new understanding of the influence of music. In: Haas/Brandes (ed.) Music that works. Springer, Wien, S. 1–76
- BALZER, H.-U.; HECHT, K. (2000): Chrono-Psychobiologische Regulationsdiagnostik (CRD) – Ein neuer Weg zur objektiven Bestimmung von Gesundheit und Krankheit. In: Hecht, K.; Balzer, H.-U.: Stressmanagement, Katastrophenmedizin, Regulationsmedizin, Prävention. Pabst Science Publishers, Lengerich u. a., S. 134–154
- BALZER, H.-U.; PIETZKO, A.; BIGALKE, K.-D. (2002): Untersuchungen zur Charakterisierung des vegetativ-nervösen Verhaltens von Hunden und der vegetativ-nervösen Wechselwirkung zwischen Hund und Hundeführer mittels noninvasiver Messung von Hautpotentialen. Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift 115, S. 241–246
- BALZER, H.-U.; WACHTEL, E.; SEIFERT, H.; REISSMANN, M. (1992): Die tierzüchterische Bedeutung von psycho-emotionalen Untersuchungen an der afrikanischen Zwergziege und am ‚Berliner Miniaturschwein‘. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Reihe Agrarwissenschaften 41, 4, S. 135–139
- BENNECKE, C. (2004): Nervöse Reaktionen des autonomen Nervensystems bei der Haltung von Kühen. Diplomarbeit, Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Salzburg
- ECKHARDT, G.; WINDHOFER, A. (2004): Untersuchung der Beanspruchung von Pferden während Isolation und beim Verladen. Diplomarbeit, Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Salzburg
- HEIDIG, K. (2007): Untersuchungen zu Milchejektionsstörungen bei erstlaktierenden Kühen. Dissertation, Humboldt Universität Berlin, Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät
- KUHNE, F.; STRUWE, R.; KAMINSKI, M.; BALZER, H.-U. (2006): Zur Charakterisierung von Belastungszuständen bei Hunden mittels chronobiologischer Regulationsdiagnostik. KTBL Schrift 448, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, S. 31–40

Sensorgestützte Analyse und Modellierung des Futteraufnahmeverhaltens von Mastschweinen

Sensor-based analysis and modelling of feeding behaviour of fattened pigs

ANNABELL KINDLER, OTTO KAUFMANN

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, FG Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Schweinehaltung, Futteraufnahme, Modellierung

Keywords: pig farming, feeding behaviour, modelling

Zusammenfassung

Der Einsatz sensorgestützter Systeme in der Nutztierhaltung bietet die Möglichkeit einer besseren Kontrolle der Tierreaktionen im gegebenen Haltungssystem. Die vorliegende Arbeit untersuchte das Futteraufnahmeverhalten von Mastschweinen in Abhängigkeit von der Masttageszunahme als messbares Leistungsmerkmal der Tiere. Die Fütterung der Schweine erfolgte ad libitum mit einem Trockenfutterautomaten. Über die tierindividuelle Erkennung wurden verschiedene Parameter des Futteraufnahmeverhaltens der Einzeltiere erfasst und analysiert. Dabei zeigten sich signifikante Unterschiede in der aufgenommenen Futtermenge, der Frequenz der Futteraufnahme und der Dauer der Futteraufnahme zwischen Tieren unterschiedlicher Masttageszunahme.

Summary

The use of sensor-based systems in animal husbandry is a way of better controlling animal reactions under the prevailing husbandry system. The current study analysed the feeding behaviour of fattened pigs in dependence on weight increase as a performance feature of the animals. The pigs were fed ad libitum by an automatic feeder (with pelleted food). By means of individual identification of the animals, different parameters of feeding behaviour were collected and analysed. Amount of feed, frequency of feed intake and duration of feed intake showed significant variations between animals with different weight increase.

1 Einleitung und Zielstellung

Die Futteraufnahme eines Tieres stellt die essenzielle Grundlage zum Überleben dar. Über sensorgestützte Systeme ist es möglich, diese gezielt für jedes Tier zu erfassen und zu überwachen. Der zunehmende Einsatz sensorgestützter Systeme in der Praxis liefert dem Landwirt umfangreiche Informationen über die Einbettung dieser grundlegenden Verhaltensweisen in den individuellen Tagesablauf eines Nutztieres im gegebenen Haltungssystem. Mithilfe dieser Informationen ist es möglich, rechnergestützte Modelle zu entwickeln, in die alle erfassbaren ethologischen und physiologischen Parameter einfließen. Diese Modelle sollen ermöglichen, zukünftig schneller und gezielter auf Abweichungen dieser Verhaltensweisen reagieren zu können und die Haltungssysteme in Hinblick auf Tiergerechtigkeit einerseits und Wirtschaftlichkeit andererseits weiter zu entwickeln und zu optimieren. Die schnelle Datenaufbereitung (Filterung und Analyse) spielt dabei eine entscheidende Rolle. Die Datenerfassung allein reicht an dieser Stelle nicht aus, um dem Anwender entsprechend zu nutzen. Daher ist es notwendig, Modelle zu entwickeln, die Abweichungen vom normalen Verhaltensmuster erkennen und entsprechend einordnen, um die Steuerung von Rahmenbedingungen, Fütterung, etc. sinnvoll unterstützen zu können. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob bestimmte ethologische Parameter wie die Futteraufnahme ausreichen, um Rückschlüsse auf physiologische Parameter ziehen zu können. Fraglich ist ebenfalls, ob es einen generellen Ansatz für alle Tiere im Haltungssystem gibt oder ob die Einzeltiererkennung und -steuerung notwendig ist.

Einen Ansatz zur Klärung dieser Fragen stellt die vorliegende Arbeit dar. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse sind Teil von umfangreichen Untersuchungen zur sensorgestützten Analyse des Futteraufnahmeverhaltens von Mastschweinen während der gesamten Mastperiode. Von besonderem Interesse waren dabei die Gesamtfutteraufnahme, die Frequenz der Futteraufnahme, die Verweildauer und die Fressgeschwindigkeit.

2 Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurde das Datenmaterial von insgesamt 44 Mastschweinen über einen Mastzeitraum von 90 Tagen verwendet. Beide Versuche fanden mit je 22 Tieren auf der Versuchsstation des Institutes für Nutztierwissenschaften der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin in Berlin-Dahlem statt und sind in der Dissertation von BÖRGERMANN (2007) ausführlich beschrieben.

Die flexibel gestaltete Versuchsanlage bestand im Wesentlichen aus sechs Durchgangstoren, zwei Futterautomaten und zwei Tränken. Alle zehn Elemente waren jeweils mit einer Tiererkennung versehen, sodass die individuelle elektronische Identifizierung der Schweine über Responder am rechten Ohr gewährleistet wurde.

Die Futteraufnahme erfolgte ad libitum. Dabei erfassten die Futterautomaten die Fresszeit, die Fressdauer und die Futteraufnahme jedes Tieres bei jedem Besuch. Mittels dieser Informationen wurden die Besuchsfrequenz, die Verweildauer, die Fressgeschwindigkeit und die Gesamtfutteraufnahme berechnet. Insgesamt handelte es sich

dabei um eine Größenordnung von durchschnittlich 1750 erfassten Besuchen pro Tier über den gesamten Versuchszeitraum.

Über das wöchentliche Wiegen wurde die mittlere Masttageszunahme der Versuchstiere ermittelt. Diese diente als messbares Leistungsmerkmal der Mastschweine.

3 Analyse und Modellierung

Ausgangspunkt für die Analyse stellte die Frage dar, inwieweit sich Leistungsunterschiede der Tiere bereits im Vorfeld erkennen lassen und ob die Betrachtung der tierindividuellen Ausprägung einen geeigneten Ansatz für die zukünftigen Modelle darstellt. Als Leistungskriterium wurde dabei die mittlere Masttageszunahme (MTZ) der Tiere verwendet.

Beide Versuchsgruppen wurden aufgrund der Ergebnisse der statistischen Vorbetrachtung separat behandelt. Die Einteilung der Mastschweine in eine leistungsstarke und eine leistungsschwache Gruppe erfolgte nach dem jeweiligen Versuchsgruppenmittelwert der MTZ. Alle Tiere, deren MTZ oberhalb des Mittelwertes lagen, wurden als leistungsstark eingeordnet, alle Tiere, deren MTZ unterhalb des Mittelwertes lagen, wurden als leistungsschwach eingeteilt. So ergaben sich zwei Leistungsgruppen mit insgesamt 26 leistungsstarken Tieren (Gruppe a) und 18 leistungsschwachen Tieren (Gruppe b).

Für die Auswertung des Futteraufnahmeverhaltens der Schweine wurden folgende Parameter, berechnet für jeden Masttag, ausgewählt:

- aufgenommene Futtermenge am Tag (Gesamtfuttermenge)
- Frequenz der Futteraufnahme am Tag
- Gesamtdauer der Futteraufnahme am Tag
- mittlere Fressgeschwindigkeit am Tag

Die Fressgeschwindigkeit berechnet sich dabei aus dem Quotienten von Futteraufnahme und Verweildauer:

$$v_{\text{Fress}} = \frac{\text{Futteraufnahme in g}}{\text{Verweildauer in min}} = \text{g min}^{-1}$$

Zur genaueren Analyse der zeitlichen Veränderungen im Mastzeitraum wurden diskrete Zeitabschnitte ausgewählt (Tage 1–30, 31–60, 61–90, 24–30, 54–60, 84–90, Tag 30, 60, 90) und gesondert betrachtet. Alle Parameter wurden wie folgt statistisch ausgewertet:

- Normalverteilung nach Shapiro-Wilks
- Kolmogorov-Smirnoff-Test auf Gleichverteilung
- Signifikanz-Tests parametrisch über den t-Test (modifiziert nach Welch) und bei Bedarf nichtparametrisch über den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (mit Kontinuitätskorrektur)

4 Ergebnisse

Die Klassifizierung der Tiere ergab zwei Leistungsgruppen mit einer mittleren MTZ von $944,42 \text{ g} \pm 88,91 \text{ g}$ (Gruppe a: leistungsstark) und einer mittleren MTZ von $796,69 \text{ g} \pm 83,04 \text{ g}$ (Gruppe b: leistungsschwach). Beide Gruppen unterschieden sich stark signifikant ($p\text{-Wert} \leq 0,001$) in ihrer Masttageszunahme.

4.1 Ausgewählte Parameter des Futteraufnahmeverhaltens

Abbildung 1 A bis D zeigt die analysierten Parameter des Futteraufnahmeverhaltens Parameter über den gesamten Mastzeitraum.

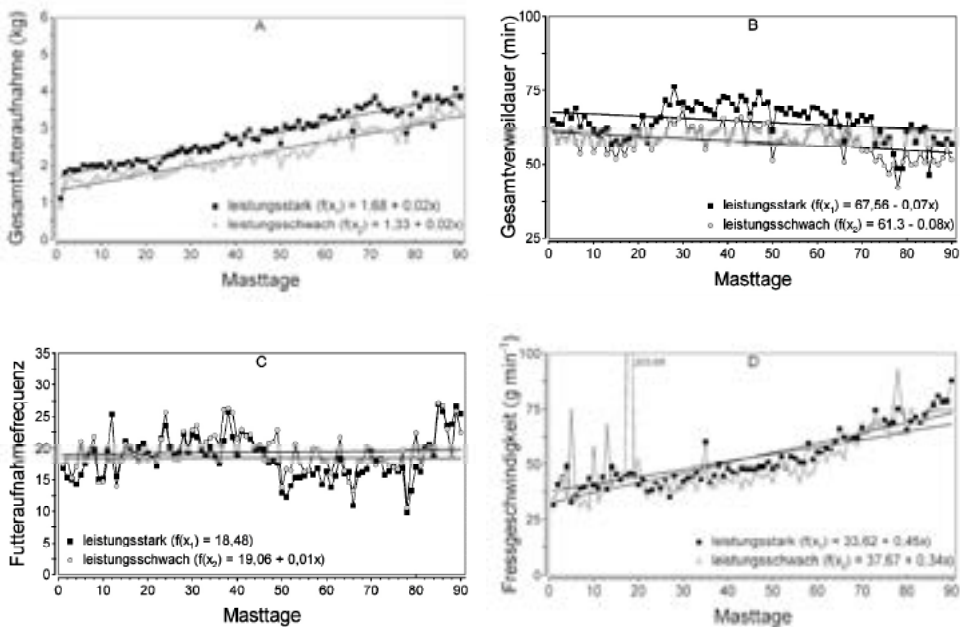


Abb. 1: Futteraufnahmeverhalten der Gruppen über die Mastdauer. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde auf die Darstellung der Standardabweichung verzichtet. (A) Futteraufnahme (kg), (B) Verweildauer (min), (C) Futteraufnahmehäufigkeit, (D) mittlere Fressgeschwindigkeit (g min^{-1})

Fig. 1: Feeding behaviour of both groups in dependence on mast duration. For clarity's sake standard deviation is not plotted. (A) Cumulative amount of feed (kg), (B) Duration of feed intake (min), (C) Frequency of feed intake, (D) Rate of feed intake (g min^{-1})

Die statistische Analyse der einzelnen Parameter des Futteraufnahmeverhaltens zeigte signifikante ($p\text{-Wert } 0,01\text{--}0,05$) Unterschiede zwischen den beiden Leistungsgruppen in der Frequenz der Futteraufnahme, der Gesamtfutteraufnahme und der Gesamtverweildauer. Keine Signifikanz zeigte sich bei der mittleren Fressgeschwindigkeit. Gruppe a besuchte den Futterautomaten seltener als Gruppe b, nahm dabei aber signifikant mehr Futter auf bei längerer Verweildauer am Futterautomaten. In der Fressgeschwindigkeit

zeigten sich keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Während sich die Gesamtfuttermittelaufnahme und die Fressgeschwindigkeit von Beginn bis Ende der Mast in beiden Leistungsklassen deutlich steigerte, stagnierte die Futtermittelaufnahmefrequenz und die Gesamtverweildauer fiel leicht ab. Tabelle 1 gibt jeweils den Anfangswert (Mastbeginn–Tag 1) und den Endwert (Mastende–Tag 90) beider Gruppen für die entsprechenden Parameter wieder.

Tab. 1: Futtermittelaufnahmeparameter zu Beginn und zu Ende der Mast für jede Gruppe

Tab. 1: Feeding behaviour at the beginning and in the end of mast of each group

Parameter	a) leistungsstark		b) leistungsschwach	
	Tag 1	Tag 90	Tag 1	Tag 90
Gesamtfuttermittelaufnahme (kg)	1,7	3,48	1,35	3,13
Gesamtverweildauer (min)	67,49	61,26	61,22	54,10
Futtermittelaufnahmefrequenz	18,48	18,48	19,07	19,96
Fressgeschwindigkeit (g min ⁻¹)	34,07	74,12	38,01	68,27

Die Betrachtung der diskreten Zeitabschnitte zeigte kein einheitliches Ergebnis. In den Zeitabschnitten 1–30, 31–60, 24–30 und 54–60 ergaben sich in den ausgewählten Parametern gleiche Signifikanzen zwischen den Gruppen wie in der Gesamtauswertung über den Mastzeitraum. Die Zeitabschnitte am Ende der Mast, sowie die Auswertung der einzelnen Tage 30, 60 und 90 wichen zum Teil von den vorherigen Ergebnissen ab. Insgesamt zeigten sich große tierindividuelle Abweichungen im Futtermittelaufnahmeverhalten. Besonders deutlich ist der Unterschied in der Gesamtfuttermittelaufnahme zu sehen. Vergleicht man beispielhaft zwei Tiere aus je einer Leistungsgruppe, zeigen sich einerseits die großen Unterschiede zwischen den Tieren, aber auch die Variabilität des Einzeltieres von Tag zu Tag (Abb. 2 A bis B).

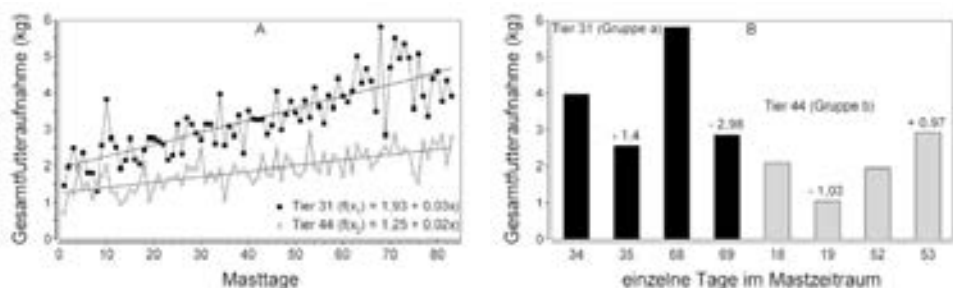


Abb. 2: Vergleich der Gesamtfuttermittelaufnahme von zwei Tieren aus je einer Leistungsgruppe (A) über den gesamten Mastzeitraum, (B) an einzelnen Tagen

Fig. 2: Comparison of cumulative feed amount of two pigs from both groups, (A) whole mast duration, (B) single days

5 Diskussion

Fragestellung dieser Arbeit war, zu untersuchen, ob es über das Futteraufnahmeverhalten von Mastschweinen möglich ist, Rückschlüsse auf Leistungsmerkmale wie z.B. die Masttageszunahme ziehen zu können. Der Ansatz zur Klassifizierung der Tiere über die mittlere Masttageszunahme stellte eine gute Basis dar, mit deren Ergebnissen diese in nachfolgenden Untersuchungen modifiziert werden sollte. Die ausgewählten Parameter erwiesen sich als geeignet, um Unterschiede im Futteraufnahmeverhalten der Tiere bezogen auf ihre Leistungsmerkmale zu untersuchen. Die größten Unterschiede der beiden Leistungsgruppen fanden sich in der täglichen Futteraufnahme und in der täglichen Verweildauer. Zeitliche Änderungen im Mastverlauf konnten ebenfalls in der täglichen Futteraufnahme aber auch in der mittleren Fressgeschwindigkeit deutlich beobachtet werden. Insgesamt betrachtet zeigten die hohen Varianzen der Daten und die starke Verzerrung der Verteilungsformen, dass eine Auswertung des generellen Futteraufnahmeverhaltens über einen so langen Zeitabschnitt eher kritisch zu beurteilen ist, da bereits innerhalb einer Rasse die tierindividuellen Variationen oft größer als zwischen Tieren unterschiedlichen Rassen sind (WHITTINGTON et al., 2000). Da die Daten über einen relativ großen Zeitraum (90 Tage) erfasst wurden und in diesem Zeitraum umfassende physiologische Veränderungen der Tiere stattfanden (Wachstumsprozesse), lag über allen ermittelten Parametern eine zeitabhängige Variable, die berücksichtigt werden muss. Die Wahl diskreter Zeitabschnitte ergab dabei keine zufriedenstellende Lösung, sodass andere Ansätze verfolgt werden müssen, die die zeitlichen Veränderungen physiologischer Prozesse (die sich wiederum ethologisch äußern) berücksichtigen.

Ein Ansatz zur besseren Beurteilung der Futteraufnahme stellt die Analyse der zeitlichen Verteilung der einzelnen Futteraufnahmen am Tag in Verbindung mit der dabei aufgenommenen Futtermenge dar. Die Ermittlung dieser Daten würde eine Einteilung in Mahlzeiten nach TOLKAMP (1998a und b) ermöglichen. Die Betrachtung der Futteraufnahme ist sicher ein geeigneter Ansatz, um frühzeitig auf entsprechende Leistungsmerkmale schließen oder auf Abweichungen im normalen Verhaltensrepertoire reagieren zu können. Allerdings fehlen derzeit geeignete, evaluierte Modelle, die die Nutzbarkeit der verfügbaren Informationen ermöglichen. Dies sollte Ziel weiterer Untersuchungen sein.

Literatur

- TOLKAMP, B. J.; ALLCROFT, D. J.; AUSTIN, E. J.; NIELSEN, B. L.; KYRIAZAKIS, I. (1998a): Satiety splits feeding behaviour into bouts. *J. theor. Biol.* 194, S. 235–250
- TOLKAMP, B. J.; KYRIAZAKIS, I. (1998b): To split behaviour into bouts, log-transform the intervals. *Animal Behaviour* 1999, 57, S. 807–817
- WHITTINGTON, D. L.; NYACHOTI, C.; PATIENCE, J. F.; GONYOU, H. W. (2000): Feed intake: A checklist of nutritional, environmental and management strategies to achieve success. *Prairie Swine Centre Inc., University of Manitoba*

Cattle foraging behaviour in Scottish hills – one more step towards sustainability

Futteraufnahmeverhalten von Mutterkühen in den schottischen Bergen – ein weiterer Schritt in Richtung Nachhaltigkeit

CHRISTINA UMSTÄTTER, TONY WATERHOUSE, JOHN P. HOLLAND

SAC, King's Buildings, West Mains Road, Edinburgh, EH9 3JG, Scotland, UK

Corresponding address: Hill & Mountain Research Centre, SAC, Kirkton, Crianlarich, FK20 8RU, Scotland, UK

Keywords: GPS, foraging behaviour, nature conservation, cattle breeds

Schlüsselwörter: GPS, Futtersuchverhalten, Naturschutz, Rinderrassen

Summary

There is considerable support for cattle grazing in the British upland areas, based on the contribution that cattle make to rural economy and their perceived value for biodiversity, but there is controversy over the role of breed. Therefore, we set out to investigate in a 4-year study if there are foraging and grazing behaviour differences between breeds. We compare a total of 45 Luing, Charolais and Aberdeen Angus x Limousin cows with calves at foot during two 4-week-periods per summer. The animals graze two different hills, fitted with 18 GPS collars. A questionnaire was conducted to investigate the opinion of 53 stakeholders regarding cattle breeds and biodiversity. The initial first year results of this ongoing study showed that there is an indication that different breeds use the hills differently.

Zusammenfassung

Für die Nutzung von Rindern in den britischen Bergregionen gibt es zurzeit eine beachtliche Unterstützung. Der Grund dafür ist der Beitrag, den Rinder zur ländlichen Wirtschaft und dem erkennbaren Wert für die Biodiversität leisten. Jedoch ist der Einfluss den die verschiedenen Rassen auf die Artenvielfalt haben umstritten. Deshalb untersuchen wir in einem Experiment über vier Jahre, ob es Unterschiede beim Futteraufnahme- bzw. beim Weideverhalten der verschiedenen Rinderrassen gibt. Wir vergleichen insgesamt 45 Luing, Charolais und Aberdeen Angus x Limousin Kühe mit Kälbern bei Fuss, über zwei 4-Wochen-Perioden pro Sommer. Die Tiere weiden auf zwei verschiedenen Bergen, ausgestattet mit 18 GPS-Halsbändern. Es wurde zusätzlich noch eine Umfrage durchgeführt, um die Meinung von 53 Fachleuten bezüglich der Rinderrassen und der Biodiversität zu hinterfragen. Die Studie ist noch nicht abgeschlossen, aber Ergebnisse des ersten Jahres zeigen, dass es Anzeichen für eine unterschiedliche Nutzung von Bergwiesen bei den verschiedenen Rinderrassen gibt.

1 Introduction

There is considerable support for cattle grazing in the British hill and upland areas, based on the contribution that cattle make to rural economy and the perceived value of cattle for biodiversity. There is strong favour amongst nature conservation interests for using native British breeds. These are widely considered to be hardier and also often considered to have better grazing habits for conservation grazing of native pastures, but there is little evidence to support these suppositions.

Moreover, due to CAP reform sheep numbers are decreasing in the Highlands of Scotland (SAC Rural Policy Centre, 2008) and a greater role for cattle could provide options to maintain grazing and take control to ensure nature conservation targets.

In typical British hill systems, cows only spend a proportion of their time on the rangeland hill grazing itself, and farmers have many reasons for using different breeds in their whole farming system. British agri-environment schemes (Rural Stewardship Scheme, Land Management Option and Rural Priorities) provide financial support for hill cattle grazing. However, some schemes favour British 'native breeds at risk' in terms of supplementary payments (Higher Level Stewardship, England).

Therefore we set out to investigate foraging behaviour from three contrasting breed types, one native breed (Luing), one intensive breed (Charolais) and one common genotype 'in between' (Angus x Limousin) together with performance data. The 4-year-study is split into two parts. The first year, we did graze all three breeds as one herd. In Year 2 to 4, we graze the breeds as separate herd. Hence, the study is still ongoing; we will only discuss the data of Year 1.

2 Material and Method

In Year 1, we kept three different genotypes, 15 cows with calves at foot each, as a single herd on hill rangelands. The cows grazed one hill for a 4-week-period. After that they were grazed for another 4-week-period on the second hill. In-between the two periods was a gap of 18 days, which was greater than planned, due to movement restrictions for foot and mouth disease. During this time, the cows stayed in a field next to Hill 1. Before and after each grazing period, the cows and calves were weighed and the cows were body condition scored (BCS). Six GPS collars per breed recorded the locational data and activity data, classifying active and inactive periods. The two hills we used for grazing cover an area of 286 ha (Hill 1, better grasses with *Vaccinium*) and 172 ha (Hill 2, heather moorland with *Nardus stricta*).

We collected 855 248 GPS locations with tilt data for the Luing cows, 281 170 for the Charolais and 266 791 for the Angus x Limousin. The measuring interval was one minute. The tilt data was used to classify activity and inactivity. We did a regression analysis using a binomial generalized linear model in Genstat to look at breed differences regarding the slope angle used. The home range was calculated using the kernel density tool from the Arc GIS V9.2. Before we started the project, we also asked 53 stakeholders to complete a questionnaire on cow breeds and biodiversity in the Scottish uplands.

3 Results

The results from two of the questions can be found in Figure 1. 76 % of the stakeholders believed that there is a difference between breeds regarding the welfare during summer grazing. 85 % of stakeholders also thought that there is a difference in foraging behaviour.

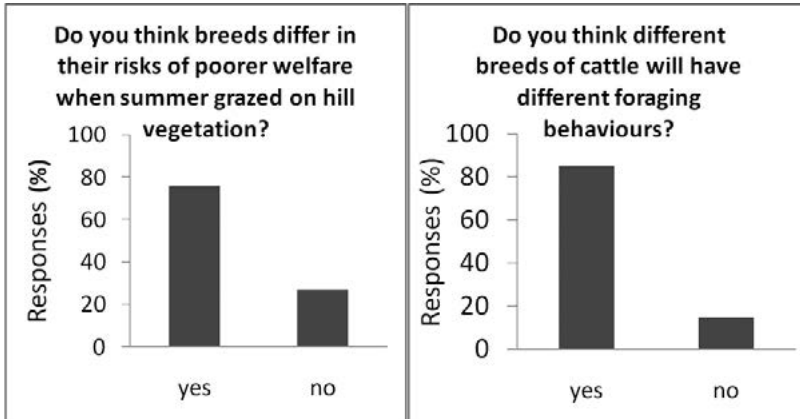


Fig. 1: Two questions from a questionnaire on cattle breeds and biodiversity (n = 53)

Abb. 1: Zwei Fragen aus einer Umfrage bezüglich Rinderrassen und Biodiversität

Our initial results showed that all three different breeds performed well on the hill and gained weight in the first year, with a maximum of + 4.9 % for Charolais cows at the first grazing period. The weight gain of the calves can be seen in Figure 2. The Luing calves gained the most weight with a 74 % increase over the whole period. The Charolais calves gained 56 % and the Angus x calves gained 47 % of their original weight. There was no indication that there was a welfare problem for any of the breeds.

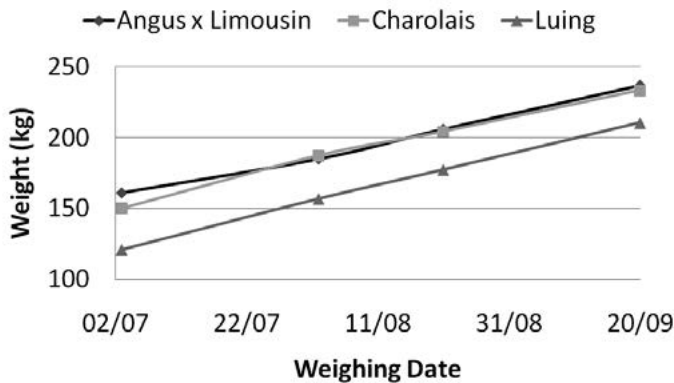


Fig. 2: Recorded average calf weight per breed in 2007

Abb. 2: Entwicklung der Kälbergewichte bei drei verschiedenen Rassen 2007

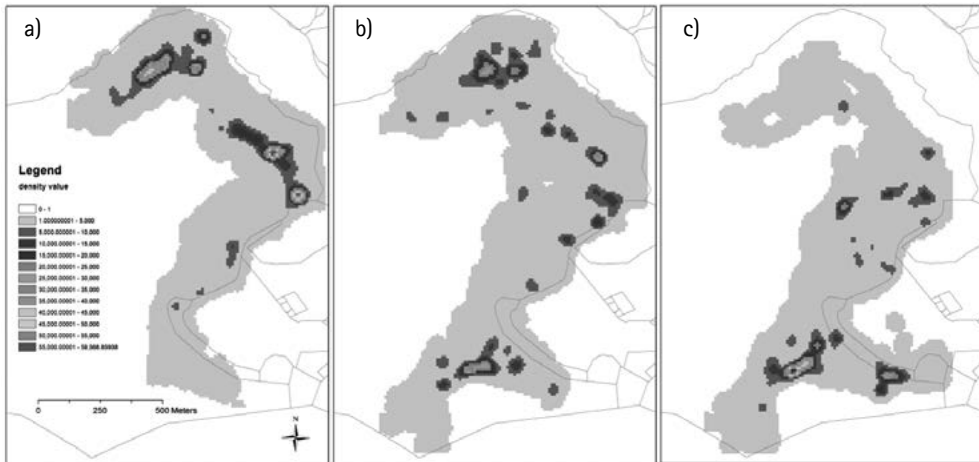


Fig. 3: Home ranges of different cattle breeds at Hill 1, a) Charolais, b) Luining, c) AA X Limousin
 Abb. 3: Homerange der drei verschiedenen Rinderrassen auf Berg 1, a) Charolais, b) Luining, c) AA X Limousin

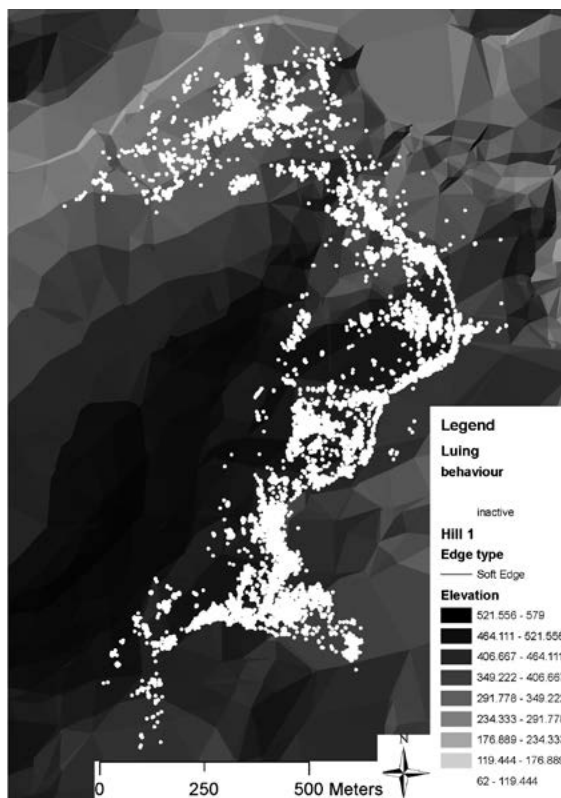


Fig. 4: Digital Elevation Model of Hill 1 with locations during inactivity of Luining cows
 Abb. 4: Digitales Geländemodell von Berg 1, mit den Inaktivitätspositionen der Luining-Kühe

A first analysis indicates that there is a difference in the spatial distribution between the three types of cattle breed. Figure 3 demonstrates the different spatial use of Hill 1. Although the 45 cows were turned out together, our observations have shown that they did split up mainly into two separate herds.

A regression analysis indicates that there is a highly significant difference between the breeds regarding the slope angle used. Charolais cows were occupying the less steep areas more often than the other two breeds. This is inline with the findings on the home ranges.

A comparison between Figure 3, showing the home ranges from Hill 1, and Figure 4, illustrating a Digital Elevation Model of Hill 1, demonstrates the different use of the sloped areas of the three breeds. The locations of inactive Luing cows were included to make the orientation on the maps easier. The Angus crosses could be found on the slightly steeper slopes.

The average slope angle for active cows was between $13,3^\circ$ for Charolais and $15,4^\circ$ for Angus crosses for Hill 1. All three breeds occupied during inactivity period less steep slopes, with a minimum of $11,1^\circ$ for Charolais and a maximum of $15,4^\circ$ for Angus crosses. The Luing cows were again in between with $15,3^\circ$. The cows showed similar behaviour patterns on Hill 2. All cows avoided the very steep slopes in the hill area. We never found a cow on top of the hills. Therefore they only used parts of the area.

4 Discussion

This was a first analysis of data, which is part of a bigger grazing project. A detailed vegetation map, using a classified aerial photograph at high resolution will be used to analyse the data in relation to predicted grazing areas, where the cows are active. Further work on faecal output and field measurements of pasture use are also being used to augment the GPS/activity data. For nature conservation, it is very important to know how cows disperse over a hill area and in relation to vegetation type what their impact is, so that we can find out what the impact of different breeds on the grazed area is. We have chosen two very contrasting breeds and one breed “in-between” to investigate if there are differences in foraging and grazing behaviour. Moreover, British conservationists are in favour of native hardy breeds, but intensive continental breeds might be economically more viable for the farmer. Although, there is a common doubt that the welfare of Charolais would suffer on a Scottish hill, we could not find any indication that this was the case. Besides the weight gain of the calves of all three breeds was similar and all animals were thriving during the experiment.

A first analysis of the distribution of the cows has shown that there is an effect of cow breeds regarding the topographic use of the area. Especially Angus x Limousin but also Luing cows seem to occupy more often slightly steeper slopes than Charolais cows. Notwithstanding, all three breeds did avoid very steep slopes and used less steep slopes for their inactivity period.

However, the cows had a lot of choices in our experiment and a surplus of vegetation. If edible vegetation were scarcer for the cows the differences in breed could change considerably. In addition, although the cow breeds occupied slightly different areas on

the hill, this does not necessarily mean that they consume different vegetation types. FRASER et al. (2009) found that the diets of the two cattle breeds in their experiment were generally similar. Further analysis of our data will be done to investigate the grazing behaviour in more detail.

5 Conclusions

The weight results of the first year of the experiment indicate that all three breeds did well on the hill and there was no sign of poor welfare in any breed. This is the opposite of the questionnaire result in Figure 1.

However, we found that there is indeed an indication that different cow breeds forage the hills differently. These differences in use of the uplands and hills give an indication that different breeds might well have a different impact on biodiversity. Further analysis of the data will be done, to find out if the use of vegetation is also different for the three breeds.

6 Acknowledgement

SAC receives financial support from the Scottish Government Rural and Environment Research and Analysis Directorate (RERAD). The authors also wish to thank Sarah Brocklehurst (BIOSS), Meg Pollock (SAC) and Claire Morgan-Davies (SAC).

References

- SAC RURAL POLICY CENTRE (2008): Farming's Retreat from the Hills. SAC, Edinburgh (accessed 2008-12-12; <http://www.sac.ac.uk/mainrep/pdfs/retreatreport.pdf>)
- FRASER, M. D.; THEOBALD, V. J.; GRIFFITHS, J. B.; MORRIS, S. M. (2009): Comparative diet selection by cattle and sheep grazing two contrasting heathland communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129, 1/3, S. 182–192

Nutzung von Informationssystemen in der Milchviehhaltung zum vorbeugenden Gesundheitsmanagement

Using information systems in dairy farming for prevention health management

MAHER ALSAOD, WOLFGANG BÜSCHER

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

Schlüsselwörter: Wohlbefinden, Milchkühe, Fortbewegung, Local Position Measurement System

Keywords: welfare, dairy cows, locomotion, local positioning system

Zusammenfassung

In vielen Milchviehherden steigt die Anzahl der Tiere kontinuierlich an, wodurch jedoch die Zeit für Einzeltierbeobachtungen abnimmt und Krankheitssymptome häufig nicht rechtzeitig erkannt werden. Tierwohlbefinden gewinnt mehr und mehr an Bedeutung, weshalb das Interesse an frühzeitiger Erkennung von Krankheiten steigt. Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere kann durch die Messung ihres Verhaltens eingeschätzt werden, insbesondere durch deren Fortbewegung.

Direktbeobachtung oder Videoaufzeichnung sind die häufigsten Methoden für die Überwachung des Verhaltens. Die Nachteile der beiden Verfahren sind hoher Arbeitsaufwand und Probleme mit der nächtlichen Beobachtung. Das Local Position Measurement System (LPM) wurde basierend auf Radar-Technologie entwickelt und zeichnet sich durch eine hohe Positionsgenauigkeit im Bereich von einigen Zentimetern und Abtastgeschwindigkeiten von bis zu 1 000 Messungen pro Sekunde aus. Ein weiteres Eingabepotenzial könnten Verhaltensvariable wie Schrittmessung per Pedometer, Milchleistung, Wasser- und Trockenmasseaufnahme sein, die vielleicht für die frühzeitige Erkennung von Krankheiten nutzbar gemacht werden können.

Summary

The number of animals within many dairy herds is increasing while the time for surveillance of each cow is decreasing. In consequence, disease symptoms will be often not detected. In addition, animal welfare has become more and more important and thus it is indicated that there is an overall interest for an early detection of diseases. Animal health and welfare can be assessed by monitoring their behaviour, in particular their locomotion. Moreover, a changing of locomotion generally indicates a lack of welfare.

Direct observations or video recordings have been the most common methods for monitoring the behaviour of individuals in dairy-cow herds. The drawbacks of both methods are high labour input and problems with nocturnal observation. A local position measurement system (LPM) has been developed, based on radar technology, which can determine positions and movements of all individuals simultaneously in real time. One

important advantage of this system is the high positioning accuracy in the range of some centimetres with a sample rate of up to 1 000 measurements per second. Other potential input behaviour variables like pedometry activity, milk yield, water and dry matter will be used in order to assess whether they could serve for early disease detection.

1 Einleitung

In vielen Milchviehherden steigt die Anzahl der Tiere kontinuierlich an, wodurch jedoch die Zeit für Einzeltierbeobachtungen abnimmt und Krankheitssymptome häufig nicht rechtzeitig erkannt werden. Sie bleiben nicht diagnostiziert, insbesondere bei Tieren mit einer leichten Erkrankung (z. B. Lahmheit). Die Probleme können chronisch werden, was zu einem Abgang ungewöhnlich junger Tiere aus einer Herde führen kann. Tatsächlich sind die tierärztliche Behandlung und Management-Veränderungen in der Regel effektiver, je früher sie im Krankheitsprozess eingeleitet werden. Deshalb können Vorbeugung oder Früherkennung von kranken Tieren und deren Behandlung das Wohlbefinden der Tiere verbessern (durch Erhöhung der Wirksamkeit der Behandlung) und die Kosten erheblich reduzieren (GONZÁLEZ et al., 2008).

Es gibt Anzeichen dafür, dass Änderungen des Tierverhaltens geeignete Indikatoren für Gesundheits- und Wohlbefindensprobleme der Tiere sind und damit diese als Eingabe für ein Frühwarnsystem genutzt werden können. Sie könnten dazu beitragen, das Auftreten von zu erwartenden Krankheiten zu verhindern.

Das Tierverhalten kann mittels Direktbeobachtung oder mithilfe von Videoaufzeichnung erfasst werden. Beide Verfahren sind durch einen hohen Zeitaufwand und hohe Anforderungen bezüglich der Konzentration des Beobachters, besonders in größeren Herden, gekennzeichnet.

Im Rahmen des Precision Livestock Farming eröffnet der Einsatz von Sensoren und elektronischen Geräten die Möglichkeit, das Tierverhalten und dessen Änderungen objektiv zu erfassen und zu bewerten, damit sie als Indikatoren und Entscheidungshilfen im Management zu nutzen sind. Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere kann durch die Messung ihrer Fortbewegung eingeschätzt werden; viele Forscher haben bestätigt, dass das Fehlen von tierischer Fortbewegung einen Mangel an Wohlbefinden anzeigt (BRANDL, 2006).

Ein automatisches Ortungssystem kann eine Lösung sein, um die Tiere mit Wohlbefindensproblemen oder mit Brunst „herauszufiltern“. Es wurden bereits viele Technologien für die Positionsbestimmung und als Ortungssystem genutzt, aber nur einige wenige sind im Stall einsetzbar. Diese Einsatzmöglichkeit erfüllt das Local Position Measurement-System (LPM), das in unserem Stall (Frankenforst) installiert worden ist. Es kann alle individuellen Positionen und Bewegungen simultan, d. h. in Echtzeit, feststellen, wurde für eine hohe Positionsgenauigkeit im Bereich von einigen Zentimetern entwickelt und arbeitet mit Abtastgeschwindigkeiten von bis zu 1 000 Messungen pro Sekunde (GYGAX et al., 2006).

Ein weiteres Eingabepotenzial könnten Verhaltensvariablen (Schrittmessung per Pedometer, Milchleistung, Wasser- und Trockenmasseaufnahme) sein, die vielleicht für die frühzeitige Erkennung von Krankheiten nutzbar gemacht werden können. Dabei

ist es wichtig, nur Parameter zu erfassen, die im Zusammenhang mit der spezifischen Erkrankung stehen und Verhaltensänderungen bedingen; und die Auswertung der Parameter zeitlich auf die Tage zu begrenzen, bevor die Erkrankung einem Beobachter auffällt und eine Behandlung veranlasst wird.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich für die vorliegende Arbeit als Zielstellungen:

- Erfassung und Eingabe der Parameter Bewegungsaktivität, Milchleistung, Futter- und Wasseraufnahme sowie Einteilung der Daten in definierte Versuchstage,
- die Möglichkeiten der Verwendung des LPM-Systems zur automatischen Erkennung von Bewegungsmustern bei Milchkühen sowie deren Nutzung für das Wissen über den Gesundheitszustand des einzelnen Tieres,
- empirische Prüfung und Beweis der Hypothese, dass in der Früherkennung von Krankheiten eine Vielzahl von Verhaltensvariablen (z.B. Futteraufnahme, Milchleistung, Bewegungsaktivität) das Verhalten von gesunden und nicht gesunden Tieren anzeigt,
- Interpretation der Messungen des LPM-Systems und der Sensoren mittels Support-Vektor-Maschinen und Umsetzung in konkrete Verhaltensmuster bei Milchkühen,
- Verbesserung der Möglichkeiten zur Erkennung von Abweichungen im Kuh-Verhalten mit dem Ziel, einen positiven Effekt auf die Prävention von Krankheiten und die Reduzierung hoher Remontierungsraten zu erzielen,
- Entwicklung und Prüfung von Bewertungsmöglichkeiten des Modells bezogen auf die zeitgenaue Früherkennung von Erkrankungen.

2 Methodische Vorgehensweise

2.1 Tiere, Haltung und Fütterung

Die Versuche werden auf der Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn mit etwa 60 Milchkühen in der Laktationsphase durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen Boxenlaufstall von etwa 48 m Länge und 17 m Breite, der mit dem Ortungssystem Local Position Measurement (kurz: LPM) sowie Wassertränke-, Grund- und Kraftfutterautomaten ausgestattet ist, und ein Melkhaus mit einem wissenschaftlichen 2 x 4 Tandem-Melkstand mit Wartebereich. Das Tier:Freßplatz- und Tier:Liegeboxen-Verhältnis beträgt auf dem Betrieb 2:1 und 1:1. Der Boxenlaufstall wird auf dem Versuchsbetrieb in drei funktionelle Bereiche gegliedert: Fressgitter (2 m breiter Streifen entlang des Fressgitters), Liegeboxen (in vier Sektionen) und Aktivitätsbereich (restliche Fläche). Der Wartebereich und die Stallgasse sowie Behandlungs-, Abkalbungs- und Krankenställe werden nicht in die Untersuchung mit einbezogen.

2.2 Messmethodik

Das LPM-System, das von ABATEC Systeme, Regau, Österreich, angeboten wird, ist ein auf Radartechnologie basierendes elektronisches System und zeichnet Koordinaten in X/Y-Richtung für jedes Tier minütlich mit einer Genauigkeit von etwa 20 cm auf. Mit einem automatischen Ortungssystem werden die Positionen der Kühe sowie deren Nutzung verschiedener Bereiche des Stalls aufgezeichnet und Positionsverläufe (Tracking) erkannt.

Das System besteht aus einer Reihe von Antennen, sogenannte Basisstationen, Glasfaser-Kabeln und einem Computer. In unserem Fall wurden zwölf Basisstationen (vier je in einer Ecke, zwei in der Mitte und sechs über dem Liege-/Aktivitätsbereich) im Stall angebracht und auf das Zentrum des Stalls ausgerichtet. Dort befindet sich zentral ein Referenz-Transponder in einer Höhe von etwa 2 m, der für alle Basisstationen uneingeschränkt erreichbar ist (Abb. 1).

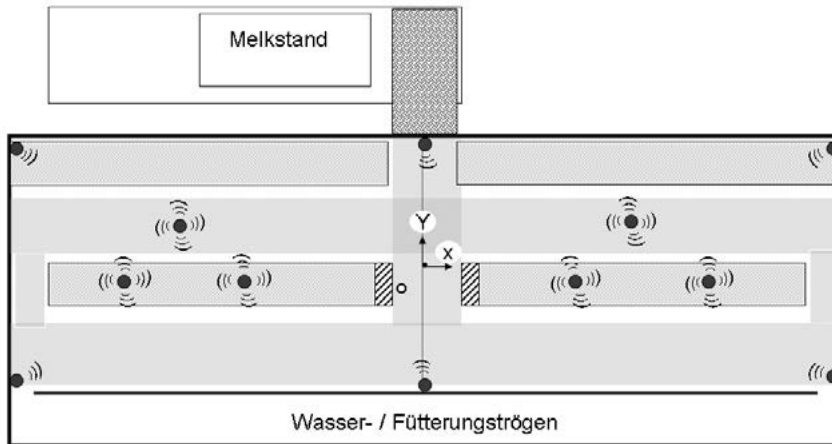


Abb. 1: Die Skizze des Versuchsstalls. Die Symbole: Position der Basisstation (●); Referenz-Transponder (○). Schraffierte Bereiche: Kraftfutter-Abrufstation (▨); Liegeboxen (▤); Lauf-/Fressgang (▦); Wartebereich (▩).

50 Kühe tragen am Halsband einen sogenannten Aktiv-Transponder, der in regelmäßigen Abständen ein Signal an die Basisstationen aussendet. Die Antenne der Basisstationen leiten daraufhin die genaue Uhrzeit der Aufnahme des Transponder-Signals an die zentrale Computer-Einheit weiter, welche wiederum die 2D-Position der Kuh ausrechnet. Demgegenüber sendet der Referenz-Transponder kontinuierlich ein Signal aus und regelt so den exakten Zeitpunkt der Aufnahme der Transponder-Signale, um die Verzögerung der Signalweiterleitung über die Glasfaser-Kabel an den zentralen Computer herausrechnen zu können.

Die Form und Größe des Transponder-Gehäuses wurde so gewählt, dass der Transponder am Hals einer Milchkuh ohne Einschränkung der täglichen Aktivitäten getragen werden kann. Neben dem Transponder wird ein Gegengewicht benutzt, das etwas schwerer als dieser ist (Transponder = ca. 1,2 kg, Gegengewicht = ca. 1,3 kg) und so die Antenne aufrecht auf dem höchsten Punkt des Halses hält. Es findet die Aktivitätsmessung mittels Pedometer von der Firma Westfalia Surge statt.

Die Wasser- und Fütterungströge wurden entwickelt und installiert durch das Unternehmen INSENTEC und sind mit einem individuellen Kuh-Identifikationssystem ausgestattet. Jeder Besuch bei den Wasser- und Fütterungströgen wird routinemäßig erfasst. Die elektronische Tiererkennung erfolgte mit einem Halstransponder. Auf dieser Grundlage können für jeden Besuch die Anfangs- und Endzeiten sowie die verzehrten

Futtermengen je Tier erfasst werden. Das erlaubt ein Futterangebot ad libitum – Aufnahme in Form einer totalen Mischration (TMR). Das Kraftfutter wird über eine transpondergesteuerte Abrufstation angeboten und automatisch an die tierindividuelle aktuelle Milchleistung angepasst.

Darüber hinaus wird bei jedem Melken die Milchleistung erfasst mit der Milch-Meter-Technologie des Unternehmens Westfalia Surge. Die Datenerfassung und -speicherung für alle Sensoren erfolgt mit dem für die Milchviehhaltung entwickelten Programm DairyPlan C21 des Unternehmens Westfalia Surge.

2.3 Statistische Analyse

Die Analysen konzentrierten sich auf das Einzeltier. Um die gemessenen Daten in nützliche Informationen bzgl. gesundheitsrelevanter Probleme und Veränderungen der Verhaltensmuster bei Milchkühen zu verwandeln, sind intelligente Systeme nötig. Die Daten werden zufällig ausgewählt und in Trainings-Datensatz und Test-Datensatz unterteilt. Die Multi-Class Support Vektor Maschine (MARTISKAINEN et al., 2009) arbeitet in ihre Funktionen die Daten aus dem LPM-System und den Sensor-Messungen ein (Eingabe) und klassifiziert das Verhalten entsprechend (Ausgabe).

Hauptaugenmerk liegt dabei auf Klauen- und Stoffwechselerkrankungen und der Annahme, dass diese Erkrankungen mit abnormen Bewegungsmustern/Positionsverläufen und einer erkennbaren Aktivitätsveränderung, reduziertem Futterverzehr und Milchminderleistung einhergehen. Die Effizienz des Modells richtet sich auf der Grundlage von Indikatoren nach Genauigkeit, Sensitivität und Präzision.

3 Versuchskonzept

Es wird untersucht:

- 1) wie sich die Aktivitätsdynamik – Messung mittels LPM-Systems und Pedometer – bei der Krankheitsfrüherkennung darstellen lässt,
- 2) inwieweit sich aus den gewonnenen Daten der Milchleistung, Fütterungs- und Wasseraufnahme die Möglichkeit der Erkennung von Erkrankungen ableiten lässt,
- 3) wie effizient die Anwendungsmöglichkeit der Multi-Class Support Vektor Maschine in der Klassifizierung der gemessenen Verhaltensweisen zwischen kranken und gesunden Kühen ist.

4 Zu erwartende Ergebnisse

Bis zum Tagungstermin werden erste Untersuchungsergebnisse vorliegen.

Literatur

- BRANDL, N. (2006): Measuring pig travel by image analysis. The Danish Institute of Animal Science, Department of Animal Health and Welfare /URL:<http://nabilnabil.homestead.com/files/movtrack.htm>, accessed on: 20.11.2006
- GONZÁLEZ, L. A.; TOLKAMP, B. J.; COFFEY, M. P.; FERRET, A.; KYRIAZAKIS, I. (2008): Changes in feeding behaviour as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91, S. 1017–1028
- GYGAX, L.; NEISEN, G.; BOLLHALDER, H. (2007): Accuracy and validation of a radar-based automatic local position measurement system for tracking dairy cows in free-stall barns, *Computers and Electronics in Agriculture* 56, 23–33.
- MARTISKAINEN, P.; JÄRVINEN, M.; SKÖN, J.; TIIRIKAINEN, J.; KOLEHMAINEN, M.; MONONEN, J. (2009): Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 85, Article in Press.

Messung der subkutanen Körpertemperatur mit Injektaten bei Rindern

Measurement of subcutaneous temperature with injectable transponders in cattle

GRACIA UDE, HEIKO GEORG, ANJA SCHWALM

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau

Schlüsselwörter: Rinderhaltung, Rektaltemperatur, subkutane Temperatur, Injektat, ökologischer Landbau
Keywords: cattle, rectal temperature, subcutaneous temperature, injectable transponder, organic farming

Zusammenfassung

In dieser Studie wurden Injektate mit einem Temperatursensor an verschiedenen Applikationsorten bei Bullenkälbern untersucht. Bei zwölf Bullenkälbern wurden je Bullenkalb drei Injektate gesetzt (subkutan am linken Ohr unter dem Dreiecksknorpel, am rechten Ohr an der Ohrbasis und an der linken Halsseite). In vier Messperioden, die sich durch die Klimabedingungen unterschieden, wurden mit einem Handlesegerät die Injektate ausgelesen und parallel rektale Temperaturmessungen durchgeführt.

Die tierindividuellen Standardabweichungen je Messort haben den Einfluss des Injektionsortes auf die Messwerte gezeigt.

Zur Umrechnung der subkutanen Messwerte auf einen der Rektaltemperatur entsprechenden Wert ist noch eine Korrekturformel zu erarbeiten.

Summary

In this study injectable transponders with an integrated temperature sensor were investigated at different application points in twelve male Holstein calves. In each calf three transponders were injected (under the scutulum of the left ear, at the base of the right ear and at the left cervix). In four different climatic situations, the temperatures of the transponders were evaluated by a hand held reader. The rectal temperature was measured simultaneously.

The individual standard deviations show the dependence of the application point. Additionally, a mathematical conversion of the subcutaneous temperature to a value corresponding to the rectal temperature has yet to be evaluated.

1 Einleitung

Die ersten Ansätze zur Entwicklung von elektronischen Tieridentifikationssystemen begannen Ende der 60er Jahre. Hauptsächlich im Bereich der Milchviehhaltung wurde diese Entwicklung begünstigt durch zunehmende Herdengrößen und Laufstallhaltung. Forschungseinrichtungen aus dem Vereinigten Königreich, Deutschland, den Niederlanden und den USA arbeiteten an Systemen zur Tieridentifikation (ROSSING, 1999). Inzwischen ist die elektronische Tieridentifikation im Bereich der Milchviehhaltung zu einem integralen Bestandteil des Haltungssystems geworden, ohne den die Verfahrenstechnik nicht mehr auskommt (BRUNSCH et al., 2001; SPILKE et al., 2003).

Das moderne Herdenmanagement in der Milchviehhaltung nutzt die Vorteile einer elektronischen Tiererkennung zur automatischen Steuerung von Fütterungs- und Melktechnik. Dabei werden die passiven ISO-kompatiblen Transponder ausschließlich zur Identifikation der Tiere verwendet. Die Möglichkeit zur direkten Kopplung von RFID und tierbezogenen Daten wie z. B. der Körpertemperatur, beispielsweise über einen Bolus (KLINDTWORTH, 2005) oder Injektate (KAMANN, 2000) besteht zwar schon seit einiger Zeit, zu einer Realisierung und größeren Anwendung im Rahmen der Milchviehhaltung ist es allerdings bislang nicht gekommen. Dabei könnten Injektate mit Temperatursensor auch zur Krankheitsfrüherkennung genutzt werden. Dieser Aspekt wäre gerade für den ökologischen Landbau von großer Bedeutung.

Durch die aktuelle Gesetzgebung werden bei lebensmittelliefernden Tieren Boli und elektronische Ohrmarken bevorzugt eingesetzt. Injektate werden sehr kritisch bewertet aufgrund der Problematik bei der Rückgewinnung, wie die IDEA-Studie gezeigt hat. Eine verbesserte Möglichkeit der Rückgewinnung und die Verwendung integrierter Sensoren (z. B. Temperaturmessung), die für einen Zusatznutzen sorgen, könnten das Interesse an Injektaten steigern und die kritische Meinung ändern (KLINDTWORTH, 2007).

2 Material und Methoden

In einem Vorversuch mit zwölf Bullen der Rasse Deutsche Holstein, der unter der Leitung des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung bzw. Agrartechnologie und Biosystemtechnik durchgeführt wurde, wurden im Alter von durchschnittlich drei Monaten je Bullenkalb drei Injektate subkutan injiziert: Am linken Ohr unter dem Dreiecksknorpel, am rechten Ohr an der Ohrbasis und an der linken Halsseite.

