8th Conference

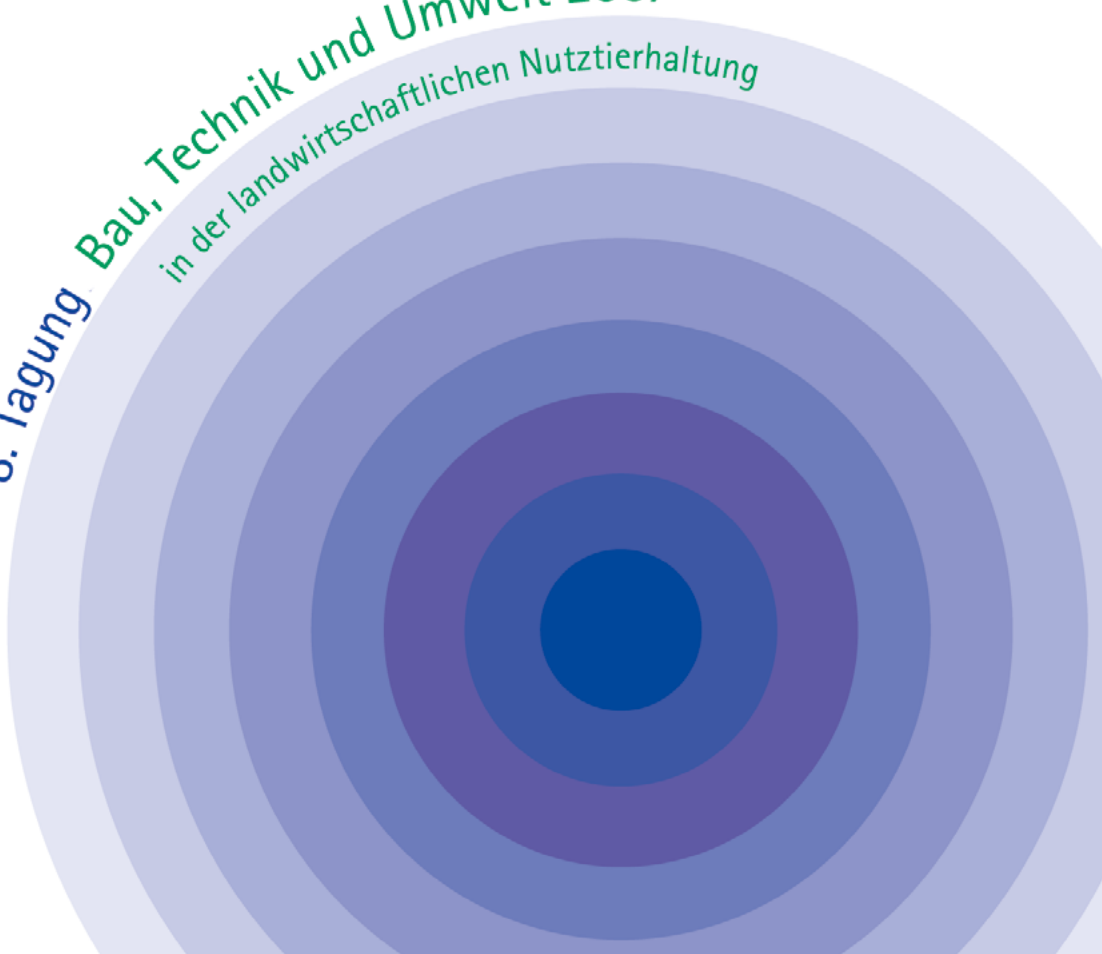
Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming

Herausgeber/Editor
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL)

2007 VDI-MEG

KTBL

8. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2007
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung



8. Tagung

Bau, Technik und Umwelt

in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

8.–10. Oktober 2007 in Bonn

8th Conference

Construction, Engineering and Environment

in Livestock Farming

October 8th–10th, 2007 in Bonn, Germany

Veranstalter / Presented by

Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Düsseldorf

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

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

Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL) Darmstadt | Germany

Europäische Gesellschaft landwirtschaflicher Ingenieure (EurAgEng) Silsoe | Großbritannien

European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng) Silsoe | Great Britain

Ausrichter / Local Arrangements

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Institut für Landtechnik

University of Bonn, Institute of Agricultural Engineering | Germany

Programmausschuss

Scientific Committee

Prof. Dr. W. Büscher | Universität Bonn (Vorsitzender)
Prof. Dr. habil. F.-J. Bockisch | FAL Braunschweig (stellvertretender Vorsitzender)
Dipl.-Ing. agr. (FH) W. Achilles | KTBL, Darmstadt
Prof. Dr. R. Brunsch | ATB Potsdam
G. Franke | Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Kassel
Prof. Dr. E. Hartung | Universität Kiel
Prof. Dr. T. Jungbluth | Universität Hohenheim
Prof. Dr. O. Kaufmann | Humboldt-Universität Berlin
Prof. Dr. W. Meier | ART Tänikon, Schweiz
Prof. Dr. Ir. J.H.M. Metz | Universität Wageningen, Niederlande
Dr. G. Wendl | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft | Freising
Dipl.-Kaufm. M. Westerkamp | Big Dutchman, Vechta
Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe | Universität Göttingen

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

© 2007
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.

Druck
Druckerei Lokay | Reinheim

Redaktion
PD Dr. agr. A. Wagner | Universität Bonn

Vertrieb
KTBL | Darmstadt

ISBN 978-3-939371-41-0

Vorwort

Die landwirtschaftliche Nutztierhaltung steht vor großen Zukunftsaufgaben. Weltweit steigt die Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft mit dem einsetzenden Wohlstand in den bevölkerungsreichen Schwellenländern. Mit der knapper werdenden Energie aus fossilen Ressourcen steigt die Nachfrage nach biogener, „grüner" Energie, was eine völlig neue Konkurrenz um die Rohstoffe und um landwirtschaftliche Nutzfläche in Gang gesetzt hat. Gleichzeitig nimmt die Akzeptanz der hiesigen Konsumenten trotz billiger Lebensmittel gegenüber den intensiven Formen der Nutztierhaltung ab. Unnötige, aber sehr medienwirksame Lebensmittelskandale verunsichern die Verbraucher hinsichtlich der Qualität und Unbedenklichkeit tierischer Lebensmittel. Von Seiten des Verbraucherschutzes und des Lebensmittelhandels werden lückenlose Rückverfolgbarkeit und Dokumentation vieler Vorgänge auf den tierhaltenden Betrieben gefordert. Landwirte stöhnen über die vielen administrativen Tätigkeiten, die hiermit verbunden sind. Der Umweltschutz beschränkt sich nicht mehr auf Gerüche und Ammoniak; längst werden die Feinstaubemissionen und die klimarelevanten Gase bei Genehmigungsverfahren thematisiert. Dies sind nur einige Beispiele für die sehr kontrovers geführten Diskussionen in der Gesellschaft und in der Landwirtschaft. Dabei wird hoffentlich deutlich, dass die aktuelle Tagung wichtige Teilbeiträge bei der Lösung der zahlreichen Probleme leisten kann. Der Ruf nach technischen Lösungen für die komplexen Aufgaben beschränkt sich nicht mehr nur auf bauliche und gerätetechnische Aspekte; speziell die Informationstechnik nimmt immer größeren Raum im Arbeitsalltag der Tierhalter ein.

Die 8. internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" geht neue Wege in der Organisation. Tagungen sind sehr aufwändige Veranstaltungen, die ein kleines Institut sehr schnell an den Rand seiner Leistungsfähigkeit führen können. Umso wichtiger ist die Zusammenarbeit, wenn einerseits das hohe Niveau bei der Organisation gehalten und mehr Professionalität bei Werbung, Tagungsband und kaufmännischer Abwicklung erreicht werden soll. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem KTBL und dem Organisationsteam in Bonn kann dies hoffentlich erreicht werden.

Die Veranstalter wünschen sich, dass die Tagungsinhalte und die Organisation alle Besucher und Beteiligte auf hohem Niveau zufrieden stellen.

Universität Bonn
Institut für Landtechnik

Prof. Dr. Wolfgang Büscher

Bonn, Oktober 2007

Preface

Farm animal husbandry is facing great future challenges. With prosperity spreading in emerging countries with large populations, the demand for foodstuffs of animal origin is increasing worldwide. While the supply of energy from fossil resources has dwindled, the demand for biogenic, 'organic' energy has increased, triggering a new type of competition for raw materials and agricultural land. At the same time, the acceptance of intensive forms of livestock keeping among consumers is decreasing in Germany. Unnecessary food scandals, which have nonetheless attracted a lot of media attention, have created uncertainty among consumers about the quality and safety of food of animal origin. Consumer protection organisations and retailers in the food sector have demanded complete traceability and full documentation of many operations of livestock farms. Farmers are complaining about the amount of administrative work that this entails. Environmental protection is no longer limited to odours and ammonia; greenhouse gases and particulate matter emissions have long been discussed in connection with approval procedures. These are just a few examples of the controversial discussions that are taking place in society and agriculture, but I hope that it becomes clear that the present conference can contribute to solving some aspects of this large array of problems. The call for technical solutions to these complex tasks is no longer limited to questions of equipment or constructional engineering; information technology in particular is becoming increasingly important as an everyday part of animal husbandry.

The 8th international conference on "Construction, Technology, and Environment in Farm Animal Husbandry" is breaking new ground in terms of organisation. Conferences require such a lot of effort that they can soon take a small university institute to the limits of its capacities. Accordingly, cooperation is even more important if a high level of organisational quality is to be maintained while also striving for greater professionalism as regards advertising, the publication proceedings and the handling of commercial matters. I hope that the close cooperation with the Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL) and the organising team in Bonn has been a successful one in this respect.

The organisers of this conference hope that all participants and contributors to this conference will find their high expectations fulfilled both in terms of organisation and in terms of the issues discussed.