Die Injektate wurden von der Firma Destron Fearing zur Verfügung gestellt und wiesen eine Länge von 14,5 mm und einen Durchmesser von 2,1 mm auf. Die Elektronik war von einer Glashülle umschlossen. Die Injektate waren in sterilen Einmalspritzen verpackt. Der „Bio-Thermo“-Chip ermöglicht eine individuelle Kennzeichnung des Tieres über einen 15-stelligen Code und ist mit einem Temperatursensor ausgestattet. Die Temperatur kann mit einem Handlesegerät erfasst werden.

In vier Messperioden, die sich durch die Klimabedingungen unterschieden, wurden mit dem Handlesegerät die Injektate ausgelesen und parallel rektale Messungen durchgeführt. An zwei Messtagen wurden außerdem Thermografiemessungen zur Bestimmung

der Hautoberflächentemperatur durchgeführt. Insgesamt wurden 11 380 Injektatwerte, 3 948 rektale Körpertemperaturwerte und 70 Thermographiewerte erfasst (Tab. 1).

Je nach Variante wurden die Messungen an ein bis drei Messzeitpunkten pro Tag durchgeführt. Beispielsweise erfolgten die Messungen in der Messperiode 1 um 7:30 Uhr, 09:30 Uhr und 12:30 Uhr. Jede rektale und subkutane Messung wurde in siebenfacher Wiederholung durchgeführt. Der Messdurchgang eines Tieres (d.h. die siebenfache Messung der Rektaltemperatur, der Messung des Halses, des linken und des rechten Ohres) dauerte etwa zwei bis drei Minuten.

Tab. 1: Grunddaten zu den vier Varianten

Tab. 1: Basic data of the study

Variante	Anzahl		Anzahl Messwerte je Messperiode		
	Tage	Bullen	Injektate	rektal	Thermographie
Messperiode 1 (Stall, Frühjahr)	7	12	5 145	1 764	
Messperiode 2 (Schattenmessung, Stall, Frühjahr)	1	12	245	84	35
Messperiode 2 (Sonnenmessung, Weide, Frühjahr)	1	12	245	84	35
Messperiode 3 (Weide, Herbst)	5	12	3 570	1 260	
Messperiode 4 (Stall, Winter)	6	12	2 142	756	
Funktionsprüfung (Winter)	1	12	33		
Summe Messwerte			11 380	3 948	70

Zur Überprüfung der Messtechnik wurden zwei Injektate im Wasserbad getestet. Mit den zwei Injektaten wurden insgesamt sieben Wiederholungen mit jeweils 15 Messwerten durchgeführt. Der Messbereich wurde zwischen 32–40 °C gewählt.

3 Ergebnisse

Direkt nach dem Injizieren waren alle Injektate lesbar. Bis zur letzten Messung, der Funktionsprüfung einen Tag vor der Schlachtung und elf Monate nach dem Setzen der Injektate, waren noch zehn Injektate des linken Ohres, elf des rechten und alle zwölf Injektate an der Halsseite funktionsfähig (Tab. 2).

Tab. 2: Funktionsprüfung
Tab. 2: Functional test

Daten- aufnahme	Vorgang	Anzahl Bullen	Anzahl lebare Injektate		
			Dreiecks- knorpel	Ohrbasis	Hals
21.03.07	Injizieren Injektate und Funktionsprüfung	12	12	12	12
19.04.07	Funktionsprüfung	12	12	11	12
19.02.08	Funktionsprüfung	12	10	11	12

Da die Körpertemperatur tierindividuell ist und zudem das Injizieren der Injektate nicht standardisiert ist, erfolgte eine tierindividuelle Betrachtung der Messwerte.

Zunächst wurden die Standardabweichungen tierindividuell berechnet. Anschließend wurde eine Häufigkeitsverteilung aller tierindividueller Standardabweichungen je Messort, Uhrzeit und Tag mit einer Unterteilung der Standardabweichungen in drei Klassen ($< 0,2$ °C, $0,2-0,49$ °C und $> 0,49$ °C) berechnet.

Dargestellt in Tabelle 3 sind die Häufigkeitsverteilungen der Standardabweichungen je Messort und Messperiode. Wie oben schon erwähnt, sind die Körpertemperaturen tierindividuell und daher wurden die Mittelwerte nicht angegeben.

Tab 3: Häufigkeiten der Standardabweichungen je Messort und Variante
Tab. 3: Frequency of standard deviation per application point and treatment

Variante	Messort	Häufigkeiten der Standardabweichungen [%]		
		$< 0,2$	$0,2-0,49$	$> 0,49$
Messperiode 1 (Stall, Frühjahr)	rektal	90,48	8,33	1,19
	Hals	80,56	18,25	1,19
	Dreiecksknorpel	80,56	17,86	1,59
	Ohrbasis	67,53	31,60	0,87
Messperiode 2 (Schatten u. Sonne)	rektal	100,00	0,00	0,00
	Hals	83,33	16,67	0,00
	Dreiecksknorpel	75,00	25,00	0,00
	Ohrbasis	63,64	31,82	4,55
Messperiode 3 (Weide, Herbst)	rektal	93,33	5,56	1,11
	Hals	82,22	17,22	0,56
	Dreiecksknorpel	82,42	16,97	0,61
	Ohrbasis	58,79	40,61	0,61
Messperiode 4 (Stall, Winter)	rektal	90,91	7,27	1,82
	Hals	82,73	15,45	1,82
	Dreiecksknorpel	82,18	17,82	0,00
	Ohrbasis	58,42	33,66	7,92

Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass bei den rektalen Messwerten und den subkutanen Injektatwerten am Hals und am linken Ohr 75–100 % der Messwerte eine geringere Standardabweichung als 0,2 aufweisen. Die Werte des Injektats im rechten Ohr zeigen mit Häufigkeiten von maximal 68 % einen höheren Anteil an Werten mit höheren Standardabweichungen.

Tab. 4: Standardabweichungen im Wasserbad

Tab. 4: *Standard deviation in water bath*

Wdh	1	2	3	4	5	6	7
Standardabweichung	0,064	0,046	0,074	0,083	0,080	0,130	0,068

Die im Wasserbad erhobenen Injektatwerte wiesen deutlich geringere Standardabweichungen mit Werten zwischen 0,046 und 0,130 auf.

Beispielhaft dargestellt in Abbildung 1 sind die Mittelwerte eines Tieres (Ohrmarke 28999) aus der Messperiode 1. Die dargestellten Daten wurden an sieben Tagen morgens zwischen 7:30 Uhr und 8:30 Uhr erfasst. Die Standardabweichungen lagen zwischen 0,0 bis 0,3.

An allen sieben Messtagen wies die rektale Körpertemperatur mit Werten zwischen 38,3 und 39,2 °C höhere Werte auf als die der subkutanen Körpertemperatur. Von den Injektaten hatte der Injektionsort unter dem Dreiecksknorpel (linkes Ohr) die höchsten Werte mit 37,5–38,4 °C. Die niedrigsten Werte wiesen die Injektate an der Ohrbasis (rechtes Ohr) mit 36,9–38,3 °C auf. Die Werte der Halsinjektate lagen zwischen 37,1 und 38,1 °C. Insgesamt zeigen die Werte der unterschiedlichen Messorte einen relativ parallelen Verlauf.

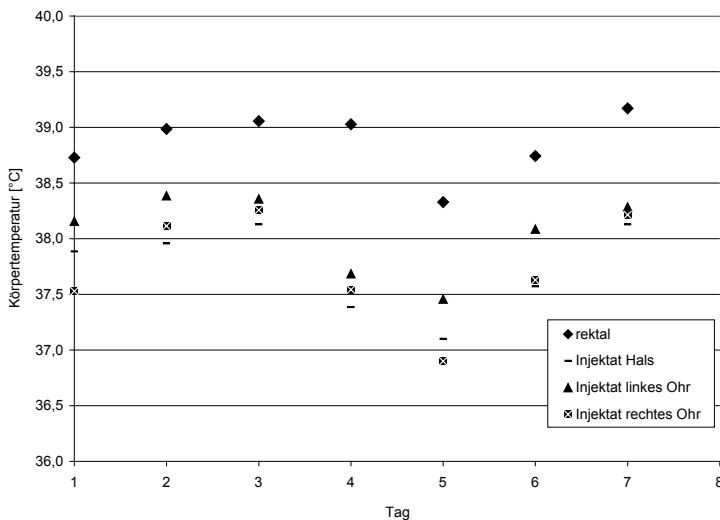


Abb. 1: Mittelwerte eines Kalbes der rektalen und subkutanen Temperaturwerte an sieben Messtagen

Fig. 1: *Mean of subcutan and rectal temperature of one calf at seven days*

4 Fazit und Ausblick

Es wird vermutet, dass die nicht lesbaren Injektate durch Rankämpfe bei der Fütterung am Nackenrohr oder Scherenfangfressgitter defekt wurden. Die Injektate im Hals sind in dieser Situation weniger gefährdet.

Die Standardabweichungen zeigen den Einfluss des Injektionsortes. Dabei scheinen in Bezug auf die Körpertemperatur der Hals und der Dreiecksknorpel eher geeignet als die Ohrbasis.

Zur Umrechnung der Messwerte auf einen der Rektaltemperatur entsprechenden Wert ist noch eine Korrekturformel zu erarbeiten.

Vom Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik wurde ein Datenlogger entwickelt, der z.B. viertelstündlich (frei wählbar) die Körpertemperatur des Injektats abfragt und speichert. Dieses Datenloggersystem ist aktuell als automatisches Temperaturerfassungssystem ausgelegt, das an einem Kopfhalter für Kühe befestigt ist und bei dem zusätzlich die Umgebungstemperatur erfasst wird.

Mit diesem Prototyp wurde ein Versuch mit Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein durchgeführt. Den Kühen wurden Injektate subkutan im linken Ohr zwischen Ohrbasis und Ohrgrund gesetzt. Des Weiteren geplant ist der Einsatz des automatischen Temperaturerfassungssystems bei Jungrindern.

Literatur

- BRUNSCH, R.; BREHME, U.; TÜRK, M. (2001): Management im Kuhstall – ein Beitrag zur gläsernen Produktion. ForschungsReport 2, S. 8–11
- KAMANN, B. (2000): Erfassung der Temperatur unter dem Scutulum mittels Temperaturtransponder und Vergleich mit der Rektaltemperatur bei Kälbern SS 2000. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation
- KLINDTWORTH, M. (2005): Pilotstudien zur automatischen Erfassung der Körpertemperatur im Netzmagen von Tieren. <http://www.fh-osnabrueck.de/fileadmin/users/5/upload/Forschungsdatenbank/Forschungsbericht-2001-2005/Forschungsbericht-2001-2005-web.pdf>
- KLINDTWORTH, M. (2007): Elektronische Tierkennzeichnung – Anwendungen und Perspektiven. In: KTBL (Hrsg.): Precision Dairy Farming. Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, S. 89–98
- ROSSING, W (1999): Animal identification: introduction and history. Computers and Electronics in Agriculture 24, S.1–4
- SPIPKE, J.; BÜSCHER, W.; DOLUSCHITZ, R.; FAHR, R. D.; LEHNER, W. (2003): Precision Dairy Farming – integrativer Ansatz für eine nachhaltige Milcherzeugung. Zeitschrift für Agrarinformatik 2, S. 19–25

Vorhersage des Abkalbezeitpunkts von Kühen und Färsen mit Hilfe von Herzfrequenz und Liegeverhalten

HEIKO GEORG, SILKE BEINTMANN, ANJA SCHWALM, GRACIA UDE

Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau

Schlüsselwörter; Rinderhaltung, Herzfrequenz, Liegeverhalten, Kalbung, ökologischer Landbau
Keywords: cattle, heart rate, lying behaviour, calving, organic farming

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, die Eignung von Herzfrequenz und Liegeverhalten zur Abkalbevorhersage bei Kühen und Färsen und damit als Basis einer zukünftig automatisierten Überwachung des Abkalbevorgangs zu bewerten.

In der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig (Vorgängerinstitution u. a. des Johan Heinrich von Thünen Institutes) wurden bei 15 Färsen und elf Kühen der Rasse Deutsche Holstein sieben bis zehn Tage vor der Kalbung die Herzfrequenzen und das Liegeverhalten überwacht und ausgewertet. Die Gesamt-liegedauer und die Dauer der Liegeperioden in den 24 Stunden (h) vor der Kalbung waren niedriger als an den vorherigen Tagen ($p \leq 0,001$). Die Liegeperiodenanzahl war am Tag der Kalbung signifikant höher als an den Vortagen ($p \leq 0,001$). Direkt vor der Kalbung kam es zu signifikanten Veränderungen im Liegeverhalten. Die Herzfrequenz-Werte waren in den letzten 24 Stunden vor der Kalbung tendenziell erhöht, insbesondere die 60–90 Minuten (min) vor der Kalbung waren durch einen signifikanten Anstieg der Herzfrequenz gekennzeichnet.

Summary

The major goal of this study was to determine whether lying behaviour and heart rate could be used as parameters to predict the approaching calving in cows and heifers. Lying behaviour and heart rate of 15 heifers and eleven Holstein cows at the Federal Agricultural Research Center (FAL), in Brunswick (one of the predecessor institutions of the Johan Heinrich von Thunen Institute) was monitored and analyzed 7–10 days prior to parturition. The total lying time and the duration of lying bouts within the last 24 hours before calving were lower compared to the other days measured before ($p \leq 0,001$). The frequency of lying bouts increased significantly one day prior to calving. The time immediately before calving was characterized by significant changes in lying behaviour. Heart rate increased as well close to calving, particularly 60–90 minutes before calving.

1 Einleitung

Der Abkalbevorgang bei Milchkühen und Färsen ist ein überaus kritischer Zeitpunkt, der einer sorgfältigen Tierüberwachung und eines speziellen Managements bedarf (MANSFELD, 1993). Für die regelgerechte Geburt ist im Normalfall keine menschliche Hilfe notwendig (RÜSSE, 1981; GRUNERT, 1993). Treten jedoch Geburtsstörungen auf, kann eine gezielte Geburtsüberwachung wichtig sein, um Tierverluste und gesundheitliche Schäden zu vermeiden (GRUNERT, 1993; MEE, 2004).

Klinische Anzeichen einer bevorstehenden Kalbung sind u. a. Erschlaffung der breiten Beckenbänder, Vulvaschwellung, Schleimabsonderung, Milchsekretion und Abfall der Körpertemperatur (BERGLUND et al., 1987; GRUNERT, 1993; BIRGEL, 1994; LAMMOGLIA et al., 1997; HOFMANN et al., 2006). Der praktische Nutzen dieser Methoden ist limitiert durch die Fähigkeiten der Betreuungsperson und den relativ hohen Zeitaufwand. Insbesondere die wachsenden Herdengrößen bedingen zusätzlich automatisierte Managementhilfen, um die arbeitsintensiven Beobachtungen zu minimieren (ARTMANN, 2002).

Veränderungen im Liegeverhalten und der Aktivität können auf eine bevorstehende Kalbung hindeuten (MALZ und ANTILER, 2006; HUZZEY et al., 2005; MALZ, 2006), eine Vorhersage der Geburt allein mithilfe dieser Parameter scheint jedoch recht ungenau. Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel der Untersuchung darin, die Eignung von Herzfrequenz in Verbindung mit dem Liegeverhalten zur Abkalbevorhersage und damit als Basis einer zukünftig automatisierten Überwachung des Abkalbevorgangs zu bewerten.

2 Material und Methoden

Die praktischen Untersuchungen wurden am Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (vTI) bzw. am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung (FAL) durchgeführt. Für den Versuch standen 15 gleichmäßig gestaltete Abkalbeboxen (12 m²) zur Verfügung. Drei bis vier Wochen vor dem errechneten Abkalbezeitpunkt wurden die Tiere aufgestellt. Die Routinearbeiten wurden zweimal täglich zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt. Der Versuch wurde mit 28 tragenden Kühen (durchschnittliche Laktation 3,7) und Färsen der Rasse Deutsche Holstein durchgeführt.

Zur Auswertung von Liegeverhalten und Aktivität, erfasst mit ALT-Pedometern, wurden die Daten von 26 Tieren verwendet, da bei zwei Kühen zu häufig Fehlmessungen auftraten.

Die Herzschlagfrequenz wurde mit dem für Pferde entwickelten POLAR® heart rate monitor S810i erfasst. Die Elektroden wurden mit einem elastischen Gurt am Brustkorb der Tiere fixiert. Bei der Herzfrequenzmessung traten häufiger Fehlmessungen auf, sodass nur die Daten von neun Färsen und sechs Kühen ausgewertet werden konnten. Zusätzlich wurden zur Kontrolle und zur Datensicherung 24 Stunden-Videos aufgezeichnet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit parameterfreien Testprozeduren (SAS 9.1). Für die Auswertung wurden die Daten nach Tagen bzw. Stunden skaliert: Der Zeitpunkt der Kalbung wurde als Bezugsbasis zur Vergleichbarkeit gleich Null gesetzt.

3 Ergebnisse

Die tägliche Liegedauer war am Tag der Kalbung mit etwa 9 h signifikant geringer als an den Vortagen mit etwa 12 h. Die Liegeperiodenanzahl war am Tag der Kalbung mit 21 Liegeperioden signifikant höher als an den Vortagen ($p \leq 0,001$) mit 15 bis 17 Liegeperioden (Abb. 1). Kühe hatten tendenziell eine höhere Anzahl Liegephasen als Färsen.

Die Dauer der einzelnen Liegeperioden nahm am Tag der Kalbung signifikant ab ($p \leq 0,001$), speziell der Anteil kurzer Liegeperioden < 10 min. verdoppelte sich mit 31,8 % im Vergleich zu den Vortagen mit 16,8 %.

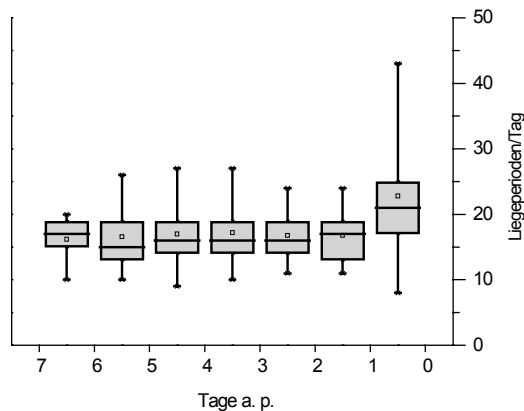


Abb. 1: Boxplot der Anzahl der Liegeperioden von Tag 7 bis Tag 1 ante partum (a.p.)

Fig. 1: Box-Whisker-plot regarding lying bouts per day from day 7 until day 1 ante partum (a.p.)

Die durchschnittliche Herzfrequenz lag bei Färsen mit 93 bpm über der Herzfrequenz der Kühe mit 88 bpm ($p \leq 0,001$). Der Tag der Kalbung unterschied sich mit 101 bpm und 93,5 bpm. Die Herzfrequenz-Werte waren in den letzten 24 h vor der Kalbung tendenziell erhöht, insbesondere die 60-90 min vor der Kalbung waren durch einen signifikanten Anstieg der Herzfrequenz gekennzeichnet.

Tab. 1: Herzfrequenzmessungen kurz vor der Kalbung

Tab. 1: Heart rate prior to calving

	Herzfrequenz (Schläge/min)	
	Färsen	Kühe
Basiswert	93	88
Tag der Kalbung	101	93,5
4-1 Stunden a. p.	108	98
2 Stunden a. p.	104	98
1 Stunde a. p.	119	106

4 Diskussion

Die tägliche Liegedauer war am Tag der Kalbung signifikant niedriger als an den Vortagen. Die Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen von MALTZ und ANTLER (2006) und HUZZEY (2005), die ebenfalls einen signifikanten Rückgang der Gesamtliegedauer (MALTZ und ANTLER, 2006) bzw. eine signifikante Erhöhung der Standzeiten (HUZZEY, 2005) am Tag der Kalbung feststellen konnten. Die Liegeperiodendauer nahm am Tag der Kalbung ab, wobei die Anzahl der Liegeperioden zunahm. MALTZ und ANTLER (2006) konnten auch eine signifikante Reduktion der Liegeperiodendauer und einen Anstieg der Liegeperioden zur Kalbung hin feststellen, dieser war jedoch, im Gegensatz zu der vorliegenden Studie nicht signifikant. Signifikante Änderungen im Liegeverhalten am Tag der Kalbung können frühzeitig auf eine bevorstehende Geburt deuten.

Insbesondere der deutliche Anstieg der Herzfrequenz 90–60 min vor der Kalbung deutet auf eine Erhöhung der Herzfrequenz in der Austreibungsphase der Geburt hin (SCHEUNERT und TRAUTMANN, 1987).

Die gleichzeitige Erfassung von Liegeverhalten und Herzfrequenz scheint eine sinnvolle Kombination darzustellen, da eine Kombination aus lang- und kurzfristiger Vorhersage das Management der Geburtsüberwachung erleichtern kann.

5 Fazit

Signifikante Veränderungen im Liegeverhalten am Tag der Kalbung können frühzeitig auf die bevorstehende Kalbung deuten. Die erhöhte Herzfrequenz kann 60–90 min vor der Kalbung als kurzfristiger Indikator auf die bevorstehende Geburt hinweisen. Aufgrund weiterer Entwicklungen zur Ermittlung der Herzfrequenz von Kühen (Bolus mit integrierter Herzfrequenzmessung, Funkverbindung) ist eine Nutzung der Herzfrequenz als zusätzliches Managementwerkzeug im Precision Livestock Farming vorstellbar.

Literatur

- ARTMANN, R. (2002): Automatic data acquisition of farm animals. International Workshop "Sensor aided measurements of different animal data" for utilization in livestock farming, 23–24 May, Potsdam-Bornim
- BERGLUNG, B.; PHILIPSSON, J.; DANELL, Ö. (1987): External Science of Preparation for Calving of Parturition in Swedish Dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 15, S. 61–79
- BIRGEL, E. H. (1994): Das Vorbereitungsstadium der Geburt beim Rind unter Berücksichtigung der klinischen Geburtsanzeichen und der Veränderung der Hormon- und Enzymprofile sowie des Blutbildes in den letzten 10 Tagen der Trächtigkeit. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- GRUNERT, E. (1993): Die normale Geburt, in (Grunert, E. und Arbeiter, K.) (1993): Tiergeburtschilfe. Paul Parey Verlag, Berlin

- HOFMANN, E.; FAILING, K.; WEHREND, A. (2006): Veränderungen an Vulva und Vestibulum bei Mutterkühen und Färsen in den letzten sieben Tagen vor der Geburt. *Tierärztliche Praxis Großtiere* 34, S. 15–19
- HUZZEY, J. M.; VON KEYSERLING, M. A. G.; WEARY, D. M. (2005): Changes in feeding, drinking and standing behaviour of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.* 88, S. 2454–2461
- LAMMOGLIA, M. A.; BELLOW, R. A.; SHORT, R. E. BELLOWS, S. E.; BIGHORN, E. G.; STEVENSON, J. S.; RANDEL, R. D. (1997): Body temperature and endocrine interactions before and after calving in beef cows. *J. Anim. Sci.* 75, S. 2526–2534
- MALTZ, E.; ANTILER, A. (2006): Behaviour sensor to detect approaching calving of dairy cow. In: XVI CIGR World Congress: Agricultural Engineering for a Better World, Düsseldorf
- MALZ, E. (2006): Behaviour sensor to detect physiological and welfare status for dairy cows. 4th Workshop on Smart Sensors in Livestock Monitoring, 22.–23. September 2006, Gargnano, Italien
- MANSFELD, R. (1993): Betreuung von Tieren in der Peripartalperiode im Herdengeschehen, in (Grunert, E. und Arbeiter, K.) (1993): Tiergeburtsilfe. Paul Parey Verlag, Berlin
- MEE, J. F. (2004): Managing the dairy cow at calving time. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20, S. 52–546
- RÜSSE, M. (1981): Die Geburt als Problemkreis für Kuh und Kalb aus tierärztlicher Sicht. *Züchtungskunde* 53, S. 481–486
- SCHEUNERT, A.; TRAUTMANN, A. (1987): Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. Verlag Paul Parey, Berlin

Gummimatten auf Betonspaltenböden – Einfluss auf Leistung und Gliedmaßengesundheit von tragenden Sauen sowie auf die Stallhygiene

Rubber mats on slatted concrete floor – Impact on production criteria, limb and claw health of pregnant sows and on hygienic conditions

CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMAN, CARMEN BIRKENFELD

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

Schlüsselwörter: Sauen, Gummimatten, Betonspaltenboden, Gliedmaßen, Klauen, Hygiene
Keywords: sows, rubber mats, slatted floor, limb, claw, hygiene

Zusammenfassung

Die Erfahrungen aus der Rinderhaltung lassen auch für die Schweinehaltung positive Effekte von Gummimatten auf die Gliedmaßen- und Klauengesundheit erwarten.

Im Versuch wurden allerdings nur relativ geringe Vorteile der Gummimatten beobachtet, was jedoch zum Teil auf den Einsatz auch älterer Sauen zurückgeführt wird. Die Gummimatten führten zu längeren Klauen und zu schmutzigeren Buchten. Der Keimdruck war nicht erhöht. Weitere Untersuchungen sollten über längere Zeit und nur mit jungen Tieren durchgeführt werden.

Summary

Experience with rubber mats made in cattle husbandry suggests benefit also for limb and claw health of pigs kept on rubber mats.

In this study limb and claw health were only slightly improved by use of rubber mats, which was probably at least partly caused by including older sows in the study. In pens with rubber mats claw growth was higher and the floor was dirtier, but no higher bacteria concentration could be detected. Further studies should be carried out over a longer time and only with young sows.

1 Einleitung und Zielstellung

Zu den häufigsten Ursachen für Merzungen und Mortalität in der Sauenhaltung zählen, neben Reproduktionsstörungen, haltungsbedingte Schäden am Bewegungsapparat der Tiere, wie Klauen- und Gelenkschäden, welche oft auf einen mangelhaften Spaltenboden zurückzuführen sind (LKV BAYERN, 2007). Speziell während der, durch die Schweinehaltungsverordnung vorgeschriebenen, Gruppenhaltung tragender Sauen treten infolge von Rankkämpfen und Auseinandersetzungen auf Spaltenböden häufig Verletzungen der Klauen und Gelenke auf. Eine Verbesserung der Haltungsbedingungen könnte somit speziell in diesem Bereich einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung des Tierkomforts und der Tiergesundheit leisten und letztendlich zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit in der Ferkelerzeugung führen.

In der Rinderhaltung konnte durch eine Befestigung von elastischen Gummimatten mit passgenauen Schlitzten auf dem Spaltenböden im Vergleich zu herkömmlichen Spaltenböden das Verletzungsrisiko verringert und aufgrund einer verbesserten Trittsicherheit die Häufigkeit von Klauenproblemen deutlich verringert werden (BENZ, 2002 und 2003; REUBOLD, 2004; WITTMANN, 2003). Nach PARTES (2005) sowie REITER und PESCHKE (2006) sind durch den Einbau von elastischen Laufflächen in Milchviehställen zudem ein natürlicheres und tiergerechteres Laufverhalten, eine gute Bodensauberkeit und ein funktionierender Klauenmechanismus gegeben. Auch in der Rindermast konnten durch Gummiauflagen auf Betonspaltenböden deutlich höhere Mastendgewichte, Lebendmassezunahmen sowie Ausschachtungsraten bei Mastbullen nachgewiesen werden (FREIBERGER 2005a und 2005b). Ziel der vorliegenden Untersuchung war es nun zu prüfen, ob durch den Einsatz von weichen Gummimatten auf Betonspaltenböden in Warteställen von Sauen die Leistung und die Gliedmaßengesundheit der Tiere verbessert werden kann, wobei auch mögliche Auswirkungen auf die Stallhygiene beobachtet wurden.

2 Material und Methode

In einem zehn Jahre alten Außenklimastall wurden zwei Buchten und in einem älteren Warmstall mit sanierungsbedürftigem Betonspaltenboden wurden vier Gruppenbuchten für tragende Sauen mit elastischen Gummimatten als Bodenbeläge versehen (Abb. 1). Die Gummimatten waren passgenau zu dem darunter liegenden Betonspaltenboden perforiert. Bei den verwendeten weichen Gummimatten handelte es sich um ein eigentlich für die Rinderhaltung entwickeltes und dort eingesetztes Produkt. Im Laufe des Versuchs wurde diese Matte mehrfach modifiziert.

Die Wirkung der Gummimatten im Vergleich zum Betonspaltenboden wurde an insgesamt 125 Sauen mit 217 Trächtigkeiten in neun Versuchsdurchgängen überprüft. Ein Teil der Sauen konnte wiederholt, über bis zu drei aufeinanderfolgende Trächtigkeiten, beobachtet werden.

Die Sauen wurden auf der Grundlage der Lebendmasse, der Körperkondition und der Wurfnummer auf die Behandlungen verteilt. Beim Aufstallen in den Wartestall sowie bei der nachfolgenden Einstallung in den Abferkelstall wurde die Lebendmasse der Sauen ermittelt. Zur Geburt wurden die Anzahl an lebend geborenen Ferkeln sowie die Wurfmasse und die mittleren Ferkelgewichte bestimmt.

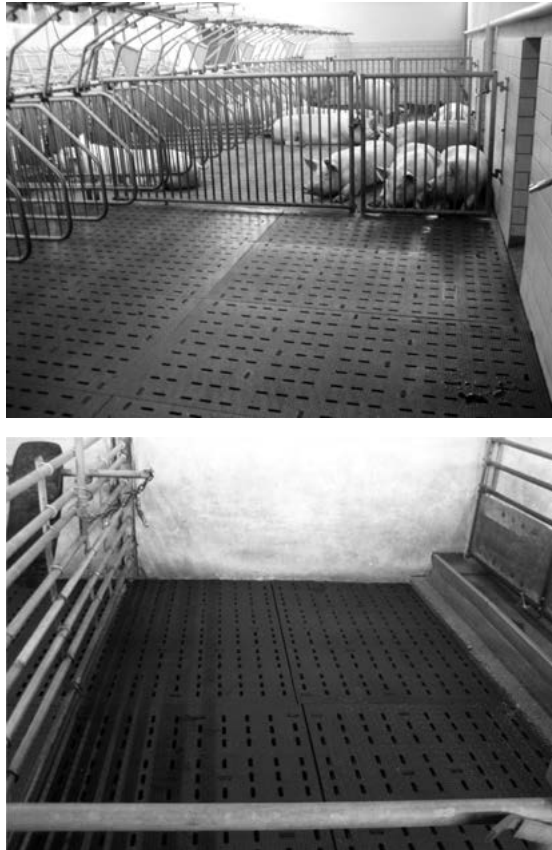


Abb. 1: Perforierte Gummimatten auf Betonspaltenboden (oben: Außenklimastall, unten: Warmstall)
 Fig. 1: Slatted rubber mats on slatted concrete floor (above: non heated building, down: heated building)

Beim Aufstallen in den Wartestall und nach dem darauf folgenden Einstallen in den Abferkelstall erfolgte eine adspektorische Bewertung der Gliedmaßen bei allen Tieren, wobei für Vorder- und Hinterhand das Auftreten von Schleimbeutelverdickungen, Schürfwunden, Verletzungen sowie Klauenveränderungen (Risse oder Spalten im Hornschuh, Verletzungen der Klaue und Klauenwand, Druckstellen, Klauengeschwüre, Sohlengeschwüre, Entzündungen des Kronsaums, abgesplitterte und abgeplatzte Horn-teile) dokumentiert wurde. Die Bewertung erfolgte als unauffällig (0), geringgradig (1) und hochgradig (2). Sauen, die bereits bei der Einstallung in den Wartestall mit Note 2 bewertet wurden, wurden vom Versuch ausgeschlossen. Zur gleichen Zeit wurden die

Klauenmaße der Außenklauen der linken und rechten Hinterhand mittels Schieblehre bestimmt. Für die Auswertung wurden die Mittelwerte der Länge und Breite der Außenklaue der beiden Hintergliedmaßen gebildet.

Zur Bewertung der Buchtensauberkeit wurden die Buchten in vier Quadranten unterteilt und mit Noten von 1 bis 4 subjektiv bonitiert (1 = sauber und trocken, 2 = leichte Verschmutzung (25 %), 3 = mittelgradige Verschmutzung (50 %), 4 = starke Verschmutzung (>75 %). Im Kaltstall wurde zusätzlich der Verschmutzungsgrad der planbefestigten Fläche der Liegekiste bewertet. Zeitgleich wurde die Sauberkeit der Tiere als Mittelwert einer Bucht ebenfalls mit Noten von 1 bis 4 (1 = sauber, 2 = leicht verschmutzt, 3 = mittelgradig verschmutzt, 4 = stark verschmutzt) erfasst.

Der Hygienestatus der Buchten wurde zweimal, während Durchgang 1 und Durchgang 9, erfasst. Dabei wurden Tupferproben von der Bodenoberfläche genommen und die Gesamtkeimzahl bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Produktionsleistung

In vorliegender Untersuchung hatte der Einsatz von Gummimatten im Wartestall von tragenden Sauen keinen Einfluss auf die Leistung der Tiere. Hinsichtlich der Lebendmasse und Lebendmassezunahme der Sauen während der Trächtigkeit, der Anzahl an lebend geborenen Ferkeln sowie der Ferkel- und Wurfgewichte zur Geburt unterschieden sich auf Gummimatten gehaltene Sauen nicht von Sauen, die auf herkömmlichen Betonspaltenboden gehalten wurden.

3.2 Gliedmaßengesundheit und Klauenwachstum

Der Einfluss des Bodens auf die Häufigkeit von Schürfwunden, Schleimbeutelverdickungen, Verletzungen und Klauenveränderungen wurde mithilfe des Chi-Quadrat-Tests geprüft. Es gab zu Beginn und am Ende der Aufstallung der Sauen im Wartestall keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kontrolltieren (Betonspaltenboden) und den Versuchstieren (Gummimatten). Bei der Einstellung wiesen 60,4 % der Sauen Schleimbeutelverdickungen, 52,9 % Schürfwunden, 10,4 % Verletzungen und 12,7 % Klauenveränderungen auf. Beim Ausstallen aus den Wartebuchten betrug der Anteil der Tiere mit Schleimbeutelverdickungen 27,3 %, mit Schürfwunden 38,7 %, mit Verletzungen 20,3 % und mit Klauenveränderungen 33,9 %. Auf Gummimatten gehaltene Sauen wiesen im Außenklimastall am Ende der Aufstallung im Wartestall signifikant weniger Schleimbeutelverdickungen (-34 %) und Schürfwunden (-18 %) auf als zu Beginn der Aufstallung im Wartestall. Im Kaltstall stieg die Häufigkeit von Gliedmaßenverletzungen bei beiden Bodenvarianten im Verlauf der Trächtigkeit signifikant an (+13 %). Hinsichtlich der Gliedmaßenverletzungen zeigte sich zudem, dass Sauen, die im Warmstall auf einem sanierungsbedürftigen Betonspaltenboden gehalten wurden, über die Dauer der Aufstallung im Wartestall einen beinahe signifikant höheren Anstieg an Verletzungen aufwiesen (+10 %) als die Sauen in Buchten mit Gummimatten, bei denen die Häufigkeit der Verletzungen während der Trächtigkeit sogar abnahm (-3 %) (p (Wilcoxon) = 0,07).

Nach der Aufstallung im Wartestall wiesen Sauen, die in mit Gummimatten ausgekleideten Buchten gehalten wurden, um 2,7 mm geringfügig aber signifikant längere Klauen auf als Sauen, die auf Betonboden standen, wobei der Längenzuwachs auf Gummi 1,55 mm und auf Beton 0,03 mm betrug.

Im Versuch wurden Sauen unterschiedlichen Alters eingesetzt, die jüngsten Tiere befanden sich in der zweiten Trächtigkeit, mehrere Tiere wiesen mehr als zehn Trächtigkeiten auf. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch den Einsatz auch älterer Tiere (> 3. Trächtigkeit), deren Gliedmaßen möglicherweise bereits irreversibel vorgeschädigt waren, im Versuch ein möglicher positiver Effekt der Gummimatten auf die Gliedmaßengesundheit maskiert wurde.

3.3 Hygiene

Mit Gummimatten ausgestattete Böden wurden in der vorliegenden Untersuchung signifikant schmutziger bonitiert (Index 2,4) als herkömmliche Betonspaltenböden (Index 2,0). Dementsprechend waren auch die Tiere in den Buchten mit Gummiböden (Index 2,6) stärker verschmutzt als in Buchten mit Betonboden (Index 2,2). Auch die Böden der Liegekisten der Gummibuchten im Kaltstall waren stärker verschmutzt als die Liegekisten der Betonbuchten. Trotz der stärkeren Verschmutzung der Buchten mit Gummimatten ergaben die Keimuntersuchungen keinen Hinweis auf eine sich aufbauende stärkere Keimbelastung (Durchgang 1 $8,0 \times 10^9$ kbE/Tupfer, Durchgang 9 $5,3 \times 10^8$ kbE/Tupfer auf Beton bzw. $3,2 \times 10^7$ kbE/Tupfer auf Gummi).

4 Fazit

Die im Versuch gefundenen Ergebnisse sollten in weiteren Versuchen mit jungen Tieren gleichen Alters als Langzeitstudien über mehrere Trächtigkeiten hinweg überprüft werden, damit die Wirkung der Gummimatten auf Gliedmaßengesundheit, Keimstatus und Produktionsleistung sowie auf die Wirtschaftlichkeit ihres Einsatzes zuverlässig beurteilt werden kann.

Literatur

- BENZ, B. (2002): Elastische Beläge für Betonspaltenböden in Liegeboxenlaufställen. Universität Hohenheim, Fak. IV – Agrarwissenschaften II Agrarökonomie, Agrartechnik und Tierproduktion, Dissertation
- BENZ, B. (2003): Weiche Laufflächen für Milchvieh bringen den notwendigen Kuhkomfort. Nutztierpraxis Aktuell 4, S. 4–8
- FREIBERGER, F. (2005a): Gummi auf den Betonspalten. Bayr. Landw. Wochenblatt 45, S. 24–25
- FREIBERGER, F. (2005b): Verbesserung des Liegekomforts in der Rindermast mit Vollspaltenboden aus Beton mittels einer perforierten Gummiauflage. LfL ITH Jahresbericht 2005, S. 21
- GÖTZ, M. (2003): Bewegung in der Boden-Szene. BLW 23, S. 29–30

- LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN (2007):
Fleischleistungsprüfung in Bayern 2006
- PARTES, N. (2005): Einfluss von elastischen Laufflächen auf das Verhalten und die hygienischen Bedingungen bei Milchkühen. Diplomarbeit FH Weihenstephan, LfL-ITH Information 4
- REITER, K.; PESCHKE, W. (2006): Nachhaltigkeit und tiergerechte Haltung von Nutztieren. LfL-Schriftenreihe 4, S. 19–23
- REUBOLD, H. (2004): Besser mit Gummi. dlG-test.de 2, S. 8–13
- WITTMANN, F. (2003): Gummimatten für Laufställe im Praxiseinsatz. BLW 23, S. 30

Auswirkungen unterschiedlicher Perforationsgrade des Stallbodens auf Gesundheitsmerkmale von Sauen im Kastenstand

Impact of varying degrees of floor perforation under the hind legs of sows in farrowing crates

ECKHARD MEYER¹, MONIKA ALTMANN², INES JAHN¹, HEIDRUN NITZER¹, DIRK SCHÄFFER²,
EBERHARD VON BORELL²

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Fachbereich Tierische Erzeugung, Köllitsch

² Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle

Schlüsselwörter: Abferkelbuchten, Stallbodenperforation, Tierverhalten, Buchtensauberkeit

Keywords: farrowing systems, slatted floor, animal-friendly animal behaviour, cleanness of pen

Zusammenfassung

Der in Deutschland intensiv diskutierte Perforationsgrad des Stallfußbodens für Sauen in Kastenstandhaltung wurden im Abferkelbereich an insgesamt 472 Würfen untersucht: A = ≤ 10 % Perforation im gesamten Kastenstand; B = ca. 40 % Perforation im gesamten Kastenstand; C = Kombination von ≤ 10 % Perforation im vorderen und etwa 40 % im hinteren Bereich des Kastenstandes. Aufzuchtleistung und Ferkelverluste wurden durch den Perforationsgrad nicht beeinflusst. Eine starke Perforation (Variante B) bewirkte trotz besserer Standsicherheit eine meist nur tendenzielle, in einigen Fällen auch signifikante Erhöhung der Verletzungsrate an Klauen, Gesäuge und Integument der Sauen. Bei den Ferkeln hatte dieser Boden dagegen positive Effekte auf die Verletzungen an Gliedmaßen und Zitzen. Außerdem zeigten die Sauen hier ein entspannteres Liegeverhalten. Daneben führte die geringe Perforation zu einer signifikant stärkeren Verschmutzung von Fußboden und Sauen.

Summary

Three different flooring treatments were evaluated for their impact on performance, health, behaviour and cleanness of nursing sows with 472 litters: A = Perforation of ≤ 10 %, B = Perforation of approx. 40 % within the entire crate, C = Combination of A and B. Reproductive performance, growth and losses of piglets were not influenced by the varying degrees of perforation. Treatment B resulted in more relaxed behavioural state and better stand of sows but also increased in tendency the risk for injuries on claws, udder and the integument. Treatment B had a positive effect on the incidence of injuries on the legs and teats of piglets. The low degree of perforation resulted in a significant increase in dirtiness of floor and animals.

1 Einleitung

Intensiv gehaltene Sauen werden während der Geburt und Laktation in Kastenständen fixiert um die Ferkel vor dem Erdrücken zu schützen. Bereits die Einschränkung der Bewegungsfreiheit der Sauen beeinflusst deren körperliche Unversehrtheit, sowie die möglichen Ferkelverluste (BAUMGARTNER et al., 2005). Daneben spielen auch die Materialeigenschaften des Fußbodens eine wichtige Rolle für das Tierverhalten und mögliche Wohlbefinden von Schweinen (MEYER et al., 2008). Im Standbereich der ferkelführenden Sau muss er auf engem Raum nicht nur Kot und Harn drainieren, sondern auch Rutschfestigkeit, Verletzungsfreiheit, Liegekomfort, sowie Wärmeleitfähigkeit gewährleisten. Die Funktionsfähigkeit des Fußbodens, hängt besonders vom verwendeten Material und dem Perforationsgrad ab.

Das Ziel der Untersuchungen war die Bewertung von Effekten des Perforationsgrades im Sauenstandbereich auf Merkmale der Tiergesundheit, des Tierverhaltens sowie der biologischen Leistungen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an zwei Versuchstandorten (Lehr- und Versuchsgut Köllitsch sowie Nutztierwissenschaftliches Zentrum Merbitz) unter Einbeziehung von insgesamt 472 auswertbaren Würfen durchgeführt. Für die Untersuchungen in Köllitsch kamen Kreuzungssauen (DE x DL) zum Einsatz. Für den Projektteil in Merbitz wurden Sauen der Rasse Hermitage verwendet. An beiden Standorten wurden drei Varianten der Stallfußbodengestaltung von Abferkelbuchten untersucht:

A = einheitlicher Perforationsgrad von $\leq 10\%$ im gesamten Kastenstand.

B = einheitlicher Perforationsgrad von ca. 40 % im gesamten Kastenstand.

C = Kombination von $\leq 10\%$ Perforation im vorderen Bereich und 40 % Perforation im hinteren Bereich des Kastenstandes.

Leistung, Gesundheit und Verhalten der Tiere wurden nach Ablaufplan in jedem Durchgang durch Wägungen, Messungen, Videobeobachtungen oder Bonituren erfasst (Tab. 1). Darüber hinaus erfolgten regelmäßige Messungen von Temperatur und Luftfeuchte innerhalb und außerhalb des Stalls. Die Leistungen von Sauen und Ferkeln wurden während der Säugezeit erfasst. Die Klauenbeurteilung an allen vier Gliedmaßen der Sau erfolgte in Anlehnung an die Klauenchecktafel, welche von der Zeitschrift „Schweinezeitung und Schweinemast“ (Heft 6, 2006) in Zusammenarbeit mit dem Prüfzentrum in Sterksel veröffentlicht wurde. Subjektiv durchgeführte Bonituren von Gesäuge, Gliedmaßen, Gelenken sowie dem Integument der Sauen erfolgten auf der Basis wissenschaftlicher Standards (RUEZ und HOY, 2007), subjektiv auf einer von der Schwere möglicher Befundung abhängigen Notenskala. Auch die Sauberkeit der Fußböden wurde subjektiv auf einer Skala von 1 bis 3 (1 = sauber, 3 = stark verschmutzt) bewertet. Das Tierverhalten wurde mithilfe einer 24-stündigen Videoanalyse untersucht.

Tab. 1: Untersuchungskomplexe und Zeitpunkt der Erfassung
 Tab. 1: Sample period and parameters of examination

Untersuchungskomplex	Zeitpunkt der Erfassung	
	Köllitsch	Merbitz
Sauen		
Gewicht	bei Ein- und Ausstallung	bei Ein- und Ausstallung
Fruchtbarkeit, Aufzuchtleistung	Geburt bis Absetzen	Geburt bis Absetzen
Beschaffenheit der Klauen	bei Ein- und Ausstallung	nach der Einstallung, nach dem Absetzen
Klauenmaße	–	nach der Einstallung, nach dem Absetzen
Beschaffenheit der Gelenke	bei Ein- und Ausstallung	kurz vor der Einstallung, nach dem Absetzen
Beschaffenheit von Gesäuge und Integument	4-mal zwischen Ein- und Ausstallung	kurz vor der Einstallung, nach dem Absetzen
Verhalten	–	Geburt, 1 Tag, 2 und 4 Wochen p. p.
Verschmutzung von Sau und Boden	wöchentlich	bei Ein- und Ausstallung
Ferkel		
Gewichtsentwicklung	Geburt, Absetzen	bis zu 4 Wägungen zwischen Geburt und Absetzen
Beschaffenheit der Klauen	–	ca. 11. und 26. Lebenstag
Schürfwunden	ca. 7. Lebenstag und beim Absetzen	ca. 11. und 26. Lebenstag

Die statistische Auswertung erfolgte für normal verteilte Merkmale (Gewichtsentwicklung von Sauen und Ferkeln, Wurfgröße, Ferkelverluste) mittels univariater Varianzanalyse. Paarweise Vergleiche wurden mit dem Tukey-Test auf einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ durchgeführt. Nicht normalverteilte Merkmale (Boniturmerkmale) wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test oder Chi-Quadrat-Test ausgewertet. Vergleiche zwischen den Fußbodenvarianten erfolgten mit dem Mann-Whitney-U-Test und Anpassung des Signifikanzniveaus nach Bonferroni (LAMPRECHT, 1999).

3 Ergebnisse und Diskussion

Fruchtbarkeit, Aufzuchtleistung und Ferkelverluste wurden durch den Perforationsgrad des Fußbodens nicht beeinflusst. Während die Fixierung an sich Ferkelverluste begrenzt, kann sie im Zusammenhang mit dem Fußboden die körperliche Unversehrtheit der Sauen (BAUMGARTNER et al., 2005) beeinflussen. Nachgewiesen ist, dass der Fußboden auch für Verletzungen der Ferkel (PUTZ, 2002) ursächlich sein kann.

Die Klauen der Sauen wiesen bereits vor Einstallung in den Kastenstand zum Teil erhebliche Vorschädigungen aus der Gruppenhaltung auf. Während der Säugezeit hatte ein geringer Perforationsgrad von 10 % (Variante A) tendenziell positive Effekte auf die

Ausheilung alter bzw. Verhinderung neuer Klauenveränderungen. Statistisch gesichert waren diese Einflüsse jedoch nur in wenigen Fällen. So heilten Risse in der Ballenzone sowie Kronsaumverletzungen an den Hintergliedmaßen auf einem Boden mit 10 % Perforation häufiger aus als bei 40 % Perforation (Variante B). Klauenlänge und Wachstumsgeschwindigkeit der Klauen waren bei 10 % Perforation signifikant geringer als bei 40 %, was auch im Zusammenhang mit Problemen in der Standsicherheit (Ausrutschen) der Tiere gesehen werden kann.

Auf die Gesäugeverletzungen der Sauen war der Einfluss des untersuchten Perforationsgrades gering und nur in wenigen Fällen signifikant, obwohl Zitzen- bzw. Gesäugeverletzungen fast ausschließlich in der Säugeperiode entstanden. 97,2 % der am Einstalltag bewerteten Gesäugekomplexe (Zitze und dazugehöriges Drüsengewebe) waren verletzungsfrei (Abb. 1). Der Boden mit geringem Perforationsgrad führte an stark beanspruchten Zitzen zu weniger Schälwunden und zu weniger Verlusten der Zitzen spitze auf der linken Körperseite gegenüber der Variante mit hohem Perforationsgrad (B). Dieser Zusammenhang war in Köllitsch (A) signifikant.

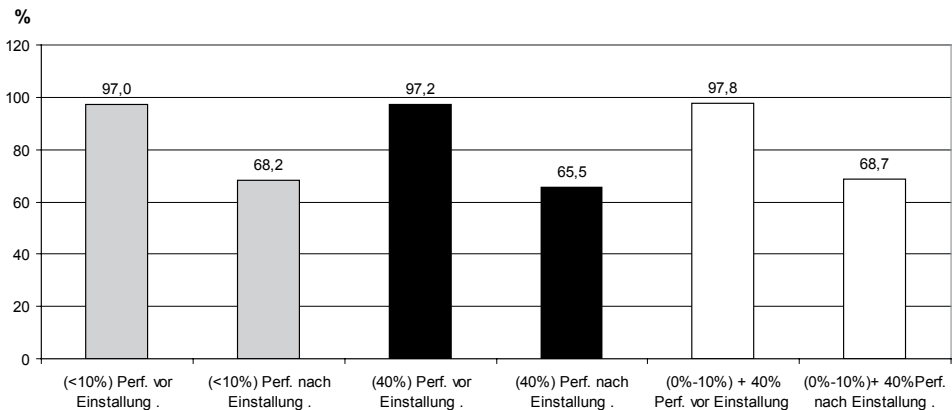


Abb.1: Häufigkeit unverletzter Gesäugekomplexe (%) vor dem Einstallen (Einstalltag) und nach dem Einstallen in den Abferkelbereichen bis zum Ausstallen

Fig. 1: Frequency of sow udder blessures during nursing period

Während sich ein hoher Perforationsgrad positiv auf die Verletzungsfreiheit bei den Sauen auswirkte, verursachte er bei den Ferkeln am Standort Köllitsch verstärkt Schürfwunden an Karpalgelenken und Zitzen. Der Standbereich der Sau ist also auch ein wichtiger Aufenthaltsbereich für die Ferkel. Analog zu den Ergebnissen in der Literatur werden diese Verletzungen besonders in der ersten Säugewoche (PUTZ, 2002) beobachtet und in der Variante B und C signifikant geringer als in der Variante A.

Tab. 2: Schürfwunden an Karpal- und Tarsalgelenken in der ersten Säugewoche (in %)
 Tab. 2: Grazes on carpal- and tarsal joints on first week of nursing period (in %)

	Variante A (10 %)	Variante B (40 %)	Variante C (10 % + 40 %)	p
Anzahl untersuchter Ferkel	1 031	1 117	1 215	
Karpalgelenk links ohne Befund	35,3 ^a	56,0 ^b	41,0 ^c	0,000
Karpalgelenk rechts ohne Befund	35,1 ^a	55,5 ^b	39,9 ^a	0,000
Tarsalgelenk links ohne Befund	93,6	95,8	95,3	0,051
Tarsalgelenk rechts ohne Befund	94,1	95,6	95,2	0,231

Sauen auf einem Boden mit einem Perforationsgrad von durchgängig 40 % (Variante B) lagen weniger in Bauch- und Schräglage und wechselten insgesamt weniger häufig die Körperposition als auf dem Boden mit einem Perforationsgrad von durchgängig 10 % (Variante A), was auf ein entspannteres Liegeverhalten schließen lässt (Tab. 3). Dies begünstigte auch das Saugverhalten, indem diese Sauen ihre Ferkel länger und öfter saugen ließen als in Variante A und C. Sauen auf gering perforiertem Boden (Variante A) verbrachten mehr Zeit im Sitzen als in Variante B und/oder C. Das längere und häufigere Sitzen dieser Tiere war jedoch nicht als Ersatzhandlung für das Stehen infolge stärkerer Gliedmaßen- und Klauenverletzungen erklärbar.

Tab. 3: Einfluss der Fußbodenvariante auf das Aktivitäts- und Ruheverhalten der Sauen zwei Wochen nach der Geburt (in % der Dauer der Beobachtungszeit)

Tab. 3: Resting and activity behaviour of sows two weeks after farrowing

	Variante A (10 %)		Variante B (40 %)		Variante C (10 % + 40 %)		p
	x	s	x	s	x	s	
Anzahl Sauen	21		24		31		
Dauer (% der Beobachtungszeit)							
Liegen gesamt ¹	80,9	7,4	85,2	7,8	85,9	6,6	0,043
Liegen Bauchlage	38,3 ^b	13,9	27,0 ^a	16,0	37,9 ^b	12,9	0,009
Sitzen	4,3 ^b	3,1	1,8 ^a	1,4	2,0 ^a	1,4	0,002
Stehen	14,8	5,2	13,0	7,1	12,1	6,1	0,149
Häufigkeit							
Liegen gesamt ¹	29,8 ^b	14,2	17,5 ^a	5,7	26,0 ^b	12,2	0,001
Liegen Bauchlage	30,5 ^b	11,8	18,0 ^a	6,6	28,7 ^b	9,8	0,000
Sitzen	26,5 ^b	15,5	13,2 ^a	6,3	22,4 ^b	12,0	0,005
Stehen	11,6 ^b	3,3	8,8 ^a	2,9	8,6 ^a	3,7	0,000
Alle Positionen ²	83,6 ^b	28,3	53,6 ^a	15,3	77,9 ^b	27,2	0,000

* Kruskal-Wallis-Test.

^{abc} mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnete Werte unterscheiden sich signifikant, $P \leq 0,05$ (Mann-Whitney-U-Test mit Bonferroni-Anpassung).

¹ alle durch Sitzen oder Stehen unterbrochenen Liegeakte, unabhängig davon, ob die Liegeposition innerhalb des Liegeakts gewechselt wird.

² Summe aus Sitzen, Stehen sowie alle verschiedenen Liegepositionen.

Der geringe Perforationsgrad in Variante A führte zu einer signifikant stärkeren Verschmutzung der Tiere. In Köllitsch war auch der Bodenbereich unter den Hinterbeinen der Sau in Variante A stärker verschmutzt als in anderen Varianten. Ein steigender Schlitzanteil wirkt sich tendenziell bis signifikant negativ auf die körperliche Unversehrtheit der Sauen, aber entsprechend positiv auf die der Ferkel aus.

Somit zeigt sich, dass die technische Ausgestaltung des Fußbodenaufbaus (Material, Bauart der Roste usw., Aufstellungsform etc.) einen größeren Einfluss auf Aspekte des Tierschutzes haben kann als der Perforationsgrad selbst. Er eignet sich nur begrenzt als Parameter zur Bewertung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen.

Literatur

- BAUMGARTNER, J.; VERHOVSEK, D.; TROXLER, J. (2005): Verhalten, haltungsbedingte Schäden und biologische Leistungen von Sauen in drei Typen von Abferkelbuchten, Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, KTBL- Schrift 441, S. 265–273
- LAMPRECHT, J. (1999): Biologische Forschung – Von der Planung bis zur Publikation. Fürth
- MEYER, E.; GSCHWENDER, F.; JAHN, I. (2008): Oberflächentemperaturen von Stallfußböden unterschiedlichen Materials. Landtechnik, 63, S. 168–169
- PUTZ, K. (2002): Haltungsbedingte Verletzungen bei Sauen und Ferkeln in strohlosen Aufstallungen. Diss., Vet.-Med., Wien
- RUETZ, M.; HOY, S. (2007): Mit dem richtigen Fußboden Schürfwunden vorbeugen. DLZ, Heft 2, S. 130–134

Klimauntersuchungen in einem Abferkelstall – Probleme und Lösungen

Climatic investigations in a farrowing house – problems and solutions

CHRISTIANE LOEBSIN, WERNER FRANKE

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

Schlüsselwörter: Schweinehaltung, Abferkelstall, Heizungssysteme, Zonenheizung, Befeuchtungskühlung
Keywords: pig farming, farrowing systems, heating systems, heating of zones, evaporative cooling

Zusammenfassung

In Abferkelställen sind unterschiedliche Temperaturen für die laktierenden Sauen (18–20 °C) und die Saugferkel (von 32 abnehmend auf 20 °C) in gemeinsamen Buchten zu sichern. Dazu werden Zonenheizungen für die Ferkelnester eingesetzt.

Die Untersuchungen wurden produktionsbegleitend in einem Praxisbetrieb mit zwei Abferkelabteilen je 33 Buchten durchgeführt.

Die Heizung der Nester erfolgte von oben mit Warmwasserleitungen in den Abdeckungen. Die Temperaturen in den Nestern entsprachen den Anforderungen. Allerdings heizten die unisolierten Leitungen zu den Nestern den Stallraum unerwünscht auf. Auch von den Nestern strahlte Wärme in Richtung Sauen.

Mit einer Befeuchtungskühlung konnte die Belastung der Sauen durch hohe Temperaturen gesenkt werden. Der Abkühleffekt war in der Stallluft und auf der Haut der Sauen nachweisbar.

Summary

Different temperatures for lactating sows (18–20 °C) and for suckling pigs (from 32 falling to 20 °C) are to ensure for common pens in farrowing houses. In order to achieve the goal heating zones in piglet nests are used. The investigations were carried out during production in an on-farm trial with two farrowing compartments á 33 pens.

Heating of the nests took place from top with warm water pipelines in the cover. Temperatures in the nests correspond to the requirements. However the unisolated pipelines to the nests heated the room of the stable undesired. The heat of the nests radiated toward sows, too.

Load of the sow through high temperatures could be lowered with the help of a fogging system. The cooling effect was provable in the air of the stable and at the skin of the sows.

1 Ziele

Die Klimatisierung von Abferkelställen ist durch die gemeinsame Haltung von Sauen und Ferkeln in einer Bucht besonders kompliziert und bedarf in Praxisbetrieben weiterer Verbesserungen.

Die neue Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung fordert außerdem geeignete Vorrichtungen zur Verminderung der Wärmebelastung der Schweine bei hohen Stalltemperaturen. Die Umsetzung dieser Forderung ist tierschutzrelevant und kann die Tierleistungen verbessern.

Es bestand deshalb das Ziel, die Klimaverhältnisse in einem Abferkelstall zu analysieren, notwendige Veränderungen bei Lüftung und Heizung vorzunehmen sowie diese Modifizierungen in ihrer Wirksamkeit zu bewerten.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen erfolgten produktionsbegleitend in einem modernisierten Abferkelstall mit 66 Abferkelbuchten in zwei Abteilen. In den Stall gelangt die Luft durch deckenseitig angeordnete Lochplatten in den Kopfbereich der Sauen und wird durch zwei Abluftschächte mit Ventilatoren abgesaugt.

Die Warmwasserheizung des Stalles erfolgt mit Twinrohren und die Zonenheizung der Ferkelnester durch Leitungen in den Abdeckungen der Nester.

Während der Bearbeitung wurden Nachrüstungen vorgenommen:

- Abdichtung der Zuluftkanäle und der Außentüren,
- zusätzliche Giebelheizung,
- Befeuchungskühlung.

Da durch ausreichend hohe Luftdurchsätze auch im Winter Schadgaskonzentrationen unter den Grenzwerten erwartet wurden, waren Schwerpunkt der Untersuchungen die Temperaturverhältnisse und zwar

- in den einzelnen Stallbereichen (Verbinder, Stallmitte, Außengiebel),
- in den verschiedenen Buchtenabschnitten (Ferkelnest, Kopfbereich der Sau, über der Sau, Hauttemperatur der Sau),
- bei unterschiedlichen Außentemperaturen (Sommer und Winter).

Die Messungen erfolgten zur Erfassung des zeitlichen Verlaufs mit Datenloggern, teilweise auch ergänzend mit der Luftfeuchte, und zur Charakterisierung von Flächenbereichen mit einer Wärmebildkamera.

3 Ergebnisse

Die Aufteilung des 9,60 m breiten Stalles längs mit abgesetzter Mittelwand und dadurch Anschluss beider Abteile an den Verbinder erwies sich für die Bewirtschaftung vorteilhaft, klimatisch aber ungünstig (Abb. 1).



Abb. 1: Stallansicht

Fig. 1: View into the stable

Von der Verbinderseite in Richtung Giebel fiel die Stalltemperatur deutlich ab (Abb. 2). Durch eine zusätzliche Giebelheizung sowie Abdichtungen der Zuluftkanäle und Türen nach außen konnten diese Winterprobleme reduziert werden.

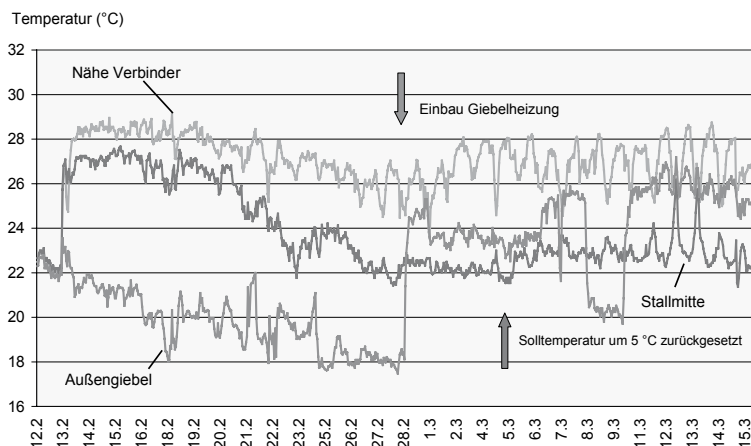


Abb. 2: Temperaturverläufe in verschiedenen Stallbereichen im Winter (Messpunkte über den Sauen)

Fig. 2: Temperature gradients within different stable areas in winter (Measure points above sows)

Die damit realisierte Annäherung der Temperaturen in den einzelnen Stallbereichen war eine wichtige Voraussetzung für gleichmäßige Ferkelnesttemperaturen.

Die Schaltung der Ferkelnester in Reihe mit gegenläufigem Vor- und Rücklauf führt zu einer gleichmäßigen Erwärmung der Ferkelnester eines Heizkreislaufes. Probleme mit hohen Temperaturdifferenzen zwischen den Nestern eines Kreislaufes können mit diesem System minimiert werden (Abb. 3). Allerdings bereitete die Abstimmung zwischen den drei Kreisläufen je Abteil Probleme.

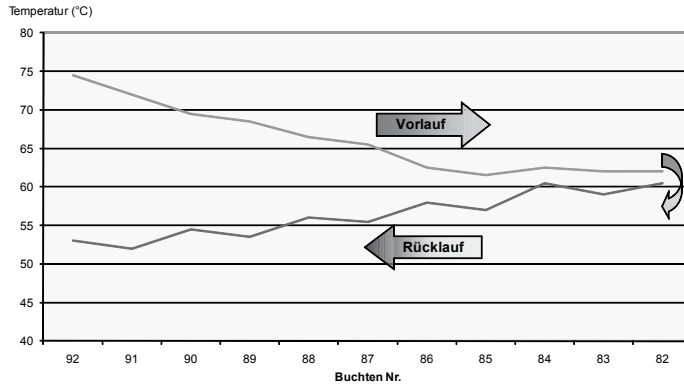


Abb. 3: Temperaturen in einem Heizkreis mit elf Nestern
 Fig. 3: Temperature in a heating circle with eleven nests

Abbildung 4 veranschaulicht den Temperaturverlauf in verschiedenen Buchtenbereichen. Die Ferkelnester erreichten im Winter und Sommer die gewünschten Temperaturen. Besonders bei hohen Außentemperaturen im Sommer wurden über den Sauen Temperaturen gemessen, die weit über den Optimalwerten lagen und damit eine große Belastung für die Tiere darstellen.

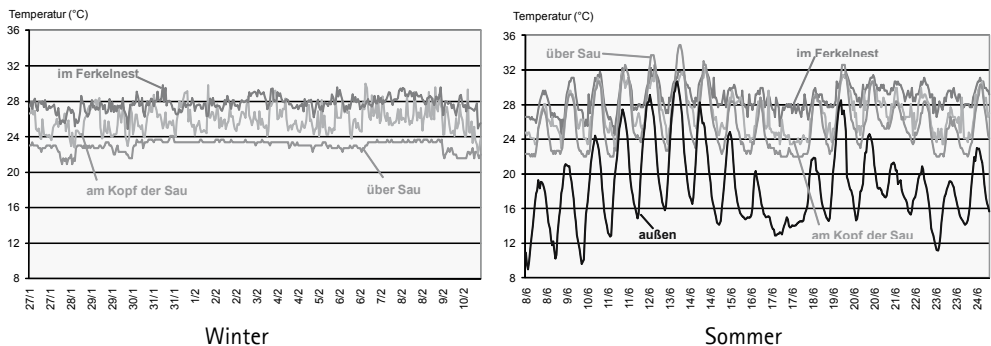


Abb. 4: Temperaturverläufe an mehreren Messpunkten in einer Bucht im Winter und im Sommer
 Fig. 4: Temperature gradients at several measuring points in a pen in winter and summer

Durch Abstrahlung von Wärme aus dem Ferkelnest war es im Kopfbereich der Sauen wärmer als über den Sauen, wie in Abbildung 4 bereits dargestellt. Anhand eines modifizierten Wärmebildes ist die Abstrahlung des Ferkelnestes Richtung Sau deutlich in Abbildung 5 zu erkennen. Durch eine Abschirmung des Ferkelnestes mittels kurzer Plasteflaps an den Heizplatten (etwa 15 cm lang) konnte kein Einfluss auf die Wärmeabgabe zur Sau nachgewiesen werden. Eine Verlängerung dieser Plasteflaps erschien hinsichtlich Übersichtlichkeit, Haltbarkeit und Beeinflussung des Mutter-Kind-Verhaltens problematisch.

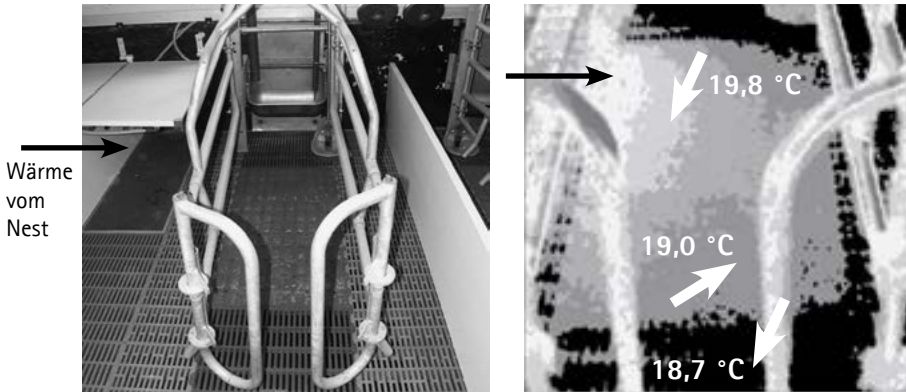


Abb. 5: Wärmeabstrahlung vom Ferkelnest zur Sau – Foto und Wärmebild

Fig. 5: Thermal radiation from piglet nest to sow – photo and thermographic picture

Zusätzlich zur vorhandenen Raumheizung erwärmen die unisolierten Zuleitungen für die Ferkelnestheizungen unerwünscht den Stallraum im Winter wie auch im Sommer und führen zu überhöhten Stalltemperaturen für die Sauen.

Die nachgerüstete Hochdruckbefeuchtungskühlung erbrachte eine messbare Absenkung der Stalllufttemperatur. Durch den Einsatz dieser relativ preiswerten Lösung konnten insbesondere die Temperaturspitzen gekappt werden (Abb. 6).

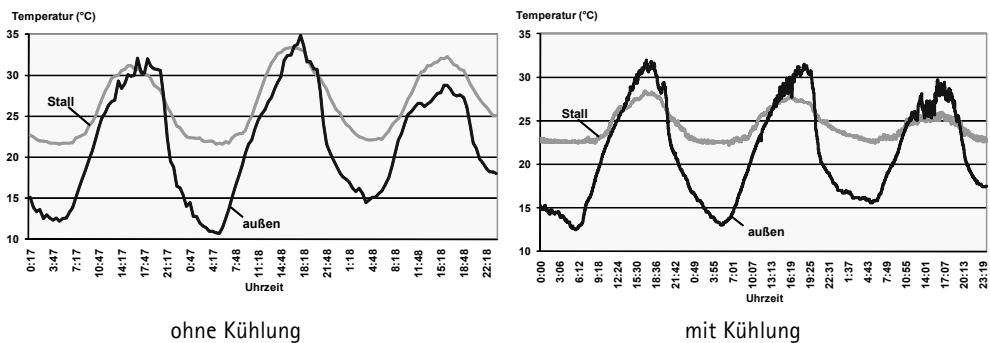


Abb. 6: Temperaturverlauf ohne und mit Kühlung

Fig. 6: Temperature gradients without and with cooling

Mittels Wärmebildkamera konnte der Abkühleffekt auf der Haut der Sauen nachgewiesen werden (Abb. 7).

Die Funktionssicherheit der Befeuchtungskühlung ist insbesondere durch Verstopfungen der Düsen beeinträchtigt, die aber durch regelmäßige Kontrollen und einfache Handgriffe behoben werden können.

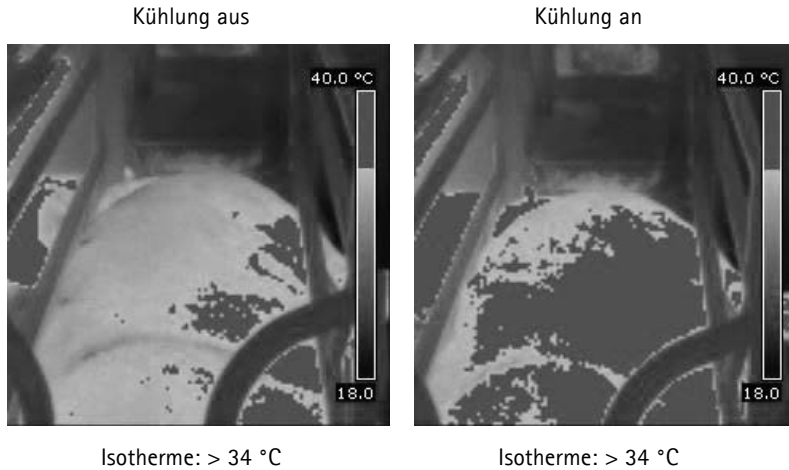


Abb. 7: Hauttemperatur einer Sau ohne und mit Kühlung
 Fig. 7: Skin temperature of a sow without and with cooling

Insgesamt sind die untersuchten Lösungen zur Lüftung, Heizung und Kühlung im Abferkelstall geeignet, aber noch zu optimieren. Die Stalltemperatur muss im Interesse des Wohlbefindens der Sauen reduziert werden. Hierzu können isolierte Heizleitungen zu den Nestern und ihre verbesserte Abschirmung beitragen.

Literatur

- RUDOWSKY, A. et al. (1999): 18 Grad im Abferkelstall reichen aus. dlz 11, S. 124
- FRANKE, W.; LOEBSIN, C.; RÖDER, T. (2006): Gutes Klima für Sau und Ferkel. Bauernzeitung 33, S. 28–29
- FRANKE, W.; LOEBSIN, C.; RÖDER, G. (2008): Klimaspagat im Abferkelstall. Bauernzeitung 24, S. 34–35
- LOEBSIN, C.; FRANKE, W.; RÖDER, T. (2007): Kühl und warm in einer Bucht. Bauernzeitung 8, S. 28–29

Ergebnisse zur Schwachstellenanalyse für die Bereiche Haltung und Management in Liegeboxenlaufställen im Rahmen des Projektes „Cows and more“

Results of weak-point analysis of husbandry and management in free stalls from project “Cows and more”

KATHARINA DAHLHOFF¹, ANDREAS PELZER¹, HORST CIELEJEWSKI², WOLFGANG BÜSCHER³, OTTO KAUFMANN⁴

¹ Landwirtschaftskammer NRW, Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, 59505 Bad Sassendorf

² Landwirtschaftskammer NRW, Referat 24 Energie, Bauen, Technik, 48147 Münster

³ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, 53115 Bonn

⁴ Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Nutztierwissenschaften, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Milchviehhaltung, Schwachstellenanalyse, Haltung, Management, Liegeboxen, Liegeverhalten, Verschmutzung, Verletzungen

Keywords: dairy cows, weak-point analysis, husbandry systems, management, cubicles, laying behaviour, cow soiling, injuries

Zusammenfassung

Ziel des Projektes „Cows and more“ ist die Entwicklung eines Expertensystems, mit dem es möglich ist, anhand von tierbezogenen Kriterien Schwachstellen in Haltung und Management in Liegeboxenlaufställen aufzudecken. Dabei basiert die Schwachstellenanalyse sowohl auf dem Vergleich des Einzelbetriebes mit definierten Zielwerten und Vergleichswerten eines Datenpools, als auch auf der Nutzung von errechneten Zusammenhängen zwischen Tier, Haltungsumwelt und Management.

Zwecks Erstellung des umfassenden Datenpools wurden in 66 Liegeboxenlaufställen in NRW tierbezogene Kriterien, bauliche Aspekte sowie Funktionsmaße der Haltungsumwelt und Managementabläufe erfasst. Im Rahmen der statistischen Auswertung konnten haltungs- und managementbedingte Einflussfaktoren auf das Verhalten und die Erscheinung der Kühe herausgestellt werden.

Summary

The intention of project “Cows and more” is to develop a knowledge-based system with which it is possible to detect weak-point of husbandry and management in free stalls by means of animal-based criteria. This weak-point analysis bases on the one hand upon comparison with selected targets and reference values and on the other hand upon relations between animal, husbandry and management. To compile a database 66 dairy farms in NRW were investigated. The statistic analysis detected husbandry- and management-based influencing factors on behaviour and habitus of cows.

1 Einführung

Um die Qualität der Haltungsbedingungen auf einzelbetrieblicher Ebene beurteilen zu können, wird in der Literatur eine multifaktorielle Betrachtungsweise (SUNDRUM et al., 1994) aus tierbezogenen, technischen und managementspezifischen Indikatoren empfohlen (BRADE, 2001; KNIERIM, 1998; SMIDT, 1990; u.a.).

Da die produktionstechnische Beratung von Milchviehbetrieben häufig auf bauliche Aspekte und spezielle Funktionsmaße abzielt, hat die Landwirtschaftskammer NRW unter dem Namen „Cows and more“ eine systematische und objektive Schwachstellenanalyse für die Bereiche Haltung und Management in Liegeboxenlaufställen entwickelt, die vor allem auf tierbezogenen Indikatoren basiert und eine standardisierte Bewertung der Haltungsbedingungen ermöglicht.

2 Material und Methoden

Mithilfe eines Erfassungssystems werden ausgewählte Verhaltens- und Erscheinungsparameter sowie umfassende bautechnische und managementspezifische Kriterien systematisch und objektiv erfasst. Die auf diese Weise gewonnenen Daten werden in eine Datenbank eingegeben und stehen als Datenpool zur Verfügung.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, beinhaltet die Schwachstellenanalyse den Vergleich der Ergebnisse des untersuchten Betriebes mit definierten Ziel-, Richt- und Grenzwerten sowie mit aus dem Datenpool generierten Vergleichswerten. Zudem werden haltungs- und managementbedingte Einflüsse auf die Kühe aufgezeigt. Um hierzu gesicherte Aussagen zu erhalten, wurden die vorhandenen Daten statistisch ausgewertet und Zusammenhänge zwischen Tierverhalten und -erscheinung, Haltungsumwelt und Management nachgewiesen.

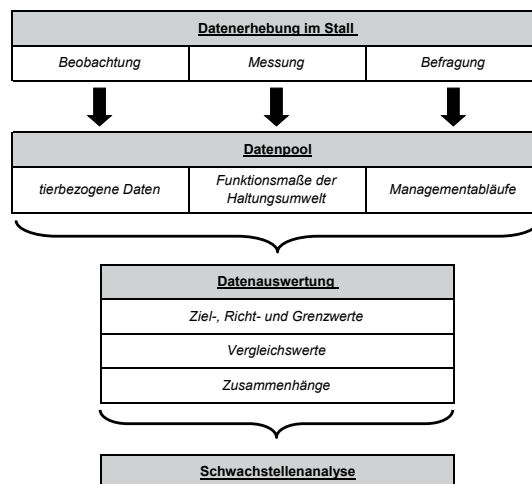


Abb. 1: Arbeitsschritte und Inhalte für die Schwachstellenanalyse

Fig. 1: Procedures and contents for weak-point analysis

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 66 Liegeboxenlaufställe mit durchschnittlich 80 Milchkühen in Nordrhein-Westfalen untersucht (vgl. PELZER et al., 2007). Der Erhebungsumfang belief sich bei den tierbezogenen Kriterien auf 578 bonitierte Abliegevorgänge und 2 398 bonitierte Liegepositionen. Des Weiteren wurden insgesamt 1 351 Kühe in Bezug auf Verschmutzungen und Verletzungen untersucht.

Im Folgenden sollen einige ausgewählte Ergebnisse zu den Kriterien Abliegedauer, Aufenthaltsort, Liegepositionen, Verschmutzung und Verletzungen der Kühe vorgestellt werden.

Abliegedauer

In Liegeboxenlaufställen kann es durch eine suboptimale Boxengestaltung zu Beeinträchtigungen der Tiere beim Abliegen und somit auch zu einer verzögerten Abliegedauer kommen (HÖRNING, 2003). Abgeleitet von Literaturangaben (BOCKISCH, 1990; KROHN u. MUNKSGAARD, 1993; HÖRNING, 2003; u.a.) und eigenen Untersuchungen (vgl. PELZER u. ANNEKEN, 2007) wird der Zielwert für die Abliegedauer (einschließlich Abliegevorbereitung) auf < 30 Sekunden festgelegt.

In den untersuchten Betrieben legten sich durchschnittlich nur 41 % der Kühe innerhalb der ersten 30 Sekunden nach dem Betreten der Liegebox ab. Wie Abbildung 2 zeigt, konnte ein im Rahmen der Datensichtung vermuteter Einfluss der Nackenriegelhöhe mittels Varianzanalyse bestätigt werden ($p < 0,05$).

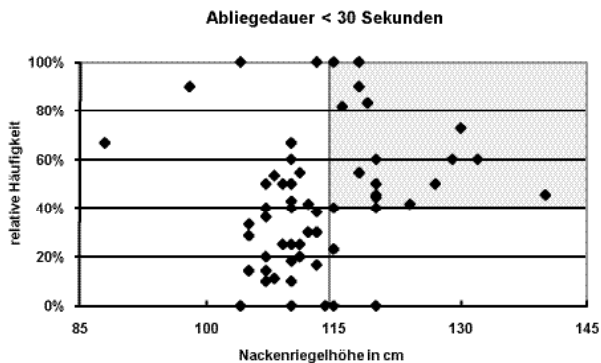


Abb. 2: Häufigkeit der Abliegedauer unter 30 Sekunden in Abhängigkeit von der Nackenriegelhöhe
 Fig. 2: Frequency of duration of laying down until 30 seconds subject to level of neck-rail

Aufenthaltort

Da sich der überwiegende Teil der Kühe nach der Hauptfutteraufnahme liegend in den Boxen befinden sollte (HERRMANN und REUBOLD, 2002), kann der Anteil in den Boxen stehender Kühe auf Schwachstellen innerhalb dieses Funktionsbereiches hindeuten.

Bei der Auswertung des Aufenthaltsortes der Kühe drei Stunden nach der Fütterung fiel auf, dass bei einem durchschnittlichen Anteil von 54 % liegender Tiere gleichzeitig fast 12 % der Kühe mit zwei oder vier Beinen in den Liegeboxen stehend vorgefunden

wurden. In der Varianzanalyse wurden die Funktionsmaße Höhe und horizontaler Abstand des Nackenriegels zur Kotstufe als Einflussfaktoren auf das Stehen in der Liegebox herausgestellt. Dabei wird die Häufigkeit des Stehens mit zwei Beinen in der Box durch den Abstand ($p < 0,01$), und die Häufigkeit des Stehens mit vier Beinen in der Box sowohl durch die Höhe ($p < 0,05$) als auch den Abstand des Nackenriegels ($p < 0,01$) beeinflusst. In beiden Fällen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Nackenriegelabständen < 160 cm und > 170 cm nachgewiesen werden (Abb. 3).

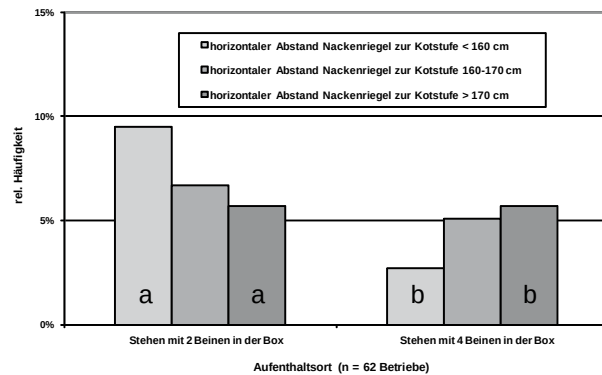


Abb. 3: Häufigkeit des Stehens mit 2 bzw. 4 Beinen in der Liegebox bei verschiedenen Nackenriegelabständen

Fig. 3: Frequency of standing with 2 or 4 legs in cubicle with several distances of neck-rail

Liegepositionen

Durch eine unzureichende Boxengestaltung bezüglich Dimensionierung und Liegeflächenqualität können Beeinträchtigungen der Tiere nicht nur beim Abliegen und Aufstehen, sondern auch bei der Einnahme unterschiedlicher Liegepositionen hervorgerufen werden (HÖRNING, 2003).

In den untersuchten Betrieben wurde die Liegeposition Brustlage mit einem mittleren Anteil von 70,1 % am häufigsten von den Kühen eingenommen. Des Weiteren lagen durchschnittlich 22,4 % der Tiere bei der Bonitierung mit gestreckten Hinterbeinen, während Vorderbeinstreckungen nur zu 4,3 % beobachtet werden konnten. Im Rahmen der Datensichtung wurde ein Zusammenhang zwischen der Gestaltung der Bugbegrenzung und dem Auftreten von Vorderbeinstreckungen vermutet. Die beobachteten Unterschiede wurden in der Varianzanalyse zwar nicht als signifikant bestätigt, dagegen konnte aber ein Zusammenhang zur effektiven Liegeflächenlänge nachgewiesen ($p < 0,05$) werden, sodass in Boxen mit längeren Liegeflächen (≥ 180 cm) ein durchschnittlich höherer Anteil an Vorderbeinstreckungen zu beobachten war.

Verletzungen

Laut WINCKLER et al. (2003) können Verletzungen als wichtige Indikatoren für den Gesundheitsstatus der Herde sowie die Qualität der Haltungsbedingungen angesehen werden.

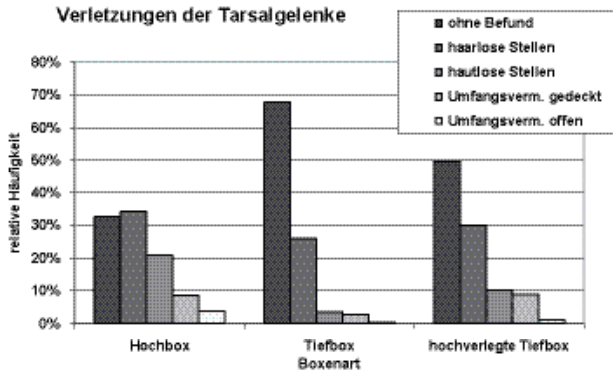


Abb. 4: Häufigkeit der Verletzungen der Tarsalgelenke innerhalb der Boxensysteme
 Fig. 4: Frequency of hock lesions between cubicle-systems

In der Untersuchung waren das Karpal- und Tarsalgelenk sowie die Wirbelsäule die am häufigsten verletzten Körperregionen. Während rund 13 % der bonitierten Wirbelsäulen und 22 % der Karpalgelenke Befunde aufwiesen, wurden bei den Tarsalgelenken in 53 % der Fälle Auffälligkeiten festgestellt.

Wie Abbildung 4 zeigt, sind die Verletzungsgrade der bonitierten Tarsalgelenke bei den einzelnen Boxenarten unterschiedlich verteilt. So wurden bei in Hochboxen gehaltenen Tieren häufiger stärkere Verletzungen wie hautlose Stellen und Umfangsvermehrungen bonitiert. Dagegen wurden die Tarsalgelenke von Tieren aus Tiefboxensystemen im Vergleich am häufigsten als befundfrei eingestuft und auch Umfangsvermehrungen traten selten auf. Gemäß diesen Beobachtungen wurde in der Kontingenzanalyse ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Verletzungen des Tarsalgelenks und dem Boxensystem festgestellt.

Verschmutzung der Kühe

Der für das Projekt entwickelte sechsstufige Hygienescore (vgl. PELZER et al., 2007) berücksichtigt neben starken und dauerhaften Verschmutzungen mit negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit auch Verfärbungen des Fells, die bereits auf Schwachstellen im Hygienemanagement hinweisen können.

In der Untersuchung wiesen die Körperregionen Schwanzquast (3,6) und Unterbein (3,4) durchschnittlich die stärksten Verschmutzungen auf. Im Rahmen einer Kontingenzanalyse konnte eine Abhängigkeit der Verschmutzung des Schwanzquastes zur Boxenart ($p < 0,001$) ermittelt werden. So hatten in Hochboxen aufgestallte Tiere höhere Verschmutzungsgrade des Quastes zu verzeichnen als diejenigen, die in Tiefboxen oder hochverlegten Tiefboxen gehalten wurden. Des Weiteren wurde signifikant nachgewiesen, dass Betriebe mit einer Liegeflächenlänge von ≥ 180 cm im Mittel geringere Verschmutzungen des Schwanzquastes aufwiesen als Betriebe mit kürzeren Liegeflächen ($p = 0,001$). Zudem konnte im Hinblick auf die Verschmutzung des Unterbeins eine signifikante Abhängigkeit zur Laufflächengestaltung ($p < 0,001$) festgestellt werden, da auf planbefestigten Böden im Mittel stärkere Unterbeinverschmutzungen zu beobachten waren als auf Laufflächen mit Spaltenböden.

4 Diskussion

Innerhalb des Liegeboxenlaufstalles kommt dem Funktionsbereich Liegen eine besondere Bedeutung zu, da sich Milchkühe in der Regel zwischen sieben und zwölf Stunden am Tag in den Liegeboxen aufhalten (HILLMANN, 2008). Um den Tieren ein komfortables Liegen zu ermöglichen, ist die tiergerechte Ausgestaltung des Bereiches von großer Wichtigkeit. Hierbei kommt es vor allem auf die Dimensionierung der Boxen (PELZER, 2004) und die Liegeflächenqualität (TUCKER, 2003) an. Um das Tier beim Liegen zu lenken, sind die Boxen mit den Steuerungselementen Nackenriegel, Bugbegrenzung und Seitenabtrennung ausgestattet.

Wie die Ergebnisse im Projekt „Cows and more“ zeigen, hat vor allem die Position des Nackenriegels Einfluss auf das Verhalten der Tiere. Das schnelle Abliegen in Betrieben mit höher installierten Nackenriegeln kann mit der Tatsache erklärt werden, dass dieser der Positionierung des stehenden Tieres dient und somit die Ausgangsposition für den Abliegevorgang vorgibt. Durch den größeren Freiraum im Bereich des Widerrists kann das Tier besser in die Box eintreten und sich somit auch ungezwungener ablegen. Dieselbe Argumentation gilt auch für mit zwei oder vier Beinen in der Box stehende Kühe. Hierbei spielt neben der installierten Höhe zudem auch der horizontale Abstand des Nackenriegels zur Kotstufe eine wichtige Rolle für die Akzeptanz der Box (vgl. PELZER et al., 2005). Durch eine enge Positionierung des Nackenriegels, in der Untersuchung wurden durchschnittlich 113 cm Höhe und 162 cm Abstand gemessen, wird das vollständige Betreten der Box erschwert und dadurch das Verhalten beeinträchtigt.

Neben diesen Anforderungen muss der Funktionsbereich Liegen aber auch unterschiedliche Liegepositionen der Tiere ermöglichen. Dabei braucht vor allem die zur Entspannung der Gelenke eingenommene Vorderbeinstreckung mehr Platz nach vorne (HÖRNING, 2003). So wird die Häufigkeit dieser Liegeposition durch die effektive Liegeflächenlänge der Box bestimmt, die teilweise durch das Steuerungselement Bugbegrenzung vorgegeben wird.

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass vor allem die Gliedmaßengelenke von Verletzungen betroffen sind. Diese können sich die Tiere bei einer suboptimalen Gestaltung des Liegebereiches zuziehen (vgl. WINCKLER, 2005). In der Untersuchung wurden in Hochboxensystemen mehr und schwerere Verletzungen der Tarsalgelenke festgestellt als bei den Einstreuvarianten. Dieses könnte zum einen daran liegen, dass organische Strohmattmatratzen aufgrund ihrer Konsistenz eine gewisse Weichheit und Elastizität bieten (BUCHWALDER, 1999), die die Belastung beim Aufkommen der Gelenke genügend abpuffert und Reibungseffekte bei Liegebewegungen vermindert. Zum anderen könnten für das schlechtere Abschneiden der Hochboxen das durchschnittlich sehr hohe Alter der Beläge von neun Jahren und die dadurch reduzierte Weichheit (vgl. BUCHWALDER et al., 2000; REUBOLD, 2002) sowie das teilweise ungenügende Einstreumanagement und die dadurch vermehrte Kondensatbildung verantwortlich sein. Es sei hier deutlich darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse nicht dazu verleiten sollen, eine allgemeine Bevorzugung eines Boxensystems vorzunehmen; vielmehr hängt es stark vom Management des Betriebes ab (WINCKLER, 2003), ob die Vorteile des Boxensystems realisiert werden können.

Bezüglich des Habitus können neben den Verletzungen auch Verschmutzungen unterschiedlicher Körperregionen auf Defizite im Management hinweisen. Eine hohe Verschmutzung des Schwanzquastes kann auf eine verstärkte Kot- und Harnverunreinigung der Laufflächen zurückzuführen sein. Da in Tiefboxen eine Einstreuschwelle vorhanden ist, ziehen die Tiere den Schwanz ein. In der Hochbox sowie bei kurzen Liegeflächen sind dagegen häufiger aus der Box hängende Quaste zu beobachten, wodurch es zu stärkeren Verschmutzungen kommt (PELZER et al., 2007). Weiterhin lassen sich die stärkeren Unterbeinverschmutzungen auf planbefestigten Laufflächen durch ein möglicherweise hohes Aufschieben der Gülle in Folge eines unzureichenden Schiebereinsatzes und durch den Selbstreinigungseffekt des Spaltenboden erklären.

5 Fazit

Im Rahmen der Auswertung des Datenpools im Projekt „Cows and more“ konnten Zusammenhänge zwischen Tierverhalten und -erscheinung, Haltungsumwelt und Management festgestellt werden. Dabei kommt der Betrachtung des Funktionsbereiches Liegen eine große Bedeutung zu, da dieser bei suboptimaler Gestaltung zu verschiedenen Beeinträchtigungen der Tiere führen kann. Als Einflussfaktoren auf das Liege- und Stehverhalten in der Box wurden unter anderem die Nackenriegelpositionierung sowie die Dimensionierung der Liegefläche nachgewiesen. Die Verletzungen der Gliedmaßengelenke und bestimmte Verschmutzungen der Tiere weisen ebenfalls auf einen Einfluss der Liegeboxengestaltung hin.

Zur weiteren Absicherung der aus dem Datenpool errechneten Zusammenhänge und zur Verifizierung der in der Schwachstellenanalyse verwendeten Ziel-, Richt- und Grenzwerte werden im Rahmen des Projektes „Cows and more“ weitergehende Untersuchungen durchgeführt.

Verfahrenstechnik der Mutterkuhhaltung in Deutschland

Key features of beef-suckler farming in Germany

BERNHARD HÖRNING¹, MARTINA FEIGE¹, JULIA DOLLINGER¹, WILFRIED HARTMANN²

¹ Fachhochschule Eberswalde, Fachgebiet Ökologische Tierhaltung, Friedrich-Ebert-Str. 28, 16225 Eberswalde

² Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt

Schlüsselwörter: Produktionsverfahren, Haltung, Futter- und Weidemanagement

Keywords: production systems, husbandry systems, feeding, pasture management

Zusammenfassung

Um aktuelle Kenndaten zur Produktionstechnik der Mutterkuhhaltung in Deutschland zu erhalten, wurde eine Befragung von Mutterkuhhaltern durchgeführt (Programm Kalkulationsunterlagen des KTBL). Die Zuchtverbände stellten Adressen zur Verfügung. Es wurden 216 Fragebögen von Mutterkuhhaltern aus ganz Deutschland ausgewertet.

Im Median hielten die Betriebe 15 Mutterkühe (2–460), insgesamt 8049 Kühe. 60 % waren Nebenerwerbsbetriebe. Als Produktionsverfahren erzeugten 22 % der Betriebe Absetzer, 6 % Babybeef, 25 % Ausmasttiere, 12 % Zuchttiere, 36 % verschiedene Kombinationen. 46 % der Betriebe hielten mittelintensive Rassen, 29 % intensive Rassen und 20 % extensive Rassen.

Die meisten Betriebe wirtschafteten sehr extensiv (hohe Grünlandanteile, niedrige Besatzdichten, Bewirtschaftungsauflagen, ein Drittel Biobetriebe). Bei den Haltungsförmungen dominierten die ganzjährige Freilandhaltung und einstreuintensive Laufställe (48 bzw. 37 %).

Summary

A questionnaire was sent out in order to achieve key features of beef-suckler production in Germany. Addresses of farmers were provided by breeding organizations. 212 questionnaires could be evaluated.

Most farmers worked extensively (high percentage of grassland, low stocking densities). One third worked organically. On average 15 beef-suckler cows were kept (2–460). 22 % of farmers sold calves after weaning to other farmers, 6 % slaughtered calves after weaning. 25 % produced fatteners at the farm (slaughter age ca. 2 years) and 12 % produced mainly animals for breeding. One third of farmers had several combinations of these products. 29 % kept intensive breeds (Charolais, Simmental, etc.), 46 medium-intensive breeds (Angus, Hereford, etc.) and 20 extensive breeds (Galloway, Highland, etc.). 46 % kept the cows outdoor during the whole year.

1 Einleitung

Es lagen kaum aktuelle Daten zum Stand der Mutterkuhhaltung in der Praxis vor. Frühere Praxisauswertungen erhoben Daten zur Produktionstechnik in Nordwestdeutschland (BALLIET, 1993) oder in Bayern (KÜFNER, 1996). ROFFEIS et al. (2006) geben einige Informationen zu Brandenburger Mutterkuhherden; HÖRNING et al. (2004) befragten 428 ökologisch wirtschaftende Mutterkuhhalter.

Ziel der vorliegenden Untersuchung im Rahmen des Programms Kalkulationsunterlagen des KTBL war daher, aktuelle Kenndaten durch eine Praxisbefragung zusammenzustellen. Diese sollten Eingang in die Planungsunterlagen des KTBL finden. In einem parallelen Projekt wurden von der FAT in der Schweiz Daten zum Investitions- und Arbeitszeitbedarf erhoben (vgl. SCHRADE et al., 2006).

2 Methodik

Durch eine Befragung der Rassezuchtverbände wurden Anschriften von Praxisbetrieben ermittelt. Für die Befragung wurde die Unterstützung des Bundesverband Deutscher Fleischrinderzüchter und -halter e.V. eingeholt (BDF). Der BDF ist der Dachverband der Mutterkuhhalter in Deutschland. Ihm sind zwölf Landesverbände angeschlossen und 18 Rassedachverbände. Die meisten Zuchtverbände stellten Adressen zur Verfügung oder leiteten die Fragebögen weiter.

Es wurden ca. 650 Fragebögen versandt (Umfang fünf Seiten). Ferner erfolgten Aufrufe in der landwirtschaftlichen Fachpresse. Die Betriebe konnten den Fragebogen auch online auf der Homepage der Fachhochschule ausfüllen.

Insgesamt gingen 216 auswertbare Fragebögen ein. Diese wurden mit dem Statistikprogramm SPSS ausgewertet.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Kenndaten

Die meisten Betriebe begannen Anfang der 1990-er Jahre mit der Mutterkuhhaltung; 41 % der Betriebe hielten vorher Milchkühe. Die Betriebe bewirtschafteten im Median 35 ha und hielten im Median 15 Mutterkühe (2–460). Insgesamt gaben 206 Betriebe 8.049 Mutterkühe an. 60 % der Betriebe wirtschaftete im Nebenerwerb.

Viele Betriebe wiesen eine **extensive Bewirtschaftung** auf. Die Hälfte der Betriebe waren reine Grünlandbetriebe (i. d. R. Dauergrünland). Im Mittel wurden 39 Bodenpunkte erzielt. 39 % der Betriebe hatten Auflagen für die Grünlandbewirtschaftung und 43 % führten Landschaftspflegemaßnahmen durch. Im Median wurden 0,5 Kühe je ha Nutzfläche gehalten. 34 % der Betriebe wirtschafteten ökologisch.

Als Endprodukte (**Produktionsverfahren**) erzeugten 22 % der Betriebe vor allem Absetzer, 6 % Babybeef, 25 % Ausmasttiere und 12 % Zuchttiere, 36 % hatten Kombinationen der vorgenannten Produktionsverfahren. Andere Tierarten werden nur in geringem Umfang gehalten.

46 % hielten mittelintensive Rassen (Angus, Hereford etc.), 29 % intensive Rassen (Charolais, Fleckvieh etc.) und 20 % extensive Rassen (Galloway, Highland etc.). Kreuzungen waren vor allem in größeren Betrieben Ostdeutschlands festzustellen. Die mittleren Herdengrößen stiegen mit der Rassenintensität an.

Nur die Hälfte der Betriebe setzte künstliche Besamung ein, i. d. R. auch nur bei einem kleinen Teil der Herde, vermutlich aus arbeitswirtschaftlichen Gründen (vgl. DIENER et al., 1996; KLARER, 2003).

Am häufigsten waren eine ganzjährig verteilte **Abkalbung** (vor allem in größeren Betrieben) anzutreffen sowie die Frühjahrsabkalbung (vor allem bei Freilandhaltung). Abkalbungen im Freien führten 41 % der Betriebe durch, Abkalbungen im Stall 31 % (übrige Kombinationen).

3.2 Haltungsfaktoren

Als **Dungart** wurden 143-mal Festmist (84 %), 12-mal Flüssigmist (7 %) und 15-mal Kombinationen (9 %) genannt. Auch etliche Betriebe mit Freilandhaltung (n = 37) gaben Festmist an, vermutlich für die Liegematratzen im Winterhalbjahr. 87 % der Tieflaufstallbetriebe gaben Festmist an, was z. B. mit Einraumlaufställen erklärt werden könnte. Flüssigmist wurde vor allem von den Boxenlaufstallbetrieben genannt (67 % dieser Betriebe). Hingegen hatten die Anbindestallbetriebe zu 89 % Festmist. Beides könnte mit der Nutzung ehemaliger Milchviehställe erklärt werden.

48 % der Betriebe nannten als **Haltungssystem** ganzjährige Freilandhaltung, 21 % Tieflaufställe, 16 % Tretmistställe, 8 % Liegeboxen und 7 % Anbindehaltung. Insgesamt waren die Unterschiede zwischen den Regionen gering. Freilandhaltung war etwas seltener in Süddeutschland (28 %), dafür Tieflauf- und Tretmistställe häufiger. Offensichtlich hat sich die ganzjährige Freilandhaltung in der Praxis bewährt, entsprechende Empfehlungen liegen vor (HOCHBERG u. DYCKMANN, 2002; KTBL, 2002). Eingestreute Haltungssysteme mit Festmisterzeugung herrschen vor (vgl. KÜFNER et al., 1993). Dies wurde auch in früheren Praxisauswertungen festgestellt (BALLIET, 1993; KÜFNER, 1996; HÖRNING et al., 2004; ROFFEIS et al., 2006).

Die **Bestandsgrößen** waren am kleinsten bei Freilandhaltung, gefolgt von Anbindehaltung und Tretmistställen, und am größten bei Tieflauf- oder Boxenlaufställen und Betrieben mit mehreren Systemen. Extensive Rassen wurden am häufigsten in Freilandhaltung gehalten (Nordwest), intensive Rassen hingegen ganz überwiegend in Stallhaltung. Mehrere Haltungssysteme gab es am häufigsten bei Kreuzungen.

59 Betriebe nannten Einstreumengen je Tier und Tag (gefragt war nach errechneten Werten, d. h. keine Schätzungen). Der **Strohbedarf** wurde für die ganzjährige Freilandhaltung mit im Median 3,5 kg Stroh je Kuh und Tag angegeben (n = 12), für Tieflaufställe mit 7 kg (n = 17), Tretmistställe mit 6 kg (n = 10), Boxenlaufställe mit 3,5 kg (n = 5). Betriebe mit Freilandhaltung streuen i. d. R. im Winter eine Liegefläche an einer geschützten Stelle ein.

81 % der Betriebe mit Stallhaltung hatten einen separaten Kälberschlupf (vor allem bei Herbst- und Winterkalbung).

24 % der Herden waren **behornt**, 11 % enthornt, 43 % genetisch hornlos (übrige Kombinationen). In den meisten Fällen war entweder die ganze Herde behornt oder enthornt.

3.3 Futter- und Weidemanagement

Die Betriebe wurden gebeten, eine typische Winterfütterration zu nennen (in % der Komponenten unter Beachtung von Frisch- oder Trockenmasse). 145 Betriebe nannten **Futterkomponenten** für die Mutterkühe. Von den Grundfutterkomponenten wurde Grassilage insgesamt 108-mal genannt (75 % der Betriebe), Heu 107-mal (74 %), Stroh 39-mal (27 %) und Maissilage 17-mal (12 %). Kraftfutter wurde auf den meisten Betrieben gar nicht eingesetzt (nur 13 %), und wenn nur in geringem Umfang (1,45 kg je Kuh und Tag, Median 1,4, SD 0,74, Spanne 0,4–3,0). Nur wenige Betriebe nannten die Anteile der einzelnen Komponenten. Dies lässt darauf schließen, dass keine gezielte Futterplanung durchgeführt wird.

Fast alle Betriebe hatten Weidegang. 63 % führten als **Weideform** Umtriebsweide durch, 19 % Standweide, die übrigen gaben Kombinationen an. Standweide war im Nordwesten häufiger und im Osten seltener, dafür im Osten die Kombination aus Stand- und Umtriebsweiden häufiger. Die Niederschläge waren höher bei Betrieben mit Standweide als bei solchen mit Umtriebsweide (in allen Regionen), dafür war die Höhenlage niedriger (in Ost und Süd). Der Anteil der Standweiden nahm mit der Rassenintensität leicht ab.

Erwartungsgemäß stieg die Anzahl **Weideparzellen** über Standweide zu Umtriebsweide an, die Kombinationen lagen dazwischen (Median 7, 10, 8). Bei der Größe der Weideparzellen war es im Median ähnlich.

Die **Dauer des Weidegangs** beträgt für die Mutterkühe im Mittel 6,8 Monate. Er beginnt zumeist zwischen Anfang und Ende April und endet zwischen Anfang November und Anfang Dezember. Offensichtlich bestanden keine Einflüsse auf den Weidegang (Region, Rasseintensität, Herdengröße, etc.).

Es wurde nach **Schutzmöglichkeiten** auf der Weide gefragt (als Beispiele waren genannt Bäume, Hecken, Strohhallen, Unterstände). 87 % der Betriebe gaben Schutzmöglichkeiten auf der Weide an (79 % Bäume, 12 % Wald, 67 % Hecken, 42 % Hütten/Unterstände, 6 % Strohhallen). 80 % der Betriebe hatten Kombinationen aus mehreren Schutzmöglichkeiten (vermutlich auf verschiedenen Weiden). Bei den Schutzmöglichkeiten gab es keine Unterschiede zwischen Umtriebs- oder Standweide.

66 % der Betriebe gaben nur eine Form der **Tränkeversorgung** auf der Weide und 34 % nannten Kombinationen (vermutlich auf verschiedenen Weideparzellen). Insgesamt wurden Wasserleitungen von 29,3 % der Betriebe genannt, Wasserfass von 54,0 %, Weidepumpen von 18,7 %, Fließgewässer von 28,3 %, stehendes Gewässer von 8,6 %. Wiederum gab es wenig Unterschiede zwischen Umtriebs- oder Standweiden.

4 Schlüsse

Insgesamt stellt sich die Mutterkuhhaltung in Deutschland als ein sehr extensives Verfahren dar. Trotz der geringen Durchschnittsbestände und des extensiven Charakters ist die Mutterkuhhaltung das dominierende Produktionsverfahren in den befragten Betrieben. Andere Tierarten in nennenswertem Umfang werden kaum gehalten. Es bestanden kaum Unterschiede zwischen konventionellen und ökologischen Betrieben. Die Verfahrenstechnik unterscheidet sich deutlich von der Milchviehhaltung. Es herr-

schen einfache eingestreute Haltungssysteme vor. Aus den Ergebnissen wurden verschiedene Modellbetriebe abgeleitet, welche künftig in die Datenbanken des KTBL einfließen sollen.

Literatur

- BALLIET, U. (1993): Produktionstechnische Analyse extensiver tiergebundener Grünlandnutzungssysteme in der Bundesrepublik Deutschland. Diss. agr., Göttingen
- DIENER, K.; KLEMM, R.; SACHER M.; HEILMANN, K. (1996): Mutterkuhhaltung – wo stecken die Reserven beim Arbeitsaufwand? top agrar Spezial (5) S. 8–11
- HOCHBERG, H.; DYCKMANN, A. (2002): Tiergerechte und umweltverträgliche Freilandhaltung von Fleischrindern im Winter. (Schriftenreihe 2/2002), Deutscher Grünlandverband, Berlin, 70 S.
- HÖRNING, B. (2007): Grunddaten und Arbeitszeitbedarfswerte für die Mutterkuhhaltung – Teilprojekt Grunddaten. Abschlussbericht, Projekt im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogramms Kalkulationsunterlagen 2006 (Kennziffer: 4e a 06), FH Eberswalde, 227 S.
- HÖRNING, B.; SIMANTKE, C.; AUBEL, E. (2004): Ökologische Milch- und Rindfleischproduktion: Struktur, Entwicklung, Probleme, politischer Handlungsbedarf. Forschungsprojekt im Bundesprogramm Ökologischer Landbau (Nr. 020E348), Abschlussbericht, Univ. GH Kassel, Witzenhausen, 240 S.
- KLARER, F. (2003): Betreuungsmaßnahmen bei Mutterkühen – eine Situationsanalyse auf Schweizer Betrieben. Univ. Zürich, Diss. vet.-med.
- KTBL (2002): Ganzjährige Freilandhaltung von Fleischrindern. (KTBL-Schrift 409), KTBL, Darmstadt, 103 S.
- KÜFNER, J. (1996): Analyse und Bewertung unterschiedlicher Stallsysteme in der Mutterkuhhaltung unter besonderer Berücksichtigung der Tiergerechtigkeit und der Arbeitswirtschaft sowie eine bauökonomische Bewertung geeigneter Stallsysteme. Univ. GH Kassel, Diss. agr., Witzenhausen
- KÜFNER, J.; NÜRNBERGER, W.; JULI, R.; HAMMER, K. (1993): Ställe für Mutterkuhhaltung. (ALB-Arbeitsbl.; 02.07.01) dlz 44 (5) S. 89–93
- ROFFEIS, M.; FREIER, E.; MÜNCH, K.; RUNNWERTH, G. (2006): Untersuchungen zu Produktionsvoraussetzungen und Leistungen in Brandenburger Mutterkuhbeständen. Abschlussbericht, Gross Kreutz (Schr.-R. Landesamt Verbraucherschutz, Landwirtschaft, Flurneuordnung, Reihe Landwirtschaft, Band 7, H. 6), LVLF, Frankfurt/Oder, 40 S.
- SCHRADE, S.; KECK, M.; SCHICK, M.; GAZZARIN, C. (2006): Mutterkuhhaltung – Investitionsbedarf und Arbeitswirtschaft. (FAT-Berichte; 654) Agroscope FAT Tänikon, Ettenhausen (CH), 12 S.

Water intake in suckler cows shortly before and after separation from the calf

Wasseraufnahme von Mutterkühen kurz vor und nach der Trennung vom Kalb

JULIANA MACÍHOVÁ, CHRISTINA JAIS, PETER OPPERMANN

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Prof.-Dürwächter-Platz 2, 95586 Poing

Keywords: water intake, suckler cows, calf rearing
Schlüsselwörter: Wasseraufnahme, Mutterkühe, Kalb

Summary

The aim of this study was to evaluate the water intake of suckler cows shortly before and after separation from the calf. Therefore, the water intake of German Simmental and German Yellow suckler cows (altogether $n = 21$) was evaluated before separation (day - 14 to - 2), on the day of separation (day 0) and after separation (day 2 to 14) from the calf. The separation from the calf seems to be a stressful situation for the cows. The water intake was reduced already on the day of separation, although the milk production did not need to be meaningfully affected. The daily water intake of suckler cows was significantly lower after separation from calf than before. From the difference in daily water intake before and after separation from the calf, it can be supposed that suckler cows tested in our study were lactating until separation.

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war es, die Wasseraufnahme von Mutterkühen kurz vor und nach der Trennung vom Kalb zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde die Wasseraufnahme von Mutterkühen der Rassen Fleckvieh und Gelbvieh (insgesamt $n = 21$) im Zeitraum vor der Trennung (Tag - 14 bis - 2), am Tag der Trennung (Tag 0) und im Zeitraum nach der Trennung (Tag 2 bis 14) vom Kalb untersucht. Die Trennung vom Kalb scheint eine Stresssituation für die Kühe zu sein. Bereits am Tag der Trennung war die Wasseraufnahme der Kühe verringert, obwohl die Milchproduktion noch nicht beeinflusst werden sollte. Die tägliche Wasseraufnahme der Mutterkühe war nach der Trennung erheblich niedriger als vor der Trennung. Der deutliche Unterschied in der Wasseraufnahme vor und nach der Trennung vom Kalb kann darauf hindeuten, dass die in dieser Studie getesteten Mutterkühe, zum Zeitpunkt der Trennung vom Kalb noch laktierten.

1 Introduction

In the last years a lot of new electronic sensors were developed and introduced in livestock husbandry to record different parameters with the aim to detect any deviations from normal behaviour and/or performance, health problems and etc. as soon as possible (WENDL, 2008). Also in extensive forms of animal husbandry, e.g. the calf rearing by suckler cows, the automatic recording of some parameters could be an useful tool for the herd management and control of individual animals.

Water is the most important nutrient for cattle. It could be possible that the changes in water intake behaviour could help to identify some health problems (e.g. problems with lactation, metabolic problems) or changes in physiological stage (e.g. forthcoming calving) of the cows. However, whereas the water intake was and is still intensively studied in dairy cattle, less information is available about water intake in suckler cows. Due to lower milk production and metabolic load, it can be supposed that water requirement in suckler cows is lower than in dairy cows in the same stage of lactation. Moreover, it can be expected that suckler cows will consume different levels of water at different physiological states. For example a pregnant or lactating animal could consume more than a nonpregnant, nonlactating (LARDY and STOLTENOW, 1999).

The aim of this study was to evaluate the water intake of suckler cows shortly before and after separation from the calf. Moreover, the aim was to appraise the level of milk production or whether at all the cows were still lactating before separation from the calf from possible changes in water intake behaviour due to separation from the calf.