University of Bonn
Institute of Agricultural Engineering

Prof. Dr. Wolfgang Büscher

Bonn, October 2007

Inhalt

Vorträge

Plenarvortrag

Aktuelle Rahmenbedingungen für eine zukunftsfähige Nutztierhaltung
Jörg Wendisch 17

Umweltfragen

Einsatz von Nahinfrarotspektroskopie in der nährstoffgesteuerten Flüssigmistausbringung
Application of Near-infrared Spectroscopy in Nutrient Based Manure Application
Axel Zimmermann, Eiko Thiessen, Helga Andree, Eberhard Hartung 21

Applikation von Ureaseinhibitoren in der Milchviehhaltung zur Minderung von Ammoniakemissionen
Application of Urease Inhibitors in Dairy Operations to Reduce Ammonia Volatilization
Martin Leinker, Annett Reinhardt-Hanisch, Eberhard von Borell, Eberhard Hartung 27

Emissionsratenbestimmung in der Milchviehhaltung
Determining Emission Rates in the Husbandry of Dairy Cattle
Katja Bonkoss, Stefan Neser, Friedhelm Schneider 33

Kosten der Abluftreinigung bei Tierhaltungsanlagen
Costs of Waste Air Purification Systems for Application in Animal Husbandry Facilities
Ewald Grimm, Friedrich Arends, Herman Van den Weghe 39

Biologische Abluftwäsche – Möglichkeiten zur Reduzierung des Waschwasseranfalls
Biological Waste Air Cleaning – Possibilities for Waste Water Reduction
Jochen Hahne 45

Aerocleaner® – Emissionsminderung und Luftverbesserung im Stall
Aerocleaner® – Emission Reduction and Indoor-air-improvement
Richard Hölscher, Wolfgang Büscher 51

Bewertung von Abluftreinigungsverfahren mittels Geruchsstoffanalyse
Evaluation of Methods for Exhaust Air Cleaning by Means of an Analysis of Odour Substances
Ralf Kosch, Herman Van den Weghe, Werner Butte 56

Physikalische Aspekte der Staubausbreitung
Effects on Aerosol Transmission
Eberhard Rosenthal, Wolfgang Büscher, Bernd Diekmann 62

Partikelemissionen aus Nutztierställen – Abhängigkeiten
Dust Measurements – Considering Fluctuation Factors
Christoph Nannen, Wolfgang Büscher 68

Partikelförmige Emissionen aus einem Tiefstreustall für Mastschweine
Particulate Emissions from Fattening Pigs Housed in Deep-bedded Systems
Angelika Haeussermann, Michael Götz, Eberhard Hartung 74

Einfluss der Lagerungsdichte von Rinderfestmist auf gasförmige Emissionen
The Influence of the Bulk Density of Solid Dairy Manure on Gaseous Emissions
Werner Berg, Imre Pazsiczki 80

Ammonia and GHG Emissions from a Straw Flow System for Fattening Pigs: Housing and Manure Storage
Ammoniak- und klimarelevante Emissionen aus einem Schrägbodenstall für Mastschweine: Stall und Lagerung
Barbara Amon, Vitaliy Kryvoruchko, Martina Fröhlich, Thomas Amon, Josef Boxberger, Alfred Pöllinger, Irene Mösenbacher-Molterer, Anton Hausleitner 85

Influences on Dust Emission for Laying Hen Houses
Einflüsse auf die Staubemission aus der Legehennenhaltung
Ehab Mostafa, Wolfgang Büscher 91

Haltungsverfahren

„Cows and more, was die Kühe uns sagen"; Bonitieren – Bewerten – Beraten mit System
„Cows and more, what cows telling us" Rating – Assessment – Advise with System
Andreas Pelzer, Horst Cielejewski, Katharina Bayer, Wolfgang Büscher, Otto Kaufmann 97

Neue Materialien als Einstreu in Liegeboxen von Milchviehställen
New Bedding Materials in Dairy-Cow Cubicles
Michael Zähner, Sabine Schrade, Walter Schaeren, Janet Schmidtko 103

Vakuumverhältnisse an der Zitzenspitze bei konventionellen und zentralenlosen Melkzeugen
Vacuum Behaviour at Teat End in Conventional and Single Tube Milking Clusters
Sandra Rose, Reiner Brunsch 109

Sozialisierung von Saugferkeln: Tierverhalten und Tierleistung vor und nach dem Absetzen
Socialising of Piglets: Animal Behaviour and Animal Performance Pre and Post-weaning
Engel F. Hessel, Kerstin Reiners, Herman Van den Weghe 114

Praxisvergleich der Reproduktionsleistungen zwischen Abferkelbuchten mit und ohne Kastenständen
On-farm Comparison of Reproductive Performance Between Farrowing Pens with Crates and Loose Housed Sows
Roland Weber, Nina Maria Keil, Max Fehr, René Horat 120

Kostengünstige Alternative zum herkömmlichen Erdwärmetauscher für Abferkelställe
Economical Alternative to the Traditional Subsoil Heat Exchanger for Farrowing Houses
Ludo Van Caenegem 126

Auswirkung unterschiedlicher Fußbodenmaterialien auf die Gliedmaßengesundheit von Sauen im Kastenstand
Influence of Different Floor Materials on Leg Health of Sows in Farrowing Crates
Dirk Schäffer, Heidrun Nitzer, Eberhard von Borell 132

Heizsysteme in der Ferkelaufzucht – Energieverbräuche und Tierakzeptanz
Heating Systems for Piglet rearing – Energy Consumption and Animal Acceptance
Andrea Dahmen, Wolfgang Büscher 138

Weiche Matten im Liegebereich bei Mastschweinen
Soft Mats in the Lying Area of Fattening Pigs
Pascal Savary, Rudolf Hauser, Beat Wechsler, Thomas Jungbluth 144

Untersuchungen zur Festflächenakzeptanz von Mastschweinen im Versuchs- und Praxisbetrieb
Preference Studies on Fattening Pigs in Laying Areas on Experimental and Practical Farm Conditions
Eckhard Meyer, Ines Jahn 150

Management und Investitionsaufwand von Ausläufen für Schweine
Management and Investment Costs of Outdoor Runs for Pigs
Bernhard Hörning, Gerriet Trei 156

Pferde – Haltung und Umwelt

Einfluss verschiedener Haltungsverfahren auf das Ausscheidungsverhalten von Pferden unter besonderer Berücksichtigung der Auslaufkontamination
Influence of Different Husbandry Procedures on the Elimination Behaviour of Horses with Special Consideration of the Paddock Contamination
Peter Kreimeier, Katja Müller, Franz-Josef Bockisch, Jürgen Walter 162

Messungen der Bewegungsaktivität und Stressbelastung bei Pferden zur Beurteilung verschiedener Haltungssysteme
Measurements of the Movement Activity and Stress Exposure of Horses for the Evaluation of Different Husbandry Systems
Gundula Hoffmann, Franz-Josef Bockisch, Peter Kreimeier, Ulrich Brehme 168

Evaluierung der Einflussfaktoren auf die Generierung von Ammoniakin unterschiedlichen Einstreusubstraten für die Pferdehaltung
Evaluation of Influence Factors on the Generation of Ammonia in Different Bedding Substrates for Horse Keeping
Kathrin Fleming, Engel F. Hessel, Herman Van den Weghe 174

Auswirkungen des Flächenangebots auf das Verhalten, die Verschmutzung und die Leistung von Mastbullen in Buchten mit gummierten Spaltenböden
Effects of Space Allowance on the Behaviour, Cleanliness, and Performance of Finishing Bulls Kept in Pens with Fully Slatted Rubber-coated Floors
Beat Wechsler, Regula Siegwart, Lorenz Gygax 180

Reststoffe

Restgaspotenzial landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Baden-Württemberg
Remaining Biogas Yield Potential of Biogas Plants Effluents in Baden-Württemberg
Jochen Vogtherr, Hans Oechsner, Andreas Lemmer, Thomas Jungbluth 186

Verwertung von Fusarium-infiziertem Getreide in landwirtschaftlichen Biogasanlagen
Utilization of Fusarium–infected Cereals in Agricultural Biogas Plants
Bettina Frauz, Ulrika Weinmann, Hans Oechsner, Thomas Jungbluth 192

Biogastechnologie für wasserwirtschaftlich sensible Gebiete – Aspekte der Hygiene
Biogas Technology for Sensible Water Management Areas – Aspects of Hygiene
Michael Lebuhn, Mathias Effenberger, Gabriela Garcés, Peter Wilderer, Andreas Gronauer 198

Ökobilanz der energetischen Nutzung von Biogas aus Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen
Lifecycle Analysis of Energy Recovery from Biogas Produced from Animal Manure and Renewable Primary Materials
Johannes Bachmaier, Mathias Effenberger, Andreas Gronauer 204

Untersuchungen zum Leistungs- und Emissionsverhalten biogasbetriebener Blockheizkraftwerke an Praxis-Biogasanlagen
Investigations of Exhaust Emissions and Performance of Biogas-driven Combined-heat-and-power Plants in Practice
Volker Aschmann, Rainer Kissel, Andreas Gronauer 210

Güllefreie Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen?
Anaerobic Digestion of Energy Crops Without Manure Addition?
Daniel Preissler, Andreas Lemmer, Hans Oechsner, Thomas Jungbluth 216

Rechnergestützte Systeme

Auslaufverhalten von Legehennen – automatisierte Erfassung und Auswertung über Bildanalyse
Ranging Behaviour of Laying Hens – Automatic Image Capture and Analysing by Image Analysis
Rudolf Peis, Bernhard Haidn 222

Automatische Erfassung der Legeleistung und des Legeverhaltens von Legehennen in Gruppenhaltungssystemen – Optimierung der Legenester und Einfluss der Besatzdichte
Automatic Registration of Laying Performance and Behaviour of Laying Hens in Group Housing Systems – Improvement of the Nest Boxes and Influence of the Stocking Rate
Stefan Thurner, Georg Wendl 228

Neue Mast- und Vermarktungsstrukturen in der Schweinehaltung mit Hilfe der Bildverarbeitung
New Management and Marketing Patterns for Fattening Pigs Derived from Picture Recognition System
Peter Leuschner 234

Frequentierung und Wiegegenauigkeit einer optoelektronischen Sortierschleuse in Großgruppenhaltung von Mastschweinen
Number of Passages and Weighing Accuracy of an Opto-electronic Sorting Lock in a Large Group of Fattening Pigs
Engel F. Hessel, Christoph Böging, Herman Van den Weghe 240

Modellierung des Präferenzverhaltens von Mastschweinen gegenüber unterschiedlichen Fußböden
Modelling of the Preference Behaviour of Fattened Pigs Compared with Different Flooring Systems
Björn Börgermann, Mihaiela Rus, Otto Kaufmann 246

Evaluierung prozesstechnischer Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme von früh abgesetzten Ferkeln mit Hilfe einer simultanen Einzeltiererkennung am Fressplatz
Evaluation of Different Factors Affecting the Feed Consumption of Early Weaned Piglets with the Aid of High-frequency Transponders
Kerstin Reiners, Engel F. Hessel, Alexander Hegger, Stefan Böck, Stefan Thurner, Georg Wendl, Herman Van den Weghe 252

Einfluss von periodisch eingesetztem Licht auf das Futteraufnahme verhalten und die Wachstumsleistung bei Ferkeln im Abferkel- und Flatdeck-Bereich
Influence of Periodically Lightning at the Hopper on Feed intake Behaviour and Growth Rate of Piglets in the Farrowing and Flatdeck Compartment
Michael Klindtworth, Dirk Giesenkamp 258

Bauwesen

Anforderungen der Milchkühe an sommertaugliche Außenklimaställe – Untersuchungen zur Thermoregulation, Stallklimatisierung und Bauweise
Requirements of the Dairy Cows for Outdoor Climate Stables Suited for Summer – Examinations to the Thermoregulation, Stable Climate Control and Construction Method
Steffen Pache, Sylvia Rössner, Ottfried Hörig, Uwe Bergfeld 264