2 Material and Methods

Therefore, the water intake of German Simmental and German Yellow suckler cows (altogether n=21) was evaluated shortly before separation (day - 14 to - 2), on the



Fig. 1: Individual drinking bowls adjusted for recording of water intake

Abb. 1: Schalentränke angepasst für Registrierung der Wasseraufnahme

day of separation (day 0) and shortly after separation (day 2 to 14) from the calf. The recording of water intake was performed during one winter period. The experimental cows were kept together with their calves, breeding heifers and other suckler cows and calves in two groups of around 44.8 ± 9.6 (mean $\pm$ SD) (German Simmental breed) resp. 35.2 ± 8.0 animals (German Yellow breed) in loose housing system with deep bedding. They had free access to grass silage and hay. The calves were separated from the dams at age of 33 to 52 weeks. All animals were fitted with electronic ear tags (Daisy 530, AGRIDENT®) for individual animal identification. To record the water intake individual drinking bowls (Texas Trading®) fitted with in-line flow meters (BIOTECH®) were used (Fig. 1). At least two of them were installed for both breeds. The maximal volume of the drinking bowl was 1,9 l and the maximal flow rate 11,4 l/min.

Amount of water intake, duration of drinking and time of drinking were recorded in each animal by each visit of drinking bowls (without pause) during experimental period. These data were used to calculate other parameters such as daily water intake, daily duration of drinking and daily number of drinking bowl visits. Most of the data were not normal distributed and therefore nonparametric tests as Friedman test and Wilcoxon test for paired data were used for statistical data evaluation. Box plots were used to present the results. The statistical values presented in box plots are shown in Figure 2.

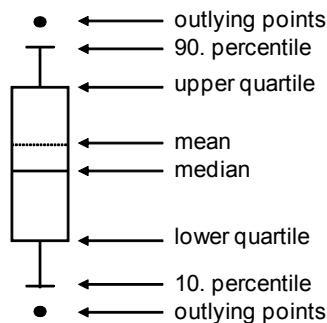


Fig. 2: The statistical values presented in box plots

Abb. 2: Statistische Werte dargestellt in box plots

3 Results and discussion

The tested parameters of drinking behaviour of suckler cows are shown in Figure 3 to 5.

The daily water intake (Fig. 3) before separation from the calf ranged between 43,2 and 56,0 l ($49,4 \pm 10,9$ l (mean $\pm$ SD)), daily duration of drinking (Fig. 4) between 8,5 and 11,1 min ($9,9 \pm 43$ min) and daily number of drinking bowl visits (Fig. 5) between 10,8 and 14,6 ($12,8 \pm 71$). The daily water intake ($23,1 \pm 10,1$ l) as well as daily duration of drinking ($4,9 \pm 3,1$ min) and daily number of drinking bowl visits ($8,4 \pm 5,8$) were significantly lower ($P < 0,05$) on the day of separation from the calf than before.

The daily water intake seems to increase during the first few days after separation from the calf. But similarly as daily duration of drinking, it did not reach the levels

before separation ($P < 0,05$). After separation from the calf, the daily water intake of cows ranged only between 29,4 and 38,9 l ($34,2 \pm 10,6$ l) and daily duration of drinking between 6,2 and 9,0 min ($7,9 \pm 4,7$ min). The daily number of drinking bowl visits did not differ significantly before and after separation from the calf at a level 0,05 ($P = 0,0534$), although, the daily water intake was reduced after separation from the calf in all cows. The daily number of drinking bowl visits after separation ranged between 9.7 and 14.1 ($11,9 \pm 7,9$). The cows did not reduce significantly the number of drinking bowl visits after separation from the calf, however, they reduced the water intake per visit (data not shown).

Before separation from the calf, the daily water intake in suckler cows tested in this study was higher than in dry dairy cows (35,6 l) and lower than in lactating dairy cows yielding 21,5 kg milk per day (58,4 l) observed in the study of WOODFORT et al. (1984). However, after separation from the calf, daily water intake of suckler cows in this study was similar as observed in dry dairy cows in the already mentioned study of WOODFORT et al. (1984) and also in dry dairy cows (36,6 kg) in the study of HOLTER and URBAN (1992). This supports the suggestion that suckler cows were lactating until separation from the calf. Moreover, similar daily water intake as in suckler cows before separation from the calf in this study was observed also in suckler cows of the same herds in the first 15 weeks postpartum (mean ranged in those weeks between 39,7 and 53,8 l) (MACIUHOVÁ et al., 2009). Therefore, it could be assumed that the cows in our study were not only lactating before separation from the calf, but also that the level of milk production could be on a quite similar level as in the first 15 weeks postpartum. Suckler cows in our study drank in average around 15 l (in the range between 7,5 and 33,9 l) water per day more before than after separation from the calf. In the study of WOODFORT et al. (1984), the lactating cows drank in average 22,8 l water per day more than dry cows, what is only slightly higher than the level of milk production (the cows were yielding 21,5 kg milk per day). This could mean that the suckler cows in our study before separation could

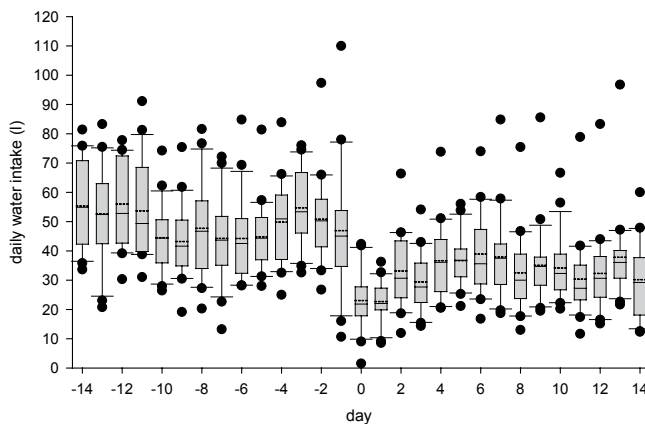


Fig. 3: Daily water intake (l) of suckler cows shortly before and after separation from the calf (0 = day of separation)

Abb. 3: Tägliche Wasseraufnahme (l) der Mutterkühe kurz vor und nach der Trennung vom Kalb (0 = Trennungstag)

have produced in average up to 15 l milk per day. Some reduction in the water intake after separation from calf, however, is expected to be caused by reduction in dry matter intake due to finished lactation.

Reduced daily water intake on the day of separation from the calf seems to be a sign of stress reaction of the suckler cows caused by the separation from the calf, because milk production on this day should not be yet meaningfully affected. This would mean that the separation from the calf also at the age of 33 to 52 weeks is a stressful situation for the cows.

The dairy cows, yielding 33 kg milk per day and drinking 77,6 l water per day, spent twice as much time (around 18,5 min) with drinking per day (DADO and ALLEN, 1994 (also in that study individual drinking bowls were used)) as suckler cows before separation from the calf in this study. Before separation from the calf, the average daily duration of drinking of suckler cows was 9,9 min. This was comparable with daily duration of drinking of suckler cows of the same herds between week 25 and 40 postpartum (mean ranged in those weeks between 9,6–10,9 min) and not, as it was observed by daily water intake, with daily duration of drinking in the first 15 postpartum weeks (mean ranged in those weeks between 9,6–15,2 min) (MACUHOVÁ et al., 2009). However, the suckler cows had higher daily water intake in weeks 25 to 40 postpartum than in the first 15 postpartum weeks (MACUHOVÁ et al., 2009). It seems that lactating suckler cows with higher daily water intake do not need to spend more time with drinking than lactating cows with lower daily water intake. It can be supposed that there are also other factors aside from the level of water requirement that affect the duration of drinking in lactating suckler cows. However, a significant reduction in duration of drinking was observed between lactating (resp. suckler cows before separation from the calf) and dry suckler cows. After separation from the calf, the suckler cows spent drinking in average only 7,9 min per day.

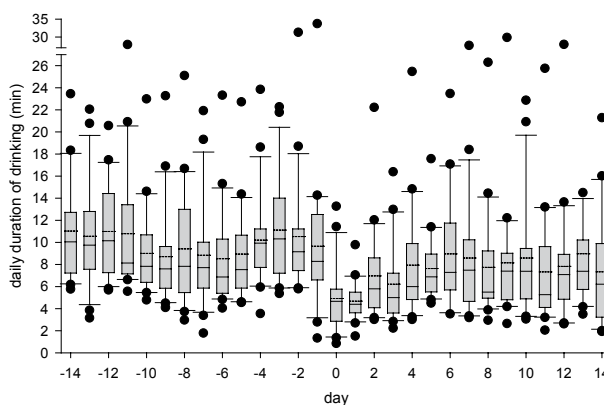


Fig. 4: The daily duration of drinking of suckler cows shortly before and after separation from the calf (0 = day of separation)

Abb. 4: Tägliche Dauer der Wasseraufnahme der Mutterkühe kurz vor und nach der Trennung vom Kalb (0 = Trennungstag)

In conclusion, the separation from the calf seems to be a stressful situation for cows. The water intake was reduced already on the day of separation, although the milk production did not need to be meaningfully reduced. From the difference in water intake before and after separation from calf it can be supposed that the cows were lactating until separation from the calf.

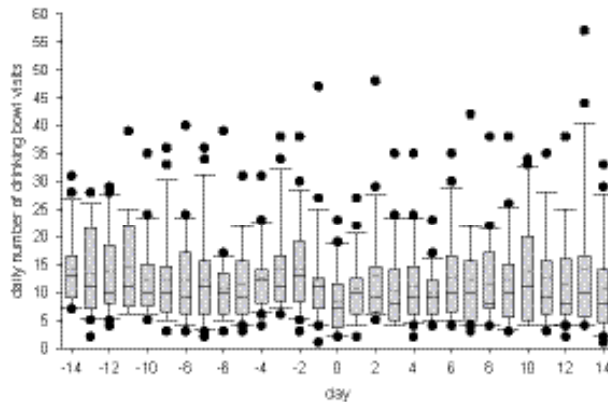


Fig. 5: Daily number of drinking bowl visits of suckler cows shortly before and after separation from the calf (0 = day of separation)

Abb. 5: Tägliche Anzahl der Tränkebesuche der Mutterkühe kurz vor und nach der Trennung vom Kalb (0 = der Trennungstag)

References

- DADO, R. C.; ALLEN, M. S. (1994): Variation in and relation among feeding, chewing, and drinking variables for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, Volume 77, S. 132–144
- HOLTER, J. B.; URBAN, W. E. (1992): Water partitioning and intake prediction in dry and lactating holstein cows. *Journal of Dairy Science*, Volume 75, S. 1472–1479
- LARDY, G.; STOLTENOW, CH. (1999): *Livestock and water*. North Dakota State University Agriculture and University Extension, Morrill Hall, Fargo, AS-954, 12 pp., <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/livestoc/as954w.htm> (17.03.2009)
- MACUHOVÁ, J.; JAIS, CH.; OPPERMAN, P. (2009): Water intake behaviour of suckler cows during first 40 weeks after calving. *Acta fytotechnica et zootechnica – Mimoriadne číslo 12*, S. 399–406, CD-ROM (ISSN 1335-258X)
- WENDL, G. (2008): Machinery and techniques for cattle husbandry. In: Harms, H.H. and Meier, F. (Ed.): *Yearbook Agricultural Engineering*, Band 20/2008, S. 197–205
- WOODFORD, S. T.; MURPHY, M. R.; DAVIS, C. L. (1984): Water dynamics of dairy cattle as affected by initiation of lactation and feed intake. *Journal of Dairy Science*, Volume 67, S. 2336–2343

Entwicklung eines tiergerechten Haltungssystems für Mastkaninchen

Development of group housing system for fattening rabbits

KLAUS REITER¹, ANDREJ TOPLAK¹, KLAUS DAMME²

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

² Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweine- und Geflügelhaltung Schwarzenau, Mainbernheimer Str. 101, 97318 Kitzingen

Schlüsselwörter: Mastkaninchen, Tiergerechtigkeit, Tierverhalten

Keywords: fattening rabbits, animal-friendly, animal behaviour

Zusammenfassung

Im Rahmen von mehreren Versuchen wurde ein Bodenhaltungssystem für Mastkaninchen entwickelt, das mit der üblichen Käfighaltung verglichen wurde. Der Vergleich der Bodenhaltung (Gruppengröße 24 Tiere) mit der Käfighaltung (vier Tiere) zeigte, dass die Bewegungsaktivität der Kaninchen in den Bodenhaltungen deutlich erhöht war. Verhaltensabweichungen wurden durch Strohraufen in den Bodenabteilen und in den Käfigen verringert. Die erhöhten Ebenen in den Bodenhaltungsabteilen wurden von den Tieren intensiv zum Ruhen und zur Bewegung genutzt und strukturierten den Raum. Das aggressive Verhalten, die Anzahl von Tieren mit Verletzungen und die Mortalität waren in den großen Gruppen mit Bodenhaltung nicht erhöht. Die Mastendgewichte, die Futterverwertung und die Ausschlachtungsergebnisse waren in der Käfig- und Bodenhaltung gleich.

Die in den Versuchen entwickelte Bodenhaltung stellt ein alternatives Haltungssystem für die Kaninchenmast dar. Der Einsatz dieses Haltungssystems kann in Praxisbetrieben getestet werden.

Summary

Within four experiments new group housing system for fattening rabbits were developed. The present study was designed to compare different variations of floor housing (group size 24 animals) and cage housing systems (group size four animals). The comparisons showed that the locomotor activity was much higher in the floor systems. The abnormal behaviour was decreased in the groups with occupation possibilities. The rabbits used raised platforms for resting, activity and as hiding places. The aggressive behaviour, frequency of injuries and mortality was not increased in floor housing system with 24 animals. The growth rate, feed conversion rate and carcass quality were not affected by housing systems.

The new group housing system is an alternative housing system for fattening rabbits with respect to animal welfare. The new housing system can be evaluated under practical conditions.

1 Einleitung

Bei der kommerziellen Kaninchenmast ist die Käfighaltung das dominierende Haltungsvorgehen, das vor allem arbeitswirtschaftliche und hygienische Vorteile bietet. Die intensive Käfighaltung von Mastkaninchen wird von Seiten des Tierschutzes kritisch betrachtet. Die Hauptprobleme bei der konventionellen Käfighaltung stellen vor allem die Einschränkung der Bewegungsfreiheit, die Bodengestaltung und die mangelnden Beschäftigungsmöglichkeiten der Tiere dar (BESSEL, 2004). Durch eine Vergrößerung der Fläche pro Tier und die Erhöhung der Gruppengröße können die Bewegungsmöglichkeiten der Tiere verbessert werden. In größeren Gruppen treten jedoch gehäuft aggressive Auseinandersetzungen auf, die zu Verletzungen führen (BIEGLER und OESTER, 1994). Daraus ergibt sich die Frage, bei welcher Fläche und Gruppengröße und bei welchen Strukturierungen aggressionsbedingte Schäden minimiert und eine reizreiche Umwelt geschaffen werden kann. Die durchgeführten Untersuchungen sollen zur Entwicklung eines tiergerechten Haltungssystems für die Kaninchenmast beitragen.

2 Tiere, Material und Methoden

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden vier Versuche zur Beurteilung und Weiterentwicklung von Haltungsvorgehen für Mastkaninchen durchgeführt. Für die Untersuchungen wurden insgesamt 1350 ZIKA-Hybridkaninchen genutzt, welche im Alter von vier bis fünf Wochen abgesetzt und zufällig in verschiedenen Haltungsvarianten eingestallt wurden. Zehn Bodenhaltungen und 48 Käfige standen zur Verfügung. Im Versuch A wurde primär der Einfluss der Haltungsfaktoren auf das lokomotorische Verhalten der Tiere untersucht. Im Versuch B wurde der Fragestellung nachgegangen, inwieweit Beschäftigungsmöglichkeiten Einfluss auf Verhaltensabweichungen und Verhaltensstörungen bei den Tieren nehmen. Im Versuch A wurden folgende Haltungsvarianten verglichen: Käfige mit und ohne erhöhte Ebenen und Bodenhaltungen mit vollperforiertem (MIK) und teilperforiertem Boden. In den Abteilen mit teilperforiertem Boden waren 40 % der Bodenfläche eingestreut. Im Versuch B wurden in der Käfighaltung der Effekt von Strohraufen und in der Bodenhaltung der Einfluss von Stroheinstreu und Strohraufen verglichen. Alle Haltungsvarianten des Versuchs B waren mit erhöhten Ebenen ausgestattet.

In den Käfigen wurden vier Tiere bei einer Besatzdichte von 825 cm² je Tier, in den Käfigen mit erhöhter Ebene mit 1200 cm² je Tier aufgezogen. Die Bodenabteile waren 1,25 m breit, 2,00 m lang und oben offen. In den Bodenabteilen wurden 24 Tiere bei einer Besatzdichte von 1270 cm² einschließlich der erhöhten Ebenen (270 cm² erhöhte Ebene je Tier) gehalten (Abb. 1). Erhöhte Ebenen, Stroh als Einstreu bzw. in Strohraufen sowie Knabberhölzer wurden zur Strukturierung und als Beschäftigungsmöglichkeiten angeboten (Abb. 2). Das Futter wurde über Futterautomaten und Wasser mit Nippeltränken verabreicht.

Zur Beurteilung der Haltungsvarianten wurden das Verhalten, physiologische und klinische Parameter, die Verschmutzung der Tiere und die Mastleistungen erfasst. Die Daten wurden mittels Varianzanalyse und nichtparametrischer Tests analysiert.



Abb. 1: Bodenhaltung teilperforiert mit Stroheinstreu (40 %) und vollperforiert
 Fig. 1: Floor housing system with straw bedding (40 %) and fully perforated



Abb. 2: Erhöhte Ebenen und Stroh zum Beschäftigen und Fressen für Kaninchen
 Fig. 2: Raised platforms and straw as occupation possibility for rabbits

3 Ergebnisse

Die Verhaltensuntersuchungen im Versuch A zeigten, dass in den Käfigabteilen mit und ohne erhöhte Ebene intensive Bewegungen nur eingeschränkt und selten auftraten. Die Tiere in den Käfigen führten meist nur zwei bis drei Sprüngen aus. In beiden Bodenhaltungsvarianten zeigten die Kaninchen wesentlich häufiger Bewegungsabläufe wie Hoppeln und Rennen mit mehreren schnellen aufeinanderfolgenden Sprüngen. Das lokomotorische Verhalten war in den Bodenhaltungen signifikant häufiger als in den Käfighaltungsvarianten zu beobachten. Die erhöhte Ebene in den Käfigen hatte keinen Effekt auf die lokomotorische Aktivität der Tiere (Abb. 3).

Scharren und Nagen am Käfiggitter und am Kunststoffboden waren die häufigsten Verhaltensabweichungen. Diese Verhaltensabweichungen wurden häufiger in der Käfighaltung als in der Bodenhaltung beobachtet. Durch den Einsatz von Strohraufen wurde in der Käfighaltung die Häufigkeit von Verhaltensabweichungen auf das Niveau der Bodenhaltungen verringert (Abb. 4).

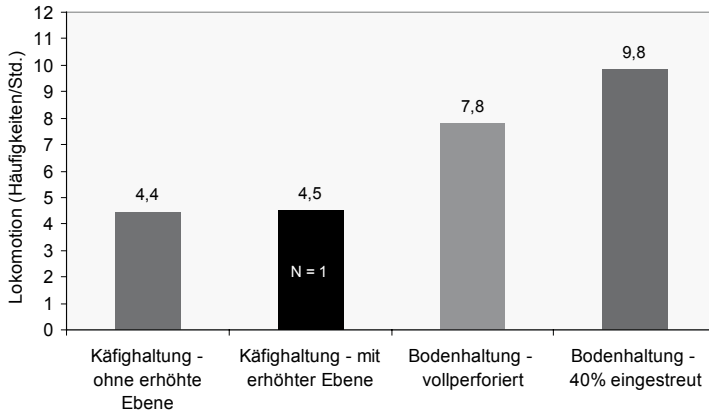


Abb. 3: Häufigkeit von Lokomotionen bei Käfig- und Bodenhaltung

Fig.: 3: Frequency of locomotions in cage and floor housing system

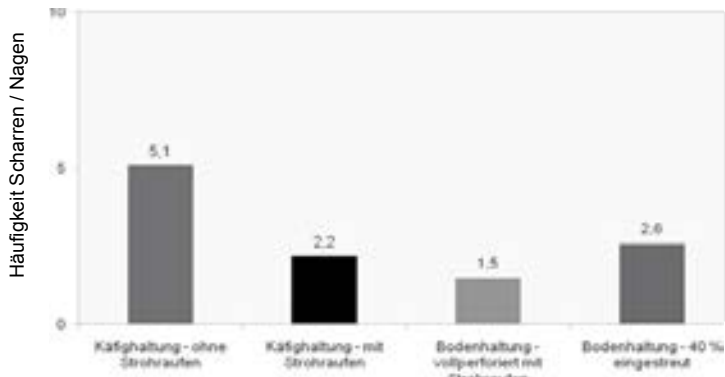


Abb. 4: Häufigkeit von Scharren und Nagen (je Tier und Stunde) an Haltungsobjekten

Fig. 4: Frequency of abnormal behaviour (per animal and hour)

Zwischen den Bodenhaltungsvarianten lagen keine Unterschiede vor. Scharren und Nagen an Artgenossen ist eine weitere zu beobachtende Verhaltensabweichung. Diese Verhaltensabweichungen traten in allen Versuchen selten auf und wurden nicht durch die Haltungsbedingungen beeinflusst. Ein Einfluss der Haltungsbedingungen auf die Häufigkeit aggressiver Auseinandersetzungen sowie die Häufigkeit des Sexualverhaltens konnte nicht ermittelt werden. Auch diese Verhaltensweisen wurden nur selten beobachtet.

Die erhöhten Ebenen wurden von den Kaninchen intensiv für Lokomotionen, aber auch zum Ruhen genutzt. Über die Beobachtungszeiträume hielten sich im Mittel 30–43 % der Kaninchen auf den erhöhten Ebenen auf. Zu den Ruheperioden waren die erhöhten Ebenen zu 80–90 % besetzt. Die Häufigkeit lokomotorischer Aktivitäten erhöhte sich in der Käfighaltung mit Strohraufen gegenüber der Käfighaltung ohne Strohraufen. Zwischen der Käfighaltung ohne Strohraufen und den Bodenhaltungsvarianten

bestanden hinsichtlich der lokomotorischen Aktivitäten signifikante Unterschiede. Den Tieren in den Bodenhaltungsabteilen stand eine insgesamt größere Bewegungsfläche bei annähernd gleicher Besatzdichte (1 200 cm² je Tier in der Käfighaltung zu 1 270 cm² je Tier in der Bodenhaltung) zur Verfügung. Der Effekt ist im Wesentlichen auf die Gruppengröße zurückzuführen. Weiterhin hatten die Kaninchen mehr Bewegungsanreize durch die größere Anzahl von Artgenossen.

In den klinischen Untersuchungen wurden die Verletzungen der Tiere analysiert und der sich daraus ergebende Gesundheitszustand bewertet. Dabei wurde der Anteil der Kaninchen mit Biss- und Kratzwunden erfasst (Abb. 5).

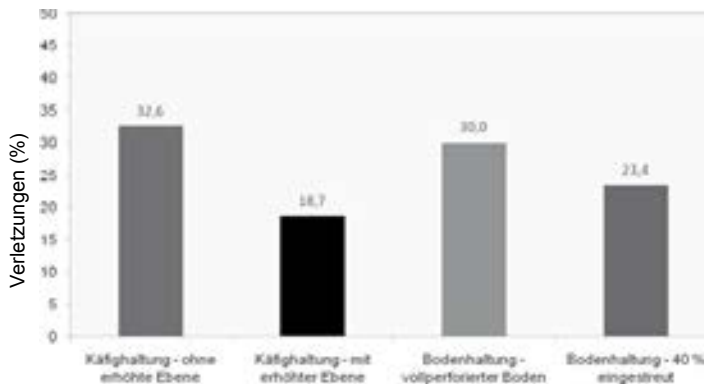


Abb. 5: Anteil von Tieren (%) mit Verletzungen (Versuch A)

Fig. 5: Proportion of animals (%) with injuries (Experiment A)

Im Versuch A wurden zum Mastende in der Käfighaltung im Mittel 25,7 % der Tiere und in der Bodenhaltung durchschnittlich 26,7 % der Tiere mit Verletzungen diagnostiziert. Dabei handelte es sich meist um leichte oberflächliche Verletzungen. Der größte Anteil verletzter Tiere wurde mit 32,6 % in der Käfighaltung ohne erhöhte Ebene, der geringste Anteil mit 18,7 % verletzter Tiere in der Käfighaltung mit erhöhter Ebene festgestellt. In der Bodenhaltung auf vollperforiertem Kunststoffboden traten bei 30,0 % der Tiere Verletzungen auf, in der Bodenhaltung mit Stroheinstreu lagen diese bei 23,4 % der Tiere. Der Einfluss der Haltungsvarianten und des Geschlechtes auf den Anteil der verletzten Tiere war nicht signifikant. Im Versuch B traten mit 29,2 % die meisten Verletzungen in der Käfighaltung ohne Strohraufen auf. Am geringsten war der Anteil verletzter Tiere in der Bodenhaltung mit Stroheinstreu, er betrug 19,2 %. In der Käfighaltung mit Strohraufen waren 22,9 % und in der Bodenhaltung auf vollperforiertem Kunststoffboden mit Strohraufen 21,3 % der Tiere verletzt. Zwischen den männlichen und weiblichen Tieren der verschiedenen Haltungsvarianten wurden bei den Verletzungen signifikante Unterschiede festgestellt. Die männlichen Kaninchen wiesen deutlich mehr Verletzungen auf. Die einzelnen Haltungsvarianten unterschieden sich nicht signifikant bezüglich der Verletzungen der Tiere.

Die Mortalität war in den Versuchen A und B sehr unterschiedlich. Innerhalb der Versuchsdurchgänge waren zwischen den Haltungsvarianten keine Unterschiede bei den

Verlusten festgestellt worden. Einen entscheidenden Einfluss auf die Verlusthöhe hatte die Gabe von Kokzidiostatika. Bei den Versuchsgruppen, in denen die Kaninchen mit einem Mittel gegen Kokzidien versorgt wurden, traten deutlich geringere Verluste auf.

Die Mastendgewichte und Futterverwertung differierten in den beiden Versuchen. Insgesamt konnte kein Effekt der Haltung (Käfig- zu Bodenhaltung) festgestellt werden. Die Kaninchen wiesen in der Käfig- als auch in der Bodenhaltung die gleichen Zunahmen und Ausschachtungsergebnisse auf. Bei den Versuchsgruppen mit Zugang zu Stroh über Strohraufen oder auf dem Boden hatten die Kaninchen geringere Zunahmen und geringere Mastendgewichte.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das entwickelte Bodenhaltungssystem für Mastkaninchen die Kriterien für Tiergerechtigkeit erfüllt und unter Praxisbedingungen getestet werden kann.

Literatur

- BESSEL, W. (2004): Mastkaninchen. Einfluss von Besatzdichte und Gruppengröße auf die Leistung. DGS 7, S. 49–51
- BIGLER, L.; OESTER, H. (1994): Die Beurteilung der Tierartgerechtigkeit von Aufstallungssystemen für kleine und große Mastkaninchen-Gruppen. Tierärztl. Wschr., Berlin, München, 107, S. 150–156

Methodik der Arbeitsanalyse am Beispiel verschiedener Verfahren der Milchviehhaltung

Methodology of work analysis using different dairy-farming methods as examples

MATTHIAS SCHICK

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen, Schweiz

Schlüsselwörter: Arbeitszeitbedarf, Arbeitsanalyse, Melken, Milchkühe, Modellierung

Keywords: working time requirement, milking, dairy cows, modelling

Zusammenfassung

Für moderne Milchviehbetriebe sind genaue arbeitswirtschaftliche Planungsdaten zu jedem einzelnen Arbeitsverfahren von größter Bedeutung. Es ist damit möglich, vorhandenes Rationalisierungspotenzial gezielt zu nutzen und somit den stets teuren und knappen Faktor Arbeit optimal auszulasten.

Die Verfahrensabläufe beim Melken und Füttern sind bei der Ermittlung der Zeitbedarfsdaten besonders wichtig. Hinzu kommt zukünftig der steigende Anteil an Sonder- und Managementtätigkeiten.

In Milchproduktionssystemen mit Bestandesgrößen zwischen 40 und 1 000 Milchkühen ist mit einem Gesamtarbeitszeitbedarf zwischen 90 und etwa 50 AKh je Kuh und Jahr zu rechnen.

Summary

For modern dairy farms, having accurate work-economics planning data for each individual labour process is of the greatest importance. Such data enable the deliberate use of the available rationalisation potential, thereby allowing the greatest possible mileage to be derived from the ever-expensive and scarce 'work' factor.

The process routines in milking and feeding are crucial for determining the time-requirement data.

In milk-production systems with herd sizes of between 40 and 1 000 dairy cows, a total working-time requirement of between 90 and approx. 50 MPh per cow and year is to be expected.

1 Einleitung

Eine wichtige Grundvoraussetzung für das Forschungsgebiet der Arbeitswissenschaften im Landbau ist die Gestaltung der Arbeit in der Landwirtschaft und ihrer Bedingungen, nicht nur nachträglich korrigierend, sondern möglichst vorausschauend innovativ.

Arbeitszeitstudien sollen verlässliche, übertragbare Kalkulations- und Planungsdaten zur Arbeitsorganisation sowie für Betriebszweig- und Betriebsplanungen zur Verfügung stellen. Sie werden vorzugsweise kausal in Form von direkten Arbeitsbeobachtungen mit der Zeitelementmethode durchgeführt.

2 Material und Methoden

Im Rahmen eines Projektes zur Erfassung von Kalkulationsunterlagen (KTBL-KU-Vorhaben) wurden arbeitswirtschaftliche Grunddaten für die Arbeitsverfahren „Melken“, „Füttern“, „Misten“ und „Sonderarbeiten“ in der Milchviehhaltung erfasst. Die untersuchten Bestandesgrößen variierten zwischen 18 und 2400 Milchkühen mit Jahresmilchleistungen zwischen 5500 und 10500 kg.

Für die Untersuchungen standen insgesamt 124 Betriebe zur Verfügung. Daraus wurden 38 Betriebe für die Zeitmessungen zufällig ausgewählt. Auf jedem dieser Betriebe wurde ein detaillierter Fragebogen zur Erfassung der betrieblichen Arbeitsorganisation (z.B. Anzahl Arbeitskräfte, Arbeitsverfassung) und wichtiger Einflussgrößen (z.B. Anzahl Milchkühe, Milchleistungen, Melkverfahren) erstellt. Hierbei wurde auch eine erste Arbeitsbeobachtung durchgeführt, um die beteiligten Arbeitspersonen auf die Zeitmessungen vorzubereiten.

Die Zeitmessungen wurden mit elektronischen Zeiterfassungssystemen (Hand-Held PC und integrierter Erfassungssoftware) durchgeführt. Sie erfolgten ausschließlich als direkte Arbeitsbeobachtung mit Einzelzeitmessungen auf der Elementstufe. Die wesentlichen Einflussgrößen (z.B. Wegstrecken, Milchmengen, Futtermassen) wurden während der Zeitmessungen bestimmt und elektronisch erfasst. Alle anderen Einflussgrößen (z.B. Melkstandbreite, Melkstandlänge, Stalllänge, Futtertischlänge) konnten vor und nach den Zeitmessungen erfasst werden.

Bei zyklischen Arbeitsablaufschritten wie „Vormelken“, „Anrüsten“, „Anhängen“ erfolgte die Bestimmung der Datengüte schon während der Messung über den Epsilon-Test. Dabei wurde ein Epsilon von $< 10\%$ als gut befunden. Ausgehend von der Bestimmung der Datengüte konnte ebenfalls der zu erwartende Stichprobenumfang n' schon nach wenigen erfassten Messpunkten bestimmt werden.

Es wurden Messwiederholungen sowohl im Bereich von Sommer- und Wintersituationen als auch beim Abend- und Morgenmelken durchgeführt.

Bei den Melkverfahren wurde ein Schwerpunkt auf Fischgrätenmelkstände (FGM), Side by Side-Melkstände (SbS) und Rotationsmelkstände (ROT) gelegt. Daneben wurden noch Tandem- (TD) und Autotandemmelkstände (ATD) sowie Rohrmelkanlagen (RMA) in die Untersuchungen mit einbezogen. Der kleinste untersuchte Melkstandtyp verfügte über drei Melkeinheiten (ME), die größte Melkanlage wurde mit 60 ME betrieben.

Insgesamt wurden im Projektverlauf 210 Zeitstudien angefertigt. Dabei wurden die wesentlichen zyklischen Arbeitselemente in mehrtausendfacher Wiederholung erfasst, um hier sehr sichere Aussagen zu ermöglichen (Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht über die Zahl der gemessenen zyklischen Arbeitselemente am Beispiel Melken (Auszug)
Tab. 1: Overview of the number of measured cyclical work elements using the example of milking (extract)

	Melken – Routinearbeiten			
Arbeitselement	Vormelken	Euter reinigen	ME anhängen	Zitzen dippen
Anzahl Messungen [n]	3 853	4 193	4 784	3 566

3 Auswertung und Modellkalkulation

Für die weitere Verarbeitung wurde das erfasste Datenmaterial zunächst tabellarisch aufbereitet und anschließend mit problemneutralen Testverfahren (Normalverteilung, Ausreißer, Zufälligkeit) untersucht. Bei fehlender Normalverteilung erfolgte eine einseitige logarithmische Transformation als Grundlage für die anschließenden problemorientierten Testverfahren und Regressionsrechnungen. Alle Tests wurden mit der Statistik-Software Regressa 5.0 durchgeführt.

Die weitergehende Berechnung von Arbeitszeitbedarfswerten auf der Stufe Arbeitsverfahren wurde mit dem Modellkalkulationssystem PROOF durchgeführt (Tab. 2).

Tab. 2: Aufbau und Vorgehensweise bei der Modellierung von arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen mit einem Modellkalkulationssystem (SCHICK, 2008)

Tab. 2: Structure and approach when modelling work-economics key figures with a model calculation system (SCHICK, 2008)

1	Arbeitsverfahren definieren (Datenbank)
2	Arbeitsablaufmodell definieren (Datenbank)
3	Liste der Variablen und Hilfsvariablen generieren (Datenbank)
4	Verknüpfungen von Variablen bzw. Hilfsvariablen mit Bezugsmengen
5	Entscheidungsmodelle mit Bezugsmengen verknüpfen
6	Ergebnistabellen bzw. Ergebnisgrafik generieren
7	Informationsbereich generieren

Hierbei erfolgt die logische Verknüpfung von Arbeitselementen mit den darauf einwirkenden quantitativen und qualitativen Einflussgrößen. Sämtliche Einflussgrößen sind im Modellkalkulationssystem als Variablen eingesetzt und jederzeit innerhalb der oberen und unteren Schranken veränderbar. Als wesentliche Einflussgröße hat sich bei allen untersuchten Arbeitsverfahren in der Milchviehhaltung die Bestandsgröße herausgestellt. Beim Melken spielen daneben die eingesetzte Anzahl Melkeinheiten und die Ausstattung des Melkstandes eine große Rolle. Beim Arbeitsverfahren Füttern sind

dagegen die Anzahl der eingesetzten Komponenten sowie die Verfahrenstechnik des Nachschiebens entscheidend.

Das Modellkalkulationssystem ist modular aufgebaut und besteht neben der Planzeitendatenbank aus den Modulen „Einflussgrößenliste“, „Verknüpfungsbereich“ und „Ausgabebereich“. Für jedes interessierende Arbeitsverfahren wird ein eigener Auszug aus der Planzeitendatenbank erstellt. Hierdurch wird gleichzeitig ein Arbeitsablaufmodell definiert. Anschließend wird eine Liste mit Einflussgrößen generiert und mit dem Ablaufmodell logisch verknüpft. Im Anschluss an die Verknüpfung erfolgt die Erstellung des Ausgabebereichs in Form von Ergebnistabellen und/oder -grafiken. Hierbei wird gleichzeitig ein Informationsbereich mit wesentlichen Angaben zum aktuellen Arbeitsverfahren angelegt. Sämtliche Daten stehen zur weiteren Verarbeitung in frei wählbaren Formaten zur Verfügung.

4 Ausgewählte Ergebnisse Melken

Die Arbeitsabläufe beim Melken setzen sich zusammen aus Rüst- und Reinigungszeiten, Routinezeiten, Wegzeiten sowie allenfalls anfallenden Wartezeiten (Abb. 1).

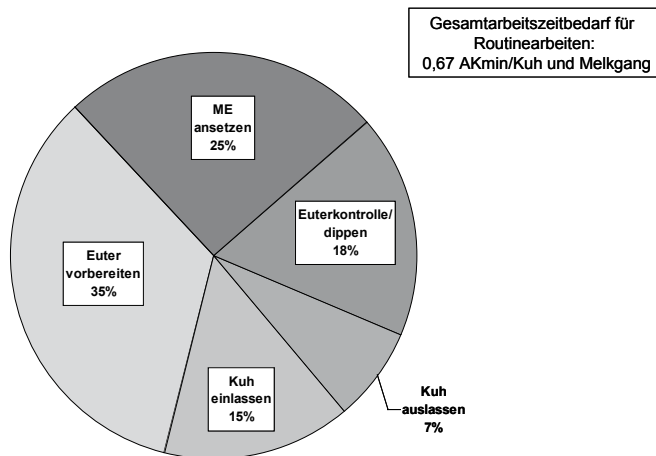


Abb. 1: Routinearbeiten beim Melken (Beispiel: Fischgrätenmelkstand 2 x 12, 120 Milchkühe, hohe Automatisierung)

Fig. 1: Routine tasks in milking (Example: 2 x 12 herringbone milking parlour, 120 cows, highly automated)

Sie sind je nach Haltungs- und Melkverfahren unterschiedlich. Aber auch die einzelbetriebliche Arbeitsorganisation sowie die eingesetzten mechanischen und elektronischen Arbeitshilfsmittel, sind zu berücksichtigen.

Die Routinezeiten haben den größten Anteil an den Melkarbeiten und unterscheiden sich zwischen den einzelnen Melkverfahren deutlich. Ausgehend hiervon kann Einsparungspotenzial aufgezeigt werden. Dies kann im Vergleich von Fischgrätenmelkstand und Rotationsmelkstand verdeutlicht werden: Durch die Automatisierung der

Arbeitsabschnitte „Einlassen“ und „Auslassen“ können nahezu 25 % der gesamten Routinezeit eingespart werden. Dies bedeutet bei einer unterstellten Herdengröße von 400 Milchkühen ein Einsparungspotenzial von 68 AKmin je Melkvorgang (Tab. 3).

Tab. 3: Übersicht über die Routinezeiten bei verschiedenen Melkverfahren mit hoher Automatisierung (Angaben in AKmin/Kuh und Melkvorgang)

Tab. 3: Overview of routine-task times for different highly automated milking methods (details in MPmin/cow and milking)

Melkverfahren/ Anzahl ME	RMA 3 ME	TD 2 x 2	ATD 2 x 3	FGM 1 2 x 3	FGM 2 2 x 5	FGM 3 2 x 12	SbS 1 1 x 4	SbS 2 x 12	ROT 16 ME	ROT 40 ME
Herdengröße [Anzahl Kühe]	30	40	60	30	60	120	25	120	120	400
Kuh einlassen		0,26	0,03	0,33	0,21	0,10	0,29	0,11	0,00	
Vormelken	0,01	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
Euter reinigen	0,40	0,22	0,28	0,23	0,23	0,12	0,09	0,09	0,13	0,13
ME ansetzen	0,28	0,20	0,23	0,21	0,21	0,17	0,23	0,23	0,15	0,13
Zitzen- desinfektion	0,14	0,12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11
Kuh auslassen		0,22	0,04	0,23	0,18	0,05	0,19	0,05		
Summe	0,96	1,15	0,84	1,23	1,07	0,67	1,00	0,69	0,49	0,48

ohne die Arbeitselemente: Anrücken, ME ausrichten, Schlauchhalter einhängen, maschinell nachmelken, ME abnehmen, Euterkontrolle

5 Arbeitszeitbedarf Produktionsverfahren

Für den arbeitswirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Produktionssysteme innerhalb der Milchviehhaltung wurden drei Bestandsgrößen mit 40, 120 und 1000 Milchkühen ausgewählt. Es wird deutlich, dass die Produktionsverfahren mit Weide im Sommer und Konservierungsfutter im Winter mehr Arbeit verursachen als diejenigen mit Ganzjahres-silage. Der Einsparungseffekt an Arbeitszeit je Kuh und Jahr beträgt bei einer Bestands-veränderung von 40 auf 120 Kühe in diesen Systemen zwischen 14 und 17 AKh bzw. 19–20 %. Bei einer weiteren Ausdehnung auf 1000 Kühe verringert sich die mögliche Einsparung auf 4–5 AKh je Kuh und Jahr bzw. 7–10 %. Das Einsparungspotenzial ist vorwiegend auf den Rationalisierungsgrad und die verbesserte Auslastung der Arbeits-kräfte bei den Melkarbeiten zurückzuführen. Dieser zusätzliche Einsparungseffekt ist allerdings nur bei optimaler Anordnung der Stallgebäude mit kurzen Wegen für alle Beteiligten (Melkpersonal, Kühe und Treibpersonal) realisierbar (Abb. 2).

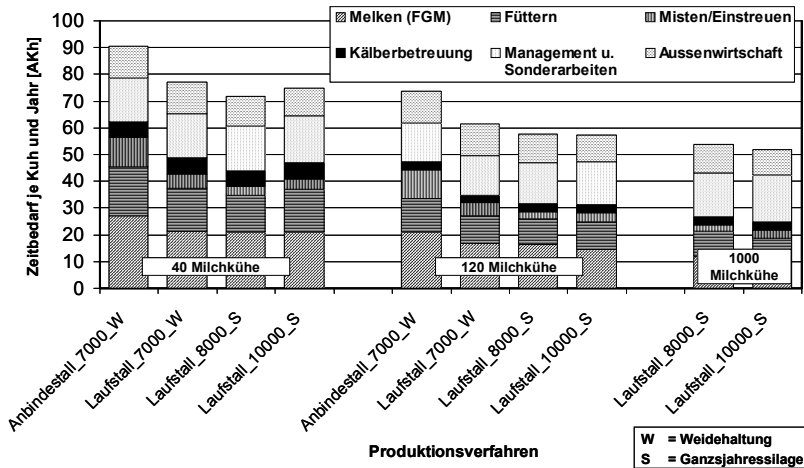


Abb. 2: Arbeitszeitbedarf für verschiedene Produktionsverfahren in der Milchviehhaltung (7 000, 8 000, 10 000 = Herdenmilchleistung; W = Weidegang im Sommer; S = Ganzjahressilagefütterung)
 Fig. 2: Working-time requirement for various dairy-farming production methods (7 000, 8 000, 10 000 = Herd milk yield in kg; M = meadow grazing in summer; S = year-round feeding of silage)

6 Schlussfolgerungen

Zur Bestimmung des Arbeitszeitbedarfs sowie zur Modellbildung in der Milchviehhaltung ist die genaue Kenntnis über die Verfahrensabläufe beim Melken und Füttern von größter Bedeutung. Hinzu kommt zukünftig der steigende Anteil an zu erledigenden Managementtätigkeiten. Mit zunehmender Bestandsgröße und zunehmendem Automatisierungsgrad vermindert sich der Zeitbedarf, die Anforderungen an die Arbeitspersonen nehmen aber zu.

Der Einsatz von Modellkalkulationssystemen lässt den Vergleich von Arbeits- und Produktionsverfahren unter sonst gleichen Bedingungen zu. Zudem ist die ständige Rückverfolgbarkeit des Datenmaterials gewährleistet.

Literatur

- RIEGL, M.; SCHICK, M.; STARK, R. (2007): Working-time requirement in agriculture – recording method, model calculation and work budget. Society for Engineering in Agriculture, 2007 National Conference. Agriculture and Engineering – Challenge Today, Technology Tomorrow. 23.–26. September, 2007, Adelaide, South Australia. Editors: T. Banhazi and C. Saunders, S. 328
- SCHICK, M. (2008): Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung. Ergonomia-Verlag, Stuttgart

Forced pit ventilation as ammonia emission reduction option for dairy housing: CFD modeling and pilot scale validation measurements

Unterflurabsaugung in einem Milchviehstall als Möglichkeit zur Verminderung der Ammoniakemission: CFD-Modellierung und Messungen zur Modellvalidierung

HENDRIK JAN C. VAN DOOREN, MICHEL C. J. SMITS

Animal Sciences Group, Wageningen UR, PO-Box 65, 8200 AB, Lelystad, Niederlande

Keywords: ammonia, emissions, dairy cows

Schlüsselwörter: Ammoniak, Emissionen, Milchviehhaltung

Summary

Dairy cattle husbandry is a important source of ammonia emission in the Netherlands. Forced pit ventilation was identified as a potentially effective measure. Computational Fluid Dynamics (CFD) modelling was used to simulate ventilation and emission Results show that due to the forced pit ventilation system, the total ventilation rate increased with 3,1 % to 6,2 %. The contribution of the pit ventilation system to the total ammonia released was 9–77 %. Adding an air scrubber with an estimated reduction efficiency of 90% would reduce the total emission by 3–59 %. Model calculations were validated in a pilot scale experiment at dairy research station Nij Bosma Zathe. A forced pit ventilation system was installed in section of the barn (15 cows). Two hours treatments (0, 100, 200, 300, 400 and 500 m⁻³ h⁻¹ cow⁻¹) were scheduled in a latin square. Volume of the air flow and ammonia concentration in the air flow were measured just like air temperature, air relative humidity, average ammonia background concentration and outside wind speed and wind direction.

1 Introduction

Dairy cattle husbandry is a important source of ammonia emission in the Netherlands. Housing and slurry storage contributes for almost 50 % to the total ammonia emission from dairy cattle husbandry (www.emissieregistratie.nl). Because most of the dairy barns are open naturally ventilated buildings with slurry pits, reduction strategies concentrated on floor systems such as the grooved floor (SWIERSTRA et al., 2001). Although effective, these systems are a compromise between emission reduction and animal welfare (e.g. locomotion). In pig and poultry housing acid air scrubbers appear to be an effective abatement option (MELSE and OGINK, 2005). Being an end-of-pipe measure, application of air scrubbers in dairy housing can avoid the compromise. But as air volumes are larger, ammonia concentrations are lower and air outlet is not defined, application of air scrubbers in dairy housing is only possible when air with high(er) ammonia concentrations is separated from main ventilation flow. Pit air separation was identified as a potentially effective measure to achieve this.

2 Material and method

Financed by the Dutch Dairy Board the Animal Science Group installed a pilot scale forced pit ventilation system on dairy research farm Nij Bosma Zathe. The dimension of this systems were derived from CFD modeling. Computational Fluid Dynamics (CFD) is a numerical technique that has already been used to investigate the internal air flow in agricultural structures. A simple four row symmetric barn with 122 free stalls for lactating dairy cows was used for modeling (Figure 1). No dry cows or young stock was implied and no milking parlour was available in the building. The length of the barn was 38,5 m and the width was 28 m. Walking alleys had a width of 2,5 m between two rows of free stalls and 3,5 m behind the feeding rack. Feeding alley had a width of 5,6 m. Total height of the building was 8,1 m, side wall height was 2,5 m. Slurry storage was available beneath the slatted floors and had a depth of 2,0 m. In these pits a forced ventilation system was installed on both side of the pit walls. Ventilation openings of side walls, ridge and doors were 115,5 m², 15,4 m² and 40 m² respectively. Slatted floors had a surface of 462 m². The ventilation rate of the building was calculated by simulating the method of constant injection of a tracer gas. (This technique is described in DEMMERS et al., 2000; MONTENY and ERISMAN, 1998; SMITS and HUIS IN 'T VELD, 2007). In the simulation model the tracer gas is a virtual gas called air-tracer which has the same physical properties as normal air.

The simulation model was solved for 12 cases differing in wind speed, wind direction and both air and slurry temperature (Table 1). The heat production of cows were specified only as sensible heat to 700 W cow⁻¹ when the external air temperature was 20 °C and 1200 W cow⁻¹ when the external air temperature was 0 °C.

For every scenario the ventilation rate and mass flux of ammonia was calculated for three situations: one without pit ventilation (A) one with pit ventilation at a level of 250 m³ per cow per hour (B) and one with a ventilation level of 500 m³ per cow per hour (C).

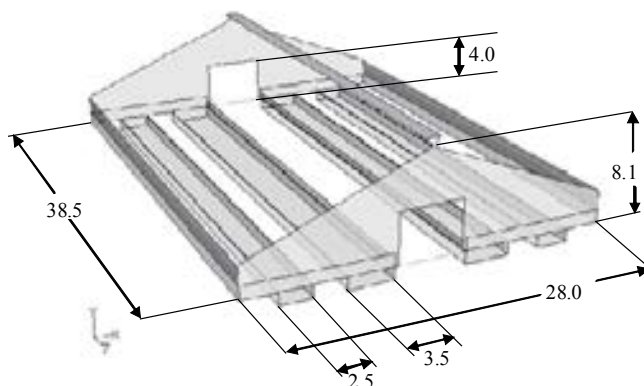


Fig. 1: Main characteristics of modeled building

Tab. 1: Overview of predefined scenarios

No.	Wind speed [m/s]	Wind direction [°]	Temperature [°C]		No.	Wind speed [m/s]	Wind direction [°]	Temperature [°C]	
			Slurry	Air				Slurry	Air
1	1	0	0	10	7	4	45	0	10
2	1	0	20	15	8	4	45	20	15
3	1	45	0	10	9	8	0	0	10
4	1	45	20	15	10	8	0	20	15
5	4	0	0	10	11	8	45	0	10
6	4	0	20	15	12	8	45	20	15

Simplified simulations of ammonia volatilization from the top layer of the slurry in the pit were performed. In each run, a fixed mass fraction NH_3/air of 10^{-6} in the air layer just above the slurry was assumed and the calculated distribution of ammonia in the building is proportional to the initially assumed ammonia concentration at the surface of the pit's bottom.

The model calculates the air flow pattern within the building especially the air exchange between the slurry pit and the above floor compartment and the air exchange through the ventilation openings in the side walls and in the roof ridge. The results with and without the forced pit ventilation can be compared at different wind speeds (1 versus 4 versus 8 m/s), different wind directions (0, 45 and 90°) and at a typical winter temperature (0 °C) versus a typical summer temperature (20 °C).

3 Results discussion and conclusion

Table 2 and Figure 2 give an overview of the main modeling results.

Results show that due to the forced pit ventilation system, the total ventilation rate increased with 3,1 % and 6,2 % at 250 and 500 $\text{m}^{-3} \text{h}^{-1} \text{cow}^{-1}$ respectively. The

contribution of the pit ventilation system to the total ammonia released was 9–44 % at a ventilation rate of $250 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1} \text{ cow}^{-1}$ and 16–77 % at a ventilation rate of $500 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1} \text{ cow}^{-1}$. Adding an air scrubber with an estimated reduction efficiency of 90 % would reduce the total emission by 3–33 % and 10–59 % for $250 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1} \text{ cow}^{-1}$ and $500 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1} \text{ cow}^{-1}$ respectively. Efficiency of a forced pit ventilation decreases at higher wind speeds (Figure 3). Within each scenario the pit ventilation causes extra air movement and increasing emission. The part of the emission that leaves the building through the side walls is however always lower. Higher temperature of air and slurry leads to lower emission. That seems remarkable at first sight but can be explained by the assumed constant source of ammonia and the lower sensible heat production of the cow leading to lower ventilation requirements. The effect of wind direction is limited but increases at higher wind speeds. Based on these results it can be concluded that forced pit ventilation is a promising technique to reduce ammonia emission but results depends on circumstances. Pilot scale experiments are needed to validate these results.

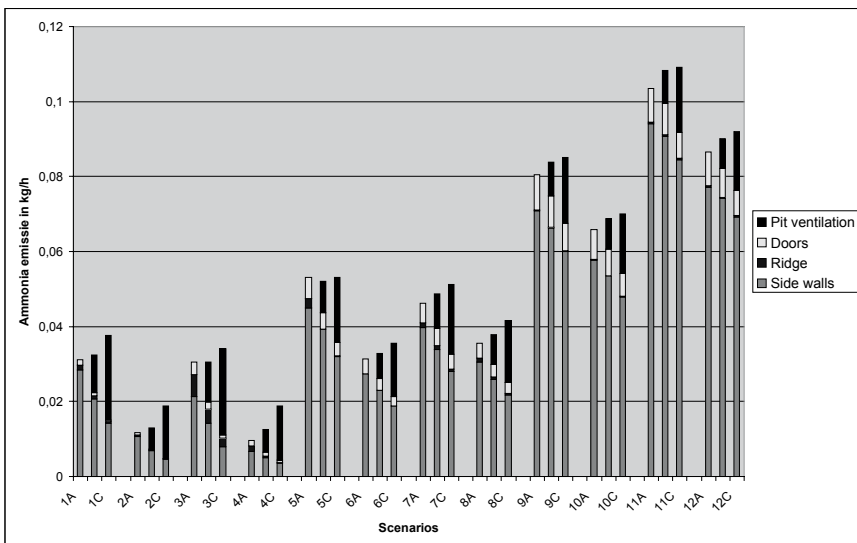


Fig. 2: Ammonia emission through different openings and pit ventilation system

4 Validation experiments

Model calculations were validated in a pilot scale experiment at dairy research station Nij Bosma Zathe. A forced pit ventilation system was installed in section of the barn (15 cows) consisting of two PVC pipes (300 mm) on both side of the pit wall each with 8 round openings (110 mm). Both pipes merge in a central ventilation pipe (500).

Two hours treatments (0, 100, 200, 300, 400 and $500 \text{ m}^{-3} \text{ h}^{-1} \text{ cow}^{-1}$) were scheduled in a latin square. Air flow, ammonia concentration and temperature are measured constantly. A laser was used to measure background ammonia concentration. Temperature

and relative humidity inside the building and outside temperature is measured and logged. Data about outside wind speed and wind direction are obtained from nearby weather station of national meteorological institute (KNMI). Results of that validation will be presented at the conference.

Tab. 2: Total emission en and possible achievable reduction of forced pit ventilation in different scenarios

No.	Total emission [g/h]	Pit share [%]	Total reduction ¹	No.	Total emission [g/h]	Pit share [%]	Total reduction ¹
1A	31,2	0 %	0 %	7A	46,3	0 %	0 %
1B	32,5	31 %	25 %	7B	48,6	19 %	13 %
1C	37,6	60 %	45 %	7C	51,2	36 %	25 %
2A	11,7	0 %	0 %	8A	35,6	0 %	0 %
2B	13,0	44 %	33 %	8B	37,8	21 %	14 %
2C	18,8	75 %	48 %	8C	41,5	39 %	25 %
3A	30,5	0 %	0 %	9A	80,5	0 %	0 %
3B	30,6	35 %	32 %	9B	83,8	11 %	6 %
3C	34,2	68 %	56 %	9C	85,2	21 %	14 %
4A	9,6	0 %	0 %	10A	65,8	0 %	0 %
4B	12,5	48 %	26 %	10B	68,8	12 %	7 %
4C	18,9	77 %	39 %	10C	70,0	23 %	15 %
5A	53,1	0 %	0 %	11A	103,6	0 %	0 %
5B	52,1	16 %	16 %	11B	108,3	8 %	3 %
5C	53,0	33 %	29 %	11C	109,2	16 %	10 %
6A	31,3	0 %	0 %	12A	86,6	0 %	0 %
6B	32,9	20 %	14 %	12B	90,2	9 %	4 %
6C	35,5	40 %	27 %	12C	92,1	17 %	10 %

¹⁾ After acid scrubbing of pit ventilation air with efficiency of 90 %.