Investitionsbedarf für innovative Milchviehställe mit größeren Beständen
Investment Costs for Innovative Dairy Barns with Greater Stocks
Jochen Simon, Anton Beibl, Johannes Zahner 270

Untersuchungen zur Wärmeleitung und -speicherfähigkeit von Wandbaustoffen
Investigations on the Conduction and Storage Capability of Wall Materials
Franz-Josef Bockisch, Marwan Georges, Karl-Wilhelm Haake, Hansjörg Wieland 276

Futterversorgung

Verfahrensbewertung der Feuchtgetreidekonservierung im Folienschlauch
Evaluation of High-moisture Grain Preservation in Plastic Tubes
Momme Matthiesen, Andrea Wagner, Wolfgang Büscher, Christian Maack 282

Risikomanagement und Entscheidungsfindung bei der Futterkonservierung
Risk Management and Decision Making for Forage Harvest
Andrea Wagner, Wolfgang Büscher 288

Untersuchung verfahrenstechnischer Parameter zur Sicherung der Silagequalität in Horizontalsilos
Analysis of Procedural Parameter for Silage Quality Support in Bunker Silos
Hartmut Schemel, Christine Idler, Christian Fürll 294

Management und Arbeit

Der Arbeitsvoranschlag unter Berücksichtigung von Arbeitsorganisation und Zeitplanung
Work-budget System Taking into Account Work Organisation and Time Planning
Matthias Schick 300

Planungsinstrument zur betriebsindividuellen und tierartspezifischen Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs für Produktionsführungs- und Sonderarbeiten
Planning tool for an Individual and Species Specific Calculation of the Working Time Requirements for Farm Management
Christoph Moriz 306

Analyse der Arbeitsorganisation sowie Melkproduktivität in Melkkarussellen
Analysis of Labor Efficiency and Milking Productivity in Rotary Parlors
Daniel Herd, Hermann Seufert, Ann-Katrin Gerwers, Sabrina Kern, Vera Krüger 312

Arbeitszeitbedarfsunterschiede von verschiedenen Abferkelbuchten
Labour Time Requirement Differences of Various Housing Systems
Elisabeth Quendler, Rosemarie Martetschläger, Johannes Baumgartner, Josef Boxberger, Matthias Schick 318

Poster

Umweltfragen

Assessment of Manure Management Systems in Austria and Improvement of the Emission Inventory
Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich und Verbesserung des Emissionsinventars
Barbara Amon, Martina Fröhlich, Thomas Amon, Josef Boxberger 324

Minderung von Methanemissionen durch Flüssigmistbelüftung und Teilstrombehandlung
Decrease of Methane Emissions by Slurry Aeration and Partial Exhaust Air Cleaning
Anne Kresse, Wolfgang Büscher 330

Haltungsverfahren

Einfluss der Materialeigenschaften auf das Klima in Großraumhütten für Kälber
Effect of Building Materials on the Micro-climate in Super Hutches for Calf Rearing
Heiko Georg, Gracia Ude, Heike Püschel-Peters 336

Können technische Einrichtungen wie eine automatische Putzmaschine die Haltungsumgebung von Kälbern bereichern?
Does Technical Equipment Like an Automatic Brush Help to Enrich the Housing Environment of Calves?
Heiko Georg, Gracia Ude 341

Einsatz einer Kühldecke mit wasserdurchflossenen Wärmeleitprofilen zur Zuluftkühlung in einem Sauenstall
Lowering Air Temperature for Sows by Means of Water Conducting Panels
Christina Jais, Franz Freiberger 346

Mechanische Eigenschaften von Rinderklauen
Characterization of the Mechanical Quality of Cattle Claws
Michael Klindtworth, Stefan Schwengers, Michael Eise 352

Effect of Drink Troughs Location and their Different Technical Solution on Water Amount received by Dairy Cows in Stable
Die Positionierung und technische Ausführung von Tränken und deren Einfluss auf die aufgenommene Wassermenge bei Milchkühen im Stall
Petr Miláček, Jiří Vegricht, Antonín Machálek, Pavel Ambrož..... 358

Flüssigfütterung von Mastschweinen am Kurztrog mit Sensor – Einfluss der Troglänge auf Leistung und Verhalten
Liquid Feeding of Fattening Pigs at a Short Trough with Sensor – Effect of Trough Length on Performance and Behaviour
Ute Schopfer, Christina Jais, Klaus Reiter, Walter Peschke..... 364

Melkverfahren

Der Melkmaschinenpulsator – Eigenschaften und Auswirkungen
Pulsator Characteristics and Effects on Milkability
Erwin Bilgery 368

Reduction of Heat Consumption for Washing and Disinfection of Milking Equipment
Senkung des Wärmeverbrauchs beim Spülen und Desinfizieren der Melkanlagen
Juris Priekulis, Valdis Zujs 374

Influence of Milking Equipment on Teat Temperature Change During Milking
Der Einfluss der Melkausstattung auf die Temperaturveränderung an den Zitzen während des Melkens
Jiří Vegricht, Antonín Machálek, Pavel Ambrož, Ulrich Brehme, Sandra Rose 380

Application of Electronic Mastitis Indicator in the Stanchion Barn
Die Anwendung des elektronischen Mastitisindikators m Anbindestall
Armins Laurs 385

Reststoffe

Erweiterte Möglichkeiten der Abwärmenutzung aus Biogasanlagen durch Kühlung mit Absorptionskälte – Ergebnisse aus Pilotbetrieben und Wirtschaftlichkeitsanalyse
Extended Possibilitys of Using Waste Heat from Biogas Plants through Cooling with Absorption Technique – Results of Pilot Plants and Analysisof Economic Efficiency
Günter Beyersdorfer, Michael Musslick 390

Methode zum flexiblen Beschicken von Fermentern in Biogasanlagen mit vergärungsprozessgerecht aufbereitetem Substrat
A Method for Feeding a Digester of Biogas Equipments with Organic Material
Paul Krampe 396

Nahinfrarotspektroskopie zur Prozessüberwachung in Biogasanlagen
Near-infrared Spectroscopy for Online Monitoring in Biogas Plants
Eiko Thiessen, Helga Andree, Eberhard Hartung 401

Rechnergestützte Systeme

Internet Control of Cattle Grazing in Mountain and Foothill Areas of Japan
Internetkontrolle der Rinderweiden in den Gebirgen Japans
Takafumi Gotoh, Tetsuji Etoh, Yuji Shiotsuka, Makoto Maeda, Hiroyuki Terauchi, Norio Saito, Syuichi Takeishi, Shigeo Utsunomiya, Yuji Maeda, Toshihide Honda, Kazunori Okubo, Yoshiya Kinno, Shinichi Mine 407

Bauwesen

Stauwärmenutzung unter Dachflächen landwirtschaftlicher Gebäude
Utilisation of Heat Accumulated Under the Roof Surfaces of Agricultural Buildings
Matthias Baum, Dieter von Hörsten, Wolfgang Lücke 412

Investitionsbedarf für den Neubau von Mastschweineställen
Fatttening Pigs: Investment Demands for New Constructions
Jürgen Gartung, Kerstin Uminski, Christel Hoch 417

Verminderung der Hitzebelastung in einem Milchviehstall durch ein Sumpfpflanzendach
Decreased Heat Load in a Dairy Building Using a Wet Green Roof
Heiko Georg 423

Neue Entwicklungen beim Bau von Fahrsilos unter Umweltgesichtspunkten
New Developments in the Building of Horizontal Silos with Regard to the Environment
Jan-Gerd Krentler 428

Futterversorgung

Zum Einfluss von Jahresmilchleistung und Reproduktionsrate auf den kumulierten Energieaufwand in der Milchproduktion
To the Influence of Yearly Milk Production and Reproduction Rate on the Cumulative Energy Demand in the Milk Production
Cristina Gabriela Rus, Simone Kraatz, Reiner Brunsch, Werner Berg 434

Einfluss der Partikelstruktur auf die Verdichtbarkeit verschiedener Siliergüter
Influence of Particle Composition on Compressibility of Different Materials Adapted for Silage
Christian Maack, Andrea Wagner, Wolfgang Büscher 439

Management und Arbeit

Melken ohne Sammelstück: Auswirkungen des MultiLactors® auf Tier und Mensch
Clawless Milking: Effects of the MultiLactor® on Animals and Humans
Maren Kauke, Sandra Rose, Jacob Maier, Wilfried Hatzack, Reiner Brunsch 445

Qualitätssicherung

Eigenkontrolle mit Hilfe betriebsindividueller Checklisten in der Landwirtschaft
Self-auditing with Individually Designed Check lists for Farmers
Johann Lecker, Ulrich Bodmer 451

Anhang

Anschriften der Autoren
Address of authors 457

Autorenindex
Index of authors 468

Chronik
Chronicle 471

Aktuelle Rahmenbedingungen für eine zukunftsfähige Nutztierhaltung

JÖRG WENDISCH

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Rochusstr. 1, D-53123 Bonn

Die Stimmung der landwirtschaftlichen Unternehmen ist positiv. Gute Marktaussichten und verlässliche Rahmenbedingungen sind hierfür verantwortlich. Von den knapp 40 Mrd. € jährlicher Verkaufserlöse der deutschen Landwirtschaft entfallen etwa die Hälfte auf tierische Erzeugnisse. Eine zukunftsfähige Nutztierhaltung muss in der Lage sein, den Anforderungen des Marktes an eine qualitativ hochwertige und kostengünstige Produktion von Nahrungsmitteln gerecht zu werden. Innovationen und Investitionen verbessern die Wettbewerbsfähigkeit und tragen zu einem nachhaltigen Wachstum in der deutschen Landwirtschaft bei. Das BMELV sieht seinen Beitrag zur Stärkung des Agrarstandortes Deutschland insbesondere im Bürokratieabbau und der Investitions- und Innovationsförderung.

Mit weniger Bürokratie ist auch mehr Verantwortung für die Unternehmer und Verbraucher verbunden. An den Standards im Tier- und Umweltschutz oder im Bereich der Lebensmittelsicherheit ist festzuhalten, aber die notwendigen Anträge, Aufzeichnungen und Kontrollen dürfen für die Betriebe keine überzogene Bürokratie darstellen. Die Wettbewerbsfähigkeit in der EU muss gewahrt sein. Die Umsetzung von EU-Recht erfolgt grundsätzlich im Verhältnis 1 : 1; darüber hinausgehende Regelungen sollen die Ausnahme bleiben, z. B. wenn damit die Gesundheit der Bürgerinnen und Bürger geschützt wird oder dies im Sinne des Tier- und Umweltschutzes aus besonderen Gründen erforderlich ist.