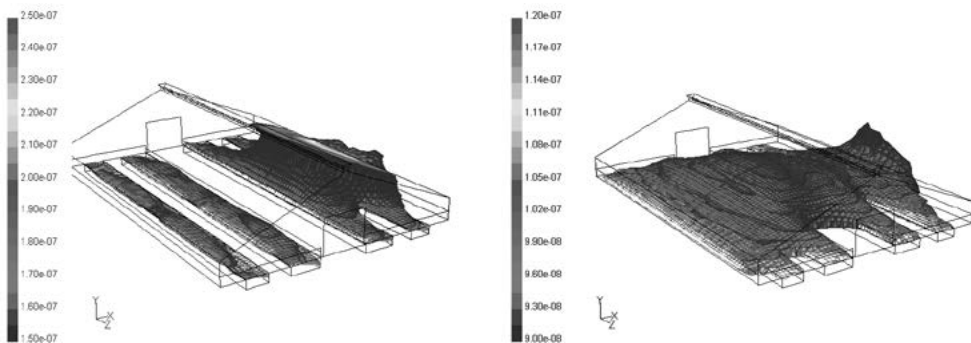


Fig. 3: Concentration of ammonia in ventilation air in scenario 1C (left) and 9C (right)

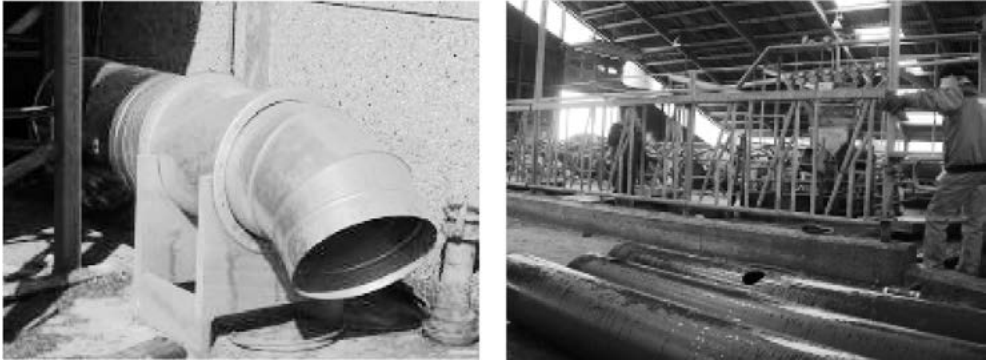


Fig. 4: Forced pit ventilation system at Nij Bosma Zathe for validation experiments

References

- DEMMEERS, T. G. M.; BURGESS, L. R.; PHILLIPS, V. R.; CLARK, J. A.; WATHES, C. M. (2000): Assessment of techniques for measuring the ventilation rate, using an experimental building section. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76, S. 71–81
- MELSE, R. W.; OGINK, N. W. M. (2005): Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operations: review of on-farm research in the Netherlands. *Transactions of the ASAE*, 48 (6), S. 2303–2313
- MONTENY, G. J.; ERISMAN, J. W. (1998): Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Neth. J. Agric. Sci.*, 46 S. 225–247
- SMITS, M. C. J.; HUIS IN 'T VELD, J. W. H. (2007) Ammonia emission from cow houses within the Dutch 'Cows & Opportunities' project. In: *Ammonia emissions in agriculture*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, S. 119–120
- SWIERSTRA, D.; BRAAM, C. R.; SMITS, M. C. J. (2001) Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance. *Applied Engineering in Agriculture*, 17 (1), S. 85–90

Emissionen und Verhalten von Mutterkühen bei der Winterweidehaltung in Québec/Kanada

Emissions and behaviour of suckler cows kept on pasture during winter in Québec/Canada

HEIKO GEORG², STÉPHANE GODBOUT¹, LORIE HAMELIN¹, FRÉDÉRIC PELLETIER¹,
JACQUELINE FELIX², MICHEL COTÉ¹, GRACIA UDE²

¹ Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) 2700 rue Einstein, Québec, G1P3W8, Kanada

² Institut für Ökologischen Landbau, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Trenthorst 32, 23847 Westerau

Schlüsselwörter: ökologische Rinderhaltung, Weidefütterung, Fressbereich, Emissionen, Ammoniak
Keywords: organic cattle husbandry, pasture feeding, feeding place, ammonia, emissions

Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, die emittierende Fläche bei der Weidefütterung durch eine unterschiedliche Fressplatzgestaltung zu begrenzen. Für den Versuch standen zwei gleich große Weideflächen mit je acht Fleischrindfärsen zur Verfügung. Für den Versuch wurde eine Weidefläche mit einem modifizierten Fressplatz ausgestattet (Gruppe 1) und die zweite Weidefläche mit einer üblichen Rundballenraufe versehen (Gruppe 2/Kontrolle). Der modifizierte Fressbereich bestand aus einem betonierten Standbereich und aus mit Holzhackschnitzeln gefüllten Gräben, um anfallenden Kot und Harn aufzufangen. Die Tiere der Gruppe 1 verweilten je 24 Stunden (h) signifikant länger im Fressbereich (10 h) als in Gruppe 2 (8 h) und zeigten kürzere Aufenthalte im Liegebereich. In der Nachbeprobung der Weideflächen mit zehn Passivsammelern konnten NH₃-Konzentrationen von 3,5–4,5 µg/m³ nachgewiesen werden, die eine signifikante Abhängigkeit von der vorherrschenden Windrichtung aufwiesen.

Summary

Major goal of the study was the reduction of emitting surface by using a different feeding place design when feeding cattle on pasture during winter time. 16 heifers were housed on two equally sized pasture feed lots. One feeding area had a modified feeding place (group 1) compared to conventional feeding by a round bale rack. The modified feeding area consisted of feed stalls with concrete flooring and a dunging passage or pit filled up with wood chips to collect faeces and urine. Animals of group 1 stayed significantly longer at the feeding place (10 h) than those of group 2 (8 h) but had short lying periods. Monitoring of NH₃ immediately after removal of the cattle in spring indicated NH₃ levels 3.5–4.5 µg/m³, depending significantly on prevailing winds.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Haltung von Rindern auf Weideflächen ist im Bereich der extensiven Weidehaltung und im ökologischen Landbau eine in vielen Ländern übliche Form der Tierhaltung. Die Tiere werden zum Teil ganzjährig draußen gehalten, meist ohne Witterungsschutz. In Québec erfolgt die Winterweidehaltung auf gefrorenem Boden mit Rundballenraufen und einer Art Windschutzwand aus rechtwinklig angeordneten Spaceboards (brise vent).

Bei allen Formen der Weidehaltung, egal in welchem Land, erfolgt durch die hohe Nährstoffkonzentration im Fressbereich ein nicht unbeträchtliches Risiko für die Verschmutzung der Oberflächengewässer und des Grundwassers durch Nährstoffabflüsse und bakteriologische Verunreinigung. Um dieses Problem zu verringern, kann man die Weidehaltung entweder einschränken oder verbieten, was natürlich niemand möchte. Man kann aber auch versuchen, die Nährstoffeinträge zu verringern, sei es durch Regeln guter fachlicher Praxis oder verbesserte Systeme zur Fütterung auf der Weide.

In dem beschriebenen Experiment wurde versucht, durch eine bestimmte Fressplatzanordnung die emittierende Fläche bei der Weidefütterung zu begrenzen und Kot und Harn durch einen mit Holzhackschnitzeln gefüllten Graben aufzufangen.

2 Tiere, Material und Methoden

Für den Versuch von Anfang Februar bis Ende April 2008 standen zwei gleich große mit Elektrodraht umzäunte Weideflächen in der Größe 28,6 m x 50,0 m mit einem Gefälle von etwa 4–5 % zur Verfügung. Jede Fläche war mit einem gleich großen Windschutz aus Holz, einer frostsicheren Wassertränke, einer Futterraufe für Heurundballen und einem Scheuerpfahl gleich möbliert und wurde mit je acht tragenden Fleischrindfärsen besetzt. Die Haltung der Tiere erfolgte gemäß den Regeln guter fachlicher Praxis für wissenschaftliche Versuche im Bereich Tierhaltung in Kanada.

Für den Versuch wurde eine Weidefläche mit einem modifizierten Fressplatz (Gruppe 1) versehen und die zweite Weidefläche mit einer üblichen Rundballenraufe als Kontrolle festgelegt (Gruppe 2). Der modifizierte Fressplatz bestand aus einem 15 cm erhöhten und betonierten Standbereich für die Tiere mit Einzelplatzabtrennungen und Fressgitter. Die Rundballen wurden mittig zwischen den beiden Fressgittern platziert. Hinter den Standplätzen der Tiere wurden zwei etwa 2 m breite Gräben ausgehoben, die mit Holzhackschnitzel aufgefüllt wurden. Durch die strukturierte Standfläche der Tiere (Ausrichtung parallel und 90° zu Fressgitter und Kotgraben) sollte im Hackschnitzelgraben der anfallende Kot und Harn so gut wie möglich aufgefangen werden. Der modifizierte Fressbereich konnte nicht auf der Weidefläche bewegt werden, während die Rundballenraufe alle zwei bis drei Wochen versetzt wurde, um die Zugänglichkeit für die Tiere zu gewährleisten. Durch die anhaltend niedrigen Temperaturen entstand aus Futterverlusten und Mist ein ständig anwachsender fester Untergrund für die Kühe, der ein Versetzen der Standardrundballenraufe von Zeit zu Zeit notwendig machte.

Für den Versuch wurden die 16 tragenden Färsen (Angus x Fleckvieh) zufällig in zwei Gruppen mit je acht Tieren aufgeteilt und am 08.02.2008 auf die Versuchsflächen gebracht. Der voraussichtliche Abkalbezeitraum lag zwischen Mitte April bis Mitte

Juni 2008. Während des gesamten Versuchszeitraumes wurden beide Tiergruppen zum selben Zeitpunkt gefüttert, eingestreut und betreut, es wurde kein Tier krank oder war anderweitig auffällig. Am 16.04.2008 wurden die beiden Tiergruppen von den Versuchsflächen genommen und für die bevorstehenden Abkalbungen aufgestellt.

Für die Beurteilung des Tierverhaltens wurden während des gesamten Versuchszeitraumes in regelmäßigen Abständen Videoaufzeichnungen durchgeführt. Die Videoaufzeichnungen begannen am 12.02.2008 und endeten am 16.04.2008.

Die Ammoniakmessungen in der Außenluft wurden mit zehn Passivsammlern nach Ferm durchgeführt. Ihre Sammelwirkung beruht ausschließlich auf Diffusion. Mit Zitronensäure beschichtete Filter nehmen das Ammoniak auf, das dann nach einer Extraktion einer quantitativen Analyse zugeführt wird (DÄMMGEN, 2001).

Die Sammler wurden als Nach-Monitoring direkt im Anschluss an die Haltung der Mutterkühe im Zeitraum vom 1.5. bis 1.6.2008 an Masten an den Weideflächen installiert. Je Mast waren je vier Sammler befestigt.

Die Wetterdaten wurden für den gesamten Versuchszeitraum vom kanadischen Wetterdienst von der Wetterstation Deschambault (Latitude: 46° 40.200' N, Longitude: - 71° 55.200' O, Altitude: 15,20 m) in 3 km Entfernung übernommen (N. N. 2007). Zusätzlich wurde vor Ort noch die Windrichtung und Windgeschwindigkeit zwischen den Fressplätzen bestimmt.

3 Ergebnisse

3.1 Videoauswertung

Die Auswertung der Videos im Bezug auf spezifisches Verhalten ist schwierig. Aktivitäten wie Fressen oder Abkoten können nicht klar im Einzelnen differenziert werden. Für die Auswertung wurde daher die Aufenthaltszeit der Tiere in den Funktionsbereichen ausgewertet.

Bezogen auf die Gesamtaufenthaltszeit je 24 Stunden verweilten die Tiere in Gruppe 1 höchst signifikant länger im Fressbereich (10 h). Im Schnitt verbrachten die Tiere zwischen 8 und 10 h/Tag im Fressbereich. Dies bedeutet nicht unbedingt, dass die Tiere von Gruppe 1 mehr Zeit mit der Futteraufnahme verbracht haben, da diese nicht nachweisbar ist. Auch eine unterschiedliche Gewichtsentwicklung der Gruppen war nicht nachweisbar.

Komplementär zum längeren Aufenthalt im Fressbereich war die Zeit im Liegebereich entsprechend verkürzt und auch höchst signifikant niedriger als in Gruppe 2 (Abb. 1).

Die Aufenthaltszeiten im übrigen Auslaufbereich waren nicht signifikant verschieden, allerdings machen sie insgesamt weniger als 1,5 Stunden der Gesamtzeit je Tag aus. Bei der Betrachtung der einzelnen Auswertetage ist zum Ende des Versuchs hin der Unterschied bei der Aufenthaltsdauer im Fressbereich geringer.

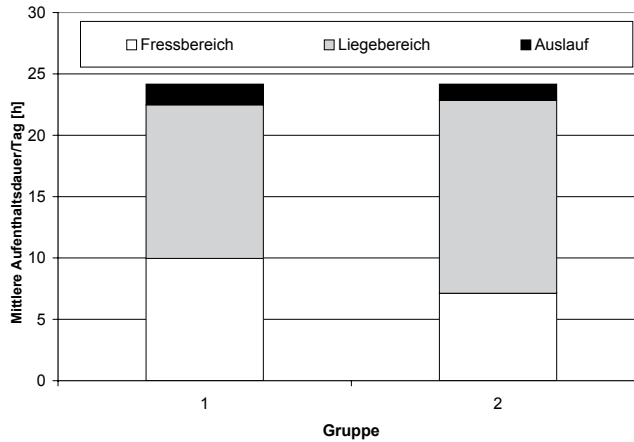


Abb. 1: Aufenthaltsdauer der Gruppen im Mittel je Tier und Tag

Fig. 1: Mean duration of staying in functional areas per animal and day

3.2 Fressplatzgestaltung

Die Konstruktion des rechteckigen Fressplatz hat im Lauf der Untersuchung den Nachteil, dass die Standplätze der Tiere mit zunehmender Dauer in die Höhe wuchsen. Grund dafür waren Futterreste und Kot, die im gefrorenen Zustand Schicht um Schicht aufbauten. Als weiterer Nachteil der rechteckigen Konstruktion erwiesen sich die Befestigungen der Fressstände. Die Befestigung konnte durch die Tiere verdreht werden, sodass Fressplätze dadurch teilweise schmaler wurden, während der benachbarte Fressplatz breiter wurde. Eine dieser Befestigungen wurde gegen Ende des Versuches abgerissen und blieb um den Hals des Tieres hängen, das den Kopf durchgesteckt hatte. Da dies aber zwei Tage vor Ende des Versuches passierte, hatte es keinen weiteren Einfluss auf den Versuchsablauf.

3.3 NH₃-Messungen

Betrachtet man die Ergebnisse der Passivsammler für den Zeitraum 1.5. bis 1.6.2008 als Ganzes, fällt auf, dass einige Messpunkte höhere NH₃-Konzentrationen aufweisen. Allerdings fällt es schwer, aus der allgemeinen Darstellung der NH₃-Konzentrationen ein Schema abzulesen. Während des Versuchszeitraums wurden zur besseren Einordnung der gemessenen Werte die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit direkt auf der Messfläche auf derselben Höhe von 2,5 m wie die der Passivsammler aufgezeichnet. Die vorherrschenden Windrichtungen waren Ost-West und West-Ost, die Häufigkeiten dafür waren etwa gleichwertig. Zur Überprüfung der Daten wurden diese mit der meteorologischen Station in Deschambault abgeglichen, wobei sich generell das gleiche Windrichtungsprofil ergab (Abb. 2). Allerdings werden die offiziellen Daten in einer Höhe von 10 m erhoben.

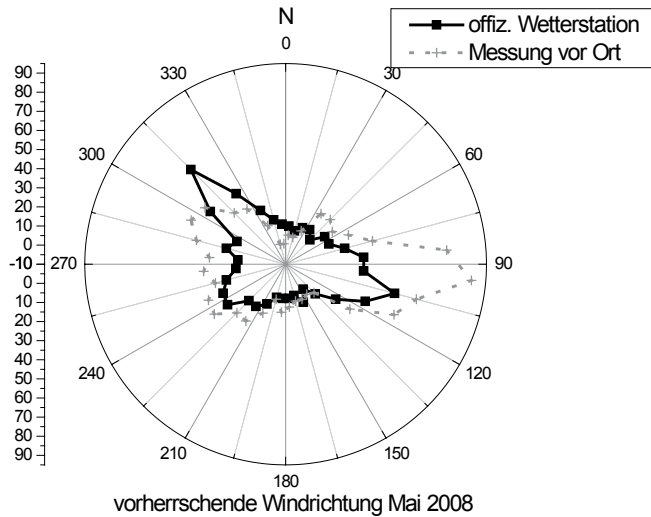


Abb. 2: Häufigkeiten der Windrichtung am Standort Deschambault im Mai 2008
 Fig. 2: Plot of prevailing wind direction at Deschambault during May 2008

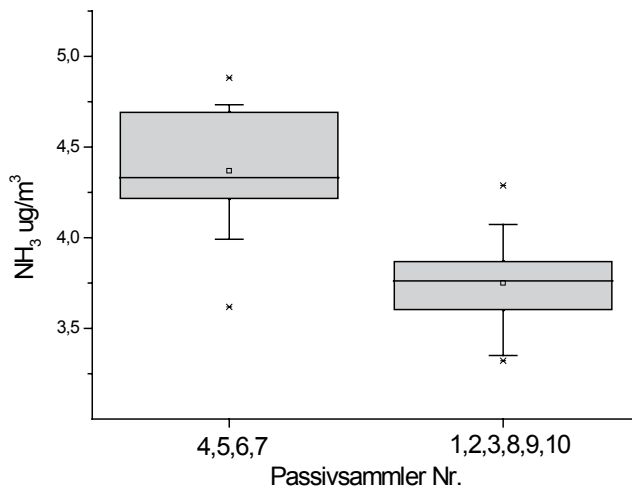


Abb. 3: Boxplot für gruppierte Daten der Passivsammler, die Unterschiede sind signifikant $p \leq 0,0001$
 Fig. 3: Boxplot of grouped flux sampler data, differences are significant ($p \leq 0,0001$)

Fasst man die Werte für die Passivsammler nach Gruppen zusammen, ergeben sich höchst signifikante Unterschiede zwischen den Messpunkten 4, 5, 6, 7 sowie den übrigen Punkten 1, 2, 3, 8, 9, 10 (Abb. 3). Die Werte für den erstgenannten Bereich liegen höher, die Standorte der Passivsammler finden sich auf einer Höhe in der Nähe der Fress- und Liegebereiche.

Zur umfassenden Beurteilung der Emissionen sind noch die bereits erhobenen Sickerwassermengen und ihre Inhaltsstoffe zu analysieren. Ein Problem dabei ist, ähnlich wie bei den Passivsammlern, die zeitversetzte Messbarkeit der Emissionen. Solange der Boden gefroren ist und auch die Lufttemperaturen niedrig sind, können keine Emissionen nachgewiesen werden.

Literatur

- DÄMMGEN, U. (2001): Messung mittlerer Ammoniak-Konzentrationen mit Passivsammlern. Messmethoden für Ammoniak-Emissionen. KTBL-Schrift 401, S. 61-68, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt
- N. N. (2007): Données climatiques de Deschambault, QC. Web d'Environnement Canada. <http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/> (last accessed 12/5/08)

Reduction of odour and gas emissions from pig buildings: evaluation of two in-barn reduction techniques

Minderung der Emissionen von Geruch und anderen Gasen aus Gebäuden der Schweinehaltung: Bewertung zweier verschiedener Techniken

S. GODBOUT¹, L. HAMELIN¹, S. P. LEMAY¹, F. PELLETIER¹, D. ZEGAN¹, M. BELZILE¹, F. GUAY², J. ORELLANA^{1,2}

¹ Research and Development Institute for the Agri-Environment, 2700 Einstein, Quebec (QC), G1P 3W8, Canada

² Université Laval, Quebec (QC), G1V 0A6, Canada

Keywords: pig diet, emissions, in-barn separation

Summary

Odour and gas emissions from pig production represent an important concern. Although several technologies have been developed to reduce odour and gas emissions from swine housing, there is no official inventory and compilation under common units available that can be used to compare and evaluate the reductions actually obtained when these technologies are used in-barn.

Therefore, the objectives of the present study were 1) to test two in-barn techniques allowing odour and gas emissions reduction in an experimental swine barn and 2) to compare the emission reductions obtained for the diet, the V-shape scraper and the combination of both.

Preliminary data show that an appropriate diet can reduce 46 % of NH₃ emissions and 35 % of odour emissions. However, in the same time, the CH₄ emissions were more than 45 % higher. The diet had no impact on CO₂ and N₂O emissions. The in-barn separation system allowed a reduction of 12 % of NH₃ emissions and 33 % of the odour emissions. But, there was a 17 % more CH₄ emission with this technique than with the control. The combination of the two treatments increases gas and odour reductions. In fact, combining the two treatments, odour and NH₃ emissions were respectively 43 % and 59 % lower than the control.

The present results come from the first trial (fall 2008) of two. The experiment will be repeated from April to June 2009. More analysis will be done using all data coming from both trials.

1 Introduction

Livestock production in confinement facilities result in gas emissions such as ammonia (NH_3), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and carbon dioxide (CO_2). Ammonia, CH_4 and N_2O are products of manure decomposition while CO_2 is primarily a product of animal metabolism. Furthermore, odour from animal production represents an important concern. In pig production, manure is stored as a liquid beneath a slatted floor. Both the manure attached to the flooring material and as a stored liquid produces these odour and gases.

Several technologies have been developed to reduce odour and gas emissions from swine housing. Two in-barn approaches seem to be interesting: the under slat separation system and diet manipulation.

Literature has shown separating urine from feces under slats and frequently removing both fractions was suitable to reduce gas and odour emissions from buildings (ANDERSSON, 1995; AROGO et al., 2001; BERNARD et al., 2003; JONGEBREUR, 1981). On average, under slat separation systems in piggeries can reduce NH_3 and odour emissions up to 50 % (BELZILE et al., 2006; HENDRIKS and WEERDHOF, 1999; KASPERS et al., 2002; KOGER et al., 2002; KROODSMA, 1986; VAN KEMPEN et al., 2003; VOERMANS and VAN ASSELDONK, 1990; VOERMANS and VAN POPPEL, 1993). Three major under slat manure separation systems have been studied over the years, the conveyor net, the V-shape scraper and the conveyor belt.

Nutrient management is a key to a successful sustainable swine production (HONEYMAN, 1996). An effective way of reducing gas and odour emissions would be to reduce manure and urinary nitrogen. In the past, dietary requirements of grower-finisher pigs for each of essential amino acids were met by including enough crude protein in diets to meet requirements for lysine, the first limiting amino acid. Reduction of dietary protein combined with supplementation of synthetic amino acids in pig diets might reduce total nitrogen excretion by 25 to 40 % (HARTUNG and PHILLIPS 1994; KAY and LEE, 1997). Reduction of dietary protein by 29 % results directly in a reduction of NH_3 emission by 52 % (KAY and LEE, 1997). Moreover, concentrations of other major odour components responsible for pig odour were significantly lower in slurry from pigs fed with low crude protein diets compared to a control diet (HOBBS et al., 1996).

An additional method to reduce emissions caused by excess nitrogen, particularly NH_3 , is the alteration of the ratio of nitrogen excretion in urine versus feces (MROZ et al., 1993). Reduction in urine of the excretion of urea, the primary precursor for NH_3 volatilisation, combined with shifting nitrogen excretion into the feces by the use of bacterial protein, will reduce NH_3 volatilisation and thereby NH_3 emission of swine barns. Inclusion of fermentable carbohydrates or non-starch polysaccharides (NSP) into diets stimulates bacterial fermentation in the hindgut and reduced urinary versus fecal nitrogen ratio by 68 % (CANH et al., 1997a). In a subsequent study, NH_3 emissions were reduced up to 40 % by dietary inclusion of fermentable carbohydrates (CANH et al., 1997b). However, increased bacterial fermentation caused increased production of volatile fatty acids (for example: acetate, propionate, and butyrate), which are also part of the total odour.

The objectives of the present study were 1) to test two in-barn techniques allowing odour and gas emissions reduction in an experimental swine barn and 2) to compare the emission reductions obtained for the diet, the V-shape scraper and the combination of both.

2 Materials and Method

The experimental design used in this experiment involved four treatments: 1) C: control (no technology implemented, manure handled with a pull plug system emptied every week); 2) D: dietary manipulation; 3) V: under slat separation system (V-shaped scraper); 4) D+V: a combination of the treatment D and V. Three repetitions were carried out per treatment.

The experimental laboratory farm consisted of 12 identical and independent chambers laid out side-by-side. Each room is equipped with a fully concrete slatted floor and has its own manure handling system. Four growing-finishing pigs were housed per chamber during seven weeks (three weeks of accommodation and four weeks of testing). All animal-related data (feed and water consumption, weight gain, volume of manure) as well as manure samples were taken weekly.

The ventilation system consisted of an inlet and exhaust fan mounted in the ceiling of each chamber. The exhaust fan was able to vary the capacity from 14 to 75 L/s. The exhaust air was directed through a 204-mm iris orifice damper (Model 200; Continental fan manufacturer inc., Buffalo, NY). Its accuracy was rated at $\pm 5\%$. A differential pressure transducer measured the pressure across the orifice plate.

The chambers were provided with uniform heating and ventilation rates, and with instrumentation to continuously measure temperature, relative humidity using a type T thermocouples and electronic humidity sensors (Model CHG-UGS, TDK Corporation of America, IL). Each sensor was scanned every 10 sec and the average was recorded every 15 min. The concentration of methane (CH_4), carbon dioxide (CO_2) and nitrous oxide (N_2O) were measured with a gas chromatograph (Varian 3600, USA) equipped with a flame ionization detector (FID) for detection and quantification of CH_4 and an electron capture detector (ECD) for detection and quantification of CO_2 and N_2O . Ammonia is measured with a non-dispersive infra-red (NDIR) analyzer (Ultramat 6E, Siemens, Germany) and the semi-quantitative evaluation of hydrogen sulphide (H_2S) is done with a UV fluorescence analyzer (M101E, Teledyne API, USA). Every two days, the analyzers would monitor ambient air and certified calibration gas.

Odour samples were collected weekly. Odour concentration was evaluated by dynamic olfactometry and odour intensity was evaluated in-situ by nasal rangers (BSI, 2003; FEDDES et al., 2001). Two trained odour assessors evaluated the ambient odour intensity at the intake and in each room with a 9-point n-butanol scale as described in the Standard Practices for Referencing Suprathreshold Odour Intensity Standard (ASTM 544-99, 1999). During the same time periods, air samples at the air room intake and exhaust were collected in 60-L flushed Nalophane bags for odour concentration evaluation. These olfactometry tests were carried out in a 24 hours period from the sampling period.

A standard commercial diet was used as control and the treatment diet is a special diet formulated to reduce odour emissions.

The in-barn manure management system separates urine from feces using a V-shaped scraper and a V-shaped gutter. Feces stay on the inclined walls while urine is gathered into the middle trench and stored under the gutter. A mobile squeegee-type scraper is used to remove feces once every day.

3 Results and Discussion

The initial and final average pig weights were 60.4 kg and 90.25 kg respectively. The average daily gain for all treatments and control ranged from 1.03 to 1.06 kg/day/pig for an overall average of 1.05 kg/day/pig showing no significant difference between treatments.

The diet treatment and the in-barn separation system allowed an odour emission reduction of 35 % and 33 % respectively in comparison of the control (Tab. 1). An odour reduction of 43 % was reached by combining both treatments. No statistical analysis has been done on these first trial data.

All treatments have no impact on CO₂ and N₂O emissions (Tab. 1) and these results are in agreement with the literature. Because the CO₂ is mainly generated by the animal and usually, there was no emission of N₂O in swine barn. However, all treatments increase the CH₄ emissions by 58 %, 16 % and 28 % for the diet, V-shape and combination treatments respectively. These results are in opposition with the literature indicating that the in-barn separation system has no impact or reduces the CH₄ emission. More analysed should be done for a better understanding of these increasing.

The NH₃ emissions are reduced by all treatments (Tab. 1). The best reduction was obtained by the treatment combination and reached 59 % in comparison with the control. A reduction of 45 and 12 % was obtained with the diet and V-shape scraper respectively. This last result is lower than the literature and more analysis are necessary to understand this difference.

Tab. 1: Gas and odour emission: preliminary results

Treatments	CO ₂	CH ₄ mg/hr·kg _{pig}	N ₂ O	NH ₃	Odour OU/hr·kg _{pig}
Control	859.02	1.46	0.16	2.67	91.47
Diet	780.04	2.31	0.15	1.45	59.30
V-Shaped	897.83	1.70	0.16	2.35	61.41
Diet + V-Shaped	741.64	1.88	0.14	1.11	51.89

4 Conclusions

The objectives of the present study were 1) to test two in-barn techniques allowing odour and gas emissions reduction in an experimental swine barn and 2) to compare the emission reductions obtained for the diet, the V-shape scraper and the combination of both.

These preliminary data show that an appropriate diet can reduce 46 % of NH_3 emissions and 35 % of odour emissions. However, in the same time, CH_4 emissions were more than 45 % higher. The diet had no impact on CO_2 and N_2O emissions. The in-barn separation system allowed a reduction of 12 % of NH_3 emissions and 33 % of the odour emissions. But, there was a 17 % more CH_4 emission with this technique than with the control. The combination of the two treatments increases gas and odour reductions. In fact, combining the two treatments, odour and NH_3 emissions were respectively 43 % and 59 % lower than the control.

The present results come from the first trial (fall 2008) of two. The experiment will be repeated from April to June 2009. More analysis will be done using all data come from both trials.

References

- ASTM. E 544-99. (1999): Standard practices for referencing suprathreshold odour intensity. In Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials
- ANDERSSON, M. (1995): The effect of different manuring systems on ammonia emissions in pig buildings. A comparing study between scrapers under slatted floors and rubber mats under slatted floors. Rapport 100, Lund. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Biosystems and technology. S. 41 ff.
- AROGO, J.; WESTERMAN, P. W.; HEBER, A. J.; ROBARGE W. P.; CLASSEN, J. J. (2001): Ammonia in animal production – A review. In ASAE Annual International Meeting. Sacramento, California, USA, July 30–August 1. Paper No 01-4089. ASAE, St. Joseph, Michigan, ASAE
- BELZILE, M.; GODBOUT, S.; LEMAY, S. P.; LAVOIE, J.; LACHANCE I.; POULIOT, F. (2006): Impact de la séparation fèces-urine sous caillebotis sur la qualité de l'air ambiant en porcherie. Journées Recherche Porcine, 38, S. 21-26
- BERNARD, C.; CÔTÉ, C.; GIROUX, D.; GRÉGOIRE, M.; JONCAS, R.; MARTIN, R.; MARTIN, D. Y. (2003): Mémoire de l'institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec. April 16th, 2003
- BSI. (2003): Air Quality – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry. BS EN 13725. London, U.K.: British Standards Institution
- CANH, T. T.; VERSTEGEN, M. W. A.; AARNINK, A. J. A.; SCHRAMA, J. W. (1997a): Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and compositions of urine and feces of fattening pigs. J. Anim. Sci. 75, S. 700–706
- CANH, T. T.; AARNINK, A. J. A.; SCHRAMA, J. W.; HAAKSMA, J. (1997b): Ammonia emission from pig houses affected by pressed sugar beet pulp silage in the diet of growing-finishing pigs. Proceedings of the International Symposium on Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities, S. 273–281. CIGR and EurAgEng publication, Rosmalen

- FEDDES J. J. R.; QU, G.; OUELLETTE, C.; LEONARD, J. (2001): Development of an eight-panelist single port, forced-choice, dynamic dilution olfactometer. *Journal of Canadian Bio-systems Engineering*. 43, 6.1–6.5
- HARTUNG, J.; PHILLIPS, V. R. (1994): Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure storages. *Journal of Agricultural Engineering Resources*, 57, S. 173–189
- HENDRIKS, H. J. M.; VAN DE WEERDHOF, A. M. (1999) Dutch notes on bat for pig- and poultry intensive livestock farming. August. Information Centre for Environmental Licensing. Published by: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment et Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries
- HOBBS, P. J.; PAIN, B. F.; KAY, R. M.; LEE, P. A. (1996) Reduction of odourous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein. *J. Sci. Food Agric.*, 71, S. 508–514
- HONEYMAN, M. S. (1996): Sustainability issues of U.S. swine production. *J. Anim. Sci.* 74, S. 1410–1417
- JONGEBREUR, A. A. (1981): Housing system and their influence on the environment. Environmental aspects of housing for animal production, Butterworths, London, S. 431–436
- KAY, R. M.; LEE, P. A. (1997): Ammonia emission from pig buildings and characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets. Proceedings of the International Symposium on Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities, S. 253–260, CIGR and EurAgEng publication, Rosmalen
- KASPERS, B.; KOGER, J.; VAN KEMPEN, T. (2002): Evaluation of a conveyor belt waste collection system for swine: fecal drying efficiency and ammonia emission reductions. North Carolina State University. Available at: [<http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReports/2002/kaspers.htm>] August 8th, 2003
- KOGER, J. B.; WOSSINK, G. A.; KASPERS, B. A.; VAN KEMPEN, T. A. (2002): Belt manure removal and gasification system to convert manure to fuel: the “RE-Cycle” system. North Carolina State University. Available at: [<http://mark.asci.ncsu.edu/NCPorkConf/2002/koger.htm>] June 20th, 2003
- KROODSMA, W. (1986): Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries. *Journal of Agricultural Engineering Research* 34, S. 75–84
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; BEERS, S.; KEMME, P. A.; DE JONGE, L.; VAN BERKUM, A. K.; VAN DER LEE, R. A. (1993): Preliminary studies on excretory patterns of nitrogen and anaerobic deterioration of faecal protein from pigs fed various carbohydrates. In (Verstegen, M. W. A., L. A. den Hartog, G. J. M. van Kempen and J. H. M. Metz, Eds.). S. 247–252, Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen
- VAN KEMPEN, T.; KASPERS, B.; BURNETTE, P.; VAN KEMPEN, M.; KOGER, J. B. (2003): Swine housing with a belt for separating urine and feces; key to flexibility? In Swine Housing Conference 2nd International, S. 159–165, October 12–15. Durham, North Carolina. ASAE, St. Joseph, Michigan
- VOERMANS, J. A. M.; VAN ASSELDONK, M. M. L. (1990): Separation of pig manure under a slatted floor. Proefverslag-Proefstation-voor-de-Varkenshouderij, No.P1.151
- VOERMANS, J. A. M.; VAN POPPEL, F. (1993): Scraper systems in pig houses. Livestock environment IV. Proceedings of a conference held in Coventry, UK, 6–9 July 1993, S. 650–656

Energieverbrauchsmessungen in der Ferkelaufzucht bei Einsatz von Systemen mit Zonenheizung und Wärmetauscher

Measurements of energy in the rearing of piglets with the use of zone heating systems and heat exchangers

MANFRED WEBER, JÖRN MENNING

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden, Lindenstr. 18, 39606 Iden

Schlüsselwörter: Ferkelaufzucht, Heizungssysteme

Keywords: piglet rearing, heating systems

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden im Praxisbetrieb zwei verschiedene Heizungssysteme in der Ferkelaufzucht miteinander verglichen. Zum einen handelt es dabei um eine Zonenheizung mit Fista-Platte und Oberflurabsaugung, im zweiten System wird die benötigte Energie über eine Raumheizung mit Wandpanelen und Wärmetauscher in das Abteil verbracht. Dabei wird die verbrauchte Luft unter dem Spaltenboden abgesaugt.

Der Einsatz des Wärmetauschers erbrachte eine Aufheizung der Zuluft gegenüber der Außenluft um 8–12 °C

Der Energieverbrauch für Heizung betrug im Zonenheizungssystem im Schnitt über zwei Jahre 9,9 KWh (0,59 €) pro Ferkel. Im System mit dem Wärmetauscher wurden nur 5,4 KWh (0,32 €) benötigt. Beide Werte liegen aber noch weit unter den landesüblichen 24 KWh pro Ferkel. Für die Ventilatoren wurden im System Zonenheizung 0,9 KWh (0,18 €), im System Wärmetauscher 1,2 KWh (0,24 €) pro Ferkel benötigt.

Summary

In the present study we have compared two different heating systems in the rearing of piglets. The first systems involves a zone heating with Fista-Plate. In the second system, we find a heating system with a heat exchanger.

The use of the heat exchanger heats up the air from the outside up to 8–12 °C. The energy consumption for heating amounts in the zone heating system is 9,9 kWh (0,59 €) per piglet. In the system with the heat exchanger only 5,4 kWh (0,32 €) are required. Both figures are still far below the national standard (24 kWh per piglets). For the fans in the zone heating system 0,9 kWh (0,18 €) are required, the system heat exchanger needs 1,2 kWh (0,24 €) per piglet.

1 Einleitung

Die Ferkelaufzucht ist der energieaufwändigste Zweig der Schweineproduktion. Aufgrund der benötigten hohen Temperaturen von bis zu 30 °C im Ferkelbereich und der Notwendigkeit des gezielten Luftaustausches, bei dem bis zu 90 % der Wärmeenergie (BÜSCHER et al., 1999) wieder nach außen befördert wird, schätzen die Experten der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen die Höhe der Wärmeenergie mit 170 KWh pro Ferkelplatz (FELLER, 1996). Das sind bei etwa sechs bis sieben Durchgängen im Jahr rund 25 KWh pro Ferkel. Je nach Energiequelle müssen wir mit 4–6 ct je KWh erzeugter Wärmeenergie rechnen, sodass Kosten in Höhe von 1–1,50 € je Ferkel zu Buche schlagen. Gesucht sind nun Heizungssysteme, die mit deutlich geringeren Wärmeenergieaufwendungen auskommen. Hier sind insbesondere Systeme mit Zonenheizung und dem Einsatz von Wärmetauschern (WEBER et. al., 2009) zu nennen.

Ziel unserer Untersuchung sollte es sein, anhand von zwei verschiedenen Systemen in einem Praxisbetrieb neben den notwendigen Energiemengen zur Beheizung der Ferkelaufzuchtteile auch die Wärmetauscherleistung und die Ammoniakkonzentrationen zu erfassen.

2 Material und Methoden

Grundlage der Untersuchung war der komplette Umbau der Ferkelaufzucht im Praxisbetrieb. Dieser wurde in zwei Zeitabschnitten mit jeweils unterschiedlicher Lüftungs- und Heizungstechnik vorgenommen, die im Folgenden beschrieben werden.

2.1 Zonenheizungssystem FISTA-Platte

Sechs Abteile mit je etwa 100 Ferkelplätzen wurden errichtet, wobei jedes Abteil zwei Buchten je 50 Tiere fasst. Bei der Lüftungstechnik setzte man auf zentrale Oberflurabsaugung. Hierzu wurden drei Ventilatoren in einem zentralen Abluftkanal angebracht. Die Frischluftzufuhr erfolgt über eine Rieseldecke, die wiederum aus dem zentralen Verbindergang gespeist wird. Auf eine zusätzliche Zuluftheizung wurde verzichtet. Die Heizung ist als Zonenheizung mit dem System Fista-Platte ausgestaltet. Diese wird über den Lüftungsrechner angesteuert

2.2 Raumheizung mit Wärmetauscher

Sechs Abteile mit je 300 Ferkelplätzen zu je 6 Buchten mit je 50 Ferkeln. Die Luft wird in der Mitte des Abteils unter dem Spaltenboden abgesaugt und in den zentralen Abluftkanal abgeführt. Der zentrale Abluftkanal wurde nötig, um einen energiesparenden Wärmetauscher (Luft-Luft-Folien-Tauscher) in das Gesamtsystem zu integrieren.

Die durch den Wärmetauscher vorgewärmte Luft wird direkt aus dem zentralen Zuluftkanal in den Zwischendeckenbereich der Abteile (nach oben wärmeisoliert, nach unten Rieseldecke – ca. 30 cm Luftraum) verbracht. Die Zuluftdecke ist etwa bis zur Mitte des Abteils gelocht, sodass die Luft in erster Linie (nachgewiesen durch Nebelproben) auf den plangeschlossenen Kontrollgang herunterfällt und sich im Winter, und



Abb. 1: links: Zonenheizungssystem; rechts: Raumheizung mit Wärmetauscher
 Fig. 1: left: Zone-heating system; right: Room-heating system

nur diese Situation kann hier bisher beschrieben werden, langsam in den hinteren Teil der Bucht verteilt.

2.3 Datenerfassung

Die Temperaturmessungen in den Abteilen, in Zuluft und Abluft, vor und nach verlassen des Wärmetauschers wurden mit Temperatur/Feuchte-Logger der Firma Testo durchgeführt, Wärmeenergiemessungen mittels Wärmemengenzähler pro Abteil. Der Elektroenergieverbrauch wurde jeweils für die einzelnen Systeme separat erfasst. Für die Messung der Ammoniakkonzentrationen wurde das System „Multiwarn 2“ der Firma Draeger genutzt.

3 Ergebnisse

3.1 Kapazität des Wärmetauschers

Um die Kapazität und die Kontinuität des Wärmetauschers zu testen, wurde an fünf Stellen die Lufttemperatur gemessen (Abb. 2). Neben der Außentemperatur (Kurve 1) wurde am Zugang der Frischluft zum Wärmetauscher (Kurve 2) gemessen. Es zeigt sich hier, dass durch die Ansaugung der Luft unter dem Dach schon ein gewisser Erwärmungseffekt genutzt werden kann. Der für das System wichtigste Wert ist natürlich die Lufttemperatur der Frischluft, wenn sie aus dem Wärmetauscher kommt und ins Abteil abgegeben wird (Kurve 3). Aus der Differenz der Kurven 3 und 2 ergibt sich die Erwärmungskapazität des Tauschers. Wir konnten bei den gegebenen Bedingungen eine Erwärmung von etwa 5 °C feststellen. Positiv ist dabei auch zu erkennen, dass die entsprechende Temperatur der Frischluft über den gesamten Tag konstant ist und somit auch die Schwankungen im Tierbereich nicht vorhanden sind. Den Tauscheffekt erkennen wir parallel auch an den Kurve 4 und 5. Hier zeigt sich, dass die in den Tauscher einströmende Abluft (Kurve 5) um etwa 5 °C wärmer ist, als die Luft, die der Tauscher nach draußen abgibt (Kurve 4). Insgesamt können wir ohne zusätzliche Wärmeenergieeinsatz mit diesem System eine Anhebung der Außenlufttemperatur von 8–12 °C feststellen.

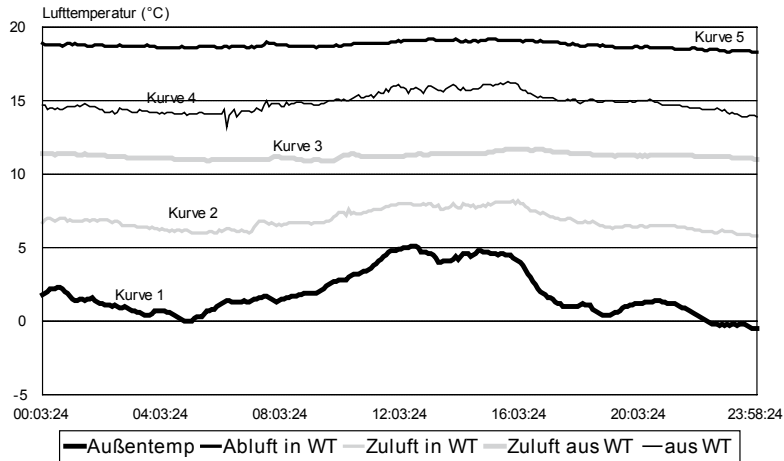


Abb. 2: Lufttemperaturmessungen am Wärmetauscher

Fig. 2: Measurement of temperature of air at the heat exchanger

3.2 Energieverbrauch in beiden Systemen

Um die benötigten Energieaufwendungen für Wärme und Lüftung zu ermitteln wurden über 24 Monate mittels Wärmemengenzähler (Wärmeenergie) und Stromzähler (Lüftungsenergie) die Werte der sechs Abteile erfasst. Diese wurden dann auf die jeweils aufgezogenen Ferkel bezogen. In Abbildung 3, in der die notwendigen Wärmemengen je Ferkel aufgetragen sind, ist ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den beiden Systemen zu erkennen. Die benötigten Energiemengen pro Ferkel liegen beim System Wärmetauscher im Durchschnitt bei 5,4 KWh. Das System Zonenheizung verbraucht zwar mit 9,9 KWh etwas mehr an Wärmeenergie liegt aber immer noch deutlich niedriger als die für den Landesdurchschnitt angegebenen Werte von 25 KWh pro Ferkel.

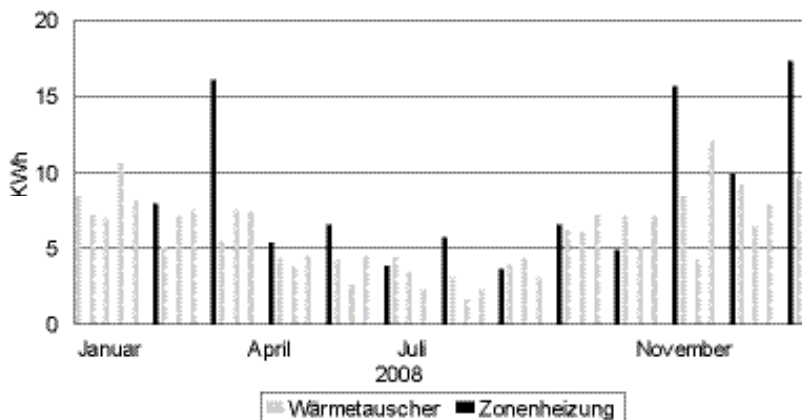


Abb. 3: Wärmeenergieverbrauch in beiden Systemen

Fig. 3: Consumption of heating energy in both systems

Im Punkt Lüftungsenergieverbrauch liegen die Werte für das System Wärmetauscher erwartungsgemäß etwas höher als die für die Oberflurabsaugung. Hier wird der etwas höhere Gegendruck durch den Wärmetauscher und die Unterflurabsaugung deutlich. Aber mit 0,9 und 1,2 KWh pro Ferkel liegen die Verbräuche auch hier auf einem recht niedrigen Niveau.

Betrachtet man die ermittelten Werte nun von der ökonomischen Seite und setzt je KWh Strom 0,2 € und je KWh Gas 0,06 € an, ergeben sich Gesamtkosten von 0,77 € je Ferkel für das Zonenheizungssystem und 0,56 € für das System Wärmetauscher. Dieses System wird dann zusätzlich mit etwa 0,04 € für Reinigungswasser (ca 50 m³ pro Jahr bei zweimal wöchentlicher Reinigung des Wärmetauschers und zweimal jährlicher Generalreinigung der Wärmetauschers mit Hochdruckreiniger) belastet.

3.3 Ammoniakkonzentrationen bei Ober- und Unterflurabsaugung

Durch den Einbau von zwei verschiedenen Abluftverfahren in den Abteilen war es uns möglich, diese auch auf Luftschadstoffkonzentrationen (Ammoniak) zu untersuchen. Die in Abbildung 4 dargestellten Werte einer typischen Messung wurden gefunden. Ganz deutlich wird der sehr geringe Schadstoffgehalt im Tierbereich bei der Unterflurabsaugung (Kurve 1). Die über die Gülle streichende Luft nimmt wie erwartet Ammoniak auf, sodass wir in der Abluft (Kurve 2) Konzentrationen von 10 ppm finden. Diese sind aber immer noch niedriger als die aus der Oberflurabsaugung. Dort können wir die im Winter im Tierbereich (Kurve 4) sehr häufig anzutreffenden Werte von z.T. über 20 ppm finden. Da in der Abluft (Kurve 3) geringere Konzentrationen als im Tierbereich gefunden wurden, müssen wir davon ausgehen, dass ein Kurzschluss zwischen Rieseldecke und Abluftstutzen vorgelegen hat, und nur ein Teil der zugeführten Frischluft auch im Tierbereich angekommen ist. Diesen Effekt konnten wir durch eine Nebelprobe auch belegen.

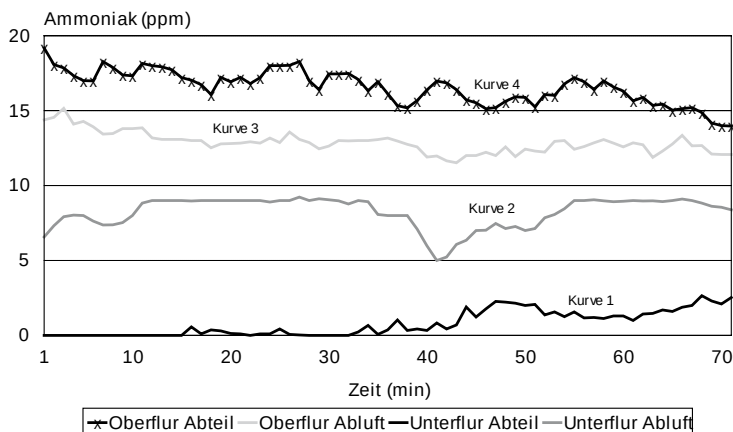


Abb. 4: Ammoniakkonzentrationen bei unterschiedlicher Luftabsaugung

Fig. 4: Concentration of ammonia in both ventilation systems

Literatur

BÜSCHER, W.; KLUGE J. (1999): Heiz- und Elektroenergiekonsum in der Ferkelaufzucht. Landtechnik, 54/1999, Heft 4, S. 238–239

FELLER, B. (1996): Kostenvergleich unterschiedlicher Heizsysteme in der Schweinehaltung. Beratungsunterlage LWK Westfalen-Lippe

WEBER, M.; MENNING, J. (2009): Mollige 30 °C für wenig Geld. SuS, 1/2009, S. 20–24

Einfluss verschiedener Entmistungsvarianten von Pferdeboxen auf den Schadgasgehalt der Luft

Influence of different dunging methods on the noxious gas content in horse stables

GUNDULA HOFFMANN¹, FRANZ-JOSEF BOCKISCH², PETER KREIMEIER³,
HERMAN VAN DEN WEGHE⁴

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

² Julius-Kühn-Institut (JKI), Institut für Anwendungstechnik, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

³ Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut (vTI), Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau

⁴ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutztierwissenschaften, Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Pferdehaltung, Entmistung, Ammoniak

Keywords: horse husbandry, dunging, ammonia

Zusammenfassung

In einer Untersuchung wurde die Entmistung von Pferde-Einzelboxen hinsichtlich der entstehenden Schadgaskonzentrationen verglichen.

Die Boxen wurden entweder täglich gemistet, zweimal wöchentlich gemistet oder als Matratzenstreu genutzt. Die Einstreu mit Weizenstroh erfolgte jeweils täglich.

Während des Versuchszeitraums war die Ammoniakkonzentration bei Verwendung einer Mistmatratze am geringsten und die höchste Ammoniakkonzentration verursachte die tägliche Entfernung von Kot und nassen Stellen. Es sollten weitere Untersuchungen über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden.

Summary

The manure removal of single-horse-boxes was compared to register the concentration of noxious gases.

The boxes were demanured daily, twice per week or only at the end of the investigation time. The littering with wheat straw happened daily in each case.

In the trial period without manure removal there was the lowest concentration of ammonia gas. The daily removal of excrement and wet spots caused the highest concentration of ammonia gases. Further investigations over a longer time period should be performed.

1 Einleitung

Die Domestikation des Pferdes und seine Nutzung als Freizeit- und Sportpferd sind in der Regel mit einem Stallaufenthalt, insbesondere mit der Haltung in Einzelboxen, eng verbunden. Bevor ein Pferd seinem Besitzer jedoch als Freizeitpartner oder gar als Einnahmequelle dienen kann, durchläuft es zunächst eine lange und kostenintensive Phase der Aufzucht und Ausbildung. Dieser Phase und dem hohen Wert des Fohlens muss aus ökonomischen Gründen eine lange Nutzungsdauer gegenüberstehen. Voraussetzung dafür ist die Erhaltung der Gesundheit und der Leistungsfähigkeit des Pferdes.

Auch in wissenschaftlichen Praxisstudien hat sich gezeigt, dass fortdauernde Haltungsmängel ganz erhebliche Folgekosten nach sich ziehen, die oft wesentlich höher zu beziffern sind als jene Mittel, die für eine optimale Haltung besser frühzeitig hätten aufgebracht werden müssen (BENDER, 1999).

Für die Gesundheit des Pferdes spielt neben der artgerechten Haltung die Qualität der Stallluft eine wichtige Rolle, da der Atmungsapparat der Pferde besonders empfindlich auf luftgetragene Partikel und Schadgase reagiert (HOLCOMBE et al., 2001). Insbesondere Ammoniakgase sind bei einer chronischen aerogenen Exposition in der Lage, Schäden an den Atemwegen zu verursachen. Dies konnte in einer Untersuchung an Ferkeln deutlich nachgewiesen werden (JOHANSEN et al., 1987).

Derzeit leben mehr als eine Millionen Pferde in Deutschland (DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG, 2009). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass mehr als 90 % der deutschen Pferde in Einzelboxen gehalten werden (KORRIES, 2003; PETERSEN et al., 2004). Vor allem die Einzelhaltung in Innenboxen wird jedoch für viele Atemwegserkrankungen bei Pferden verantwortlich gemacht und mit 26 % gehören Atemwegserkrankungen zu den zweithäufigsten Abgangsursachen bei Pferden (GERBER et al., 2003; SOMMER et al., 1988; VANDENPUT et al., 1998).

2 Zielstellung

Ziel der dargestellten Untersuchung war die Erfassung und Beurteilung der Schadgaskonzentrationen in Einzelboxen bei Verwendung verschiedener Entmistungsregime. Die Auswirkungen einer mehrwöchigen Mistmatratze auf die Luftqualität im Pferdestall sollten im Vergleich zum täglichen Misten und zum zweimaligen Misten pro Woche analysiert und bewertet werden. Eine Reduzierung der Schadgase kann zu einer deutlichen Verbesserung der Stallluftqualität beitragen und die Häufigkeit von Atemwegserkrankungen bei Pferden reduzieren.

3 Tiere, Material und Methoden

3.1 Tiere und Haltungsbedingungen

Die Untersuchungen wurden am vTI Braunschweig im Versuchsstall des Instituts für Agrartechnologie und Biosystemtechnik (ehemals Institut für Betriebstechnik und Bau-forschung, FAL Braunschweig) durchgeführt. Die Messungen erfolgten im Juli und

August 2008 über einen Zeitraum von sechs Wochen. Für die Versuche standen sechs Warmblutstuten (Hannoveraner) im Alter von zwei bis drei Jahren zur Verfügung. Es standen sechs Einzelboxen zur Verfügung, die jeweils eine Größe von 12 m² hatten. Um den Einfluss der Durchlüftung zu erfassen blieben drei Boxen geöffnet, sodass die angrenzenden Sandausläufe (je 90 m² groß) für drei Pferde jederzeit frei zugänglich waren. Die sechs Stuten kamen vormittags für zwei Stunden gemeinsam auf eine Koppel. Die Pferde hatten während des Versuchsdurchganges ihre eigenen Boxen, jedoch wurden nach der Hälfte der Zeit, die Boxentüren, die zunächst geöffnet waren, verschlossen und die drei anderen Stuten bekamen freien Zugang zu den angrenzenden Sandausläufen.

3.2 Untersuchungsmethoden und Auswertung

Um die Einflüsse des Klimas und weitere Umgebungsfaktoren zu minimieren, fanden die Entmistungsvarianten parallel statt. Jeweils zwei benachbarte Boxen (eine geschlossen und eine mit Sandauslauf) wurden nach der gleichen Methode gemistet. Zwischen den Boxen waren im unteren Bereich feste Trennwände montiert. Im oberen Bereich wurde der Luftaustausch zwischen den Boxen mit gleicher Entmistungsmethode durch Windschutznetze minimiert, und zwischen Boxen mit unterschiedlicher Entmistung wurden zusätzliche Holzplatten angebracht.

Am ersten Versuchstag wurden alle Boxen gründlich mit Weizenstroh (30 kg/Box) eingestreut. In den ersten beiden Boxen wurde die Liegefläche täglich begradigt und mit frischem Weizenstroh (6,6 kg/Box) nachgestreut, allerdings wurde kein Material entfernt (Mistmatratze). In Box 3 und 4 wurden nur die Kothaufen der Pferde täglich entfernt und zweimal pro Woche wurden die Boxen gründlich (inkl. feuchter Stellen) gemistet. Diese Boxen wurden ebenfalls täglich (8,4 kg/Box) nachgestreut. In den letzten beiden Boxen wurden sowohl die Kothaufen der Pferde als auch die feuchten Stellen täglich entfernt und die Boxen mit Stroh (9,2 kg/Box) nachgestreut.