Mit dem Ziel der Entbürokratisierung gibt es vor allem im Umweltrecht Neuerungen. Mit dem vorliegenden Gesetzentwurf zur Reduzierung und Beschleunigung von immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren werden Gewerbe und Landwirtschaft von überzogenen bürokratischen Anforderungen befreit. Vor allem für Landwirte mit Tierhaltung werden gravierende Investitionshemmnisse beseitigt und Wettbewerbsnachteile abgebaut. Wesentliche Änderungen sind die vollständige Abschaffung der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspflicht für Familien- oder Nebenerwerbsbetriebe mit mehr als 50 Großvieheinheiten und mehr als 2 Großvieheinheiten/Hektar. Des Weiteren wird eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung bei Rinderställen nicht wie bisher ab 250 sondern erst ab 600 Tierplätzen vorgeschrieben. Für Kälberställe wird der Schwellenwert von bisher 300 auf 500 Tierplätze angehoben. Bei Legehennen- und Putenställen werden die Schwellenwerte, bei deren Überschreiten eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung mit Öffentlichkeitsbeteiligung erforderlich wird, von 20 000 auf 40 000 Tierplätze heraufgesetzt. Güllelager, die nicht in die immissionsschutzrechtliche Genehmigung eines Stalles einbezogen sind, unterliegen nach der neuen Regelung nicht mehr ab 2 500 sondern erst ab 6 500 Kubikmeter Fassungsvermögen einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspflicht. Die obligatorische

Umweltverträglichkeitsprüfung für Rinder- und Kälberställe wird abgeschafft, so dass es nur noch eine UVP-Vorprüfung für sehr große Rinder- und Kälberställe gibt. Auch für Geflügel- und Schweineställe wird es Erleichterungen bei der Umweltverträglichkeitsprüfung durch die Anhebung der UVP-Schwellenwerte geben. Diese Anpassungen bei den Genehmigungsverfahren sind ein wichtiges Signal für die Investitionsbereitschaft der deutschen Tierhalter. Es ist davon auszugehen, dass diese nun verstärkt in die Erweiterung und den Bau moderner emissionsarmer Ställe investieren.

Mit Sorge ist dagegen der Vorschlag der Kommission für eine Bodenrahmenrichtlinie zu sehen, der unter anderem die Ausweisung und Verwaltung von Bodenrisikogebieten für Wind- und Wassererosion, Verlust organischer Substanz, Bodenschadverdichtung, Versalzung und Erdrutsche vorschreiben soll. Wir haben in Deutschland bereits eine gute Bodenschutzgesetzgebung und der Bundesrat, die kommunalen Spitzenverbände und die Spitzenverbände der deutschen Wirtschaft sehen keinen Bedarf für eine Richtlinie zum Schutz des unbeweglichen und überwiegend im Privateigentum stehenden Bodens, auch nicht aus Wettbewerbsgründen. Da die Verwaltungen und Haushalte der Länder und Kommunen die Hauptlast der Umsetzung einer Bodenrahmenrichtlinie zu tragen hätten, sollte ihre Position nicht übergangen werden. Die Verlagerung der nationalen Gesetzgebungskompetenz zum Bodenschutz auf die Europäische Union, die mit einer Bodenrahmenrichtlinie verbunden wäre, steht zudem im deutlichen Widerspruch zum Beschluss des Europäischen Rates vom 9. März 2007, den durch EU-Rechtsvorschriften verursachten Verwaltungsaufwand bis 2012 um 25 % abzubauen, und den Entbürokratisierungsbemühungen der Bundesregierung.

Soweit es um tierschutzrechtliche Regelungen geht, ist die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung zu nennen, in der sowohl allgemeine Anforderungen an die Nutztierhaltung als auch spezielle Vorgaben an die Haltung von Kälbern, Schweinen, Legehennen und Pelztieren geregelt werden. Unter deutscher Präsidentschaft wurde eine EU-Richtlinie zur Haltung von Masthühnern verabschiedet. Damit sind wir dem Ziel EU-weiter Rahmenbedingungen in diesem Bereich ein Stück näher gekommen.

Im Zusammenhang mit dem Bau einer Tierhaltungsanlage können Zielkonflikte zwischen Umweltschutzanforderungen und Anforderungen an den Tierschutz auftreten. Um diese Zielkonflikte zu entschärfen und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Umweltschutz und Tiergerechtheit miteinander zu vereinbaren sind, hat das BMELV gemeinsam mit dem Umweltbundesamt das Projekt „Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren“ durchgeführt. Im Rahmen des Projektes erfolgte eine umfassende Beschreibung von 139 praxisrelevanten Verfahren der Rinder-, Schweine-, Geflügel- und Pferdehaltung sowie eine Bewertung anhand festgelegter Kriterien. Im Rahmen des Projektes wurde eine Bewertungsmethode entwickelt, die es erstmals ermöglicht, die unterschiedlichen Anforderungen aus Sicht des Tier- und des Umweltschutzes auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und gesicherter praktischer Erfahrungen gleichrangig zu berücksichtigen und die Ergebnisse nachvollziehbar darzustellen. Zusätzlich werden nützliche Hinweise geliefert, durch welche technischen oder Managementmaßnahmen eine Optimierung hinsichtlich der Tiergerechtheit bzw. der Emissionsminderung erreicht werden kann. Der „Nationale Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren“ hat keinen rechtlich verbindlichen Charakter. Er kann von Genehmigungsbehörden, Beratern und Landwirten als Informationsquelle und Hilfestellung bei der Planung und Genehmigung

landwirtschaftlicher Tierhaltungsanlagen herangezogen werden. Entsprechend dem Stand des Wissens und der Technik können neue oder weiterentwickelte Haltungsverfahren aufgenommen und bewertet werden. Besonders im Bereich Schweinehaltung hat der Bewertungsrahmen Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt. Das BMELV wird daher in einem Expertenworkshop die Innovationspotenziale in der Schweinehaltung herausarbeiten.

Mit dem Programm des BMELV zur Innovationsförderung sollen technische und nicht-technische Innovationen in Deutschland in den Bereichen Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz unterstützt werden. Die Förderung dient der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit, der Steigerung des Wissenstransfers, der Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen, der Schonung natürlicher Ressourcen und der Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Für die Durchführung des Innovationsförderungsprogramms sind im Haushalt des BMELV für das Jahr 2006 Fördermittel von 5 Millionen Euro vorgesehen. Bis 2009 sind insgesamt finanzielle Mittel in Höhe von 50 Millionen Euro eingeplant. Von der Förderung profitieren nicht nur kleine und mittlere Unternehmen, sondern auch größere Unternehmen. Gefördert werden Vorhaben, bei denen es darum geht, unter substanzieller Beteiligung der Wirtschaft neue Produkte, Verfahren und Konzepte zu entwickeln, die die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft verbessern. Mit der Abwicklung dieser Fördermaßnahme hat das BMELV die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung als Projektträger beauftragt.

Die Landwirtschaft steht, wie alle anderen Wirtschaftsbereiche, unter einem ständigen Anpassungsdruck, ihre Wettbewerbsfähigkeit auf den nationalen und internationalen Märkten zu erhalten. Dabei ist die Weiterentwicklung von Produktionsverfahren von entscheidender Bedeutung. Das BMELV unterstützt diesen Entwicklungsprozess einerseits durch Initiierung von Forschungsprojekten aber auch durch die Förderung der Praxiseinführung. Ein aktuelles Beispiel ist das Verbundprojekt „Entwicklung und Validierung neuer Haltungssysteme für Legehennen“. Über einen Zeitraum von drei Jahren soll unter Beteiligung mehrerer Forschungseinrichtungen, der Wirtschaft, Produzenten und Verbänden das Haltungssystem der Kleingruppenhaltung weiter entwickelt werden.

Des Weiteren werden im Rahmen des Bundeswettbewerbs „Landwirtschaftliches Bauen“ des BMELV, der aller zwei Jahre ausgeschrieben wird, beispielhafte tier- und umweltgerechte Stallbaulösungen ausgewählt und prämiert. Die Ergebnisse werden der Fachöffentlichkeit im Rahmen der EuroTier vorgestellt, um aktuelle Trends bekannt zu machen, zur Nachahmung anzuregen und Laien und Experten den hohen Stand der deutschen Landwirtschaft zu verdeutlichen. Die Wettbewerbe stoßen regelmäßig auf große öffentliche Resonanz.

Um neue wissenschaftliche Erkenntnisse und technische Weiterentwicklungen schneller in die Praxis einzuführen, ist die Investitionsförderung mit Beginn der neuen EU-rechtlichen Förderperiode 2007–2013 deutlich vereinfacht worden. Aufstockungsinvestitionen, die für Zukunftsbetriebe vor allem in den alten Ländern unbedingt notwenig sind, sind künftig grundsätzlich förderfähig. Neben einem Zuschuss von bis zu 25 % der Investitionskosten (30 % bei besonders tiergerechten Haltungsverfahren) können 80%ige Ausfallbürgschaften gewährt werden.

Neben der Tierhaltung bietet die Energieerzeugung aus Biomasse heute immer mehr landwirtschaftlichen Unternehmen eine zusätzliche Einkommensquelle. Die Landwirte haben bei der Stromerzeugung aus Biomasse im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) durch die auf zwanzig Jahre gesetzlich gesicherte Abnahme- und Vergütungspflicht für den von ihnen erzeugten Strom eine verlässliche Produktions- und Einkommensquelle wie kaum in einem anderen landwirtschaftlichen Produktionszweig. Gemäß § 20 EEG ist die Bundesregierung verpflichtet, bis Ende 2007 dem Deutschen Bundestag einen Bericht über die Auswirkungen der EEG-Novelle vom August 2004 vorzulegen. Das für das EEG zuständige Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat zu diesem Zweck ein Evaluierungsgutachten in Auftrag gegeben, in dem auch die für Biomasse geltenden Fördertatbestände, Vergütungsregelungen und Boni sowie deren Auswirkungen überprüft werden. In diesem Zusammenhang sollten aus Sicht des BMELV insbesondere die Ausgewogenheit zwischen der Förderung der Stromerzeugung aus Energiepflanzen und der Produktion von Nahrungsmitteln sowie die Verbesserung der Möglichkeiten zur Einspeisung von Biogas in Gasnetze überprüft werden. Dies ist schon allein aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll. Außerdem ist aus Sicht des BMELV der Anteil der Gülle als Gärsubstrat zu erhöhen und eine Klarstellung bei bisher häufig strittigen Fördertatbeständen, vor allem bei der Bonusgewährung (z. B. Bonus für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen sog. Nawaro-Bonus, Technologiebonus) vorzunehmen. Das BMELV wird diese Punkte in die anstehenden Beratungen zum EEG einbringen.