Zur Beurteilung der Luftqualität fanden kontinuierliche Schadgasmessungen statt. Mithilfe des Gasmonitors 1312 der Firma LumaSense Technologies A/S (Ballerup, Dänemark) und eines eigens hergestellten Multiplexers wurden die Konzentrationen von Ammoniak, Methan und Kohlendioxid gemessen. In jeder Box befand sich eine Messstelle in 0,50 m Höhe, von der die Luft jeweils zum Messgerät abgeleitet wurde.

Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.2 (SAS Institutes, North Carolina). Die Prüfung auf Signifikanz (Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$) erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden anhand der Ammoniakwerte verdeutlicht, da diesem Gas bei den Atemwegserkrankungen der Pferde die größte Bedeutung zukommt (ZEITLER-FEICHT, 1993). Die Konzentration der übrigen gemessenen Gaskonzentrationen war jedoch tendenziell bei der Mistmatratze ebenfalls am geringsten. Während der sechswöchigen Versuchsphase waren die Ammoniakwerte mit Konzentrationen von 0,16 bis 4,27 mg/m³ (Tab. 1) gering und somit unter dem maximalen Grenzwert für Pferdeställe von 20 ppm bzw. 13,9 mg/m³ (ZEITLER-FEICHT, 1993).

Tab. 1: Ammoniakkonzentration während der Versuchsvarianten

Tab. 1: Ammonia concentration during the trial periods

Entmistungsvariante	Boxentür	Anzahl	Minimum mg/m ³	Median mg/m ³	Maximum mg/m ³
Mistmatratze	geschlossen	628	0,37	0,85	3,66
Tägl. Kotentfernung und 2x/woche gründl. Misten	geschlossen	629	0,24	0,99	4,09
Tägl. Entfernung von Kot und feuchten Stellen	geschlossen	628	0,36	1,12	4,27
Mistmatratze	offen	629	0,33	0,68	1,96
Tägl. Kotentfernung und 2x/woche gründl. Misten	offen	629	0,16	0,79	2,21
Tägl. Entfernung von Kot und feuchten Stellen	offen	629	0,17	0,90	3,82

Innerhalb der sechswöchigen Versuchszeit war die Ammoniakkonzentration während der Verwendung einer Mistmatratze an den meisten Tagen am geringsten und die höchste Ammoniakkonzentration verursachte die tägliche Entfernung von Kot und nassen Stellen (Abb. 1).

In der Variante mit täglicher Kot- und Mistentfernung dauerte es nach der Durchführung der Stallarbeiten auch stets am längsten, bis die Ammoniakkonzentration wieder abfiel. Aber auch bei kurzzeitigen Stallarbeiten, wie der alleinigen Entfernung der oberflächlichen Kotstellen, kam es bereits zu einer Freisetzung von Schadgasen. Zwischen den Entmistungsvarianten bestanden jeweils signifikante Unterschiede

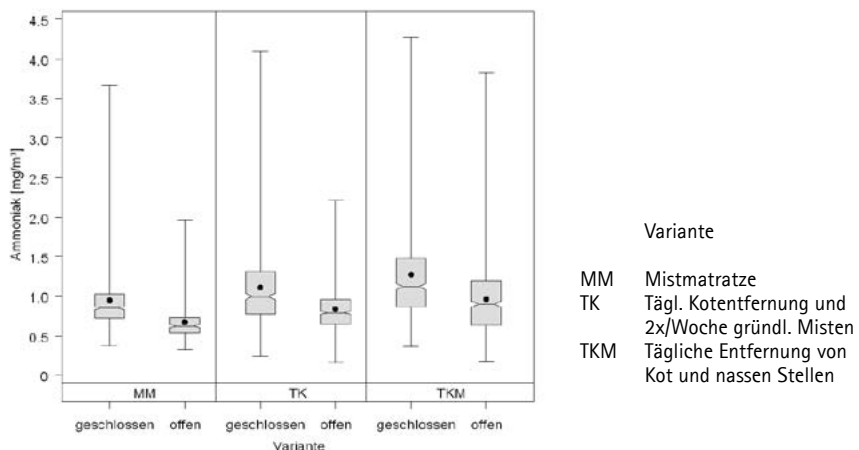


Abb. 1: Durchschnittliche Ammoniakkonzentration in den Entmistungsvarianten und den zwei jeweiligen Haltungssystemen (geschlossenene und offene Boxentür)

Fig. 1: Mean ammonia concentration during the dunging methods and the two different husbandry systems (stable door closed or open)

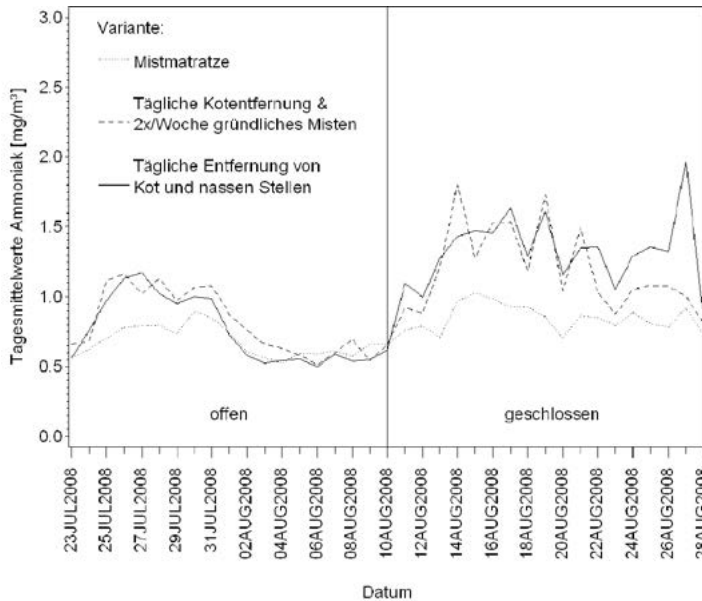


Abb. 2: Verlauf der Ammoniakkonzentration in drei Einzelboxen
 Fig. 2: Trend of the ammonia concentration in three individual horse stables

($p < 0,001$). Ein Vergleich zwischen den offenen und geschlossenen Boxen hat ergeben, dass die Ammoniakkonzentration in den geschlossenen Boxen signifikant ($p < 0,001$) höher war als in den Boxen, die die Pferde zu jeder Zeit verlassen konnten.

Abbildung 2 zeigt den kontinuierlichen Verlauf der Ammoniakkonzentration in drei Pferdeboxen, die unterschiedlich entmistet wurden. Die Ammoniakkonzentration stieg in der ersten Woche zunächst in allen drei Varianten an, da sich zunächst die nitrifizierenden Mikroorganismen vermehren müssen, um den Stickstoff zu binden und somit die Ammoniakkonzentration zu verringern.

In den folgenden zwei Wochen lag die Ammoniakkonzentration in allen drei Boxen zwischen 0,5 und 0,8 mg/m³. Etwa drei Wochen nach Beginn des Versuchszeitraums wurden die Türen dieser Boxen geschlossen, was einen deutlichen Anstieg der Ammoniakkonzentrationen zur Folge hatte. Insgesamt lag die Gaskonzentration jedoch in der Box mit der Mistmatratze an den meisten Tagen am niedrigsten. In der Box, die jeden Tag gründlich gemistet wurde, konnten die höchsten Ammoniakwerte gemessen werden, allerdings lagen sie nur knapp über den Werten der Box, die täglich abgeäppelt und zweimal wöchentlich gründlich gemistet wurde.

5 Schlussfolgerungen

Anhand dieser Ergebnisse ist es ratsam, auf das tägliche Ausmisten zu verzichten. Allerdings sollte auf eine regelmäßige und ausreichende Nachstreu geachtet werden. Während der Stallarbeiten und in den darauffolgenden Stunden sollten sich die Pferde

nicht in den Ställen aufhalten. Diese Zeit sollte zum Durchlüften der Boxen genutzt werden, indem die Türen offen bleiben. Wünschenswert wären zusätzliche Forschungsarbeiten über einen längeren Zeitraum, um weitere Aspekte zu berücksichtigen.

Literatur

- BENDER, I. (1999): Praxishandbuch Pferdehaltung. Kosmos Verlag, Stuttgart
- Deutsche Reiterliche Vereinigung (2009): Zahlen, Daten, Fakten 2009.
URL: <http://www.pferd-aktuell.de/Doc-..20835/doc.htm> (27.04.2009)
- GERBER, V.; ROBINSON, N. E.; LUETHI, S.; MARTI, E.; WAMPFLER, B.; STRAUB, R. (2003): Airway inflammation and mucus in two age groups of asymptomatic wellperforming sport horses. *Equine Veterinary Journal*, 35 (5), S. 491–495
- HOLCOMBE, S. J.; JACKSON, C.; GERBER, V.; JEFcoat, A.; BERNEY, C.; EBERHARDT, S.; ROBINSON, N. E. (2001): Stabling is associated with airway inflammation in young Arabian horses. *Equine Veterinary Journal* 33, Nr. 3, S. 244–249
- JOHANSEN, U.; ERWERTH, W.; MENDER, S.; NEUMANN, R.; MEHLHORN, G.; SCHIMMEL, D. (1987): Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung einer chronischen aerogenen Schadgasbelastung des Saugferkels mit Ammoniak unterschiedlicher Konzentrationen. *Journal of Veterinary Medicine* 34, S. 260–273
- KORRIES, O. C. (2003): Untersuchung pferdehaltender Betriebe in Niedersachsen – Bewertung unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit, bei Trennung in verschiedene Nutzungsgruppen und Beachtung haltungsbedingter Schäden. Hannover, Diss.
- PETERSEN, S.; TÖLLE, K. H.; BLOBEL, K. J.; KRIETER, J. (2004): Bewertung pferdehaltender Betriebe in Schleswig-Holstein. In: Tagungsband Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde e.V. (DGfZ) und Gesellschaft für Tierzuchtwissenschaft (GfT) am 29./30. September 2004 in Rostock
- SOMMER, H.; VELTJENS C.; FELBINGER, U. (1988): Die häufigsten Erkrankungen bei deutschen Warmblutpferden. *Tierärztliche Umschau* 43, S. 546–550
- VANDENPUT, S.; VOTON, D.; DUVIVIER, D.H.; VAN ERCK, E.; ANCIAUX, N.; ART, T.; LEKEUX, P. (1998): Effect of set stabled environmental control on pulmonary function and airway reactivity of COPD affected horses. *The Veterinary Journal*, 155, S. 189–195
- ZEITLER-FEICHT, M. H. (1993): Mindestanforderungen an die Beleuchtung und Stallluft in der Pferdehaltung unter Tierschutzgesichtspunkten. *Tierärztliche Umschau* 48, Nr. 5, S. 311–317

Das Forschungsprojekt wurde in Kooperation mit dem Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems (Georg-August-Universität Göttingen) durchgeführt. Die Förderung dieses Projektes erfolgte aus Mitteln des BMELV über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

Auswirkungen der ganzjährigen Auslaufhaltung von Pferden auf die Sickerwasserkontamination

Impact of perennial access of horses to an exercise yard on leachate contamination

PETER KREIMEIER¹, FRANZ-JOSEF BOCKISCH², MONIKA ZERBIAN³

¹ Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Institut für Anwendungstechnik, Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Messeweg 11–12, 38104 Braunschweig

³ Institut für agrarrelevante Klimaforschung, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Pferdehaltung, Haltung, Auslauf, Paddock, Umwelt, Sickerwasser, Grundwasser

Keywords: horse husbandry, outside pen, paddock, environment, leachate, groundwater

Zusammenfassung

Der Auslaufbereich vor den Fressständen wurde durch die Pferde in Folge der Futteraufnahme stark frequentiert. Die langen Aufenthaltszeiten der Tiere in diesem Auslaufbereich führten zu einem höheren Aufkommen von Abkotungen. Obwohl der Kot täglich abgesammelt wurde, verblieb genügend organische Masse im Boden, die zur Humusbildung führte. Bedingt durch Mikrobentätigkeit, die mittels aerober und anaerober Bedingungen stark beeinflusst wird, kam es zu unterschiedlich hohen gemessenen Nährstoffemissionen insbesondere beim Ammonium. Aufgrund der noch laufenden Untersuchungen kann derzeit keine abschließende Beurteilung der gemessenen Konzentrationen vorgenommen werden.

Summary

Exercise yards in connection with feed stalls were frequently used by the horses during roughage intake. Due to long term occupancy of this area, defecation is highly concentrated. Even when manure was removed daily, sufficient organic matter remained to start humus formation. Attributable to microbiological activity and aerobic and anaerobic conditions, different nutrient loads could be measured, notably of ammonium. Because of ongoing analysis a final evaluation of the measured nutrient contents of ground water and soil couldn't be done yet. The results presented here could be seen as a snapshot of time.

1 Einleitung und Problemstellung

Aus ethologischen Gesichtspunkten ist ein pferdegerechtes Haltungssystem durch einen Auslauf gekennzeichnet, der den Pferden zur freien Verfügung steht und ganzjährig genutzt werden kann.

Diese tiergerechte Haltungsform mit Auslauf wird aber aus Umweltschutzgründen immer wieder kritisch betrachtet. Die Behörden befürchten durch die ganzjährige Nutzung der Ausläufe einen erhöhten Kontaminationsdruck für das Grundwasser und erschweren die Genehmigungsfähigkeit solcher Anlagen mit sehr kostenintensiven Auflagen. Von Seiten der Unteren Wasserbehörden wird Nitrat für die Grundwasserleiter als sehr problematisch eingestuft. Nitrat wie auch Ammoniak oder Ammoniumverbindungen sind nur relativ aufwendig aus einem zur Trinkwassergewinnung vorgesehenen Rohwasser zu entfernen (LECHER et al., 2001).

Allerdings stützen sich die Genehmigungsbehörden dabei auf Annahmen und Abschätzungen zur Umweltwirkung aus anderen Tierhaltungsbereichen und weniger auf Untersuchungsergebnisse innerhalb der Pferdehaltung. Nach wie vor besteht daher ein großer Bedarf an verlässlichen Daten zum tatsächlichen Nährstoffeintrag in das Sickerwasser aus der Pferdeauslaufhaltung.

2 Zielsetzung

Um Erkenntnisse über die mögliche Wasser- und Bodenkontamination zu gewinnen, wurden in der Pferdeversuchsanlage des Institutes für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL tiergerechte Haltungsverfahren mit Auslauf unter Umweltaspekten untersucht.

Ziel der Untersuchungen war es, die Belastung für Wasser und Boden in einem Auslauf mit künstlichem Bodenaufbau unter den Bedingungen der Mehrraumgruppen- und der Einzelauslaufhaltung festzustellen.

3 Tiere, Material und Methoden

Die hier beschriebene Versuchsanstellung wurde mit zwölf Hannoveraner Stuten durchgeführt. Je sechs Stuten wurden in einer Gruppen- bzw. in Einzelhaltung aufgestellt. Zeitweise wurden aus Versuchsgründen innerhalb der Einzelhaltung die Pferde in drei Zweiergruppen gehalten. Die zur Verfügung stehenden Bewegungsflächen veränderten sich dadurch nicht. Der Flächenanteil sowohl in der Einzel- wie auch in der Gruppenhaltung setzte sich je Pferd aus 45 m² unbefestigter Auslauffläche, 9 m² befestigter sowie überdachter Bewegungsfläche und einer 12 m² großen eingestreuten Fläche zusammen. Bedingt durch die Fressstände kommen in der Gruppenhaltung nochmals 3 m² Flächenbedarf je Pferd hinzu.

Vormittags, während der Stallarbeiten, erhielten die Pferde jeden Tag mit Ausnahme der Wochenenden zwei Stunden Weidegang. Die Pferde hatten unabhängig von Witterungseinflüssen Tag und Nacht Zugang zum Auslauf. Einmal täglich wurde inner-

halb der Auslaufpflege der Pferdekot abgesammelt und gewogen. Zusätzlich wurden das Raufutter und die Einstreu gewogen.

Zur Erfassung der Witterungsbedingungen dienten die Daten des Deutschen Wetterdienstes, der seine Messungen in etwa 300 m Abstand durchführte.

Die Auslaufanlage war mit sechs Großraumlysimetern (je 90 m²) ausgestattet. Der künstliche Bodenaufbau innerhalb dieser Betonwannen wurde in allen sechs Segmenten gleich ausgeführt. Der Aufbau war aufgrund seiner Ausführung durch eine hohe Wasserdurchlässigkeit und ein geringes -speichervermögen gekennzeichnet. Auf der mit Gefälle zum Stall hin verlaufenden Bodenplatte befand sich eine Drainschicht aus Rollkies (Körnung 8–32 mm, Stärke ca. 30 cm). Eine Trennlage aus Glasfaserflies trennte die Sandaufschüttung (Körnung 0–2 mm, Stärke von 30–60 cm) aus gewaschenem Sand von der Drainschicht. Im unteren Bereich der Bodenplatte war ein Drainrohr angeordnet, welches die Ableitung des Sickerwassers in die Auffangbehälter gewährleistete. Jedem Großraumlysimeter war ein Auffangbehälter zugeordnet, der zum Sammeln des Sickerwassers und der Sammelprobenahme diente. Eine weitere Wasserprobenart (Durchlaufproben) wurde in regelmäßigen Abständen, je nach Vorhandensein von Sickerwasser dreimal wöchentlich direkt am Ablauf der Großraumlysimeter gewonnen. Auch das Wasservolumen wurde über Pegelmessungen annähernd erfasst.

Das Zeitfenster der Beprobung des Sickerwassers erstreckte sich über einen Zeitraum vom 12.07.2006 bis zum 11.12.2008. Für diesen Beitrag wurden als Datengrundlage die Ergebnisse der Sickerwasseranalysen aus dem Jahr 2008 verwendet. Die umfangreichen Wasserproben analysierte das Institut für agrarrelevante Klimaforschung des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI). Ammonium (NH₄), Nitrat (NO₃) und Phosphat (PO₄) wurden photometrisch mit einem „Segmented Flow Analyzer“ bestimmt. Kalium (K) und Magnesium (Mg) wurden mit einem Atomabsorptionsspektrometer gemessen.

4 Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Vorangegangene Untersuchungen hatten bereits bestätigt, dass Pferde bestimmte Orte bevorzugt aufsuchen, um zu koten oder zu urinieren. Auch die integrierten Funktionsbereiche im jeweiligen Haltungsverfahren hatten einen hohen Einfluss auf das Ausscheidungsverhalten der Pferde. So wurden über 90 % des Ausscheidens von Urin im mit Stroh eingestreuten Ruhebereich beobachtet. Beim Abkoten dagegen waren die Pferde weniger wählerisch. Den Beobachtungen zu Folge wurden die Abkotungen zu etwa 50 % im eingestreuten Bereich und zu etwa 50 % in der unmittelbaren Stallnähe verrichtet. In der Gruppenhaltung konzentrierte sich das erhöhte Aufkommen von Abkotungen in dem Bereich vor den Fressplätzen, da die Pferde sich hier wegen der Futteraufnahme aufhielten (KREIMEIER et al., 2007).

Dieser Funktionsbereich vor den Fressplätzen, der stellvertretend für stark frequentierte Auslaufbereiche steht, bildet in diesem Beitrag den Untersuchungsschwerpunkt. Da der Kot von den Pferden durch die häufige Anwesenheit zertreten wurde, konnte dieser trotz des täglichen Absammelns nicht restlos entfernt werden.

Dies führte zwangsläufig zur Anreicherung organischer Masse und somit zur Humusneubildung, womit eine höhere biologische Aktivität verbunden war. Dieser

Effekt ließ sich auch in den restlichen Paddockeinheiten in Stallnähe feststellen, jedoch nicht in dieser Intensität.

Mit der Zunahme des Humusgehaltes stieg in diesem Segment (Nr. 4) ebenso das Wasseraufnahmevermögen des Bodens. Damit veränderten sich die ursprünglichen Eigenschaften des eingebauten Bodens. Im Zuge der Humusbildung kam es vor dem Fressbereich (Abb. 1) zu einer deutlichen Bodenverdichtung, die schon bei geringen Niederschlagsmengen zu Staunässe und bei hohen Niederschlägen zur Pfützenbildung führte. Hierbei entstanden im Boden anaerobe Bedingungen, die zudem eine hemmende Wirkung auf den Humusabbau hatten.



Abb. 1: Staunässe mit Pfützenbildung durch Bodenverdichtungen vor den Fressständen der Gruppenhaltung

Fig. 1: Waterlogging and puddles in front of feed stalls (group housing) caused by soil compaction

Die klimatischen Bedingungen waren am Standort Braunschweig im Jahr 2008 durch einen sehr feuchten Januar, trockenen Februar und relativ nassen März und April gekennzeichnet. Die Wasserbilanz verlief hier positiv. Die Niederschlagshöhe (h_N) war höher als die Verdunstungshöhe (h_V), dargestellt in Abbildung 2 als weiße Säulen. Von Mai bis Ende September kehrte sich die Bilanz um, die Verdunstungshöhe (h_V) war höher als die Niederschlagshöhe (h_N), deutlich gemacht anhand der grauen Säulen. Von Oktober an bis zum Jahresende bewegte sich die Bilanzierung wieder im positiven Bereich. Insgesamt wies die Wasserbilanz für das Jahr 2008 einen negativen Wert von etwa 40 mm aus. Demzufolge war es entsprechend schwierig, regelmäßig Durchlaufproben zu gewinnen. Dies spiegelt sich auch in der geringen Anzahl von Sammelproben wieder. Diese wurden nur im Zuge des Abpumpens der Auffangbehälter genommen. Auch das Wasserspeichervermögen des mit organischer Masse angereicherten Bodens wirkte sich erschwerend aus.

Die Pegelmessungen in dem Auffangbehälter zeigten gegenüber den übrigen Auffangbehältern einen deutlich geringeren Sickerwasserzufluss.

Die durch Niederschläge und Bodenverdichtung verursachte Staunässe führte wie bereits erwähnt zu anaeroben Bodenverhältnissen. Unter diesen Bedingungen konnten bestimmte anaerobe Bakterien Nitrat über Nitrit zu Ammonium NH_4^+ reduzieren (UMWELTBUNDESAMT, 2009). Dieser als Nitratammonifikation bezeichnete Vorgang könnte

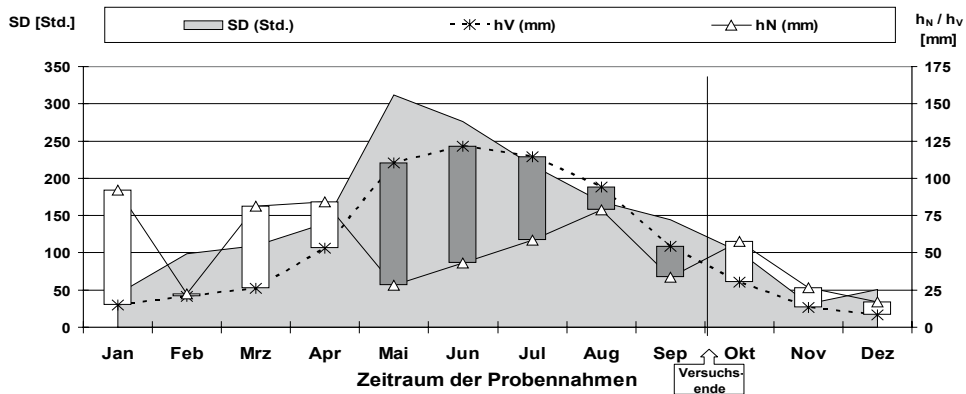


Abb. 2: Darstellung der Wasserbilanz 2008 mit den Einflussparametern Sonnenscheindauer (SD), Niederschlagshöhe (h_N) und Verdunstungshöhe (h_V) auf das Sickerwasseraufkommen
 Fig. 2: Leachate 2008 depending on sunshine duration (SD), precipitation (h_N) and evaporation (h_V)

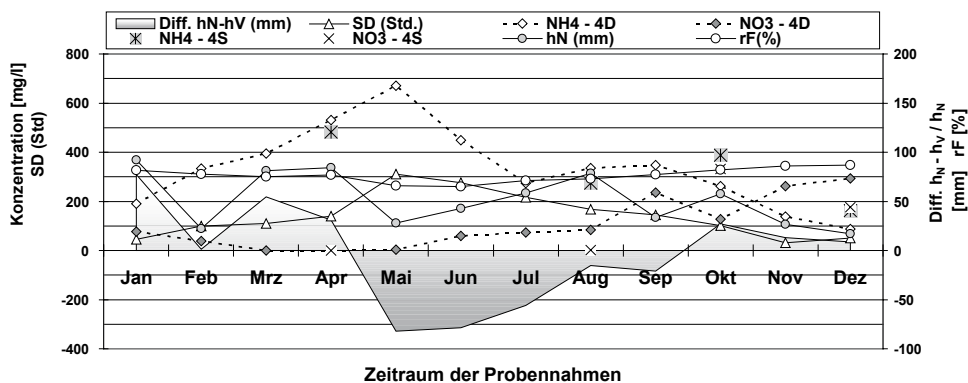


Abb. 3: Monatsmittelwerte der Durchlaufproben (D) sowie Sammelproben (S) im Lysimeter Nr. 4 im Untersuchungsjahr 2008
 Fig. 3 Monthly mean of spot samples (D) and accumulated samples of lysimeter no. 4 in 2008

den Anstieg der Ammoniumkonzentration, im Sickerwasser speziell in diesem Segment, zu sehen in Abbildung 3, erklären. Auch die relativ geringen Nitratgehalte deuten auf diesen Vorgang hin.

Nach Beginn der Trockenzeit Ende April setzte zeitverzögert der Rückgang der Ammoniumemissionen ein, wobei die Nitratemissionen im gleichen Zeitraum leicht zunahmen. Die Niederschlagsereignisse im Juli (58,5 mm) und im August (78,8 mm) bewirkten bis in den September hinein sowohl einen Anstieg der Ammonium- wie auch der Nitratemissionen. Ab September bis zum Jahresende hin sanken die Ammoniumkonzentrationen im Sickerwasser deutlich ab, während die Nitratkonzentrationen ab Oktober stetig anstiegen. Dies deutet auch darauf hin, dass sich die Bodenverhältnisse

wieder in einen aeroben Zustand befanden, der die Nitrifikation von Ammonium zu Nitrat förderte.

Bedingt durch die geringen Wassermengen fielen die gemessenen Konzentrationen relativ hoch aus. Diese allein aber lassen noch keine Aussage über die möglichen Belastungen des Grundwassers zu. Die Bodenanalysen der vorhandenen Bodenproben liegen fast vollständig vor, bedürfen aber noch der Auswertung, um eine abschließende Bewertung der Ergebnisse vornehmen zu können.

5 Fazit und Ausblick

Der Auslaufbereich vor den Fressständen wurde durch die Pferde in Folge der Futteraufnahme stark frequentiert. Die langen Aufenthaltszeiten der Tiere in diesem Bereich führten zu einem höheren Aufkommen von Abkotungen. Trotz täglichen Absammelns des Kotes verblieb genügend organische Masse im Boden, die zur Humusbildung führte. Bedingt durch Mikrobentätigkeit, die mittels aerober und anaerober Bedingungen stark beeinflusst wurde, kam es zu relativ hohen Ammoniumemissionen. Stickstoff kann nacheinander verschiedene Bindungsformen durchlaufen und somit aufeinander folgend vielfältige Wirkungen in unterschiedlichen Umweltmedien entfalten. Diese Tatsache macht es zu einer schwierigen und komplizierten Aufgabe, eine exakte Bilanzierung und Bewertung von Stickstoffemissionen durchzuführen.

Einer möglichen Kontamination des Sickerwassers kann jedoch durch einfache bauliche Maßnahmen wie z.B. eine Befestigung oder Überdachung solcher häufig aufgesuchten Funktionsbereiche begegnet werden.

Literatur

- KREIMEIER, P.; MÜLLER, K.; BOCKISCH, F.-J. (2007): Einfluss verschiedener Haltungssysteme auf das Ausscheidungsverhalten von Pferden unter besonderer Berücksichtigung der Auslaufkontamination. 8. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2007, Landwirtschaftsverlag Münster Hiltrup, S. 162–167
- LECHER, K.; LÜHR, H.-P.; ZANKE, U, C. E., (2001) (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft, 8. völlig neubearbeitete Auflage
- UMWELTBUNDESAMT, UBA 2009 (Hrsg.): Hintergrundpapier zu einer multimedialen Stickstoffemissionsminderungs-Strategie, <http://www.umweltbundesamt.de/luft/downloads/emissionen/hg-stickstoffemissionsminderungsstrategie.pdf>

EU-AGRO-BIOGAS project

THOMAS AMON¹, HERWIG MAYR¹, MICHAEL EDER¹, PHIL HOBBS², SREENIVAS RAO RAVELLA², URSULA ROTH³, ANKE NIEBAUM³, HELMUT DOEHLER³, PETER WEILAND⁴, ELHUSSEIN ABDOUN⁴, ANDREAS MOSER⁵, MARKUS LYSON⁵, MONIKA HEIERMANN⁶, MATTHIAS PLÖCHL⁶, JÖRN BUDDE⁶, ALEXANDER SCHATTAUER⁶, THERESA SUAREZ⁶, HENRIK MÖLLER⁷, ALASTAIR WARD⁷, FRIEDHELM HILLEN⁸, PAWEŁ SULIMA⁹, ANNA ONISZK-POLPLAWSKA⁹, PAUL KRAMPE¹⁰, ZDENEK PASTOREK¹¹, JAROSLAW KARA¹¹, JANA MAZANCOVA¹¹, HENDRIK JAN VAN DOOREN¹², WIM CORRÉ¹³, FABRIZIO GIOELLI¹⁴, PAOLO BALSARI¹⁴

¹ University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Department of Sustainable Agricultural Systems, Peter-Jordan-Str. 82, 1190 Wien, Österreich

² North Wyke Research, Okehampton, Devon, EX20 2SB, England

³ Association for Technology and Structures in Agriculture, Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt

⁴ Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

⁵ RTD Services, Lazarettgasse 3/4.1, 1090 Vienna, Österreich

⁶ Leibniz Institute of Agricultural Engineering, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

⁷ Aarhus University, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, Blichers Allé 20, 8830 Tjele, Dänemark

⁸ GE Jenbacher GmbH & Co OHG, Achenseest. 1–3, 6200 Jenbach, Österreich

⁹ Institute for Renewable Energy, Mokotowska 4/6, 00-641 Warsaw, Polen

¹⁰ Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH, Holthöge 10–14, D-49632 Essen

¹¹ Engineering, Drnovská 507 161 01, Praha 6, Tschechien

¹² Animal Sciences Group Wageningen UR, Edelhertweg 15/PO Box 65, 8200 AB Lelystad, Niederlande

¹³ Plant Research International, Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen, Niederlande

¹⁴ Università degli Studi di Torino, Dept. of Agricultural, Forestry and Environmental Economics and Engineering, DEIAFA via Leonardo da Vinci, 44 – 10095 Grugliasco (To), Italien

Keywords: biogas, feedstock database, technological innovations, environment, economy, sustainability
Schlüsselwörter: Biogas, Rohmaterial-Datenbank, technologische Entwicklungen, Umwelt, Ökonomie, Nachhaltigkeit

Summary

EU-AGRO-BIOGAS is a European Biogas initiative to improve the yield of agricultural biogas plants in Europe, to optimise biogas technology and processes and to improve the efficiency in all parts of the production chain from feedstock to biogas utilisation.

Leading European research institutions and universities are cooperating with key industry partners in order to work towards a sustainable Europe. Fourteen partners from eight European countries are involved. EU-AGRO-BIOGAS aims at the development and optimisation of the entire value chain – to range from the production of raw materials, the production and refining of biogas to the utilisation of heat and electricity. The online European Feedstock Database was developed from all participant countries, a substantial amount of data (more than 10 000 analyses) was generated and collected. The online European Feedstock Database is designed as an open database where new data can always be fed in. It contains essential information on the quality of feedstock utilisable for fermentation including their methane production capacity. The online European Feedstock Database allows an initial testing of biogas potentials of regionally available

substrates and substrate mixtures. The set up of quality definitions for feedstock enables the economic and energetic optimisation of substrate mixtures for biogas production.

Field demonstrations of all technologies and methods developed in course of EU-AGRO-BIOGAS are the core element of the project. EU-AGRO-BIOGAS includes the following demonstration activities at commercial plant level: Innovative approaches of feeding technologies, monitoring, management and early warning system, newly developed sensors, approaches to improve the degree of efficiency of the fermentation steps (enzymes, micro-organisms, stirring technologies), a floating system which recovers a significant amount of methane from the digestate storage tank without requiring changes to the A.D. management chain.

A crucial task within the EU-AGRO-BIOGAS project is the economic and environmental assessment of the demonstration measures on selected medium- and large-scale biogas plants across Europe.

EU-AGRO-BIOGAS started in January 2007 and will be finalised in January 2010.

1 Aim

EU-AGRO-BIOGAS aims at the development and optimisation of the entire value chain – to range from the production of raw materials, production and refining of biogas to the utilisation of heat and electricity. All developments and strategies are demonstrated and proofed at real life conditions. An efficient utilisation of raw materials is achieved through the definition of raw material quality, an increased input of secondary agrarian raw material components and by-products of the food and biofuels industry, and energy and economically optimised raw material mixtures (incl. pre-treatment). The state of technology, management, economy and environmental effects is assessed through benchmarking on selected medium- and large-scale biogas plants across Europe. The improvement of biogas efficiency, conversion and utilisation (technical, economical, ecological) is shown by demonstrations on selected biogas plant across Europe. Heat utilisation is improved through optimised management. Demonstration activities (technical, economical, ecological) are benchmarked and recommendations for an efficient biogas production are developed and widely disseminated.

2 Results

2.1 European Feedstock Database and EU – Methane Energy Valuation Model (MEVM) standard methodology

Based on intensive literature surveys by all project partners and lab-scale experiments of feedstock from all participant countries, a substantial amount of data was collected and the main aim, the development of the new and comprehensive online European Feedstock Database (<http://daten.ktbl.de/euagrobiogas/>) on feedstock for biogas plants, was fully achieved. The online European Feedstock Database is designed as an open database where new data can always be fed in. It contains essential information on the quality of feedstock utilizable for fermentation including their methane production capacity. The follow-

ing feedstock groups are represented in the database: energy crops, animal manures, by-products of the food, feed, and biofuel industry and harvest residuals. The database contains information on feedstock, which are most important for European biogas production from a quantitative and qualitative point of view. The database depicts the existing variety of available feedstock in Europe. In the database, 667 data on biogas yield, 767 data on methane yield and 9291 data on substrate analysis from energy crops, animal manures, agricultural residues, other waste materials and substrate mixtures are currently available.

Methane energy value models (MEVM) were developed for the prevailing feedstock of maize silage, sorghum silage, triticale silage, and sun flower silage. The same was done for feedstock mixtures containing remains from bio-refinery systems, agricultural residues and energy crops. The online European Feedstock Database allows an initial testing of biogas potentials of regionally available substrates and substrate mixtures. The set up of quality definitions for feedstock enables the economic and energetic optimisation of substrate mixtures for anaerobic digestion. Hence, the online European Feedstock Database is a basis for the planning of biogas plants and is organised as an expert database to support planners, consultants, plant operators, plant breeders and advisors of agricultural biogas plants.

2.2 Benchmarking, weak point analysis and early-warning system

A selection of commercial plants has provided information on the fermentation parameters, economics, monitoring instrumentation and plant schematics. These parameters were benchmarked and compared to identify weak points from a statistical perspective. Additional weak point analysis was provided by the plant operators. These information were used to define the needs of the early warning system and to highlight the demonstration activities. The constrictions of which parameters can be measured and those needed for process control were balanced and the means of process control and management of the biogas plant by software control were identified. The method involves the use of a soft-sensor which is a means of using easily acquired data and mathematically constructing a more appropriate parameter. New means of process control have been identified that provide early warning of process failure and ultimately will lead to better biogas production.

A pilot scale system was used to investigate both, different sensors for fermentation monitoring and mathematical solutions to process control. The influence of different feedstock on biogas output, process control and monitoring is being investigated. Feedstock will include manure that is quickly digested and energy crops which are less easy to hydrolyse and may require different operational parameters. Our generic approach will enable adaptation to these needs. Successful mathematical models of process control are being progressively identified and validated.

2.3 Technological innovations in process optimisation

Tests and experiments at lab-scale and also at plant level have been accomplished to improve the degree of efficiency in producing biogas. The efforts concentrated on the optimisation of feedstock pre-treatment, the use of enzymes and new approaches in feeding technology.

Many plant operators in Europe use lingo-cellulose-rich raw materials such as solid manure, grass silage or similar feedstock as input in their biogas plants. In order to increase the availability of this feedstock for digestion, it is necessary to pretreat the material. A promising method could be the pretreatment with fungal enzymes, which will support the hydrolysis of the ligno-cellulose complex (Fig. 1).

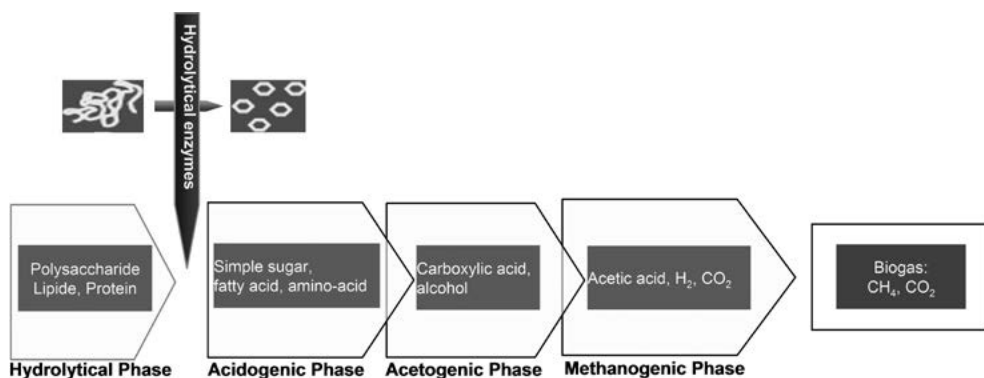


Figure 1: Support of hydrolytical segregation of polymers by fungal enzymes

Experiments at plant level have been conducted at the biogas plant of Rhinmilch GmbH, Fehrbellin, Germany, based on results of lab-scale experiments from SUÁREZ QUINONES et al. The focus of this experiment is an improved biogas production from given substrate (grass silage) and to enhance the activity of the fermentation process, to reduce formation of swimming layers and to decrease agitation power.

Tab. 1: Data of biogas plant

Substrate amount	[m ³ /d]	183
Hydraulic retention time	[d]	33
Biogas production	[m ³ /d]	13 600
Methane content	[%]	54
Electricity production	[kWh/d]	32 400
Heat production	[kWh/d]	37 200

In a first step, both components have been mixed together by a fodder mixer to achieve a sufficient contact surface of the enzymes and the grass silage. Owing to the standards of the manufacturer, the enzymes-substrate-ratio was fixed to 1:25 referred to the content of volatile solids (VS) of the grass silage. After mixing both components, the enzymes require some time to develop the optimum effect. This latency time has been optimized in the lab scale experiments and depends on the temperature of the mixture (optimum: 37 °C).

In the following, the pretreated substrate mixture was fed to the digester by a drag-belt conveyor. The effect of the pre-treatment will be evaluated within the EU-AGRO-BIOGAS

project by measuring the biogas production and the power consumption of the agitation device. Additionally optical surveys of the swimming layer in the digester will be done.

Lab-scale experiments for the optimisation of feedstock mixtures, the pre-treatment of feedstock and the addition of additives have been performed and partly transformed to pilot-scale level to achieve further information. To avoid methane emissions from the digestate storage tank, a coverage system was developed and is already tested at pilot scale to upgrade tanks which have not been build gas tight.

2.4 Transforming biogas into heat and power

Extensive R&D and pre-demonstration activities are performed to reach improvements in the field of biogas utilization with Combined Heat and Power Plants (CHP). New technologies, like the Organic Rankine Cycle (ORC), add on power plants, and optimized technologies for heat utilisation or life cycle cost reduction through adjusted gas qualities are developed, designed and pre-validated. The drying and removal of ammonia from biogas with an improved gas scrubber has already shown the significant impact of gas impurities to the availability and operating costs of a CHP. A new more sulphur resistant type of exhaust gas heat exchanger has been developed; the validation phase already started. On two other plants the validations of advanced heat utilization technologies, e.g. grain dryer, wood chips dryer or fermentation residue dryer, are carried out. Two guidelines and reports respectively, regarding the optimized CHP use in agricultural biogas plants and best practice and standard for using heat to feed the public network will be produced.

2.5 Demonstration at commercial plant level

Field demonstrations of all developed technologies and methods during the EU-AGRO-BIOGAS project are the core element of the project. The researchers and companies from all participant countries validate their inventions, ideas and products under real time and rough field conditions. Demonstrations include innovative approaches of feeding technologies, a monitoring, management and early warning system and newly developed sensors at commercial biogas plant level, approaches to improve the degree of efficiency of the fermentation steps (enzymes, micro-organisms, stirring technologies), a floating system which recovers a significant amount of methane from the digestate storage tank without requiring changes to the A.D. management chain and measures to improve the degree of efficiency of the CHP and feeding into the heat network technologies.

First results of a new feedstock mixture for high glycerol input, new systems for on-line measurements of process parameters (pH, conductivity, redox), NIR for process monitoring, thermo-chemical pre-treatment of feedstock, first validations of drying of poorly storable fodder for cows with belt dryers, improvements of the biogas quality with gas scrubber and demonstrating the ORC technology, are very promising in improving the biogas yield and efficiency at the selected commercial biogas plants.

2.6 Improvement of economic output and environment protection

A crucial task within the EU-AGRO-BIOGAS project is the economic and environmental assessment of the demonstration measures. Most of the demonstration actions have been launched recently and main results will be available at the end of the project in spring

2010. The partners agreed to use the following indicators to assess the environmental effect of the different demonstration activities:

- energy balance
- emission of CO₂ equivalents and CO₂eq mitigation costs

An existing tool used for the calculation of these parameters will be adapted for the requirements of the project, while for the economic part the ECOGAS tool will be applied. The economic and environmental impact of the demonstrated activities are clearly lined-out and assessed against the current status quo – comprising the whole biogas production process from feedstock provision (esp. cultivation of energy crops) to the feed-in to public power or heat supply systems. The results of the assessment will serve as a decision support for biogas planners and consultancy, plant operators as well as regulatory public bodies. The assessment will provide easily available sound economic and ecologic information (costs, benefits, potential side-effects) on a range of different optimisation measures.

Both assessment tools (ecologic footprint tool, ECOGAS tool) will be designed in an open and flexible way so that the whole range of biogas plants can be depicted and assessed in the future – independent of feedstock, technical equipment, process solutions etc. Consequently, an evaluation of new, innovative approaches at plant level will already be possible during the planning process. Together with the online European Feedstock Database, this will substantially improve planning security and thus provide an important decision support to the biogas community as a whole.

3 Conclusions and outlook

The EU-AGRO-BIOGAS project will optimize the biogas process, beginning with optimized feedstock mixtures, pre-treatment of the feedstock and the addition of enzymes and develop a system for the automated process control. The efforts improve the possibility to control the biogas process and raise the yield of the produced methane. The efforts give the plant owner an improved possibility to control the process and to produce biogas at a higher level of efficiency while minimising greenhouse gas emissions. A crucial task within the EU-AGRO-BIOGAS project is the economic and environmental assessment of the demonstration measures. All results of the project will be presented at the final conference “Biogas 09” on 26th November 2009 in Wels (Austria).

Acknowledgement

EU-AGRO-BIOGAS: Contract No.: 019884. An European specific target RTD project supported through the sixth framework Program of the EC (DG TREN)

Literature

- SUÁREZ QUIÑONES, T.; PLÖCHL, M.; BUDDE, J.; HEIERMANN, M.: Enhanced methane formation through application of enzymes – results from batch digestion tests (submitted)
- GERSTL, M.; PÖTSCH, E. M.; AMON, T.(2008): Biogas aus Grünlandbiomasse. Wachsende Rohstoffe, 50, S. 11

Ergebnisse aus dem Monitoring der Bayerischen Biogas-Pilotanlagen

Results from the monitoring of the Bavarian Biogas Plants

ANDREAS LEHNER, MATHIAS EFFENBERGER, ANDREAS GRONAUER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Biogasanlage, nachwachsende Rohstoffe, Biogasausbeute
Keywords: biogas plant, energy crops, biogas yield, utilization ratio

Zusammenfassung

Die landwirtschaftliche Biogasbranche nahm in den letzten Jahren eine dynamische Entwicklung. Um einen Vergleich unterschiedlicher Anlagen zu ermöglichen, wurden im Rahmen eines Messprogramms Praxisanlagen mittlerer Größe (250–540 kW installierte elektrische Leistung) über einen Zeitraum von zwei Jahren wissenschaftlich begleitet und Kennzahlen der Biogasproduktion und -verwertung entwickelt.

Der vorliegende Beitrag befasst sich schwerpunktmäßig mit den erzielten Biogasausbeuten aus den Einsatzstoffen (Energiepflanzen, Gülle und Mist) und der Auslastung der gasverwertenden Einheit der Biogasanlagen. Die gemessenen Biogasausbeuten wichen von rechnerischen Werten meist deutlich nach oben ab (durchschnittlich + 28 %). Auf den Anlagen wurden überwiegend sehr gute elektrische Ausnutzungsgrade im Bereich von über 90 % realisiert.

Summary

In Germany, biogas production in agriculture has experienced a rapid growth over the last years. In order to compare the efficiency of different concepts for agricultural biogas production, medium-sized biogas installations (installed electrical capacity 250 to 540 kW) were closely monitored and characteristic values of biogas production and utilization were determined.

This paper deals with the biogas yields of the input materials (manure and energy crops) and the utilization ratios that were achieved at eight biogas plants in Bavaria. On average, measured biogas yields were about 28 % higher than calculated potential values. At most of the plants, the utilization ratio was very satisfying with values above 90 %.

1 Einleitung und Zielsetzung

In Deutschland sind mittlerweile etwa 4000 Biogasanlagen in Betrieb. Hinter dieser Zahl verbirgt sich eine große technische Vielfalt, die von der kleinen, teilweise in Eigenleistung errichteten Hofanlage bis zur schlüsselfertigen Megawatt-Anlage mit regionalem Einzugsgebiet reicht. Da die Biogasproduktion ein vergleichsweise junger landwirtschaftlicher Betriebszweig ist und noch Bedarf an abgesicherten Kennzahlen besteht, ist man seit einigen Jahren bestrebt, den Stand der Anlagentechnik und des Betriebserfolges durch ein Monitoring von Praxisanlagen abzubilden. Ziel ist es, den Entwicklungsbedarf aufzudecken und die Planungs- und Betriebssicherheit von Biogasanlagen in der Landwirtschaft zu verbessern. Mit dem von 2005 bis 2008 durchgeführten Monitoring der Bayerischen Biogas-Pilotanlagen wurde diesem Ziel speziell für Bayern nachgegangen.

2 Material und Methoden

Die Auswahl der zehn Biogas-Pilotanlagen erfolgte in Zusammenarbeit mit der staatlichen Landtechnikberatung, wobei Standorte in ganz Bayern zur Berücksichtigung kamen. Dabei wurden ausschließlich neuere Konzepte aus den Jahren 2002 bis 2005 ausgewählt. Die Biogasanlagen wurden messtechnisch komplettiert und über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren wurden fortlaufend Daten erhoben. Auf diese Weise konnte eine sehr umfangreiche Datenbasis von zehn unterschiedlich konzipierten landwirtschaftlichen Biogasanlagen erarbeitet werden.

Im Folgenden werden Ergebnisse von acht der zehn Pilotanlagen vorgestellt (Tab. 1). Da es bei den Anlagen C und H während des Untersuchungszeitraums zu Anlagen-erweiterungen kam, kommt in diesen Fällen lediglich die aktuelle Ausbaustufe zur Auswertung. Zur Datenerhebung wurde sowohl auf die automatisierte Aufzeichnung von Messwerten als auch auf tägliche manuelle Aufzeichnungen der Betreiber im Betriebstagebuch zurückgegriffen. Weiterhin wurden sowohl die Inhalte der Gärbehälter als auch die eingesetzten Substrate auf ihre chemischen Eigenschaften hin untersucht.

Neben der monatlichen Untersuchung auf den Gehalt an Trockenmasse und organischer Trockenmasse wurden Proben der Einsatzstoffe zusätzlich einer Futtermittelanalyse nach WEENDER unterzogen. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde unter Zugrundelegung der substratspezifischen Verdauungskoeffizienten (DLG, 1997) das theoretische Biogasertragspotenzial berechnet.

3 Ergebnisse

Die Gesamt-Raumbelastungen der Anlagen unterscheiden sich deutlich mit Werten zwischen knapp 2 und etwa 3 kg oTM · (m³ · d)⁻¹ (Tab. 1). Der niedrige Wert bei Anlage C erklärt sich dadurch, dass die Dimensionierung der Gärbehälter bereits für eine geplante Leistungserhöhung ausgelegt wurde, die im Untersuchungszeitraum aus rechtlichen Gründen noch nicht durchgeführt werden konnte.

Erwartungsgemäß stellen sich auch die durchschnittlichen hydraulischen Verweilzeiten bei den Anlagen sehr unterschiedlich dar. Bei Anlage E wird lediglich eine Gesamt-Verweilzeit von 78 Tagen im Fermentersystem erreicht. Hier macht die Vergärung von hohen Anteilen an Masthähnchenmist die Zugabe von erheblichen Mengen an Wasser notwendig, um eine Stickstoffhemmung des Prozesses zu vermeiden. Dagegen bietet Anlage F bei ausschließlichem Einsatz stapelbarer Substrate viel Gärraum an und erreicht dabei eine Verweilzeit von etwa 140 Tagen.

In Abhängigkeit der zum Einsatz kommenden Substrate ergeben sich Unterschiede in den auf die zugeführte Frischmasse bezogenen Biogasausbeuten (Tab. 1). So setzt Anlage G bedeutende Anteile an Gülle ein und erreicht bezogen auf die Frischmasse die niedrigsten Biogaserträge. Anlage E hingegen setzt neben Maissilage nahezu ausschließlich Hähnchenmist ein und erreicht dadurch einen hohen Anteil an organischer Trockenmasse im Substratmix. Dies bedingt die hohe Ausbeute von $258 \text{ m}^3 \cdot (\text{t FM})^{-1}$. Ein Zusammenhang zwischen der Gesamt-Verweilzeit und der erzielten Biogasausbeute in den Anlagen ist hingegen nicht erkennbar.

Betrachtet man die Biogasausbeuten bezogen auf die zugeführte organische Trockenmasse (oTM), so fällt auf, dass im Vergleich zum rechnerischen Potenzial sehr hohe Ausbeuten ermittelt wurden (Abb. 1). Im Durchschnitt wurden die theoretischen Ausbeuten bei den hier dargestellten Anlagen um 28 % übertroffen. Lediglich in einem Fall (Anlage F) wurden geringere Ausbeuten erzielt als erwartet (Abb. 1).

Aktuell werden für Berechnungen des zu erwartenden Gasertragspotenzials Verdauungskoeffizienten zugrunde gelegt, die aus zahlreichen Fütterungsversuchen in der Tierhaltung abgeleitet wurden. Diese Methode der Abschätzung des Gasertragspotenzials nach Futterwert erlaubt die Ableitung vergleichbarer Werte für das Biogasertragspotenzial. Die vorgestellten Ergebnisse lassen allerdings darauf schließen, dass diese Verdauungsquotienten nicht direkt auf die Abbauprozesse in Biogasanlagen übertragen werden können.

Betrachtet man die durchschnittlichen hydraulischen Verweilzeiten im Gärprozess von landwirtschaftlichen Biogasanlagen, so werden bei den untersuchten Anlagen Werte von 78 bis 141 Tagen realisiert. Die Aufenthaltszeit des Futters im Verdauungssystem des Wiederkäuers beschränkt sich dagegen auf wenige Tage. Es liegt daher nahe, in der Biogasproduktion höhere Verdaulichkeiten der eingesetzten Stoffe zugrunde zu legen und dementsprechend von einem höheren erschließbaren Biogasertragspotenzial der eingesetzten Stoffe auszugehen. Zudem sind die metabolischen Wege der Verdauung beim Wiederkäuer und des Abbaus in der Biogasanlage nur eingeschränkt vergleichbar.

Tab. 1: Stammdaten und Kennzahlen der Bayerischen Biogas-Pilotanlagen

Tab. 1: Characteristics of eight Bavarian Pilot Biogas Plants

Anlagen ID		A	B	C	D	E	F	G	H
Jahr der Inbetriebnahme		2005	2005	2004	2004	2005	2002	2005	2004
Anzahl Prozessstufen		2	2	3	2	2	2	2	3
Gesamt-Gärraum ¹⁾	m ³	3 015	2 605	3 676	2 290	2 487	3 740	1 540	1 778
BHKW: Elektrische Nennleistung	kW	329	333	500 ⁴⁾	420	347	526	280	250
Elektrischer Ausnutzungsgrad	%	98,0	82,4	93,7	79,3	97,1	91,3	96,1	92,2
Gesamt-Raumbelastung ²⁾	kg oTM · (m ³ · d) ⁻¹	2,00	2,09	1,97	2,61	2,73	3,02	2,82	1,89
Gesamt-Verweilzeit ²⁾	d	120	126	131	110	78	141	84	127
Biogasausbeute	Nm ³ · t ⁻¹	189	173	212	211	258	209	162	183
	NI · kg oTM ⁻¹	696	681	709	737	676	519	714	754
Biogasertragspotenzial	NI · kg oTM ⁻¹	541	480	542	534	537	578	550	530
Potenzialausnutzung ³⁾	%	129	142	131	138	126	90	130	139
Biogasproduktivität	m ³ · (m ³ · d) ⁻¹	1,46	1,29	1,56	1,94	1,85	1,49	1,92	1,45

¹⁾ Summe der Nutzvolumina aller aktiv beheizten Prozessstufen (ohne Gärrestlager); n. V.: nicht verfügbar.

²⁾ Bezogen auf den Gesamt-Gärraum.

³⁾ Anteil der gemessenen Biogasausbeute am theoretischen Biogasertragspotenzial.

⁴⁾ Genehmigte Maximalleistung im Auswertzeitraum.

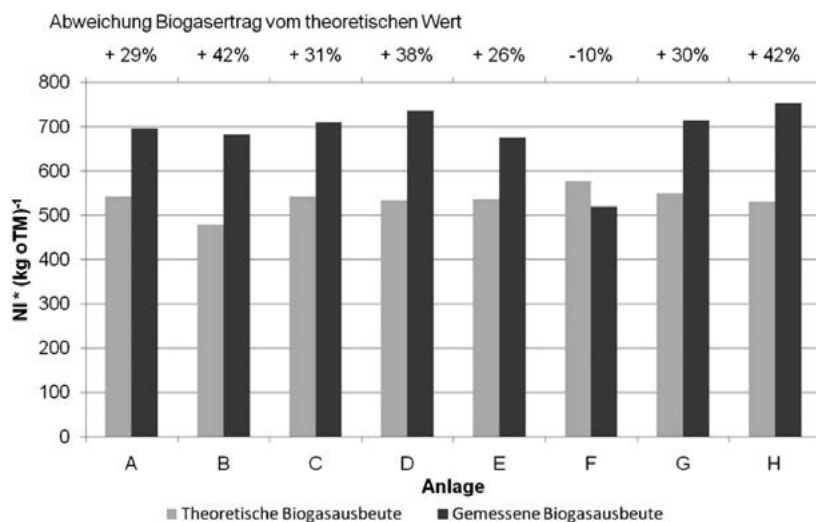


Abb. 1: Rechnerisches Biogasertragspotenzial und gemessene Biogasausbeute für acht bayerische Biogas-Praxisanlagen

Fig. 1: Theoretical biogas potential and measured biogas yield of eight Bavarian biogas plants

Die dargestellten Biogasanlagen erreichten während des Untersuchungszeitraums meist gute bis sehr gute elektrische Ausnutzungsgrade. Lediglich auf zwei der acht hier dargestellten Anlagen wurde das installierte Blockheizkraftwerk zu weniger als 90 % (< 7884 h Ausnutzungsdauer) ausgelastet (Tab. 1). Im einen Fall lag die Ursache für die schlechte Auslastung in längerfristigen Störungen der Prozessbiologie (Anlage D). In Anlage B kam ein hoher Anteil an Kleegrassilage zum Einsatz. Die ursprünglich verbaute Förder- und Rührtechnik war jedoch nicht geeignet, die hohen Faseranteile im Prozess zu bewältigen, sodass Umrüstarbeiten notwendig wurden (LEHNER et al., 2007).

4 Ausblick

Die neu gesteckten Rahmenbedingungen des EEG 2009 sollen aus Gründen des Klimaschutzes den Einsatz von Gülle in Biogasanlagen wirtschaftlich interessanter machen und so tierhaltende landwirtschaftliche Betriebe zu einem Einstieg in die Biogasproduktion bewegen. Um potenziellen Neueinsteigern eine Wissensgrundlage zu schaffen, ist es daher mehr denn je notwendig, Kennzahlen und Erfahrungswerte kleinerer Hofbiogasanlagen bereitzustellen. In der aktuellen Fortsetzung des Biogas-Messprogrammes der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft werden daher schwerpunktmäßig kleinere Anlagenkonzepte in Verbindung mit einer Tierhaltung untersucht.

Literatur

- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (DLG) (Hrsg.) (1997): Futterwerttabelle für Wiederkäuer. 7. erweiterte und überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- LEHNER, A.; EFFENBERGER, M.; GRONAUER, A. (2007): Effekte einer Substratkonditionierung bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen. 16. Symposium Bioenergie, 22./23. November 2007, Kloster Banz, Bad Staffelstein, OTTI, Regensburg

Vergleich verschiedener Gärrestbehandlungsverfahren in Bezug auf ihre Umweltwirkung

TORSTEN REHL, JOACHIM MÜLLER

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik (440e), Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Biogasanlage, Gärrest, Energiebilanz, Ökobilanz, Treibhausgase, Trocknung, Separierung

Zusammenfassung

Zurzeit existieren in Deutschland etwa 4000 Anlagen zur landwirtschaftlichen Vergärung von Gülle und/oder nachwachsenden Rohstoffen (Energiepflanzen) zur Co-Fermentation. Zusätzlich werden biologische Reststoffe (Trester, Fette, Bioabfälle, landwirtschaftliche Produktionsüberschüsse) von den landwirtschaftlichen Anlagenbetreibern angenommen und als Co-Substrate eingesetzt. In Regionen in denen große Mengen an Biomasse verarbeitet werden, entstehen große zentrale Einheiten bzw. Anlagenparks. Eine regionale Konzentration von Biogasanlagen oder der Einsatz in Regionen mit Viehveredelungsbetrieben, wirft die Frage nach dem Absatz der Gärreste auf, da die regionale Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen als Wirtschaftsdünger durch die Düngemittelverordnung begrenzt ist. In den vergangenen Jahren wurden daher vermehrt Technologien zur Aufbereitung der Gärreste mit dem Ziel der Verringerung des Transportaufwandes entwickelt. In dieser Untersuchung wurden fünf Verfahren der Gärrestaufbereitung mithilfe der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 untersucht. Im Detail wurde der Lebenszyklus des Gärrestes vom Gärrestlager bis zu dessen Ausbringung auf der landwirtschaftlichen Fläche unter Berücksichtigung unterschiedlicher Optionen betrachtet. Option 1 beinhaltet die traditionelle Lagerung und Ausbringung der Gärreste. Option 2 nutzt eine solare Trocknungsanlage, während Option 3 die Möglichkeit einer Trocknung mit einem Trommeltrockner und vorheriger Separation untersucht. Option 4 beinhaltet die Totalaufbereitung mithilfe von Separation, Ultrafiltration, Umkehrosmose und Ionentauscher und Option 5 befasst sich mit der Kompostierung der separierten Gärreste.

Es zeigte sich, dass sich neben dem Energieaufwand zur Aufbereitung insbesondere die stickstoffgebundenen Emissionen negativ auf die Ökobilanz eines Verfahrens auswirken. Die thermische Behandlung kann, wenn die Trocknungsenergie kostenlos zur Verfügung gestellt wird, d.h. alle Umweltlasten der Stromproduktion zugewiesen werden, besser abschneiden als die direkte Ausbringung (Option 1) oder auch die Aufbereitung unter Druck (Option 4). Auf alle Wirkungskategorien bezogen wird der geringe Einfluss der transportbedingten Emissionen deutlich.

1 Einleitung

Zurzeit existieren in Deutschland etwa 4000 Anlagen zur landwirtschaftlichen Vergärung von Gülle und/oder nachwachsenden Rohstoffen (Energiepflanzen) zur Co-Fermentation. Zusätzlich werden biologische Reststoffe (Trester, Fette, Bioabfälle, landwirtschaftliche Produktionsüberschüsse) von den landwirtschaftlichen Anlagenbetreibern angenommen und als Co-Substrate eingesetzt. In Regionen in denen große Mengen an Biomasse verarbeitet werden, entstehen große zentrale Einheiten bzw. Anlagenparks. Eine regionale Konzentration von Biogasanlagen oder der Einsatz in Regionen mit Viehveredelungsbetrieben, wirft die Frage nach dem Absatz der Gärreste auf, da die regionale Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen als Wirtschaftsdünger durch die Düngemittelverordnung begrenzt ist. Durch eine nicht pflanzenbedarfsgerechte Ausbringung entstehen Umweltbelastungen wie die Emission von Atmosphäenschadstoffen und Eutrophierung von Oberflächengewässern. Somit stehen die Anlagenbetreiber zunehmend vor der Aufgabe, möglichst kostengünstig und nachhaltig den anfallenden Gärrest zu verwerten. Durch die Gärrestaufbereitung sollen möglichst „verkaufsfähige“ Aufbereitungsprodukte entstehen. Sie sollen den Nährstoffexport in Form eines hochwertigen transport- und lagerungsfähigen Düngers oder in geeigneter Form als energiereicher Brennstoff ermöglichen. Zur Gärrestaufbereitung können verschiedene Verfahren wie mechanische Separation der Trockensubstanz, Trocknung, Totalaufbereitung, Strippung und Fällung eingesetzt werden. Diese einzeln oder in Kombination betriebenen Verfahren erfordern erhebliche Investitionen und den Einsatz von thermischer und elektrischer Energie. Andererseits können Wärmeüberschüsse genutzt werden, Lager- und Ausbringkosten eingespart und Erlöse für die Gärrestprodukte erzielt werden.

2 Vorgehensweise

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden fünf Optionen der Gärrestaufbereitung auf ihre ökologischen Auswirkungen hin untersucht. Mithilfe der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 wurde der Lebenszyklus des Gärrestes vom Gärrestlager bis zur Ausbringung auf der landwirtschaftlichen Fläche betrachtet. Die Daten wurden aus Erhebungen an landwirtschaftlichen Praxisanlagen mit unterschiedlichen Inputsubstraten aus Landwirtschaft und Industrie entnommen und dabei um Literaturangaben (z.B. zu den stickstoffgebundenen Emissionen) ergänzt. Die Gärrestbehandlungsoptionen wurden vom Anfall an der Biogasanlage über den Behandlungsprozess bis zur Ausbringung auf dem Feld betrachtet. Die Lebenszyklusphasen Gewinnung und Bereitstellung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, die Aufbereitung und Weiterverarbeitung des Rohmaterials sowie die Endnutzung bzw. Entsorgung der Endprodukte wurden in dieser Untersuchung berücksichtigt. Einen Überblick über die technischen Systemgrenzen gibt Abbildung 1. Die Systemgrenze beinhaltet die Prozess und Lieferkette vom Gärrestendlager über die Aufbereitung, Lagerung und Ausbringung der Gärreste auf das Feld bzw. die Entsorgung über das Abwassersystem. Es wurde ein Abschneidekriterium der betrachteten Wirkungen und Aspekte von 1 % angesetzt. Alle Umweltwirkungen sowie der Energiebedarf wurden auf die funktionelle Einheit bezogen, die als 1 kg Gärrest auf der Inputseite definiert wurde.

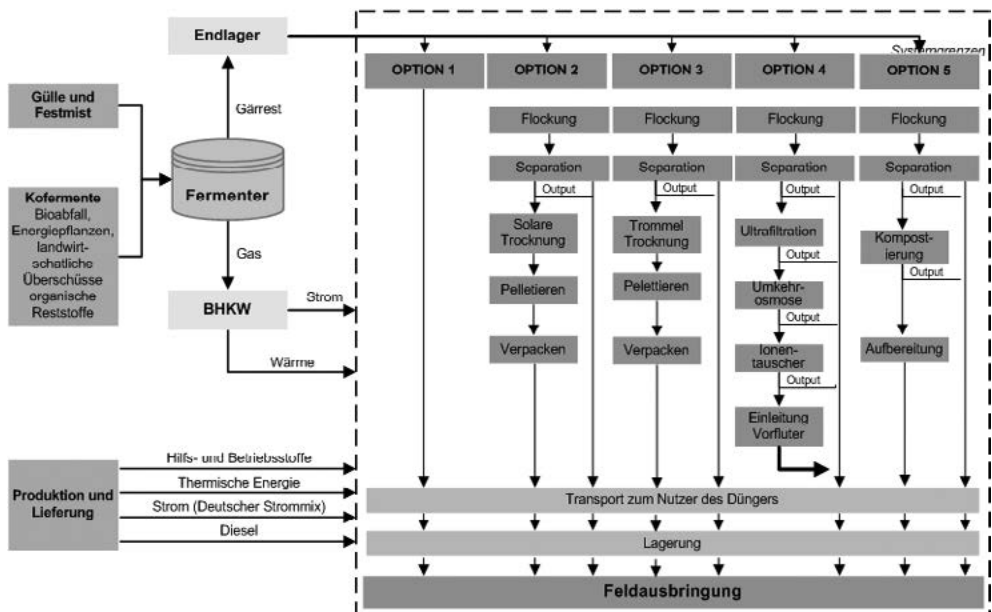


Abb. 1: Biogassystem mit Gärrestaufbereitung sowie gewählte Systemgrenzen der Gärrestaufbereitung im Rahmen der Untersuchung

Es wurden fünf unterschiedliche Verwendungsoptionen des Gärrestes betrachtet. Option 1 wurde als Basis Option gewählt, es beinhaltet die traditionelle Lagerung und Ausbringung der Gärreste. Option 2 nutzt eine solare Trocknungsanlage, Option 3 die Trocknung mit einem Trommeltrockner und vorheriger Separation, Option 4 die Totalaufbereitung mithilfe von Separation, Ultrafiltration, Umkehrosmose und Ionentauscher, Option 5 die Kompostierung der separierten Gärreste. Für alle Optionen wurden darüber hinaus drei Szenarios (A, B, C) mit unterschiedlichen Gärresten aus unterschiedlichen Biogasanlagen durchgeführt. Der Nährstoffgehalt (N, P, K) sowie der Trockenmassegehalt der Gärreste mit den Angaben über die Inputsubstrate der jeweiligen Biogasanlage ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Trockenmasse (TM) sowie Nährstoffgehalt der untersuchten Szenarios in g pro kg Frischmasse

	Gärrest A 30 % Rindergülle 70 % Mais	Gärrest B 35 % Gülle 50 % Mais 15 % org. Abfälle	Gärrest C 30 % Gülle 20 % Mais 50 % org. Abfälle
TM	41,8	64,0	89,0
N ₂	2,63	5,05	7,57
NH ₄ ⁺	1,27	3,31	4,43
P ₂ O ₅	0,43	1,12	2,82
K ₂ O	2,66	3,60	4,71

Im Rahmen der Untersuchung wurden zunächst Massen- und Nährstoffbilanzen erstellt, diese um Energiebilanzen ergänzt. Die entstandenen Inventare wurden mithilfe der CML (Centrum voor Milieukunde Leiden) Methode in die Wirkungskategorien, Eutrophierung (EP), Versauerung (AP), photochemische Ozonbildung (POCP), Frischwassertoxizität (FAETP) und Treibhausgase (GWP) entsprechend ihrer Wirkung gewichtet und in Äquivalenten ausgedrückt und basierend auf deutschen Emissionsdaten normalisiert. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse in Relation zu den Gesamtemissionen Deutschlands in der jeweiligen Wirkungskategorie gesetzt wurden.

3 Ergebnisse

In Abbildung 2 ist der Primärenergiebedarf aus fossilen sowie erneuerbaren Energiequellen dargestellt. Es werden zwischen 0,0452 MJ pro funktionelle Einheit in Option 5A und 0,579 MJ pro funktionelle Einheit in Option 2A benötigt. Den geringsten fossilen Energiebedarf besitzt dabei die Kompostierung gefolgt von der traditionellen Ausbringung, der solaren Trocknung und der Totalaufbereitung. Wird zum fossilen der erneuerbare Energiebedarf hinzugezählt, so besitzt Option 2 den höchsten Energiebedarf noch vor der Trommeltrocknung. Neben dem Unterschied zwischen den Optionen weisen auch die innerhalb der Optionen betrachteten Varianten einen unterschiedlichen Energiebedarf auf. Dabei schneidet stets Variante C vor Variante B und A am besten ab. Grund hierfür ist der Zusammenhang zwischen Nährstoffdichte und Trockensubstanzgehalt der Substrate und Ausbringungsaufwand zur Erfüllung des vorgegebenen Nährstoffbedarfs.

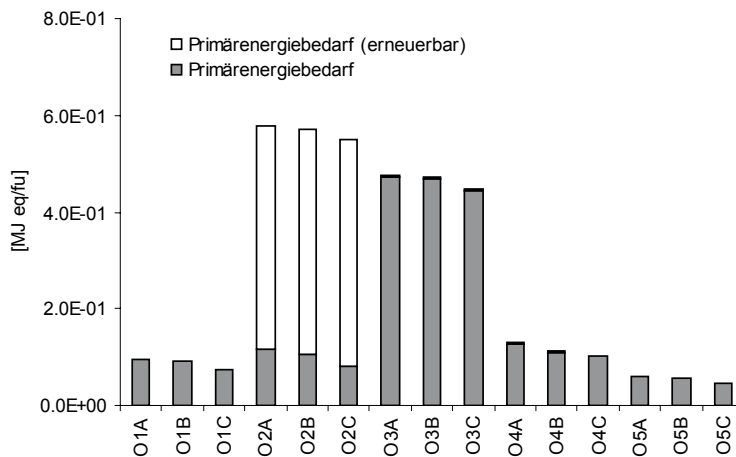


Abb. 2: Erneuerbarer sowie nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf der untersuchten Optionen (O) 1–5 mit den Szenarien A, B, C

Auch die normalisierten Umweltwirkungsergebnisse zeigen einen wesentlichen Einfluss des spezifischen Nährstoffgehaltes sowie des Trockensubstanzgehaltes des Gärrestes auf die Gesamtperformance der Optionen. Es bleibt festzuhalten, dass Option 5A die Option mit dem geringsten Umwelteinfluss ist, gefolgt von Option 4A, 1A, 2A und 3A.

Die Umweltwirkungskategorie mit dem höchsten Anteil innerhalb der normalisierten Ergebnisse, ist das Versauerungspotenzial. Der Anteil liegt zwischen 35 % bei Option 5A und 62 % bei Option 1A. Das Eutrophierungspotenzial besitzt den zweithöchsten Anteil innerhalb einer Spannweite von 18 % (Option 1C) bis 7 % (Option 5B). Es folgen die Schwermetallemissionen in das Wasser bzw. den Boden mit einem Anteil von Minimum 7 % in Option 3A und 36 % in Option 5B. Der Einfluss der Treibhausgase ist vor dem Hintergrund der Gesamtemissionen Deutschlands vernachlässigbar, ihr Anteil liegt bei maximal 16 % in Option 5A und im besten Fall bei den Optionen 2B und 2C. POCP Emissionen liegen in allen Optionen bei weniger als 1 % und sind bei Optionen 1C, 2C, 3C sogar negativ. In diesen Fällen führen NO-Emissionen aus der Gärrestausbringung zu einer Verringerung des photochemischen Ozonbildungspotenzials.

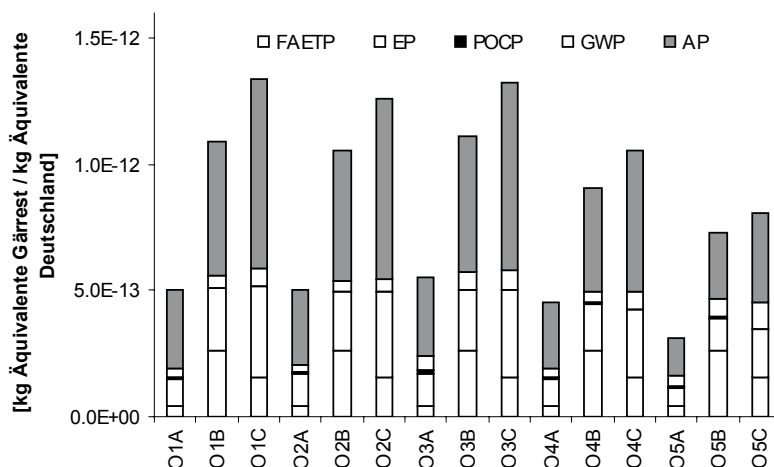


Abb. 3: Eutrophierungs-, Versauerungs-, Frischwassertoxizitäts-, photochemisches Ozonbildungs- sowie Treibhausgaspotenzial der untersuchten Optionen (O) 1-5 mit den Szenarien A, B, C

4 Diskussion

Die Gärrestaufbereitung wird als Lösungsansatz für die Nährstoffproblematik, die Transportproblematik oder als Ansatz zur Verbesserung der wirtschaftlichen Basis der Biogasproduktion gesehen. In dieser Untersuchung wurden fünf bereits umgesetzte Optionen verglichen. Dabei zeigte sich, dass neben dem Energieaufwand zur Aufbereitung insbesondere die stickstoffgebundenen Emissionen negativ auf die Ökobilanz eines Verfahrens wirken. Die thermische Behandlung kann, wenn die Trocknungsenergie kostenlos zur Verfügung gestellt wird, d.h. alle Umweltlasten der Stromproduktion zugewiesen werden, besser abschneiden, als die direkte Ausbringung, sowie die Aufbereitung unter Druck (Option 4). Insgesamt wird der geringe Einfluss der transportbedingten Emissionen deutlich. Die Emissionen während der Aufbereitung können wiederum durch den Einsatz von Luftwäschern wirkungsvoll vermindert werden. Es zeigte sich, dass eine Emissionsvermeidung während Lagerung und Aufbereitung zu höheren Emissionen bei der Ausbringung führt.

Literatur

- AMON, B.; KRYVORUCHKO, V.; AMON, T.; ZCHMEISTER-BOLTENSTERN, S. (2006): Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Ecosystems and Environment* 112 (Agriculture), S. 153–162
- BÖRJESSON, P.; BERGLUND, M. (2006): Environmental systems analysis of biogas systems – Part I: Fuel-cycle emissions. *Biomass and Bioenergy*
- BOUWMANN, A. F. (1996): Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. In *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Issue 1 S. 53–70
- WULF, S.; MAETING, M.; CLEMENS, J. (2002): Application Technique and Slurry Co-Fermentation Effects on Ammonia, Nitrous Oxide, and Methane Emissions after Spreading: I. Ammonia Volatilization. *Journal of Environmental Quality* 31, S. 1789–1794
- DÄMMGEN, U. (2006): Nationaler Inventarbericht 2006. Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 291
- DIN 14040 ff. Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.): DIN EN ISO 14040 bis 14043. Deutsche Normen. Beuth Verlag, Berlin 1997 bis 2000
- HÜTHER, L. (1999): Entwicklung analytischer Methoden und Untersuchung von Einflussfaktoren auf Ammoniak-, Methan- und Distickstoffmonoxidemissionen aus Flüssig- und Festmist. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 200
- REHL, T.; DOLUSCHITZ, R.; JUNGBLUTH, T.; MUELLER, J. (2007). Environmental impact of different types of biogas effluent processing. In *VDI Berichte* S. 323–333
- WULF, S.; MAETING, M.; CLEMENS, J. (2002). Application Technique and Slurry Co-Fermentation Effects on Ammonia, Nitrous Oxide, and Methane Emissions after Spreading: I. Ammonia Volatilization. *Journal of Environmental Quality* 31, S. 1789–1794

Emissionsoptimierung contra Leistungseffizienz biogasbetriebener Blockheizkraftwerke (BHKW) in der Praxis

Optimizing the exhaust gas emissions vs. the electrical power output of combined heat and power units (CHPU) in practice

VOLKER ASCHMANN, MATHIAS EFFENBERGER, ANDREAS GRONAUER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: BHKW, Emissionen, NO_x, Formaldehyd, elektrischer Wirkungsgrad
Keywords: CHPU, emissions, nitrogen oxides, formaldehyde, electrical efficiency

Zusammenfassung

Es wurden verschiedene biogasbetriebene BHKW in der Praxis auf das Emissionsverhalten und die Höhe des elektrischen Wirkungsgrades hin untersucht. Dabei wurden Zielkonflikte zwischen der Optimierung des NO_x-Gehaltes im Abgas und der Höhe der unverbrannten Kohlenwasserstoffe sowie des elektrischen Wirkungsgrades festgestellt. Jüngste Untersuchungen an einem Oxidationskatalysator konnten dessen Wirksamkeit für die Reduktion von CO und Formaldehyd im Abgas belegen.

Im Verlauf der Standzeit eines BHKW verschlechtert sich der elektrische Wirkungsgrad mehr oder weniger deutlich, wie Untersuchungen an verschiedenen BHKW über vier Jahre bereits zeigen. Aus diesen Ergebnissen lassen sich Durchschnittswirkungsgrade einzelner Leistungsklassen ermitteln, die eine sichere Kalkulationsgrundlage für die Anlagenplanung und Wirtschaftlichkeitsberechnung liefern.

Summary

We measured exhaust gas emissions and electrical efficiency of various biogas driven CHPU under real-world conditions. A conflict of objectives was found between minimizing exhaust gas emissions of NO_x and unburned hydrocarbons, and maximizing electrical efficiency. A pre-catalytic converter was shown to effectively reduce the level of CO and formaldehyde in the exhaust gas.

Investigations of several CHPU over a period of four years have indicated that the electrical efficiency decreases more or less significantly during the lifetime of an engine. The final aim of this work is to determine average values of electrical efficiency for different power ranges which can serve as a reliable basis for calculating the economics of biogas plants.

1 Einleitung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen und umweltverträglichen Stromproduktion ist neben der Effizienz der Verstromung auch ein erhöhtes Augenmerk auf die Schadstoffemissionen biogasbetriebener BHKW zu richten. Nur durch die Kenntnis der Wechselwirkungen können Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz durchgeführt und zugleich eine Reduktion von Schadgasen erreicht werden.

Hinsichtlich der Umweltwirkungen liegt ein besonderes Augenmerk auf den Entstehungsmechanismen und der Höhe der Schadkomponenten im Abgas (NO_x , CO , unverbrannte Kohlenwasserstoffe, C_nH_m und Formaldehyd, CH_2O). Bei der ökonomischen Betrachtungsweise spielt hingegen der elektrische Wirkungsgrad des BHKW die Hauptrolle. Die Höhe des in der Praxis erreichten Wirkungsgrades unterscheidet sich i. d. R. von den unter Prüfstandsbedingungen ermittelten Herstellerangaben. Für die Planung einer Biogasanlage ist die Berechnung der Wirtschaftlichkeit anhand des tatsächlichen elektrischen Wirkungsgrades jedoch von entscheidender Bedeutung, da es bei falschen Grundannahmen zu enormen Fehleinschätzungen kommen kann. Untersuchungen von ASCHMANN et. al (2006 und 2007) zeigten, dass der in der Praxis erzielte elektrische Wirkungsgrad des BHKW zum einen von der Wartung und zum anderen von der Motoreinstellung abhängt und mit zunehmender Zahl der Betriebsstunden tendenziell abnimmt. Deshalb ist das Wissen über den durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad eines BHKW von enormer Wichtigkeit. Über die Entwicklung des elektrischen Wirkungsgrades während der gesamten Standzeit biogasbetriebener BHKW in der Praxis gibt es bisher keine ausreichenden Daten. Hier setzen die vorgestellten Untersuchungen an.

2 Material und Methoden

Für die Ermittlung des durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrades werden an zehn BHKW unterschiedlicher Leistungsklassen zwischen 30 kW_{el} und 530 kW_{el} elektrischer Leistung über einen Zeitraum von vier Jahren Messungen durchgeführt und der momentane elektrische Wirkungsgrad bestimmt. Während einer vierstündigen Dauermessung werden die relevanten dem BHKW zugeführten (Gasmenge, -temperatur, -druck, -zusammensetzung sowie zugeführte Verbrennungsluft und Zündölmenge) und die vom BHKW abgegebenen Stoffströme (Abgase, elektrische Energie) erfasst. Aus diesen Daten werden gemäß DIN 3046-1 (Hubkolben-Verbrennungsmotoren) der elektrische Wirkungsgrad und die Schadstofffrachten berechnet. Die Formaldehydemissionen werden gemäß VDI 3862-2 (DNPH-Verfahren) gemessen.

3 Erste Ergebnisse

Die bisherigen Untersuchungen konzentrierten sich im Schwerpunkt auf die Messung des elektrischen Wirkungsgrades. Zusätzlich wurden die Emissionswerte im Abgas mit erfasst, da sich in den vorausgegangenen Arbeiten ein Zusammenhang zwischen dem

Wartungszustand und den Einstellungen des Motors einerseits und der Höhe der NO_x - und der C_nH_m -Emissionen andererseits ermitteln ließ.

3.1 Optimierung der NO_x -Emissionen

Bei der Emissionsminderung biogasbetriebener BHKW richtet sich das Augenmerk hauptsächlich auf die Einhaltung des NO_x -Grenzwertes nach TA-Luft 2002, da es mit der Einhaltung dieses Grenzwertes im Praxisbetrieb die größten Probleme gibt. Dies haben Untersuchungen der Autoren in den Jahren 2004 bis 2007 aufgezeigt. Eine Optimierung des NO_x -Abgaswertes wird i.d.R. auch durch eine Erhöhung des Lambda-Wertes erreicht, d.h. dem Verbrennungsprozess wird mehr Sauerstoff zugegeben, was eine Erniedrigung der Verbrennungstemperatur und damit eine Verlangsamung der NO_x -Entstehung zur Folge hat. Der erhöhte Luftgehalt verschlechtert jedoch den Energieinhalt des Brennstoffgemisches und damit die Effektivität der Verbrennung, was sich wiederum nachteilig auf den elektrischen Wirkungsgrad auswirkt. Der erhöhte Luftüberschuss setzt zudem die laminare Flammgeschwindigkeit herab und verschlechtert damit die Qualität der Verbrennung, was sich an einem erhöhten Ausstoß unverbrannter Kohlenwasserstoffe zeigt.

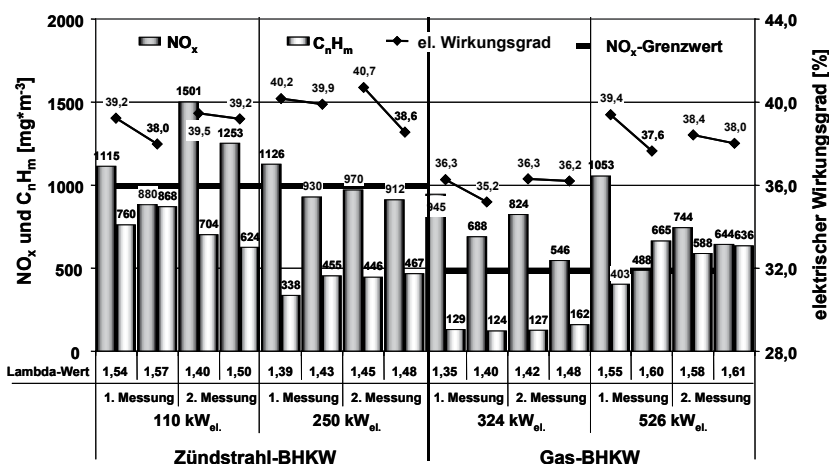


Abb. 1: Einfluss der NO_x -Optimierung auf die Höhe der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (C_nH_m) im Abgas und den elektrischen Wirkungsgrad

Fig. 1: Influence of reduced NO_x emissions on the level of unburned hydrocarbons in the exhaust gas and on the electrical efficiency of the engine

In Abbildung 1 ist der Einfluss der NO_x -Optimierung auf den Ausstoß unverbrannter Kohlenwasserstoffe und den elektrischen Wirkungsgrad dargestellt. Die einzelnen Messungen erfolgten jeweils vor und nach einer an den Abgasemissionen orientierten Wartung und Einstellung des BHKW. Es zeigt sich deutlich, dass durch eine Erhöhung des Lambda-Wertes einerseits der NO_x -Gehalt im Abgas abgesenkt werden konnte, dies aber andererseits mit höheren Emissionen unverbrannter Kohlenwasserstoffe und einem geringeren elektrischen Wirkungsgrad verbunden war. Ein direkter Zusammenhang

zwischen der Höhe der NO_x - und der C_nH_m -Emissionen ließ sich hierbei nur im Bereich der TA-Luftgrenzwerte für NO_x nachweisen.

3.2 Formaldehyd-Emissionen

Formaldehyd wird mittlerweile vom Bundesamt für Risikobewertung (BfR) als krebserregend eingestuft, was im neuen EEG 2009 durch die Schaffung eines sogenannten Luftreinhaltebonus von $1 \text{ ct} \cdot \text{kWh}_{\text{el.}}^{-1}$ bei Einhaltung von $40 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ Formaldehyd im Abgas (LAI-Beschluss 2008) seinen Niederschlag fand. Über die Höhe und die Einflussfaktoren der Formaldehydemissionen in der Praxis gibt es bis heute nur sehr wenige fundierte Untersuchungen. Messungen der Technischen Universität München (BAUER und WACHTMEISTER, 2008) an zwei Forschungsmotoren unter Prüfstandbedingungen konnten einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Stickoxid- und der Formaldehydemissionen aufzeigen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (NEUMANN et al., 2009) und das Bayerische Landesamt für Umwelt (EBERTSCH, 2008) bei Untersuchungen an Praxis-Biogasanlagen.

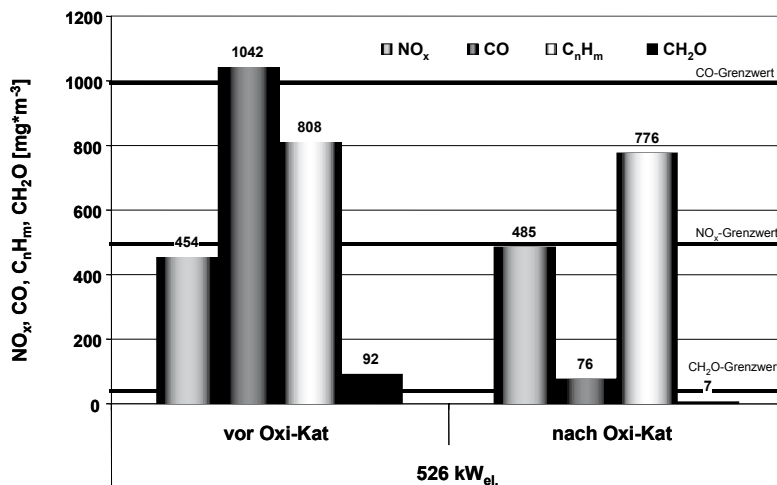


Abb. 2: Abgaszusammensetzung vor und nach dem Oxidationskatalysator

Fig. 2: Exhaust gas composition upstream and downstream of converter

Im Verlauf dieses Projektes wurden und werden an allen BHKW Formaldehydmessungen durchgeführt. Aufgrund der eingeschränkten Datenbasis können zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch keine konkreten Aussagen getroffen werden. An einem $526 \text{ kW}_{\text{el.}}$ Gas-BHKW, das mit einem modernen Oxidationskatalysator ausgerüstet ist, konnten beispielhaft die Veränderungen der Abgaswerte hinsichtlich NO_x , CO, C_nH_m und CH_2O gemessen werden. Abbildung 2 zeigt sehr deutlich die hohe Oxidationswirkung bei CO und CH_2O , wohingegen der NO_x -Wert konstant bleibt. Darüber hinaus konnten auch die Ergebnisse der Untersuchungen von SKLORZ (2004) bestätigt werden, dass der Oxi-Kat kein Oxidationsvermögen für CH_4 als Bestandteil der C_nH_m -Emissionen besitzt.

3.3 Elektrischer Wirkungsgrad im zeitlichen Verlauf

Für die Planung und Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage ist die tatsächliche Höhe des elektrischen Wirkungsgrades von elementarer Bedeutung. Hier können bereits geringe Abweichungen im Prozentbereich über Gewinn oder Verlust entscheiden. So ändert sich der monetäre jährliche Ertrag einer 500 kW_{el.} Biogasanlage durch eine Wirkungsgraderhöhung um 1 % um bis zu 22.000 € (bei einer durchschnittlichen Vergütung von 20 ct · kWh⁻¹).

Um jedoch verlässliche Daten für die Planung einer Biogasanlage zu erhalten, ist es wichtig, den durchschnittlichen Wert eines BHKW zur Verfügung zu haben. Aus diesem Grunde wurden an verschiedenen BHKW aus unterschiedlichen Leistungsklassen in der Praxis Wirkungsgradmessungen vorgenommen. In Abbildung 3 ist der zeitliche Verlauf des elektrischen Wirkungsgrades von 5 BHKW dargestellt. Die Zeitspanne der Messungen erstreckt sich über ungefähr 25 000 Betriebsstunden (Bh).

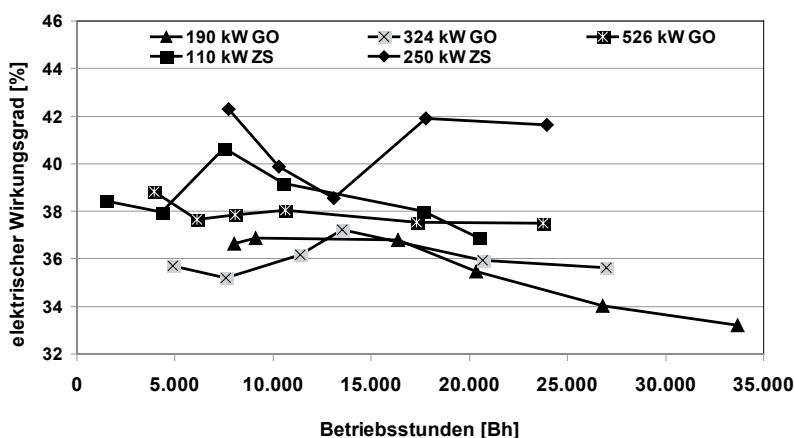


Abb. 3: Elektrischer Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Betriebsstunden
(GO – Gas-BHKW; ZS – Zündstrahl-BHKW)

Fig. 3: Development of electrical efficiency with increasing hours of operation

Bei allen hier dargestellten BHKW konnte ein mehr oder weniger deutlicher Rückgang des elektrischen Wirkungsgrades mit zunehmender Betriebsdauer des Motors gemessen werden. Der Rückgang verlief jedoch nicht immer linear. So konnte bei den BHKW mit 110 und 324 kW_{el.} durch eine Veränderung der Prozessführung (Umstellung von Lufterblasung auf Entschwefelung durch Eisenzugabe) der Methangehalt im Biogas und damit auch der elektrische Wirkungsgrad erhöht werden. Für den Einbruch des elektrischen Wirkungsgrades beim 250 kW_{el.}-BHKW gibt es jedoch keine verfahrenstechnische Erklärung. Der Wirkungsgrad stabilisierte sich allerdings bei den letzten Messungen wieder.

4 Ausblick

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich eine Emissionsoptimierung für NO_x im Bereich der Grenzwerte der TA-Luft negativ auf die Höhe der unverbrannten Kohlenwasserstoffe im Abgas und den elektrischen Wirkungsgrad auswirkt. Inwieweit dies auch auf den Formaldehydgehalt zutrifft, bleibt noch zu untersuchen.

Beim elektrischen Wirkungsgrad bestätigte sich der Trend zu einer Verringerung über die Standzeit. Weitere Messungen bis Ende 2010 werden zeigen, ob dieser Trend anhält.

Danksagung

Die messtechnische Einrichtung zur Formaldehydmessung gemäß VDI 3862-2 und die Laboranalyse der Formaldehydproben wurden dem Institut für Landtechnik und Tierhaltung von der Firma Müller-BBM GmbH, einer anerkannten Messstelle nach § 26-BimschG, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Literatur

- ASCHMANN, V.; KISSEL, R.; STANZEL, H.; GRONAUER, A. (2006): Emissions- und Leistungsverhalten von Biogas-Verbrennungsmotoren in Abhängigkeit von der Motorwartung. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben (LfU-Projekt Nr. 1325). Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg
- ASCHMANN, V.; KISSEL, R.; EFFENBERGER, M.; EICHELSER, R.; GRONAUER, A. (2007): Effizienzsteigerung, Emissionsminderung und CO₂-Einsparung durch optimierte Motoreinstellung bei Biogas-Blockheizkraftwerken zur dezentralen Stromerzeugung. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.), Augsburg
- BAUER, M.; WACHTMEISTER, G. (2008): Formaldehydbildung – Wirkmechanismen: Untersuchung der Wirkzusammenhänge zur innermotorischen Beeinflussung der Formaldehyd-Bildung und Darstellung der Einflussparameter. Bericht zum Forschungsvorhaben. Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (Hrsg.), Frankfurt/M.
- EBERTSCH, G. (2008): Fachgespräch über den Stand der Minderung von Formaldehydemissionen an mit Biogas betriebenen BHKW'S. Vortragsunterlagen, Leipzig, 09.12.2008
- NEUMANN, T.; HOFFMANN, U.; ZIKORIDSE, G. (2009): Formaldehydemissionen aus Biogas BHKW. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 8
- SKLORZ, M.; SCHNELLE-KREIS, J.; GOTTLIEB, A.; KÜHNERL, N.; SCHMID, B. (2004): Untersuchungen zum Einsatz von Oxidationskatalysatoren an landwirtschaftlichen Biogas-Verbrennungsmotoren. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (Hrsg.), Materialien 182, München

Entstehung von Schwefelwasserstoff im Biogasprozess sowie Möglichkeiten zur chemischen Schwefelbindung mittels Eisensalzen

Formation of hydrogen sulphide during biogas production as well as possibilities for chemical sulphur bonding using iron salts

DANIEL PREISSLER, ULRICH DROCHNER, ANDREAS LEMMER, HANS OECHSNER,
THOMAS JUNGBLUTH

Universität Hohenheim, Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Biogas, Schwefelwasserstoff, Entschwefelung

Keywords: biogas, hydrogen sulphide, desulphurisation

Zusammenfassung

Bei nahezu allen Verwertungswegen von Biogas ist ein möglichst geringer Schwefelwasserstoffgehalt des Biogases anzustreben, um korrosive Schäden an Komponenten der Biogasanlage zu vermeiden. Die hier vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass Schwefelwasserstoff im Biogasprozess nicht nur bei der Umsetzung von organisch gebundenem Schwefel freigesetzt werden kann, sondern auch durch die Umsetzung von zuvor bei der biologischen Entschwefelung gebildetem elementarem Schwefel. Im zweiten Versuchsabschnitt konnte durch Einbringung von Eisensalzen in das Gärsubstrat der Schwefelwasserstoffgehalt des Biogases durch einfach stöchiometrische Dosierung deutlich gesenkt werden, wobei sich Eisensulfat jedoch als ungeeignet erwies.

Summary

Almost all biogas utilization methods aim for a preferably low hydrogen sulphide content of the biogas, to avoid corrosive damages to the biogas plant components. The studies presented here show that in the biogas process hydrogen sulphide can be released not only during the conversion of organic bonded sulphur, but also through the conversion of elemental sulphur, which was previously formed during the biological desulphurisation. In the second section of the experiment, through the insertion of iron salts in the fermentation substrate, it was possible to clearly reduce the hydrogen sulphide content of the biogas by basic stoichiometric dosage. Iron sulphate however was proved to be inappropriate.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Neben Methan, Kohlendioxid und Spurengasen enthält Biogas bis zu einem Prozent Schwefelwasserstoff (H_2S). Insbesondere Substrate wie Gülle und Koppelprodukte (z.B. Rapspresskuchen), mit deren Einsatz aufgrund der EEG-Novelle ab 2009 vermehrt zu rechnen ist, führen zu hohen Sulfidgehalten des Gärsubstrates und tragen zu einem Anstieg der H_2S -Konzentration im Biogas bei. Hohe Schwefelgehalte im Gärsubstrat hemmen den Biogasprozesses direkt aber auch indirekt über eine Fällung von essentiellen Spurenelementen. Weiterhin führen hohe Schwefelwasserstoffkonzentrationen im Biogas durch die biologische Entschwefelung im Fermenter zur Bildung von schwefliger Säure und Schwefelsäure, die Korrosionen am Beton sowie an den metallischen Oberflächen der gasführenden Bauteile verursachen können (RICHTER, 2000; KRETZSCHMAR, 2002). Bei der Verbrennung eines schwefelwasserstoffhaltigen Biogases im Blockheizkraftwerk kommt es zur Bildung von Schwefeloxiden, die ebenfalls korrosiv wirken und zur Versauerung des Motorenöls beitragen.

Derzeit erfolgt die Reduktion der H_2S Konzentration im Biogas überwiegend mittels der biologischen Entschwefelung direkt im Fermenter. Bei dieser kostengünstigen Methode wird Sauerstoff in Form von Luft in den Gasraum eingeblasen und der Schwefelwasserstoff durch dort siedelnde Mikroorganismen (Thiobazillen) zu elementarem Schwefel oxidiert. Die Nachteile dieser Methode beruhen darin, dass zum einen eine große Menge Luftstickstoff in das Biogas gelangt, die bei einer nachfolgenden Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität unerwünscht ist und zum anderen die übermäßige Sauerstoffzufuhr zur Bildung von korrosiver schwefliger Säure führen kann. Dagegen wird bei einer unzureichenden Sauerstoffzufuhr der Schwefelwasserstoffgehalt des Biogases nicht in ausreichendem Maße reduziert, was Korrosionsschäden an BHKWs hervorrufen kann.

Ein weiteres Problem ergibt sich daraus, dass die biologische Schwefelwasserstoffreduktion i. d. R. im Gasraum des Fermenters erfolgt und die dort gebildeten Schwefelablagerungen von Zeit zu Zeit von der Fermenterdecke in das Gärsubstrat abbrechen. Häufig wird in der Praxis die Meinung vertreten, dass dieser elementare Schwefel nicht zu Schwefelwasserstoff umgesetzt werden kann. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen sollte daher zunächst geklärt werden, welche Schwefelquellen zur Schwefelwasserstoffbildung beitragen.

Eine alternative Möglichkeit der Schwefelwasserstoffbindung stellt die chemische Fällung von Schwefel durch Eisensalze dar, durch welche der Schwefelwasserstoff in Form von Eisensulfid ausgefällt wird. Da hierbei die Fällung des Schwefels bereits im Gärsubstrat erfolgt, kann mit diesem Verfahren zudem auch eine Hemmung der Fermenterbiologie bei hohen Schwefelfrachten der Inputsubstrate vermieden werden. Eingesetzt werden derzeit zwei- und dreiwertige Eisensalze sowohl als Sulfat-, Hydroxid- und Chlorid-Verbindungen. Ob alle Eisensalzformen zur Reduktion des Schwefelwasserstoffgehaltes im Biogas gleichermaßen geeignet sind, ist Gegenstand der zweiten Fragestellung.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Biogaslabor der Universität Hohenheim in stehenden Laborfermentern mit einem Netto-Volumen von 27 l durchgeführt. Die Durchmischung erfolgte durch ein Zentralrührwerk. Zur Messung des Schwefelwasserstoffgehaltes wurde ein Chemosensor der Firma Awite Bioenergie GmbH eingesetzt (Messbereich von 0–1 500 ppm). Die Gasqualitäts- und Mengenerfassung erfolgte einmal täglich. Hierfür wurde das Biogas in gasdichten Säcken der Firma Tesseraux gesammelt. Der Biogas-ertrag wurde mittels Massendurchflussmessgerät EL-FLOW der Bronkhorst High-Tech B.V. gemessen. Im zweiten Versuchsabschnitt erfolgte zwischen Tag 19 und 25 aus technischen Gründen keine Gasqualitätserfassung.

Die Versuche wurden im thermophilen Bereich bei 50 °C durchgeführt. Als Inokulum wurde ein Gärsubstrat einer landwirtschaftlichen Biogasanlage eingesetzt, die überwiegend Maissilage und Rindergülle einsetzt. Als Substrat kam Maissilage zum Einsatz. Die Faulraumbelastung betrug 3 kg organische Trockensubstanz je Kubikmeter und Tag ($\text{kg oTS}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$). Die Verweilzeit wurde mittels Zugabe des Inokulums auf 40 Tage eingestellt. Vor Versuchsbeginn wurden alle Fermenter eine Verweilzeit lang eingefahren, um identische Bedingungen in allen Fermentern zu erzielen.

Zur Klärung der Fragestellung, ob von der Fermenterdecke in das Gärsubstrat herabfallender elementarer Schwefel zu Schwefelwasserstoff umgesetzt werden kann, wurde dem Gärsubstrat täglich elementarer Schwefel zugesetzt. Als Kontrolle diente eine Variante ohne weitere Schwefelzugabe, sowie eine Variante in der der Schwefel in Form von Natriumsulfat zugesetzt wurde. Die Schwefelgabe wurde so berechnet, dass diese bei vollständiger Umsetzung des Schwefels in Schwefelwasserstoff zu einem Anstieg der Schwefelwasserstoffkonzentration des Biogases um 1 100 ppm führen würde – dies entspricht bei den gewählten Versuchsparametern ungefähr 3,12 g Schwefel je Kubikmeter und Tag. Hierbei wurde unterstellt, dass der gebildete Schwefelwasserstoff vollständig in die Gasphase übertritt. Der Ausgangswert der Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas, gebildet aus dem Inokulum und der Maissilage, lag bei 200 ppm, die maximal erwartete Konzentration somit bei 1 300 ppm.

Im zweiten Versuchsabschnitt wurden unterschiedliche Eisenverbindungen auf ihre Effizienz bei der Schwefelbindung hin untersucht. Als Inokulum diente erneut das Gärsubstrat aus der zuvor genannten Biogasanlage. Die übrigen Prozessparameter blieben ebenfalls konstant. Der Schwefelwasserstoffgehalt des Biogases wurde wie im vorigen Versuchsabschnitt durch die Zugabe von Natriumsulfat erhöht. Der Ausgangswert der Schwefelwasserstoffkonzentration lag jedoch bei 350 ppm, die Zielgröße ohne Eisensalz-zugabe bei 1 100 ppm. Als Eisensalze wurden Eisen(II)-Sulfat, Eisen(III)-Chlorid, Eisen(II)-Chlorid und Eisenhydroxid eingesetzt.

3 Ergebnisse

Im Rahmen des ersten Versuchsansatzes sollte untersucht werden, welche Schwefelverbindungen im Inputsubstrat zur Schwefelwasserstoffbildung beitragen. Die Kontrollvariante, in der lediglich das Inokulum und die Maissilage dem Fermenter zugeführt wurden,

zeigte über die gesamte Versuchsdauer einen stabilen Schwefelwasserstoffgehalt des Biogases von etwa 200 ppm (Abb. 1). In den Varianten, in denen zusätzlich elementarer Schwefel oder Natriumsulfid zugeführt wurden, stieg die Schwefelwasserstoffkonzentration im gebildeten Biogas deutlich an und erreichte 14 Tage nach der ersten Zugabe Konzentrationen von etwa 700 ppm. Während sich die Schwefelwasserstoffkonzentration der Variante mit der Natriumsulfidzugabe in der Folge auf einem Niveau von etwa 800 ppm stabilisierte, stieg die Schwefelwasserstoffkonzentrationen bei Zugabe von elementarem Schwefel sogar auf 1 000-1 400 ppm an. Damit wurde in der Variante der Zugabe des elementaren Schwefels nahezu die maximal erwartete Konzentration erreicht.

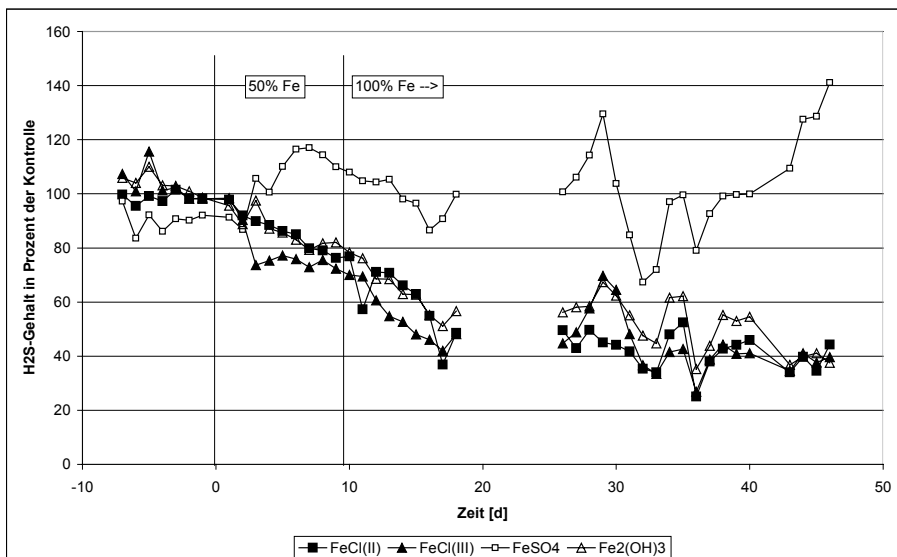


Abb. 1: Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas in der Kontrollvariante sowie bei der Zugabe von elementarem Schwefel und Sulfid. Labor-Durchflussversuch; thermophile Vergärung von Maissilage und Inokulum, HRT 40 d

Fig. 1: Hydrogen sulphide concentration of the biogas in the control variant and after the addition of elemental sulphur and sulphide; Laboratory flow experiment, thermophilic fermentation of corn silage and inoculum, HRT 40 d

Im Rahmen eines zweiten Versuchsansatzes sollte untersucht werden, ob alle Eisensalze gleichermaßen für eine Bindung der Sulfide und damit für eine Schwefelwasserstoffreduktion geeignet sind. Die Zugabemenge wurde für die zweiwertigen Eisenverbindungen so berechnet, dass eine vollständige Reduktion der maximalen Schwefelwasserstoffkonzentration ermöglicht wurde. Von den dreiwertigen Eisenverbindungen wurden trotz des stöchiometrisch höheren Eisenbindungsvermögens lediglich die gleichen Eisenmengen wie in den Varianten mit dem zweiwertigen Eisen zugesetzt. Im Rahmen der Untersuchungen konnte zwischen den zwei- und dreiwertigen Eisensalzen, sowie zwischen den Chloriden und dem Hydroxid kein nennenswerter Unterschied fest-

gestellt werden (Abb. 2). Eventuell lässt sich bei der Eisen(III)-Chlorid-Variante eine leicht schnellere Reduktion des H_2S -Gehaltes erkennen. Bei stöchiometrisch gleicher Eisenzugabe wurde bei den Chloriden und dem Hydroxid eine Reduktion des Schwefelwasserstoffgehaltes um 60 % gegenüber der Kontrolle erzielt. Durch Zugabe des zweiwertigen Eisensulfates ließ sich keine Abnahme der Schwefelwasserstoffkonzentration erkennen. Ein Einfluss der Schwefel- und Eisengabe auf den Methangehalt und -ertrag konnte in keinem der beiden durchgeführten Versuche festgestellt werden.

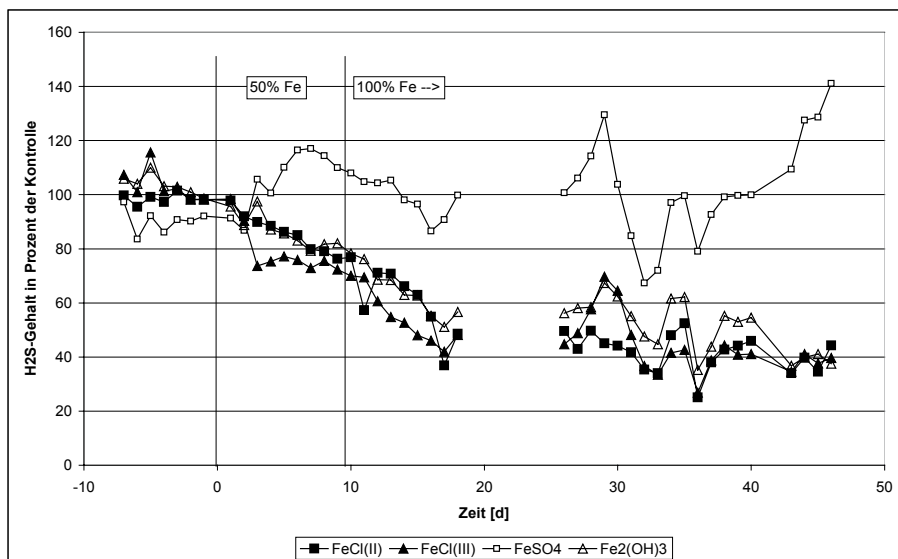


Abb. 2: Relative Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas bei der Zugabe verschiedener Eisensalze in den Fermenter im Vergleich zur Kontrollvariante. Labor-Durchflussversuch, thermophile Vergärung von Maissilage und Inokulum, HRT 40 d

4 Diskussion

Im ersten Versuchsabschnitt konnte gezeigt werden, dass auch elementarer Schwefel im Gärsubstrat von Biogasanlagen wieder reduziert wird und damit als Ausgangsstoff zur Schwefelwasserstoffbildung dienen kann. Damit muss die langfristige Wirksamkeit der biologischen Entschwefelung diskutiert werden. Im Rahmen der Untersuchungen wurde bei gleicher Schwefelmenge durch die Zugabe von elementarem Schwefel im Vergleich zu einer Sulfidzugabe sogar die höchsten H_2S -Werte im Biogas gemessen.

Im zweiten Versuchsabschnitt konnte gezeigt werden, dass Eisensulfat in den untersuchten Konzentrationen für die Entschwefelung von Biogas ungeeignet ist. Damit wurden frühere Untersuchungen an der Landesanstalt bestätigt (HAVRADA, 2001). Bei allen untersuchten Varianten war zur vollständigen Schwefelwasserstoffreduktion eine überstöchiometrische Eisenzugabe erforderlich. Das theoretisch höhere Schwefelbindungs-

vermögen der dreiwertigen Eisensalze konnte im Rahmen der Untersuchungen nicht nachgewiesen werden.

Danksagung

Die Untersuchungen fanden im Rahmen des Projektes „Monovergärung von Grüngut statt“ und wurden vom Ministerium für Ländlichen Raum und Ernährung Baden-Württemberg finanziert.

Literatur

- HAVRDA, S. (2001): Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Reduzierung der Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas durch Eisen-(II)-sulfat. Diplomarbeit, Universität Hohenheim, Stuttgart
- KRETZSCHMAR, F.; MARKERT, H. (2002): Qualitätssicherung bei Stahlbeton-Fermentern. Biogas-Journal, 1, S. 19
- RICHTER, T. (2000): Beton für Behälter in Biogasanlagen. Bauen für die Landwirtschaft 37, 3, S. 31

Praktische Erfahrungen des Einsatzes einer mit Biogas betriebenen Mikrogasturbine

Practical experience of using a biogas-powered micro gas turbine

MARINA BEKKER, HANS OECHSNER, THOMAS JUNGBLUTH

Universität Hohenheim, Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Biogas, Kraft-Wärmekopplungsanlage, Mikrogasturbine

Keywords: biogas, combined heat and power plant, micro gas turbine

Zusammenfassung

Der Betrieb der Mikrogasturbine Capstone CR 65 an der Biogasanlage in Kupferzell erwies sich als relativ störungsunempfindlich und wartungsarm. Lediglich in der Peripherie traten Störungen wegen schlechter Regelbarkeit des Biogasverdichters auf.