Trotz eines attraktiven staatlichen Förderangebots bleibt in einer Marktwirtschaft jeder Investor für den Erfolg seiner Investitionen selbst verantwortlich. Es gilt die Marktchancen richtig einzuschätzen und die betriebliche Entwicklung darauf auszurichten. Dann wird die leistungsfähige deutsche Tierhaltung auch im europäischen Vergleich weiterhin ihre gute Position behalten.

Dies alles zeigt, dass die landwirtschaftliche Tierhaltung in Deutschland und Europa gute Perspektiven hat. Bei der Weiterentwicklung der Tierhaltungsverfahren im Hinblick auf Tierschutz und Umweltverträglichkeit ist aber nicht nur die Politik gefordert, sondern vor allem die landwirtschaftlichen Unternehmen und Verbände. Wir können nur gemeinsam – im Dialog – die wichtigen Fragen angehen und unser gemeinsames Ziel, die Gestaltung einer nachhaltigen, tiergerechten und umweltverträglichen Tierhaltung, erreichen.

Einsatz von Nahinfrarotspektroskopie in der nährstoffgesteuerten Flüssigmistausbringung

Application of Near-infrared Spectroscopy in Nutrient Based Manure Application

Axel Zimmermann, Eiko Thiessen, Helga Andree, Eberhard Hartung

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Str. 6, D-24098 Kiel

Schlüsselwörter: Nährstoffgesteuert, Flüssigmistausbringung, Nahinfrarot, Nahinrarotspektroskopie, Kalibrierung
Keywords: nutrient based, manure application, near-infrared, near-infrared spectroscopie, calibration

Zusammenfassung

Eine pflanzen- und umweltgerechte Ausbringung von Flüssigmist ist das Ziel des Projekts „Nährstoffgesteuerte Gülleausbringung". Hierzu sollen während der Gülleausbringung die Inhaltsstoffe ermittelt werden und die ausgebrachte Güllemenge je nach Inhaltsstoffgehalt angepasst werden. Um das Vorhaben zu realisieren, wurde vom Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik ein Nahinfrarotspektrometer auf einem praxisüblichen Flüssigmistwagen montiert. Anpassungen am Nahinfrarotspektrometer sowie anderen Bauteilen wurden hierzu realisiert. Erste Ergebnisse aus Vorversuchen liegen vor.

Summary

The aim of the project „nutrient based manure application" is a plant adapted and environmental sustainable manure application. For this the nutrients have to be determinated during the application of the manure. The dose of manure should be adapted if there is much or less nutrient in the manure. For realizing the project the Institute of Agricultural Engineering has built on a near-infrared spectrometer on a practical manure tanker. Adaptions of the spectrometer and at other units had to be realized. First outcomes from test trails could be presented.

1 Projektziele

Das Projekt "Nährstoffgesteuerte Gülleausbringung" hat die Entwicklung, Anpassung und Erprobung des praktischen Einsatzes eines Verfahrens zur pflanzen- und umweltgerechten Ausbringung von Flüssigmist und Biogasfaulsubstraten auf der Basis von stetig am Güllewagen mit einem Sensor (NIR) ermittelten Nährstoffkonzentrationen zum Ziel. Bei diesem Verfahren soll der NIR-Sensor die Inhaltsstoffe von Flüssigmist in Echtzeit ermitteln. Die so ermittelten Werte der Inhaltsstoffe können mit vorgegebenen Zielwerten abgeglichen und die auszubringende Flüssigmistmenge pro Flächeneinheit kann auf Basis dessen bedarfsgerecht eingestellt bzw. ausgebracht werden.

2 Problemstellung

Die Ermittlung der Inhaltsstoffe von Flüssigmist bei der Ausbringung ist sowohl aus betriebswirtschaftlicher als auch aus pflanzenbaulicher Sicht sinnvoll und stellt die essenzielle Voraussetzung für eine bedarfsgerechte Applikation dar. Nach § 4 der Düngeverordnung darf das Aufbringen von Wirtschaftsdünger nur erfolgen, wenn vorher die Gehalte von Gesamtstickstoff und Phosphor festgestellt wurden (BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT 2007). Damit die Vorgaben durch die Düngeverordnung eingehalten werden können, werden vor der Flüssigmistausbringung aus den Flüssigmistlagerbehältern Proben entnommen, zur chemischen Analyse geben und dort auf ihre Nährstoffgehalte untersucht. Die Ausbringung des Flüssigmists ist jedoch oft schon abgeschlossen, bevor die Untersuchungsergebnisse bekannt sind. Die zurzeit i.d.R. angewendete Methode, um die Inhaltsstoffe von Flüssigmist zu bestimmen, ist die Kalkulation der Nährstoffe anhand von Tabellenwerten. Beide o.g. Methoden sind jedoch für eine zeitnahe und teilflächenspezifische nährstoffgesteuerte Flüssigmistausbringung nicht geeignet. Beim Vergleich der Flüssigmistinhaltsstoffe von zwei vergleichbaren schweinehaltenden Betrieben, konnte festgestellt werden, dass nicht nur die Flüssigmistinhaltsstoffe zwischen den Betrieben – wie zu erwarten – unterschiedlich sind, sondern die Inhaltsstoffe auch innerhalb eines Betriebes während der Flüssigmistausbringung teilweise stark variieren (SEVERIN 1995). Werden die in diesem typischen Praxisbeispiel für die Flüssigmistausbringung tatsächlich ermittelten Werte zugrunde gelegt, so würden bei einer Ausbringmenge von z.B. 20 m^3/ha auf Betrieb A bei dem Mittelwert von 7,9 kg N/m^3 (Spannweite der analysierten Proben: 6,6–8,7 kg N/m^3) 158 kg/ha N ausgebracht und bei einem Mittelwert von 3,4 kg N/m^3 (Spannweite der analysierten Proben: 3,0–3,8 kg N/m^3) auf Betrieb B nur 68 kg/ha N. Dies heißt aber auch, dass sich bei einem gleich bleibenden Ausbringvolumen von 20 m^3/ha die Spannweite der ausgebrachten N Menge auf Betrieb A von 132–174 kg N/ha und auf Betrieb B von 60–76 kg N/ha erstreckt (SEVERIN 1995). Dieses praxistypische Beispiel verdeutlicht die Notwendigkeit, Flüssigmist nicht nach m^3/ha, sondern nährstoffgesteuert auszubringen.

3 Material und Methode

3.1 Güllewagen

Der im Projekt eingesetzte Güllewagen ist ein Pumpentankwagen mit einem Fassungsvolumen von 18 500 Liter. Der Wagen ist mit einem Geschwindigkeitssensor und einem Durchflussmengenmesser ausgestattet. Die Ausbringmenge (m^3/ha) kann vom Messrechner auf dem Traktor aus vorgegeben und verstellt werden. Damit am Güllewagenwagen während des Betriebes Daten erhoben werden können, waren zahlreiche Systemanpassungen von den einzusetzenden Geräten erforderlich. Diese werden nachfolgend beschrieben.

3.2 Messgerät

Das zur Bestimmung der Flüssigmistinhaltstoffe eingesetzte Nahinfrarotspektrometer ist ein Dioden-Array-Spektrometer der Firma Polytec (Wellenlängenbereich von 850–1 650 nm; mit 256 Pixel). Die Dunkelstrommessung wird bei diesem Gerät über einen integrierten mechanischen Verschluss (Shutter) realisiert. Als Umgebungsbedingungen sind eine Betriebstemperatur von +5 °C bis +40 °C sowie eine Lagerungstemperatur von -15 °C bis +65 °C angegeben (Polytec 2006). Für den Feldeinsatz wurde das Messgerät in eine gut zugängliche Einhausung montiert, mit der gewährleistet werden kann, dass sich das Gerät während des Einsatzes im angegebenen Betriebstemperaturbereich befindet und das Spektrometer gegen Erschütterungen geschützt ist. Für den Betrieb auf dem Güllewagen wird die Software des Geräts so eingestellt, dass nur Reflexionsspektren gemessen werden und einerseits ein höchstmögliches Signal bei der Bestrahlung der Keramikreferenz (100 % Reflexion) erzeugt wird, anderseits das Gerät aber nicht übersteuert wird. Das Messgerät und die davon getrennten eigentlichen Messköpfe werden über Lichtwellenleiter verbunden. Mit dem Nahinfrarotspektrometer können über einen Multiplexer zwei Messköpfe parallel betrieben werden. Dies ermöglicht zum einen mehr Freiheiten für die Wahl der Einbauorte der Messköpfe. Zum anderen können so Unterschiede zwischen den Spektren der verschiedenen Einbauorten zeitparallel festgestellt werden.

3.3 Messstellen

Am Flüssigmistwagen wurden zwei Einbauorte für die Messoptik ausgewählt. Ein Einbauort befindet sich in der liegenden Hauptleitung unter dem Fass. An diesem Messpunkt ist es schon während der Befüllung möglich, Spektren des Substrates zu erhalten. Der zweite Einbauort befindet sich im senkrecht steigenden Rohr fast am Ende des Ausbringsystems vor dem Schleppschlauchverteiler. Das steigende Rohr bietet gegenüber dem liegenden Rohr den Vorteil, dass eine evtl. auftretende Blasenbildung und Sedimentation während der Ruhephasen im Rohrsystem dort nicht auftreten sollte. Eine Blasenbildung im Leitungssystem könnte einen negativen Einfluss auf die Aufnahme der Spektren und damit die Messgenauigkeit haben. Der Messkopf kann über Flansche an der jeweiligen Rohrleitung aufgeschraubt werden. Die Flansche sind mit einem 6 mm dicken Saphirkristallfenster ausgestattet, welches sich zwischen dem Messkopf und dem Flüssigmist befindet. Aus den Gründen der besonders hohen Kratzfestigkeit, sowie der besonders hohen Druckfestigkeit wurde Saphirkristall gewählt. Der Messfokus, indem

sich die Lichtquelle und der Sensor-„Messfleck“ hinter dem Fenster in dem Flüssigmist überschneiden, liegt 2 mm hinter dem Saphirkristall und hat einen Durchmesser von 25 mm.

3.4 Übertragung der optischen Information

Wie bereits beschrieben wird die vom NIR-Sensor aufgenommene optische Information über Lichtwellenleiter an das Spektrometer übertragen. Die Länge der Lichtwellenleiter von den beiden Messpunkten zum Spektrometer ist identisch. Ein Multiplexer überträgt die sehr kurzzeitig versetzten Signale der Messstellen via eines weiteren Lichtwellenleiters an das Spektrometer. Der labortaugliche Multiplexer wurde für den Einbau auf dem Flüssigmistwagen im Außeneinsatz modifiziert und aus Platzgründen in das Spektrometergehäuse integriert.

3.5 Messgröße

Die mit dem Nahinfrarotspektrometer aufgenommene direkte Messgröße ist das Reflektanzspektrum. Dieses setzt sich wiederum aus 256 Einzelwerten des Wellenlängenbereiches von 850–1750 nm zusammen. Wenn die auf die Probe auftreffende Lichtmenge bekannt ist, kann über das reflektierte Licht das Reflexionsspektrum errechnet werden. Hierzu wird zuerst eine Keramikplatte mit einer bekannten Reflexion (nahe 100 %) als Referenz vermessen und diese Platte später durch die Probe ersetzt. Hieraus kann schließlich unter Berücksichtigung der Dunkelstrommessung das Reflexionsspektrum errechnet werden (SIESLER et al. 2002).

3.6 Datenanalyse

Die nachfolgend gezeigten Kalibrierungen wurden mit der Software „THE UNSCRAMBLER“ der Firma CAMO erstellt. Für die Erstellung der einzelnen Kalibrierungen wurden die Originalspektren ohne Datenvorbehandlung verwendet. Die Kalibrierungen wurde mit einem PLS 1 Algorithmus erstellt. Das bedeutet, dass für jeden Inhaltsstoff eine eigene Kalibrierung erstellt wurde. Die Validierung der Daten erfolgte bei der in Tabelle 1 gezeigten Daten mit der Methode der Full Cross Validation. Die in der Tabelle 2 gezeigten Daten wurden mit der Test-Set-Methode validiert.

4 Erste Ergebnisse

Erste Ergebnisse aus der Entwicklung einer Kalibrierung für Schweineflüssigmist unter Laborbedingungen (ANDREE et al. 2006) sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Daten zeigen, dass grundsätzlich gute Schätzmodelle mit einer Korrelation von r = 0,80–0,88 für die einzelnen Analyseparameter erstellt werden können. Am besten für den Gesamtstickstoffgehalt (N) mit der höchsten Korrelation von r = 0,88. Eine etwas geringere Korrelation von r = 0,80 ergab sich bei der Kalibrierung für den Ammoniumstickstoffgehalt und den Phosphorgehalt.

Tab. 1: Kalibrierungsparameter

Inhaltsstoff	Range			Kalibrierung		
	n*	Mittelwert	Stabw	PC**	r	RMSEP***
Trockensubstanz %	87	3.74	2.41	7	0.84	2.25
Gesamt-N %	87	2.11	2.15	7	0.88	1.41
NH-4-N %	87	1.28	1.36	8	0.80	0.88
P %	87	0.97	1.19	8	0.80	0.84
K %	87	1.35	1.28	8	0.85	0.84

*n = Anzahl der Proben, **PC = Anzahl der Principal Components, ***RMSEP = root mean square error of prediction

Für die Erstellung der in Tabelle 1 gezeigten Laborkalibrierungen wurden Flüssigmistproben verschiedener schweinehaltender Betriebe verwendet. Trotz der hohen Korrelation der Kalibrierungen liegt der RMSEP in der Höhe der Standardabweichung, was eine unsichere Vorhersage bedeutet. Die so erstellte Laborkalibrierung wurde nachfolgend für die Berechnung der in Tabelle 2 dargestellten Schätzwerte auf neue, selbstgemischte und bisher nicht in der Kalibrierung enthaltenen Flüssigmistproben (Mischung von Schweine- und Rinderflüssigmist) angewendet. Hierzu wurden aus zwei homogenisierten Flüssigmistchargen (je 20 Liter Flüssigmist) mit unterschiedlich hohem Trockensubstanzgehalt (9,2 % und 2,8 %) Teilproben entnommen und in einem definierten Verhältnis vermischt (Tab. 2). Anschließend wurde der TS-Gehalt der jeweiligen auf Basis der zuvor erstellt Laborkalibrierung mit o. g. Spektrometer geschätzt (TS – geschätzt mit Laborkalibrierung). Die Gehalte der Spalte „TS – berechnet" wurde aus den Gehalten der beiden Ausgangssubstrate nach dem Mischverhältnis berechnet (Tab. 2). Trotz der hohen Korrelation der Kalibrierungsdaten von Schweineflüssigmist für den Trockensubstanzgehalt (vgl. Tab. 1) ließen sich die selbstgemischten, nicht in der Kalibrierung enthaltenen Proben nicht entsprechend genau schätzen. Es konnte lediglich eine geringfügige Erhöhung der TS-Gehalte nachgewiesen werden.

Tab. 2: Ergebnisse der Anwendung der Laborkalibrierung auf die Mischproben

Probe	TS – gemessen %	TS – berechnet %	TS – geschätzt mit Laborkalibrierung %	TS – geschätzt mit erweiterter Laborkalibrierung %
100 % dünn	2,76	2,8	1,10	
90 % dünn + 10 % dick	2,95	3,4	1,19	3,54
80 % dünn + 20 % dick	4,11	4,1	1,38	4,26
70 % dünn + 30 % dick	4,84	4,7	1,55	4,63
60 % dünn + 40 % dick	5,34	5,4	1,59	4,92
50 % dünn + 50 % dick	6,18	6,0	1,67	5,19
30 % dünn + 70 % dick	7,41	7,3	1,73	5,68
20 % dünn + 80 % dick	8,05	7,9	1,74	5,85
10 % dünn + 90 % dick	8,65	8,6	1,74	6,07
100 % dick	9,24	9,2	1,70	

Nachdem die Laborkalibrierung um die beiden Proben „100 % dünn und 100 % dick“ erweitert wurde und anschließend mit dieser erweiterten „Laborkalibrierung die aufgenommen Spektren der Mischproben erneut geschätzt wurden, ergaben sich die in der letzten Spalte der Tabelle 2 abgebildeten Werte (TS – geschätzt mit erweiterter Laborkalibrierung). Insgesamt hatte dies eine bessere Schätzung des jeweiligen TS-Gehaltes zur Folge hatte. Jedoch zeigt das Ergebnis auch, dass einerseits eine auf Schweineflüssigmist basierenden Kalibrierung nur bedingt auf eine Mischprobe Schweine-/Rinderflüssigmist anwendbar ist. Anderseits ist in zukünftigen Untersuchungen zu überprüfen, ob bei genügend breiter Kalibrierungsbasis diese sowohl auf ausschließliche Schweine- oder Rinderflüssigmistproben als auch auf Mischproben derselben anwendbar ist.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des BMELV über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Projektpartner ist das Lehr- Und Versuchszentrum Futterkamp. Das Vorhaben wird von der Firma Zunhammer unterstützt.

Literatur

Andree, H.; Dolud, M.; Hartung, E. (2006): „Near-Infrared Spectroscopy as a Process Analytical Technology in Manure Application for Fertilizing.“ (Agricultural Engeneering for a Better World): 345

Bundesministerium für Landwirtschaft, E. u. V. (2007): „Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen – Düngeverordnung – DüV“

Polytec (2006): „Polytec Hardware Handbuch“

Severin, K. (1995): Prüfung der Homogenität von Schweinegülle, LWK Hannover

Siesler, H.W.; Ozaki, Y.; Kawata, S.; Heise, H.M. (2002): Near-Infrared Spectroscopy

Applikation von Ureaseinhibitoren in der Milchviehhaltung zur Minderung von Ammoniakemissionen

Application of Urease Inhibitors in Dairy Operations to Reduce Ammonia Volatilization

Martin Leinker[1], Annett Reinhardt-Hanisch[1], Eberhard von Borell[2], Eberhard Hartung[3]

[1] Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart

[2] Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik, Adam-Kuckhoff-Str. 35, D-06099 Halle/Saale

[3] Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Str. 6, D-24118 Kiel

Schlüsselwörter: Ammoniakemissionen, Ureaseinhibitoren, Ureaseaktivität, Freisetzung, Flüssigmist, Tierhaltung
Keywords: ammonia emissions, urease inhibitors, urease activity, volatilisation, slurry, husbandry

Zusammenfassung

Die durchgeführten Versuche zeigten unter Labor- und Praxisbedingungen, dass durch die Applikation von Ureaseinhibitoren auf emittierenden Oberflächen (Flüssigmist, Versuchsbodenbeläge, Stallböden) die Bildung bzw. Freisetzung von Ammonium (NH_4^+) und Ammoniak (NH_3) deutlich gemindert werden konnte. Die Wirkung von Ureaseinhibitoren ist temperatur- und oberflächenverschmutzungsabhängig. Bei der Applikation zeigte der Ureaseinhibitor Typ D in Kombination von hoher Aufgabefrequenz und minimierten Aufgabekonzentrationen sowie einer vorher gereinigten Oberfläche und einem hohen Benetzungsgrad ein hohes durchschnittliches NH_4^+- und NH_3-Minderungspotenzial.

Summary

Systematic research under laboratory and practical conditions have shown that the application of urease inhibitors on emitting surfaces (liquid manure, laboratory floors, housing floors in practice) effectively reduced the catalytic breakdown of urea, the formation and volatilization of ammonium (NH_4^+) and ammonia (NH_3) respectively. The effectiveness of the urease inhibitor depends on temperature and fouling related effects of the floor surfaces. Application of the urease inhibitor type D in a combination of a high application frequency and minimised application rate as well as cleaned (scraped) surfaces before applying the inhibitor and a complete covering of the inhibitor spray film lead to a high average reduction potential of NH_4^+ und NH_3.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die momentanen und zukünftig zu erwartenden Entwicklungen der internationalen und nationalen Rahmenbedingungen zeigen sehr deutlich auf, dass ein essenzieller Bedarf und hohes öffentliches Interesse an effizienten, finanziell tragbaren und praxistauglichen Maßnahmen zur NH_3-Emissionsreduzierung aus Nutztierställen besteht. Die Applikation des Ureaseinhibitors NBTPT auf Laufflächen erwies sich bei Untersuchungen in den USA und UK als wirkungsvolles Instrument zur Reduktion von NH_3-Emissionen. Nicht ausreichend geklärt werden konnten hierbei jedoch anwendungsspezifische Fragen zum Dosis-Wirkungsverhalten und zur optimalen Applikation (VAREL et al. 1999, MISSELBROOK et al. 2004, PARKER et al. 2005, GATES 2006, MUKHTAR 2006, WHEELER 2006, CATHEY 2007). Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war die Untersuchung des Ammoniakminderungspotenzials von neuen Ureaseinhibitoren durch die Applikation auf emittierenden Oberflächen im Labor und im Praxisstall. In der Praxis wurde der wirkungsvollste neue Inhibitor (Typ D) getestet und eine prinzipielle Applikationsstrategie für dessen Einsatz unter Stallbedingungen untersucht.

Das Verbundprojekt "Ureaseinhibitoren in der Landwirtschaft" wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziell unterstützt.