Die besten elektrischen und thermischen Wirkungsgrade wurden im Volllastbetrieb erreicht und betrugen entsprechend 25,8 % und 68,6 %. Im Teillastbereich wurden niedrigere Wirkungsgrade gemessen. Die gemessenen Schadgaskonzentrationen im Abgas waren sehr niedrig. Die NO_x -Konzentration lag in allen Leistungsstufen unter 6 mg/Nm^3 . Die CO-Konzentration erreichte im Volllastbetrieb einen Wert von 21 mg/Nm^3 . Zudem lag die komplette Abwärme mit Temperaturen im Bereich von 238 bis zu 293°C im Abgas.

Aus den genannten Gründen ist es zu empfehlen, die Mikrogasturbine im Volllastbetrieb mit einem schlüssigen Wärmenutzungskonzept zu betreiben.

Summary

The operation of the Capstone micro gas turbine CR 65 in the biogas plant in Kupferzell proved to be relatively low-maintenance and low-interference. The disruptions were only in the periphery because of the poor controllability of the biogas compressor.

The best electrical and thermal efficiency were achieved in full-load operation with amount of 25.8 % and 68.6 % respectively. Measured efficiencies in part load mode were lower. The harmful gas concentrations measured in the exhaust were very low. The NO_x concentration was in all load levels below 6 mg/Nm^3 . The concentration of CO reached in full-load operation a value of 21 mg/Nm^3 . Moreover, the exhaust temperature was within the range of 238 to 293°C .

For these reasons the operation of micro gas turbine in full-load mode with coherent heat utilization is recommended.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Eine optimale Biogasverwertung an landwirtschaftlichen Biogasanlagen bringt entscheidende wirtschaftliche Vorteile. Dabei gewinnt die Abwärmenutzung an Biogasanlagen verstärkt an Bedeutung. Deswegen kommen zurzeit Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wie z.B. Mikrogasturbinen für die thermische Verwertung des Biogases an den landwirtschaftlichen Biogasanlagen zum Einsatz. Die Mikrogasturbinen haben einige Vorteile gegenüber den gegenwärtig überwiegend genutzten Kolbenverbrennungsmaschinen. Ihre Abwärme kann aufgrund der erhöhten Abgastemperatur effizienter für die Heizung oder als Prozesswärme verwendet werden. Sie sind wartungsarm und haben niedrigere Abgaswerte.

Die Verbreitung des Einsatzes der Mikrogasturbinen wird durch das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2008) unterstützt. Laut dem novellierten EEG wird bei der thermischen Verwertung des Biogases in Mikrogasturbinen ein Technologie- und bei einem vorhandenen Wärmekonzept ein KWK-Bonus gewährt.

Das Ziel dieses praxisorientierten Forschungsprojektes ist es, aufgrund der gemessenen Betriebsparameter sowie der durchgeführten Abgasanalysen die Leistungsfähigkeit und Energieeffizienz der Mikrogasturbine zu ermitteln. Mithilfe dieser Daten kann bewertet werden, unter welchen Bedingungen der Einsatz von Mikrogasturbinen als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage wirtschaftlich sinnvoll ist.

2 Material und Methoden

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchung wurde der Betrieb einer mit Biogas betriebenen Capstone Mikrogasturbinen CR 65 im Feldeinsatz an der Biogasanlage Karle in Kupferzell messtechnisch erfasst.

Die eingesetzte Mikrogasturbine wurde durch Anlagenhersteller auf die Verwertung des Biogases ausgelegt. Hierfür wurde neben einer speziell entwickelten Gasaufbereitungsanlage, eine biogastaugliche Turbine verwendet. Sie unterscheidet sich von der konventionellen 65 kW Turbine (CR 65) durch ein angepasstes Steuerungsventil, Zuführrohre mit einem größerem Durchmesser und einer speziellen Geometrie der Brenner. Laut Herstellerangaben beträgt die elektrische Leistung der eingesetzten Mikrogasturbine im Volllastbetrieb 65 kW und ist für den Teillastbetrieb geeignet. Für die Ermittlung der optimalen Betriebsregime und ihre Teillastfähigkeit werden somit mehrere Teillastbereiche von 30 kW bis zu 65 kW getestet.

Zur Ermittlung der Energieströme wurden betriebsrelevante Messparameter wie Biogasvolumenstrom, -temperatur, -druck sowie -zusammensetzung messtechnisch erfasst. Diese gemessenen Werte wurden zur Bestimmung der elektrischen und thermischen Leistung sowie des elektrischen und thermischen Wirkungsgrades in Teillast- und Volllastbetrieb herangezogen. Dabei wurde der elektrische Wirkungsgrad aus den abgegebenen Strommengen und den mit dem Biogas zugeführten Energiemengen berechnet.

Zur Bewertung der Verbrennung werden u.a. Emissionswerte wie Stickstoffoxide, Kohlenstoffmonoxid sowie die Temperatur des Abgases gemessen. Anhand der erfassten Werte kann der Einfluss des Teillastbetriebes auf die Emissionen definiert werden.

Zudem können die Abgaswerte aus der Mikrogasturbine mit den Emissionen aus den biogasbetriebenen Zündstrahl- und Gas-Blockheizkraftwerken verglichen werden.

In Tabelle 1 werden alle betriebsrelevante Messparameter und eingesetzte Messtechnik dargestellt.

Tab. 1: Messparameter und eingesetzte Messtechnik

Tab. 1: Measured parameters and measuring equipment

Messparameter	Messgeräte	Einheiten
Brenngaszusammensetzung	Brenngas-Analysegerät SSM 6000 (pronova)	[%], [ppm]
Brenngasvolumenstrom	Messblende (McCrometer; Typ V-Cone)	[m³/h]
Brenngastemperatur	Thermoelement Typ K (Testo 350 XL)	[°C]
Brenngasdruck	Absolutdrucktransmitter	[mbar]
Abgabewärmestrom	Rechnerisch über die Abgaszusammensetzung und Abgastemperatur	[kW]
Elektrische Leistung	Zangenampermeter (Votcraft, Typ AC-200)	[kW]
Abgaszusammensetzung, Abgastemperatur	Testo 350 XL	[%], [ppm]

3 Ergebnisse

An der Biogasanlage Karle in Kupferzell wird seit Juni 2007 das Biogas in den Mikrogasturbinen Capstone CR 65 im Rahmen eines Pilotprojektes der Firma Greenenvironment GmbH thermisch verwertet. Vom Januar 2008 bis Ende November 2008 hat die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie (Universität Hohenheim) den Betrieb der Mikrogasturbine messtechnisch begleitet. Die hier dargestellten Ergebnisse sind Auswertungen der kontinuierlichen Messreihen, die innerhalb eines halben Jahres seit Juni 2008 durchgeführt wurden. Während der Untersuchungszeit war die Turbine 3 554 Stunden im Betrieb und 682 Stunden stand sie still. Somit lag der Nutzungsgrad bei 84 %. Bezogen auf die maximal mögliche Strommenge, die im Untersuchungszeitraum von der Turbine hätte produziert werden können, lag ihre Auslastung bei 73 %. Dabei lag die maximale produzierte elektrische Leistung der Mikrogasturbine bei 69,5 kW.

Der Betrieb der Mikrogasturbine Capstone CR 65 an der Biogasanlage in Kupferzell erwies sich als relativ störungsunempfindlich und wartungsarm. Lediglich wurden nach 1,5 Jahren Betrieb Luftfilter und Brennkammerzündler erneuert. Die Stillstandzeiten der Turbinen wurden hauptsächlich von außen verursacht, z.B. dadurch, dass es Störungen in der Peripherie hauptsächlich in der Biogasverdichtung gab oder dass die Turbine nicht genutzt wurde, da keine Wärme in der Trocknungshalle benötigt wurde.

Bei der Biogasverdichtung aufgetretene Störungen sind auf die schlechte Regelbarkeit des Biogasverdichters zurückzuführen. So lag der minimal gemessene Druck während der gesamten Messung bei etwa 4 bar und der maximale Druck bei etwa 10 bar. Da die Turbine einen konstanten Druck von etwa 5 bar braucht, wirken sich diese

Schwankungen auf den Betrieb und anschließend auf den elektrischen Wirkungsgrad negativ aus. Der Verdichter sollte einen konstanten Druck von etwa 7 bar für die Gasaufbereitung zur Verfügung stellen, der in der Biogasleitung auf den für die Mikrogasturbine erforderlichen Vordruck von etwa 5 bar gesenkt wird. Die Fa. Greenvironment GmbH hat inzwischen in der neuesten Entwicklungsstufe der BHKW's einen direkt gekoppelten frequenzgesteuerten Schraubenverdichter eingebaut, um den Stromverbrauch vom Verdichter, der als Hauptstromverbraucher bei der Biogasaufbereitung ist, zu reduzieren und um die Regelbarkeit des Aggregates zu optimieren.

Einen Überblick über den berechneten elektrischen und thermischen Wirkungsgrad in den verschiedenen Leistungsstufen gibt Abbildung 1. Im Volllastbetrieb war der elektrische Wirkungsgrad am höchsten und betrug 25,8 %. Der thermische Wirkungsgrad betrug dabei 68,6 %.

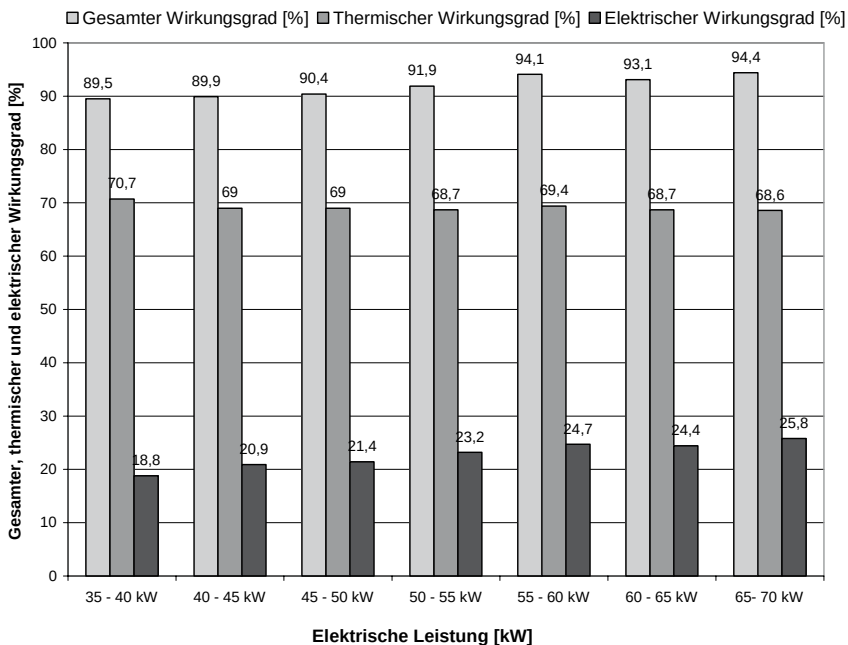


Abb. 1: Elektrischer und thermischer Wirkungsgrad der Turbine in Abhängigkeit der Teillaststufe ohne Berücksichtigung des Energieverbrauchs der Gasaufbereitung

Fig. 1: Electrical and thermal efficiency of the turbine depending on the load level without tacking into account energy consumption of the gas processing

Der elektrische Wirkungsgrad stieg mit zunehmender Leistungsabfrage an und ab 55 kW lag er im Bereich von 24,7–25,8 %. Genau entgegengesetzt verhält sich der thermische Wirkungsgrad. Er ist bei geringer Leistungsabfrage mit 70,7 % hoch und fällt um 2,1 % auf 68,6 % im Volllastbetrieb ab.

Durch die direkte Nutzung der Abwärme in der Gärresttrocknung der Biogasanlage Kupferzell fiel der Wärmeübertrag aus dem Abgas auf ein Trägermedium weg. Es

waren keine zusätzlichen Verluste durch einen Wärmetauscher zu verzeichnen, das Abgas wurde unmittelbar nach einer Vermischung mit Frischluft in die Gärresttrocknung geleitet. Deswegen waren thermische Wirkungsgrade bei der direkten Nutzung der Abwärme in der Gärresttrocknung sehr hoch.

Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Anlagenmodellen zu erhalten wurde die Nutzung der thermischen Energie exemplarisch für einen Wärmetauscher mit 70 °C Rücklauftemperatur berechnet. Durch die geringere Temperaturdifferenz zwischen Abgas und sekundärem Wärmeträger verringert sich die übertragene Wärmemenge und der thermische Wirkungsgrad sinkt auf die Werte zwischen 50 und 55 %. Im Vergleich zu den konventionellen BHKW's waren die gemessenen Schadgas-konzentrationen im Abgas sehr niedrig. Einen Überblick über die mittleren gemessenen CO- und NO_x-Konzentrationen in untersuchten Leistungsstufen gibt Abbildung 2. Eine ausführliche Darstellung der gemessenen Schadstoffkonzentrationen während der Untersuchung ist im Abschlussbericht zum BWPLUS-Forschungsprojekt mit dem Förderkennzeichen BWK 25008-25010 veröffentlicht worden (THOMAS et al., 2009).

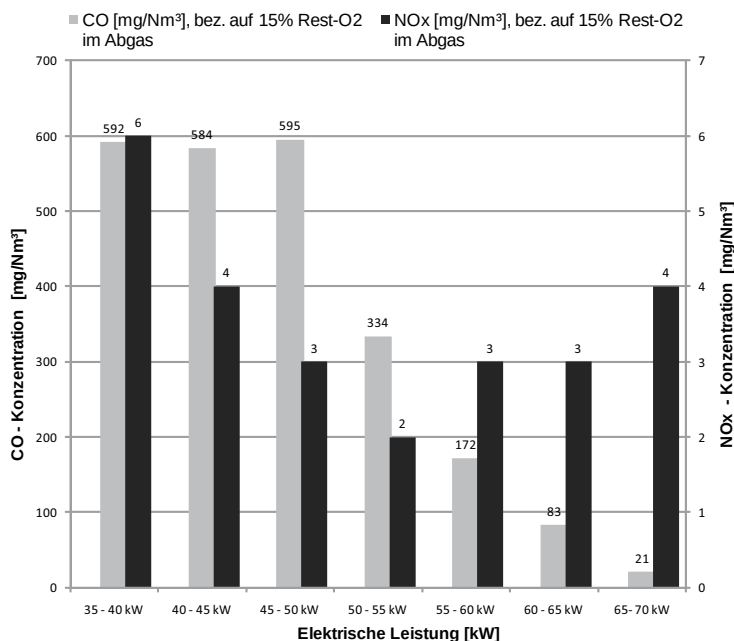


Abb. 2: CO-, NO_x-Konzentrationen im Abgas der untersuchten Teillaststufen
 Fig. 2: CO-, NO_x-Concentrations in the exhaust gas of the investigated load levels

Die geringen Schadgaskonzentrationen im ausgestoßenen Abgas sind durch hohen Luftüberschuss bei der Verbrennung bedingt. Durchschnittlich wurde an der Mikrogasturbine ein hoher Lambda-Wert von 6,9 gemessen. Im Besonderen lag die NO_x-Konzentration im Abgas sowohl im Teillast- als auch im Volllastbetrieb bei einem niedrigen Wert unter 6 mg/Nm³ (bezogen auf 15 % Rest-O₂ im Abgas). Die CO-Konzentration ver-

ringerte sich mit der Erhöhung des produzierten elektrischen Stroms und erreichte beim Volllastbetrieb einen sehr niedrigen Wert von 21 mg/Nm³ (bezogen auf 15 % Rest-O₂ im Abgas). Im niedrigen Teillastbereich zwischen 35 und 50 kW elektrischer Leistung wurden wesentlich höhere Werte an Kohlenmonoxyd in Höhe von 334 bis 592 mg/Nm³ gemessen als bei größerer Leistungsabfrage oberhalb der 55 kW.

Die SO₂-Werte im Abgas waren relativ hoch von etwa 50–130 mg/Nm³. Dies ist auf höhere H₂S-Werte im Biogas zurückzuführen, da in der Biogasanlage größere Mengen schwefelhaltiger Substrate wie beispielsweise Salatreste vergoren werden. Zwischen SO₂-Werten und Turbinenleistung gibt es keinen Zusammenhang. Ein wichtiger Vorteil bei dem Betrieb der Mikrogasturbine mit erhöhtem Gehalt an H₂S ist es, dass sie aufgrund des fehlenden Schmieröls unempfindlich gegen hohe Schwefel-wasserstoffgehalte im Brenngas ist. Bei herkömmlichen Gas-Otto-BHKW soll das Motorenöl in der Regel alle 600 Stunden gewechselt werden. Da Mikrogasturbinen im Gegensatz zu konventionellen Verbrennungsmotoren keinen Kühlkreislauf haben, wird die produzierte Wärmemenge komplett über das Abgas der Turbine weggeleitet, wodurch hohe Abgastemperaturen entstehen. So hatte Abgas ein Temperaturniveau von 238–293 °C. Mit dem schadstoffarmen und heißen Abgas können u. a. Hochtemperaturprozesse betrieben werden, die mit herkömmlicher BHKW-Technik nicht möglich sind. In dieser Biogasanlage wurde die freigesetzte Abwärme für die Gärrestetrocknung eingesetzt.

4 Ausblick

Die aktuelle Untersuchung des Mikrogasturbinenbetriebes hat ihre Praxistauglichkeit beim Einsatz des Biogases erwiesen. Dabei ist es wichtig den Energiebedarf der Biogasaufbereitung, wie z. B. Gaskomprimierung und -entwässerung bei der Ausarbeitung des kompletten Anlagenkonzeptes zu berücksichtigen und gegebenenfalls zu optimieren. An den heutigen Biogasanlagen können aufgrund der großen Gasmengen mehrere Mikrogasturbinen parallel eingeschaltet werden. Dabei empfiehlt es sich, aus energetischer Sicht sie in oberen Teillastbereichen und mit einem schlüssigen Wärmenutzungskonzept zu betreiben.

Literatur

THOMAS, B.; WYNDORPS, A.; BEKKER, M.; OECHSNER, H.; KELM, T. (2009): Gekoppelte Produktion von Kraft und Wärme aus Bio-, Klär- und Deponiegas in kleinen, dezentralen Stirling-Motor-Blockheizkraftwerken. Abschlussbericht zum BWPLUS-Forschungsprojekt mit dem Förderkennzeichen BWK 25008-25010

Anschriften der Autoren

Address of authors

Elhussein Abdoun

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Bundesalle 50
38116 Braunschweig

Miriam Abriel

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

Ewald Albers

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Siebengebirgsstraße 200
53229 Bonn

Maher Alsaad

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

Monika Altmann

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften
06099 Halle/S.

Thomas Amon

Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien, Österreich

Volker Aschmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Janine Aschwanden

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
8356 Ettenhausen

Hermann Auernhammer

Technische Universität München
Am Staudengarten 2
85354 Freising-Weißenstephan

Osman Azizi

University of Kurdistan
Department of Animal Science
College of Agriculture
Sanandaj, Iran

Irene Bachhausen

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstraße 7
49377 Vechta

Paolo Balsari

Università degli Studi di Torino
Dept. of Agricultural, Forestry and
Environmental Economics and Engineering
DEIAFA via Leonardo da Vinci 44
10095 Grugliasco (To), Italy

Hans-Ullrich Balzer

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Fachgebiet Tierhaltungssysteme und
Verfahrenstechnik
Philippstraße 13, Haus 10
10115 Berlin

Ulrike Bauer

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

Johannes Baumgartner
Veterinärmedizinische Universität Wien
Institut für Tierhaltung und Tierschutz
Veterinärplatz 1
1210 Wien, Österreich

Silke Beintmann
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Marina Bekker
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Agrartechnik und
Bioenergie
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Tobias Belke
FH Südwestfalen
Lübecker Ring 2
59494 Soest

M. Belzile
Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

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

Barbara Benz
Kraiburg Elastik GmbH
Göllstraße 8
84529 Tittmoning/Obb.

Werner Berg
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Heinz Bernhardt
Technische Universität München
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
Am Staudengarten 2
85354 Freising

Stefanie Beyer
Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft (LfL)
Institut für Landtechnik und
Tierhaltung (ILT)
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
85586 Poing-Grub

Franz-Josef Bockisch
Julius-Kühn-Institut (JKI)
Institut für Anwendungstechnik
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig

Thomas Bonsels
Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH)
Kölnische Straße 48-50
34117 Kassel

Eberhard von Borell
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften
06099 Halle/S.

Josef Boxberger
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien, Österreich

Monika Brandt
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
24098 Kiel

Wolfgang von Brocke
Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Siebengebirgsstraße 200
53229 Bonn

Reiner Brunsch
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Jörn Budde

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Technikbewertung und
Stoffkreisläufe
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Beate Bünger

Friedrich-Loeffler-Institut
Institut für Tierschutz und Tierhaltung
Dörnbergstraße 25 & 27
29223 Celle

Frank Burose

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART Tänikon
8356 Ettenhausen, Schweiz

Milena Burri

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
8356 Ettenhausen, Schweiz

Wolfgang Büscher

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

Horst Cielejewski

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Referat 24 Energie, Bauen, Technik
48147 Münster

Wim Corré

Plant Research International
Bornsesteeg 65
6708 PD Wageningen, Netherlands

Michel Côté

Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

Katharina Dahlhoff

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Landwirtschaftszentrum Haus Düsse
59505 Bad Sassendorf

Klaus Damme

Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum
für Schweine- und Geflügelhaltung
Schwarzenau
Mainbernheimer Straße 101
97318 Kitzingen

Manfred Dederer

Landesanstalt für Schweinezucht (LSZ)
Forchheim
Auf dem Wasen 9
71640 Ludwigsburg

Bernd Diekmann

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Physikalisches Institut
Nussallee 12
53115 Bonn

Helmut Doehler

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49
64289 Darmstadt

Julia Dollinger

Fachhochschule Eberswalde
Fachgebiet Ökologische Tierhaltung
Friedrich-Ebert-Straße 28
16225 Eberswalde

Hendrik Jan C. van Dooren

Animal Sciences Group
Wageningen UR
Edelhertweg 15/PO-Box 65
8200 AB Lelystad, Netherlands

Ulrich Drochner

Universität Hohenheim
Landesanstalt für Agrartechnik und
Bioenergie
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Michael Eder

Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien, Österreich

Mathias Effenberger

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttlinger Straße 36
85354 Freising

Klaus Failing

Justus-Liebig-Universität Gießen
Fachbereich Veterinärmedizin
Arbeitsgruppe Biomathematik und
Datenverarbeitung
Frankfurter Straße 95
35392 Gießen

Martina Feige

Fachhochschule Eberswalde
Fachgebiet Ökologische Tierhaltung
Friedrich-Ebert-Straße 28
16225 Eberswalde

Jacqueline Felix

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Werner Franke

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft
und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Tierproduktion
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

Bozena Friedrich

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Department für Agrarökonomie
Luisenstraße 53
10115 Berlin

Eva Gallmann

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

Felix Garlipp

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstraße 7
49377 Vechta

Tobias Gaul

Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität
Hannover
Institut für Biophysik
AG Umweltbiotechnologie
Herrenhäuser Straße 2
30419 Hannover

Heiko Georg

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Günter Gerighausen

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Siebengebirgsstraße 200
53229 Bonn

Fabrizio Gioelli

Università degli Studi di Torino
Dept. of Agricultural, Forestry and
Environmental Economics and Engineering
DEIAFA via Leonardo da Vinci 44
10095 Grugliasco (To), Italy

Stéphane Godbout

Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

Merle Gronau

Georg-August-Universität Göttingen
Institut für Tierucht und Haustiergenetik
Albrecht-Thaer-Weg 3
37075 Göttingen

Andreas Gronauer

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Anne Grothmann

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
8356 Ettenhausen, Schweiz

F. Guay

Université Laval
Québec (QC)
G1V 0A6, Canada

Gygax Lorenz

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
8356 Ettenhausen, Schweiz

Jochen Hahne

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für Agrartechnologie und
Biosystemtechnik
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Bernhard Haidn

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

Lorie Hamelin

Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

Jörgen Haneke

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstraße 7
49377 Vechta

Jan Harms

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

Wilfried Hartmann

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49
64289 Darmstadt

Eberhard Hartung

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
24098 Kiel

Lutz Hasselmann

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Fachgebiet Tierhaltungssysteme und
Verfahrenstechnik
Philippstraße 13, Haus 10
10115 Berlin

Angelika Häussermann

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
24098 Kiel

Monika Heiermann

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Abteilung Technikbewertung und
Stoffkreisläufe
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Veronika Helfensdörfer

Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien, Österreich

Jessica Henseler
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
 Bonn
 Institut für Landtechnik
 Verfahrenstechnik in der tierischen
 Erzeugung
 Nussallee 5
 53115 Bonn

Daniel Herd
 Universität Hohenheim
 Institut für Agrartechnik
 Fachgebiet: Verfahrenstechnik der
 Tierhaltungssysteme
 Garbenstraße 9
 70599 Stuttgart

Hans-Joachim Herrmann
 Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
 Schanzenfeldstraße 8
 35578 Wetzlar

Engel F. Hessel
 Georg-August-Universität Göttingen
 Department für Nutztierwissenschaften
 Abteilung Verfahrenstechnik in der
 Veredelungswirtschaft
 Universitätsstraße 7
 49377 Vechta

Friedhelm Hillen
 GE Jenbacher GmbH & Co
 Achenseestraße 1-3
 6200 Jenbach, Österreich

Phil Hobbs
 North Wyke Research, Okehampton
 Devon
 EX20 2SB, UK

Gundula Hoffmann
 Leibniz-Institut für Agrartechnik
 Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
 Abteilung Technik in der Tierhaltung
 Max-Eyth-Allee 100
 14469 Potsdam

John P. Holland
 SAC, King's Buildings
 West Mains Road
 Edinburgh, EH9 3JG, Schottland, UK

Bernhard Hörning
 Fachhochschule Eberswalde
 Fachgebiet Ökologische Tierhaltung
 Friedrich-Ebert-Straße 28
 16225 Eberswalde

Wiebke Icken
 Lohmann Tierzucht GmbH
 Am Seedeich 9-11
 P. O. Box 460
 27454 Cuxhaven

Ines Jahn
 Sächsische Landesanstalt für Umwelt,
 Landwirtschaft und Geologie
 Fachbereich Tierische Erzeugung
 Am Park 3
 04886 Köllitsch

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

Thomas Jungbluth
 Universität Hohenheim
 Landesanstalt für Agrartechnik und
 Bioenergie
 Garbenstraße 9
 70599 Stuttgart

Jaroslav Kara
 Engineering
 Drnovská 507
 16101 Praha, Czech Republic

Otto Kaufmann
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
 Department für Nachhaltige Agrarsysteme
 FG Tierhaltungssysteme und
 Verfahrenstechnik
 Philippstraße 13
 10115 Berlin

Nina Maria Keil
 Forschungsanstalt Agroscope
 Reckenholz-Tänikon ART
 Bundesamt für Veterinärwesen
 Zentrum für tiergerechte Haltung:
 Wiederkäuer und Schweine
 8356 Ettenhausen

Michael Kilian

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

Annabell Kindler

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
FG Tierhaltungssysteme und
Verfahrenstechnik
Philippstraße 13
10115 Berlin

Joergen Kjaer

Friedrich-Loeffler-Institut
Institut für Tierschutz und Tierhaltung
Dörnbergstraße 25 & 27
29223 Celle

Sabine Klaer

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Fachgebiet Tierhaltungssysteme und
Verfahrenstechnik
Philippstraße 13
10115 Berlin

Ralf Kosch

Big Dutchman International GmbH
Postfach 36
9360 Vechta

Simone Kraatz

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Technikbewertung und
Stoffkreisläufe
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Paul Krampe

Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH
Holthöge 10-14
49632 Essen (Oldbg.)

Peter Kreimeier

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Anne Kresse

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Verfahrenstechnik in der tierischen
Erzeugung
Nussallee 5
53115 Bonn

Martin Kühberger

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

Arne Kuhlmann

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

Kira Kultus

Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für agrar- und stadtökologische
Projekte
Invalidenstraße 42
10115 Berlin

Tanja Kutzer

Friedrich-Loeffler-Institut
Institut für Tierschutz und Tierhaltung
Dörnbergstraße 25 & 27
29223 Celle

Armin Laurs

Agraruniversität Lettland
Institut für Landtechnik
J. Cakstes bulv. 5,
3001 Jelgava, Lettland

Natuschka M. Lee

Technische Universität München
Lehrstuhl für Mikrobiologie
AG Mikrobielle Systemökologie
Am Hochanger 4
85354 Freising

Andreas Lehner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

S. P. Lemay
Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

Andreas Lemmer
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Agrartechnik und
Bioenergie
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Peter Leuschner
Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG
Siemensstraße 15
48488 Emsbüren

Bernd Linke
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Bioverfahrenstechnik
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Philipp Lodomez
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Physikalisches Institut
Nussallee 12
53115 Bonn

Christiane Loebstin
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft
und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Tierproduktion
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

Christoph Luttermann
Universität Gießen
Mühlenfeld 36
33428 Harsewinkel

Markus Lyson
RTD Services
Lazarettgasse 3/4.1
1090 Wien, Österreich

Christian Maack
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
53115 Bonn

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

Pia Mähner
KTG Biogas AG
An den Eichen 1
16516 Oranienburg

Herwig Mayr
Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien, Österreich

Jana Mazancova
Engineering
Drnovská 507
16101 Praha, Czech Republic

Andreas Melfsen
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
24098 Kiel

Jörn Menning
Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten
und Gartenbau Sachsen-Anhalt
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden
Lindenstraße 18
39606 Iden

Eckhard Meyer
Sächsische Landesanstalt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
04886 Köllitsch

Henrik Möller
Aarhus University
Faculty of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering
Blichers Allé 20
8830 Tjele (Denmark)

Christoph Moriz
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
8356 Ettenhausen, Schweiz

Andreas Moser
RTD Services
Lazarettgasse 3/4.1
1090 Wien, Österreich

Joachim Müller
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik (440e)
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Katja Mütze
Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (LHL)
Schubertstraße 60
35392 Gießen

Anke Niebaum
Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49
64289 Darmstadt

Björn Niemeyer
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredlungswirtschaft
Universitätsstraße 7
49377 Vechta

Jürgen Nienhaus
Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Siebengebirgsstraße 200
53229 Bonn

Heidrun Nitzer
Sächsische Landesanstalt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
04886 Köllitsch

Franz Nydegger
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
8356 Ettenhausen, Schweiz

Hans Oechsner
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Agrartechnik und
Bioenergie
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Anna Oniszk-Polplawska
Institute for Renewable Energy
Mokotowska 4/6
00-641 Warsaw, Poland

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

J. Orellana
Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

Steffen Pache
Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie
Am Park 3
04886 Köllitsch

Zdenek Pastorek
Engineering
Drnovská 507
16101 Praha, Czech Republic

Sebastian Pauli
Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft (LfL)
Institut für Landtechnik und
Tierhaltung (ILT)
Vöttinger Straße 36
85354 Freising-Weihenstephan

Rudolf Peis

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

Frédéric Pelletier

Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

Andreas Pelzer

Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Landwirtschaftszentrum Haus Düsse
59505 Bad Sassendorf

Wilhelm Pflanz

Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg
Seehöfer Straße 50
97944 Boxberg

Matthias Plöchl

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Technikbewertung und
Stoffkreisläufe
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Vincent Plogsties

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Bioverfahrenstechnik
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Christiane Podiwinsky

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften
Gregor-Mendel-Straße 33
1180 Wien, Österreich

Rudolf Preisinger

Lohmann Tierzucht GmbH
Am Seedeich 9-11
P. O. Box 460
27454 Cuxhaven

Daniel Preißler

Universität Hohenheim
Landesanstalt für Agrartechnik und
Bioenergie
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Juris Priekulis

Agraruniversität Lettland
Institut für Landtechnik
J. Cakstes bulv. 5,
3001 Jelgava, Lettland

Elisabeth Quendler

Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien, Österreich

Sreenivas Rao Ravella

North Wyke Research, Okehampton
Devon
EX20 2SB, UK

Siraj Raya

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Fachgebiet Tierhaltungssysteme und
Verfahrenstechnik
Philippstraße 13, Haus 10
10115 Berlin

Torsten Rehl

Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik (440e)
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart

Klaus Reiter

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

Marion Riegel

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
8356 Ettenhausen, Schweiz

Sandra Rose-Meierhöfer

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

Eberhard Rosenthal

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn
Institut für Landtechnik
Physikalisches Institut
Nussallee 12
53115 Bonn

Benjamin Rößler

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

Ursula Roth

Kuratorium für Technik und Bauwesen in
der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49
64289 Darmstadt

Hans-Jürgen Rudovsky

Flöhaer Straße 2
04349 Leipzig

Mihaiela Rus

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Philippstraße 13, Haus D
10115 Berlin

Stefan Sagkob

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel
und biogene Rohstoffe
Am Staudengarten 2
85354 Freising-Weihenstephan

Dirk Schäffer

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften
06099 Halle/S.

Alexander Schattauer

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Technikbewertung und
Stoffkreisläufe
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Matthias Schick

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
8356 Ettenhausen, Schweiz

Lars Schrader

Friedrich-Loeffler-Institut
Institut für Tierschutz und Tierhaltung
Dörnbergstraße 25 & 27
29223 Celle

Anja Schwalm

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Hans-Peter Schwarz

Forschungsanstalt Geisenheim
Fachgebiet Technik
Brentanostraße 9
65366 Geisenheim

Jochen Simon

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

Michel C. J. Smits

Animal Sciences Group
Wageningen UR
PO-Box 65
8200 AB Lelystad, Netherlands

Viktoria Spreng

Technische Universität München
Am Staudengarten 2
85354 Freising-Weihenstephan

Ruedi Stark

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
8356 Ettenhausen, Schweiz

Peter Stötzel

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

Ulrich Ströbel

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

Theresa Suarez

Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Technikbewertung und
Stoffkreisläufe
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Pawel Sulima

Institute for Renewable Energy
Mokotowska 4/6
00-641 Warsaw, Poland

Susanne Theis

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

Hauke Thönsfeldt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
24098 Kiel

Stefan Thurner

Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft (LfL)
Institut für Landtechnik und
Tierhaltung (ILT)
Vöttinger Straße 36
85354 Freising-Weihenstephan

Olaf Tober

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft
und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Tierproduktion
Wilhelm-Stahl-Allee 2
18196 Dummerstorf

Andrej Toplak

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

Gracia Ude

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für Ökologischen Landbau
Trenthorst 32
23847 Westerau

Christina Umstätter

SAC, King's Buildings
West Mains Road
Edinburgh, EH9 3JG, Schottland, UK

Hermann Van den Weghe

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstraße 7
49377 Vechta

Andrea Wagner

BAG Budissa Agroservice GmbH
Birnenallee 10
02694 Malschwitz

Alastair Ward

Aarhus University
Faculty of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering
Blichers Allé 20
8830 Tjele (Denmark)

Nora Warter

Institut für Agrartechnik 440
70599 Stuttgart

Tony Waterhouse

SAC, King's Buildings
West Mains Road
Edinburgh, EH9 3JG, Schottland, UK

Gotlind Weber

BAG Budissa Agroservice GmbH
Birnenallee 10
02694 Malschwitz

Manfred Weber

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten
und Gartenbau Sachsen-Anhalt
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden
Lindenstraße 18
39606 Iden

Roland Weber

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
8356 Ettenhausen, Schweiz

Udo Weber

BAG Budissa Agroservice GmbH
Birnenallee 10
02694 Malschwitz

Beat Wechsler

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
8356 Ettenhausen, Schweiz

Peter Weiland

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Bundesalle 50
38116 Braunschweig

Georg Wendl

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

Hanna Werhahn

Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutztierwissenschaften
Abteilung Verfahrenstechnik in der
Veredelungswirtschaft
Universitätsstraße 7
49377 Vechta

Christoph Winckler

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften
Gregor-Mendel-Straße 33
1180 Wien, Österreich

Wilfried Wolter

Regierungspräsidium Gießen
Schanzenfeldstraße 8
35578 Wetzlar

Johannes Zahner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Straße 36
85354 Freising

Michael Zähler

Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART Tänikon
8356 Ettenhausen, Schweiz

D. Zegan

Research and Development Institute for the
Agri-Environment
2700 Einstein
Québec (QC)
G1P 3W8, Canada

Monika Zerbian

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
Bundesforschungsinstitut für Ländliche
Räume, Wald und Fischerei
Institut für agrarrelevante Klimaforschung
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Steffen Zietzschmann

SAW Components Dresden GmbH
Manfred-von-Ardenne-Ring 7
01099 Dresden

Autorenindex

Index of authors

A

Abdoun, E. 440
 Abriel, M. 149
 Albers, E. 297
 Alsaaod, M. 339
 Altmann, M. 362
 Amon, T. 440
 Aschmann, V. 457
 Aschwanden, J. 166
 Auernhammer, H. 107
 Azizi, O. 95

B

Bachhausen, I. 184
 Bachmaier, H. 262
 Balsari, P. 440
 Balzer, H.-U. 89, 321
 Bauer, U. 160
 Baumgartner, J. 125, 137
 Beintmann, S. 351
 Bekker, M. 469
 Belke, T. 297
 Belzile, M. 416
 Benn, N. 160
 Benz, B. 17
 Berg, W. 238, 250
 Bernhardt, H. 47, 53, 83, 107, 286
 Beyer, S. 196
 Birkenfeld, C. 356
 Bockisch, F.-J. 428, 434
 Bonsels, T. 47
 Borell, E. von 362
 Boxberger, J. 137
 Brandt, M. 59
 Brocke, W. von 297
 Brunsch, R. 178, 315
 Budde, J. 440
 Bünger, B. 143
 Burose, F. 65
 Burri, M. 119
 Büscher, W. 29, 232, 244, 339, 380

C

Cielejewski, H. 297, 380
 Corré, W. 440
 Coté, M. 410

D

Dahlhoff, K. 380
 Damme, K. 392
 Dederer, M. 268
 Diekmann, B. 232
 Doehler, H. 440
 Dollinger, J. 387
 Dooren, H. J. C. van 404, 440
 Drochner, U. 463

E

Eder, M. 440
 Effenberger, M. 262, 446, 457

F

Failing, K. 47
 Feige, M. 387
 Felix, J. 410
 Franke, W. 368
 Friedrich, B. 71

G

Gallmann, E. 214
 Garlipp, F. 190
 Gaul, T. 220
 Georg, H. 292, 345, 351, 410
 Gerighausen, G. 297
 Gioelli, F. 440
 Godbout, S. 410, 416
 Gronauer, A. 262, 446, 457
 Gronau, M. 292
 Grothmann, A. 280
 Guay, F. 416
 Gygax, L. 119, 166

H

Haeussermann, A. 59
 Hahne, J. 226
 Haidn, B. 196
 Hamelin, L. 410, 416
 Haneke, J. 220
 Harms, J. 41, 113, 160, 309
 Hartmann, W. 387
 Hartung, E. 59
 Hasselmann, L. 89, 95
 Heiermann, M. 440
 Helfensdörfer, V. 137
 Henseler, J. 232
 Herd, D. 214
 Herrmann, H.-J. 53
 Hessel, E. F. 155, 184, 190
 Hillen, F. 440
 Hobbs, P. 440
 Hoffmann, G. 428
 Holland, J. P. 333
 Hörning, B. 387

I

Icken, W. 113

J

Jahn, I. 362
 Jais, C. 149, 356, 374
 Jungbluth, T. 65, 131, 214, 463, 469

K

Kaiser, E. 35
 Kara, J. 440
 Kaufmann, O. 71, 89, 95, 327, 380
 Keil, N. M. 166
 Kilian, M. 160
 Kindler, A. 327
 Kjaer, J. 143
 Klaer, S. 178
 Kosch, R. 220
 Kraatz, S. 250
 Krampe, P. 440
 Kreimeier, P. 428, 434
 Kresse, A. 244
 Kühberger, M. 309

Kuhlmann, A. 214

Kultus, K. 321

Kutzer, T. 143

L

Laurs, A. 303
 Lee, N. M. 220
 Lehner, A. 446
 Lemay, S. P. 416
 Lemmer, A. 463
 Leuschner, M. 77
 Linke, B. 256
 Lodomez, P. 232
 Loebstin, C. 368
 Luttermann, C. 286
 Lyson, M. 440

M

Maack, C. 29
 Macuhová, J. 196, 309, 374
 Mähner, P. 256
 Mayr, H. 440
 Mazancova, J. 440
 Melfsen, A. 59
 Menning, J. 422
 Meyer, E. 362
 Möller, H. 440
 Moriz, C. 202
 Moser, A. 440
 Müller, J. 451
 Mütze, K. 47

N

Niebaum, A. 440
 Niemeyer, B. 155
 Nienhaus, J. 297
 Nitzer, H. 362
 Nydegger, F. 280

O

Oechsner, H. 463, 469
 Oniszk-Polplawska, A. 440
 Oppermann, P. 149, 356, 374
 Orellana, J. 416

P

Pache, S. 53, 83
 Pastorek, Z. 440
 Pauli, S. 113
 Peis, R. 196
 Pelletier, F. 410, 416
 Pelzer, A. 297, 380
 Pflanz, W. 131
 Plöchl, M. 440
 Plogsties, V. 256
 Podiowsky, C. 125
 Preisinger, R. 113
 Preißler, D. 463
 Priekulis, J. 303

Q

Quendler, E. 137

R

Ravella, S. R. 440
 Raya, S. 89
 Rehl, T. 451
 Reiter, K. 392
 Riegel, M. 208
 Rose-Meierhöfer, S. 178, 315
 Rosenthal, E. 232
 Rößler, B. 214
 Roth, U. 440
 Rudovsky, H.-J. 53
 Rus, M. A. 71

S

Sagkob, S. 53
 Schäffer, D. 362
 Schattauer, A. 440
 Schick, M. 208, 398
 Schrader, L. 143
 Schwalm, A. 292, 345, 351
 Schwarz, H.-P. 286
 Simon, J. 23, 172
 Smits, M. C. J. 404
 Spreng, V. 107
 Stark, R. 208

Stötzel, P. 23
 Ströbel, U. 315
 Suarez, T. 440
 Sulima, P. 440

T

Theis, S. 83
 Thurner, S. 113
 Tober, O. 101
 Tönsfeldt, H. 59
 Toplak, A. 392

U

Ude, G. 292, 345, 351, 410
 Umstätter, C. 333

V

Van den Weghe, H. 155, 184, 190, 220,
 428

W

Wagner, A. 274
 Ward, A. 440
 Warter, N. 131
 Waterhouse, T. 333
 Weber, G. 35
 Weber, M. 422
 Weber, R. 119
 Weber, U. 274
 Wechsler, B. 119, 166
 Weiland, P. 440
 Wendl, G. 41, 113, 160
 Werhahn, H. 184
 Winckler, C. 125
 Wolter, W. 47

Z

Zahner, J. 172
 Zähler, M. 65
 Zegan, D. 416
 Zerbian, M. 434
 Zietzschmann, S. 83

Schlüsselwörter

A

Abferkelbuchten 119, 125, 137, 362
 Abferkelstall 286, 368
 Abluftreinigung 220, 226
 Abtrennung 166
 Adsorption 232
 agonistische Auseinandersetzungen 166
 Aktivität 101, 178
 ALT-Pedometer 178
 Ammoniak 220, 226, 404, 410, 428
 Arbeitsanalyse 149, 398
 Arbeitsaufriss 208
 Arbeitsbelastung 208
 Arbeitsvoranschlag 208
 Arbeitswirtschaft 297
 Arbeitszeitbedarf 202, 398
 Arbeitszeitbedarfsmessung 208
 Auslauf 113, 434
 Automatisches Melksystem (AMS) 23, 41, 47, 303
 Automatisierung 280

B

Befeuchtungskühlung 368
 Betonspaltenboden 356
 Betriebsführung 202
 Bewegung 178
 Bewegungsbucht 131
 BHKW 457
 Biertreiber 35
 Biogas 256, 262, 268, 440, 463, 469
 Biogasanlage 446, 451
 Biogasausbeute 446
 Bolus 160
 Boxenhaltung 184
 Bremsdruck 29
 Buchtensauberkeit 362

C

Chip-Einzeltierfassung 77

D

Drucksensor 315

E

Einstreu 184
 elektrischer Wirkungsgrad 457
 elektronisches Schlupfloch 113
 elektronische Tierkennzeichnung 65, 83, 160
 Emissionen 244, 404, 410, 457
 Emissionsminderung 238, 244
 Energiebilanz 250, 451
 Entmistung 428
 Entschwefelung 463
 Entzündungen 160
 Erkennungsrate 83
 Eutergesundheit 59
 Euter schonendes Melken 53
 Exkrementbehandlung 238

F

Farming Cell 214
 Färsen 292
 Ferkel 137, 143, 155
 Ferkelaufzucht 422
 Ferkelerdrückungen 131
 Ferkelmortalität 119
 Fertigteil 23
 Folienschlauchsilierung 35, 274
 Formaldehyd 457
 Fortbewegung 339
 Fressbereich 410
 Fressplatz 166
 Fressverhalten 89, 95
 Futteraufnahme 107, 327
 Futtermittel 190
 Futtersuchverhalten 333
 Futter- und Weidemanagement 387
 Fütterung 280, 286
 Fütterungstechnik 155

G

Gärrest 451
 Geburtsverlauf 89
 Gesundheitsmanagement 107
 Gesundheitsstörungen 95

Gliedmaßen 356
GPS 333
Großgruppenhaltung 77
Grundwasser 434
Gruppenhaltung 166
Gülle 256
Gummimatten 356

H

Haltung 143, 321, 380, 387, 434
Heizungssysteme 368, 422
Herzfrequenz 292, 351
Hygiene 356

I

Injektat 345
Investitionskosten 297
ISOagriNET 214

K

Kalb 374
Kälberaufzucht 107
Kalbung 351
Kinetik 256
Klauen 17, 356
Kontaktaufnahme 149
Kraft-Wärmekopplungsanlage 469
kumulierter Energieaufwand 250

L

landwirtschaftliches Bauen 23
Laufflächengestaltung 17
Lebendmassezunahme 143
Legehennen 113
Lesereichweite 83
Liegeboxen 380
Liegeverhalten 89, 178, 351, 380
Local Position Measurement
System 339

M

Management 380
Maschinen 250
Mastkaninchen 392
Mastschweine 65, 77
Melkbox 23

Melken 297, 398
Melkfrequenz 303
Melkhygiene 47
Melkleistung 303, 309
Melkstand 292
Melksystem 59, 297
Melktechnik 297, 309, 315
Melkvakuum 315
Melkverfahren 309
Messgenauigkeit 196
Messwerterfassung 214
Mikrocontroller 214
Mikrogasturbine 469
Milchabgabe 53
Milchkühe 17, 101, 339, 398
Milchqualität 47
Milchviehhaltung 250, 380, 404
Modellierung 208, 327, 398
Monitoring 89
Mutterkühe 374

N

Nachhaltigkeit 440
nachwachsende Rohstoffe 446
Naturschutz 333
Nestbaumaterial 119
NO_x 457

O

Offenstall 178
Ohrmarke 65, 160
Ökobilanz 451
ökologische Rinderhaltung 410
ökologischer Landbau 292, 345, 351
Ökonomie 137, 440
Ortung 196

P

Paddock 434
Partikelverteilung 232
Pferdehaltung 178, 184, 190, 428, 434
Positionsmesssystem 196
Präferenzverhalten 71
Produktionsverfahren 387

R

Raumtemperatur 119
 Rektaltemperatur 345
 RFID-System 113
 Rhythmik 101
 Rinderhaltung 280, 345, 351
 Rinderrassen 333
 Rohmaterial-Datenbank 440

S

Sauen 125, 286, 356
 Saugferkel 149
 Säureeinsatz 220
 SAW-Technologie 83
 Schaf 172
 Schlauchdehnung 29
 Schwachstellenanalyse 380
 Schwebstaubpartikel 190
 Schwefelsäureverbrauch 226
 Schwefelwasserstoff 463
 Schweinehaltung 71, 202, 327, 368
 Separierung 451
 Sickerwasser 434
 Silierung 29, 35, 274
 Sozialverhalten 143, 166
 Stallbodenperforation 362
 Stallgebäude 172, 250
 Stickstoffumsatz 220
 subkutane Temperatur 345
 Swing-Over Melkstände 59, 309
 Systemvernetzung 107

T

technologische Entwicklungen 440
 Tiergerechtigkeit 321, 392
 Tierhaltung 262
 Tierleistung 155
 Tierverhalten 95, 101, 125, 131, 155,
 178, 184, 362, 392
 Treibhausgase 244, 262, 451
 Trocknung 451

U

Umwelt 434, 440

V

Verletzungen 149, 380
 Verschmutzung 380
 viertelindividuelles Melken 315

W

Wachstum 149
 Wasseraufnahme 374
 Wassertemperatur 226
 Weidefütterung 410
 Windkanal 232
 Wirtschaftlichkeit 137, 268
 Wirtschaftsdünger 262
 Wohlbefinden 339

Z

Zeitreihenanalyse 101
 Ziege 166, 172
 Zitzenkondition 53, 59
 Zonenheizung 368

Keywords

A

accuracy of measurement 196
 acid input 220
 activity 101, 178
 adsorption 232
 agonistic interactions 166
 airborne particles 190
 ALT-Pedometer 178
 ammonia 220, 226, 404, 410, 428
 animal behaviour 101, 125, 155, 178, 184, 362, 392
 animal-friendly 321, 362, 392
 animal housing facilities 172
 animal manure 262
 automatic 280
 automatic milking system (AMS) 23, 41, 47, 303

B

bagging machines 274
 bedding material 184
 big group housing 77
 biogas 256, 262, 268, 440, 463, 469
 biogas plant 446
 biogas yield 446
 braking pressure 29
 brewer's grains 35

C

calf rearing 107, 374
 calving 351
 cattle 280, 345, 351
 cattle breeds 333
 chip single animal identification 77
 CHPU 457
 claw 17, 356
 cleanness of pen 362
 combined heat and power plant 469
 contact 149
 cow soiling 380
 crop compaction 29
 cubicles 380

D

dairy cows 17, 101, 250, 339, 380, 398, 404
 data logging 214
 desulphurisation 463
 direct and total costs 137
 dunging 428
 dystocia 89

E

ear tag 65, 160
 economy 137, 268, 440
 efficiency of work 297
 electrical efficiency 457
 electronic animal identification 65, 83, 160
 electronic pop hole 113
 emission reduction 238, 244
 emissions 244, 404, 410, 416, 457
 energy balance 250
 energy crops 446
 ensiling 35, 274
 environment 434, 440
 evaporative cooling 368
 exhaust air treatment 220, 226

F

farm building 23
 farming cell 214
 farm management 202
 farrowing systems 119, 125, 137, 143, 362, 368
 fattening pigs 65, 77
 fattening rabbits 392
 feeding 280, 286, 387
 feeding behaviour 89, 95, 327
 feeding place 166, 410
 feeding technique 155
 feed intake 107
 feeds 190
 feedstock database 440
 foraging behaviour 333

formaldehyde 457
free range pen 131

G

goat 166, 172
GPS 333
greenhouse gases 244, 262
groundwater 434
growth 149

H

health disorders 95
health management 107
heart rate 292, 351
heating of zones 368
heating systems 368, 422
heifers 292
horse husbandry 178, 184, 190, 428, 434
husbandry systems 321, 374, 381
hydrogen sulphide 463
hygiene 356

I

identification rate 83
in-barn separation 416
inflammation 160
injectable transponder 345
injuries 149, 380
investment costs 297
ISOagriNET 214

K

kinetics 256

L

laying behaviour 89, 380
laying hens 113
leachate 434
limb 356
livestock buildings 250
livestock farming 262
local positioning system 196, 339
locomotion 339

loose housing 166
lying behaviour 351

M

machines 250
management 380
manure treatment 238
micro-controller 214
micro gas turbine 469
milking 297, 398
milking box 23
milking capacity 303, 309
milking frequency 303
milking hygiene 47
milking parlour 292
milking procedure 309
milking system 59, 297
milking technique 297, 315
milking technology 309
milking vacuum 315
milk quality 47
milk release 53
modelling 208, 327, 398
monitoring 89
movement 178
multiple-house facilities 172

N

nature conservation 333
nest building material 119
nitrogen conversion 220
nitrogen oxides 457

O

open stable 178
organic cattle husbandry 410
organic farming 292, 345, 351
outside pen 434

P

paddock 434
particle distribution 232
partition 166
pasture feeding 410
pasture management 387

performance 155
 pig diet 416
 pig farming 71, 202, 327, 368
 piglet 137, 143, 155
 piglet crushes 131
 piglet mortality 119
 piglet rearing 422
 prefabricated part 23
 preference behaviour 71
 pressure sensor 315
 production systems 387

Q

quarter individual milking 315

R

ranging behaviour 113
 reading range 83
 rectal temperature 345
 resting time 178
 RFID-system 113
 rhythm 101
 room temperatur 119
 rubber mats 356
 ruminal bolus 160

S

SAW-Technology 83
 sensor based monitoring 95
 sheep 172
 single boxes 184
 slatted floor 356, 362
 slurry 256
 social behaviour 143, 166
 soft massage milking 53
 sows 125, 286, 356
 subcutaneous temperature 345
 suckler cows 374
 suckling pigs 149
 sulphuric acid consumption 226
 sustainability 440
 swing-over milking parlour 59, 309
 systems networking 107

T

teat condition 53, 59
 technological innovations 440
 time series analysis 101
 truck bagging 35
 tube extension 29

U

udder health 59
 utilization ratio 446

V

video observations 131

W

walking area design 17
 water intake 374
 water temperature 226
 weak-point analysis 380
 weight gain 143
 welfare 321, 339
 wind tunnel 232
 work budget 149, 208
 working-time measurements 208
 working time requirement 202, 398
 workload 208
 work record chart 208

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-Albrecht-Universität 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 Landwirt- schaft, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung	65 Vorträge 50 Poster dreizügige Veranstaltung 350 Teilnehmer	Braunschweig 01.03. Exkursion 02./03.03.2005
8	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik	52 Vorträge 24 Poster dreizügige Veranstaltung	Bonn 08.10. Exkursion 09./10.10.2007
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

Die landwirtschaftliche Nutztierhaltung ist von hohem gesamtgesellschaftlichem Interesse. Gesunde und sichere Nahrungsmittel, ethische Aspekte des Umgangs mit den Nutztieren, aber auch die von der Tierhaltung verursachten Umweltbeeinträchtigungen sind Gegenstand der öffentlichen Diskussion. In einer globalisierten Welt machen diese Themen vor nationalen Grenzen nicht halt.

Experten aus Wissenschaft und Praxis stellen in diesem Tagungsband aktuelle Entwicklungen und Ergebnisse aus der Tierhaltung im Bereich Melken, Umweltwirkungen, Bauen, Management, Haltung, Biogas und rechner-gestützte Systeme vor.

Die vorgestellten Ergebnisse belegen in eindrucksvoller Weise, dass sich die deutschen Wissenschaftler gemeinsam mit ihren ausländischen Kollegen den globalen Herausforderungen einer ressourceneffizienten, umweltverträglichen und tiergerechten Nutztierhaltung stellen und einen Beitrag zur Lösung der Probleme leisten können.

In overall social terms, animal production in agriculture is highly important. Healthy and safe food, ethical aspects of animal treatment, but also the environmental impacts caused by animal farming are all part and parcel of public discussion. Nor do such themes stop at national borders in a globalised world.

In this conference proceedings publication experts from science and practical farming present current developments and results from the animal production sector covering milking, environmental effects, construction, management, husbandry, biogas and computer-supported systems.

The results presented here confirm in an impressive manner that German scientists, together with their colleagues from other countries, are working on the global challenges of resource-efficient, environmentally-compatible and welfare based farm animal production and are in the position to offer a contribution to the solving of the problems involved.

ISBN 978-3-941583-27-6