2 Material und Methode

Der Ureaseinhibitor mit der besten Wirkung (Typ D) wurde neben anderen Inhibitoren zunächst unter Laborbedingungen in zwei neuentwickelten Messsystemen (Behälter- und Windtunnel-Wasserbad) hinsichtlich seiner Dosis-Wirkungszusammenhänge (Konzentration, Lufttemperatur, Schichtdicke des Flüssigmistbelages) und Applikation (vor-) getestet (REINHARDT-HANISCH et al. 2005, LEINKER et al. 2005). Im Behälter-Wasserbad-Messsystem wurde der Einfluss von insgesamt fünf verschiedenen Ureaseinhibitoren auf die Höhe der Ammoniakfreisetzung aus Rinder- und Schweineflüssigmist nach Zugabe einer definierten Menge synthetischen Harnstoffes entsprechend unterschiedlicher Behandlungen im Rahmen von Serien- und Paralleluntersuchungen quantifiziert. Das Behälter-Wasserbad-Messsystem arbeitete dabei nach dem Prinzip der dynamischen Kammer und bestand aus 28 Glasflaschen mit einem Volumen von fünf Litern, die jeweils mit zwei Litern Flüssigmist befüllt wurden. Die Ammoniakkonzentration wurde mittels NDIR-Spektroskopie gemessen (REINHARDT-HANISCH und HARTUNG 2006). Mit dem zweiten Labormesssystem (Windtunnel-Wasserbad-Messsystem) war es möglich, die Wirkung von Ureaseinhibitoren auf die NH_3-Emission ausgehend von flachen Oberflächenverschmutzungen (wie auf dem Stallboden) zu erfassen.

Dieses zweite Messsytem fungierte dabei als Bindeglied zwischen den Untersuchungen im Behältermesssystem und den Untersuchungen im Praxisstall. Im Windtunnel (Funktionsprinzip dynamische Kammer) wurde die NH_3-Emission (NDIR Messung) von planbefestigten emittierenden Oberflächen (mit Flüssigmist vorkonditionierte Versuchsbodenbeläge aus Beton und Gummi; LEINKER et al. 2005) kontinuierlich gemessen. Hierbei wurde durch Aufgabe von 100 ml synthetischer Harnstofflösung (Konzentration

20 g l^{-1}) auf eine dünne Flüssigmistschicht, das Urinieren der Nutztiere auf den Stallboden simuliert und die darauf einsetzende Ammoniakbildung kontinuierlich gemessen.

Parallel und zeitversetzt zu den Laboruntersuchungen wurden im Praxismaßstab, d. h. in einem frei belüfteten Liegeboxenlaufstall für 65 Milchkühe, in drei unterschiedlich stark frequentierten bzw. unterschiedlich genutzten Stallbereichen (Warteraum, Fressbereich, Laufgang mit automatischer Schieberentmistung), über die Zeitdauer von acht Monaten (Juni bis November 2005; Mai bis Juni 2006) zwei grundsätzliche Applikationsstrategien untersucht:

1. über eine Versuchsdauer von vier Tagen, Applikation des Ureaseinhibitors nur einmal am ersten Versuchstag mit hoher Aufgabekonzentration (1 · 10 mg m^{-2}; 1 · 30 mg m^{-2}; 1 · 300 mg m^{-2}) und
2. über eine Versuchsdauer von vier Tagen, Applikation des Ureaseinhibitors jeweils einmal am ersten, zweiten und dritten Versuchstag mit vielfach geringerer Aufgabekonzentration (3 · 2,5 mg m^{-2}; 3 · 5 mg m^{-2}; 3 · 10 mg m^{-2}). Im Praxisstall (und für die Verbindung von Praxis- und Labormessung parallel im Windtunnel auf dem Versuchsbodenbelag) wurde ausschließlich diskontinuierlich die Ureaseaktivität (NH_4^+-Bildung als Maßstab für die Enzymaktivität ohne und mit Ureaseinhibitoreinfluss) mittels der Standardmessmethode (Funktionsprinzip statische Kammer) nach Braam und Swierstra (1999) auf dem Stallboden gemessen.

3 Ergebnisse

Im Rinderflüssigmist zeigte der neu formulierte Ureaseinhibitor Typ D im Vergleich mit den anderen Inhibitoren bei allen Substrattemperaturen jeweils die höchste Minderung der Ammoniakfreisetzung und wurde deshalb für weitergehende Untersuchungen als Inhibitor mit der besten Reduktionswirkung selektiert (Tab. 1). Durch den Einsatz des Ureaseinhibitors Typ D konnte in den dargestellten Versuchen im Behälter-Wasserbad-Messsystem unter Laborbedingungen die Freisetzung von Ammoniak um 82 %–88 % reduziert werden, während der als Referenz eingesetzte Wirkstoff NBTPT (Urease-inhibitor Typ C) eine Minderungswirkung von 43 %–63 % erreichte. Auch im Schweineflüssigmist wirkte der Ureaseinhibitor Typ D mit einer Reduzierung der Ammoniakfreisetzung von 60 %–100 % am besten. Mit dem Referenzwirkstoff NBTPT konnte die Freisetzung von Ammoniak bei Substrattemperaturen von 5 °C bzw. 15 °C nur um 8 %–26 % gemindert werden. Bei einer Substrattemperatur von 25 °C kam es zu einer unregelmäßigen Schwimmschichtbildung, welche die Ergebnisse beeinflusst und zu einer Zunahme der Freisetzung von Ammoniak bei den Ureaseinhibitoren C, E und G geführt haben könnte.

Die Ergebnisse intensiver Voruntersuchungen zeigten eindeutig, dass im Windtunnel-Wasserbad-Messsystem nach Aufgabe von 100 ml einer synthetischen Harnstofflösung (HSL) im Abstand von vier Stunden auf den mit Flüssigmist verschmutzten Versuchsbodenbodenbelag, die temperaturabhängige Harnstoffspaltung bzw. Ammoniakemission reproduzierbar und wiederholbar gemessen werden konnte (Abb. 1). Wurden zusätzlich 2,5 mg m^{-2} Ureaseinhibitor Typ D mit 50 ml Wasser appliziert (HSL+UI), verringerte sich die Ammoniakemission signifikant. In Abhängigkeit von Lufttemperatur und Schichtdicke des Flüssigmistbelages blieb die Ammoniakemission in der Regel auch nach acht

Stunden noch auf einem geringen Niveau bzw. stieg nur sehr langsam wieder an. In den Versuchen mit dem Windtunnel-Wasserbad-Mess-ystem wurde die NH_3-Emission im Durchschnitt aller Versuchseinstellungen um 44 % (18 %–86 %) reduziert.

Tab. 1: Minderung der Ammoniakfreisetzung bei Anwendung unterschiedlicher Ureaseinhibitoren (Behälter-Wasserbad-Messsystem)
Tab. 1: Reduction of ammonia release by applying different urease inhibitors (5-l-glass-bottle system)

Flüssigmist Typ *type of slurry*	Flüssigmist Temperatur *substratum temperature* °C	Minderung der NH_3-Freisetzung unterschiedlicher Ureaseinhibitoren[1), 2)] *reduction of ammonia release of different urease inhibitors[1), 2)]*									
		C		D		E		F		G	
		%	n[3)]	%	n[3)]	%	n[3)]	%	n[3)]	%	n[3)]
Rind	5	57	12	87	12	2	4	82	4	71	4
cattle	15	43	12	88	12	14	4	45	4	23	4
	25	63	12	82	12	19	4	70	4	18	4
Schwein	5	8	4	100	4	n.g.[4)]		n.g.[4)]		n.g.[4)]	
pig	15	26	4	100	8	n.g.[4)]		n.g.[4)]		n.g.[4)]	
	25	-11	8	60	12	-19	4	46	8	-16	4

[1)] Konzentrationsgruppe der Inhibitoren: Nr. 4 (entspricht etwa 0.1 % of Total Kjeldahl Nitrogen)/*group of concentration of urease inhibitors: No. 4 (app. 0.1 % of Total Kjeldahl Nitrogen).*
[2)] Messung über 96 Stunden/*measuring about 96 hours.*
[3)] Anzahl der Wiederholungen/*number of repetitions.*
[4)] Nicht gemessen/*not measured.*

Die im Windtunnel diskontinuierlich gemessene Ureaseaktivität wurde durch die Applikation des Ureaseinhibitors Typ D im Durchschnitt aller Versuchseinstellungen um 76 % (16 %–92 %) reduziert. Die unter Laborbedingungen ermittelten Dosis-Wirkungs-zusammenhänge des Ureaseinhibitors (temperatur- und oberflächen- verschmutzungs-abhängige Wirkung) waren insgesamt in ähnlicher Weise auch unter Praxisbedingungen zu erkennen.

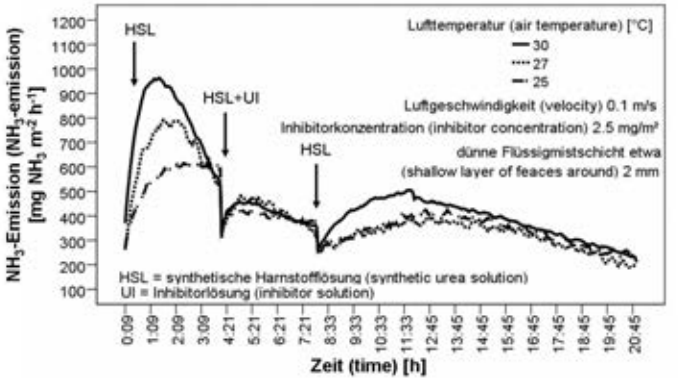


Abb. 1: Verlauf der Ammoniakemission bei Lufttemperaturen von 25 °C, 27 °C und 30 °C nach definierter Aufgabe von Harnstofflösung und Inhibitorlösung (Windtunnelsystem)
Fig. 1: Course of ammonia emission at air temperatures of 25 °C, 27 °C, and 30 °C after defined application of urea solution and inhibitor solution (wind tunnel system)

Im Stall minderte der Ureaseinhibitor Typ D die Ureaseaktivität (Bildung von NH_4^+-N) insbesondere dann gleichmäßig hoch, wenn er täglich in Kombination mit geringen Aufgabemengen auf dem Stallboden appliziert wurde (Tab. 2). Bei täglicher Applikation von 2,5 mg m^{-2} wurde die Ureaseaktivität im Durchschnitt aller Versuche in den oben genannten Stallbereichen, ausgehend von 1050 mg NH_4^+-N m^{-2} h^{-1}, auf 297 mg NH_4^+-N m^{-2} h^{-1} (142 bis 314 mg NH_4^+-N m^{-2} h^{-1}) bzw. um Ø 74 % (67 %–86 %) gemindert. Das entspricht in Anlehnung an die Ergebnisse im Windtunnel einer abgeschätzten durchschnittlichen NH_3-Minderung von etwa 40 %–50 %.

Tab. 2: Ureaseaktivität auf dem Stallboden vor und nach Aufgabe von Ureaseinhibitor Typ D (jeweils vier Versuchstage; Zeitraum Juni bis November 2005; Mai bis Juni 2006)
Tab. 2: Urease activity on top of the housing floor before and after inhibitor application of type D (within four day trials; trial period June to November 2005; May to June 2006)

Aufgabe Verfahren *application system*	**Inhibitor-konzentration** *inhibitor concentration*	**Ureaseaktivität [mg NH_4^+-N m^{-2} h^{-1}] (Minderung in %)** *urease activity [mg NH_4^+-N m^{-2} h^{-1}] (reduction in %)*					
		Referenzfeld *reference plot*	**Inhibitorfeld** *inhibitor plot*				
		Tag 0	**Tag 0**	**Tag 1**	**Tag 2**	**Tag 3**	**Mittel-wert**
	mg m^{-2}	*day 0*	*day 0*	*day 1*	*day 2*	*day 3*	*mean*
Einmal *one time*	3	1 736[a]	371[b] (79)	611[b] (65)	1 735[a] (---)	1 245[a] (28)	991 (43)
	30	2 786[a]	225[b] (92)	449[b] (84)	718[b] (74)	1 405[a] (50)	699 (75)
Versuchstag 0 *day 0*	300	2 408[a]	192[b] (92)	177[b] (93)	430[b] (82)	1 088[b] (55)	472 (80)
Dreimal *three times*	2,5	1 050[a]	142[b] (86)	269[b] (74)	346[b] (67)	314[b] (70)	268 (74)
	5	1 617[a]	271[b] (83)	242[b] (85)	133[b] (92)	118[b] (93)	191 (88)
Versuchstag 0,1,2 *day 0,1,2*	10	1 982[a]	11[b] (99)	214[b] (89)	380[b] (81)	437[b] (78)	261 (86)
Ureaseinhibitor wurde appliziert/*urease inhibitor was applied*							

[a, b] Mittelwerte mit ungleichem Index unterscheiden sich signifikant (U-Test, $p < 0,05$)/*mean with different index are significant different (U-test, $p < 0,05$)*
Anzahl der Messungen (n) an Tag 0,1,2,3/*number of measurements (no.) at day 0,1,2,3*
(1 · 3 mg m^{-2}, n = 58/19/23/21/11); (1 · 30 mg m^{-2}, n = 52/12/18/18/6); (1 · 300 mg m^{-2}, n = 26/5/8/8/6);
(3 · 2.5 mg m^{-2}, n = 133/68/93/67/37); (3 · 5 mg m^{-2}, n = 28/6/12/12/3); (3 · 10 mg m^{-2}, n = 54/11/20/20/9)

4 Ausblick

Die mit den drei unterschiedlichen Messsystemen (Labor und Praxis) ermittelten Ergebnisse zeigten eindeutig, dass durch den Einsatz von Ureaseinhibitoren sowohl die NH_3-Freisetzung, NH_3-Emission als auch die Ureaseaktivität (Bildung von NH_4^+) signifikant gemindert werden konnte. Damit wurde ein hohes durchschnittliches Minderungspotenzial erzielt.

Bei einem Liegeboxenlaufstall für 65 Milchkühe, mit einer Lauffläche von fünf Quadratmetern je Kuh und einer Inhibitormenge von 2,5 mg m^{-2} je Tag, würden 297 g Ureaseinhibitor pro Jahr für die Inhibitorapplikation auf die Laufflächen benötigt. Zu-

sätzlich würden etwa 23,7 m³ Wasser pro Jahr über die Applikation auf dem Stallboden ausgebracht. Beispielhafte ökonomische Bewertungen für unterschiedliche Applikationssysteme (Entmistungstechnik, Applikationstechnik, Ureaseinhibitor) ergaben NH_3-Minderungskosten im Mittel von 22 Euro kg^{-1} NH_3 (4–64 Euro kg^{-1} NH_3). Dabei entfielen etwa die Hälfte der Kosten, 12 Euro kg^{-1} NH_3 (2–39 Euro kg^{-1} NH_3), auf die Applikationstechnik und den Ureaseinhibitor.

Literatur

Braam, C.R.; Swierstra, D. (1999): Volatilization of Ammonia from Dairy Housing Floors with Different Surface Characteristics. In: J. Agri. Eng. Res., No 72: 59–69

Cathey, K. (2007): Persönliche Mitteilung. International Ammonia Conference in Agriculture. Ede/Wageningen, Niederlande, 19. bis 21.03.2007

Gates, R.S. (2006): Persönliche Mitteilung. World Congress Agricultural Engineering for a Better World, AgEng 2006 in Bonn, 03.–07.09.2006

Leinker, M.; Reinhardt-Hanisch, A.; Hartung, E.; von Borell, E. (2005): Senkung von Ammoniakemissionen mit Hilfe von Ureaseinhibitoren. In: Landtechnik, Jahrgang 60, Heft 6, 2005: 342–343 (auch in Englisch)

Misselbrook, T.H.; Pain, B.F.; Chadwick, D.R.; Heason, D.H. (2004): Gaseous emissions from dairy cattle collecting yards. Institute of Grassland and Environmental Research (IGER), North Wyke, Okehampton, Devon, EX20 2SB, UK: 257–267

Mukhtar, S. (2006): Persönliche Mitteilung. World Congress Agricultural Engineering for a Better World, AgEng 2006 in Bonn, 03.–07.09.2006

Parker, D.B.; Pandrangi, S.; Greene, L.W.; Almas, L.; Cole, N.A.; Rhoades, M.B.; Koziel, J.A. (2005): Rate and frequency of urease inhibitor application for minimizing ammonia emissions from beef cattle feedyards. American Society of Agricultural Engineers, Vol. 48. No. 2: 787–793

Reinhardt-Hanisch, A.; Hartung, E. (2006): Comparison of novel ureaseinhibitors to reduce ammonia emissions under laboratory conditions. In: Proceedings. World Congress Agricultural Engineering for a better world, Bonn, Germany, 03.-06.09.2006. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, VDI-Berichte Nr. 1958, paper no. 291A: 469–470

Reinhardt-Hanisch, A.; Leinker, M.; Hartung, E.; von Borell, E. (2005): Wirksamkeit von Ureaseinhibitoren in der Milchviehhaltung. In: Tagungsband. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.. 7. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2005 in der landw. Nutztierhaltung, Münster-Hiltrup: KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, 2005: 301–306

Varel, V.H.; Nienhaber, J.A.; Freetly, H.C. (1999): Conservation of nitrogen in cattle feedlot waste with urease inhibitors. Journal of Animal Science, 77: 1162–1168

Wheeler, E. (2006): Persönliche Mitteilung. World Congress Agricultural Engineering for a Better World, AgEng 2006 in Bonn, 03.–07.09.2006

Emissionsratenbestimmung in der Milchviehhaltung

Determining Emission Rates in the Husbandry of Dairy Cattle

KATJA BONKOSS[1], STEFAN NESER[1], FRIEDHELM SCHNEIDER[2]

[1] Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising

[2] Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG, Dorfstr. 9, D-83404 Ainring

Schlüsselwörter: Emissionen, Ammoniak, Lachgas, Methan, Luftwechselrate, Emissionsrate
Keywords: emissions, ammonia, nitrous oxide, methane, Ventialtion rate, emission rate

Zusammenfassung

Für freibelüftete Milchviehställe mangelt es bisher an belastbaren Emissionsdaten für Ammoniak, Lachgas und Methan. Die vorliegende Untersuchung hatte daher die Erarbeitung einer Tracergasmethode zur kontinuierlichen Erfassung von Volumenströmen und die Bestimmung von Luftwechselraten und Emissionsraten zum Ziel. Die entwickelte Methode wurde an zwei Milchviehlaufställen erfolgreich eingesetzt und durch simultane Erfassung von Ammoniak-, Lachgas- und Methankonzentrationen sowie meteorologischen Daten ergänzt. Aus diesem Datenpool ließen sich Emissionsraten errechnen.

Die Messkampagnen fanden jeweils im Frühherbst 2005 statt.

Summary

For free ventilated livestock houses there are no reliable emission data for ammonia, nitrous oxide and methane as yet. The present research aimed at the development of a tracer gas technique for continuous acquisition of volume flows and the monitoring of ventilation rates and emission rates. The developed method was successfully used in two pens for dairy cows and supplemented with determining of ammonia, nitrous oxide and methane concentrations as well as meteorological data. On the basis of this data pool emission rates could be calculated.

The field campaignes took place in early autumn of 2005.

1 Einleitung

Die Umsetzung nationalen und EU-Rechts erfordert eine realitätsnahe Abschätzung der Schadgasemissionen aus innovativen, möglichst tier- und umweltgerechten Haltungsverfahren. Da Emissionsmessungen an frei gelüfteten Ställen durch sich laufend verändernde Umgebungsbedingungen (u. a. Stärke und Richtung der Windanströmung, jahreszeitliche Temperaturschwankungen, wechselnde Tieraktivität) erschwert werden, gab es bisher keine standardisierten Messmethoden.

Ziel des Projektes war neben der Entwicklung geeigneter Messmethoden für die Volumenstrombestimmung die kontinuierliche Tagesgangmessung der Ammoniak-, Lachgas- und Methan-Emissionen, um daraus Emissionsraten abzuleiten.

2 Material und Methoden

Untersucht wurden zwei Liegeboxenlaufställe (Querlüftung mit offenem First) mit 103 bzw. 85 Milchkühen im Herbst 2005.

Die Erfassung der Luftwechselrate von frei belüfteten Ställen stellt messtechnisch hohe Anforderungen an die Versuchsdurchführung, Messtechnik und Datenerfassung. Verschiedene Methoden sind in der KTBL-Schrift 401 (2001) beschrieben. Eine besondere Schwierigkeit stellt die hohe Variabilität des Luftwechsels bei Außenklimaställen dar. Außerdem finden Lufteintritt und -austritt in Abhängigkeit der Witterung größtenteils an denselben Öffnungen statt. Aus diesem Grund entschied man sich in diesem Projekt für die Methode der kontinuierlichen Tracergasfreisetzung (24 räumlich gleichverteilte Austrittsstellen über den gesamten Stallquerschnitt) und der kontinuierlichen Erfassung der Luftwechselrate (neun Messstellen im Stall zur simultanen Messung der Tracergaskonzentration). Diese Methode hat im Vergleich zur Abklingmethode den Vorteil, dass sie in der Lage ist, die zeitlichen und räumlichen Variabilitäten des Luftwechsels in einem Stall abzubilden. Weitere methodische Ansätze zur Volumenstrombestimmung an frei belüfteten Ställen sind von BREHME (2000) beschrieben worden. Eine nähere Beschreibung des angewandten Verfahrens befindet sich in Abschnitt 2.1.

Zeitgleich mit der Bestimmung der Luftwechselrate werden mittels Multigasaanalysator die Konzentrationen der Schadgase NH_3, N_2O und CH_4 erhoben (s. Abschn. 2.2). Außerdem werden die für die Emissionsratenbestimmung benötigten meteorologischen Begleitparameter Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Lufttemperatur am Standort aufgezeichnet.

2.1 Tracergasmessungen

Als Tracergas kommt Kohlenmonoxid zum Einsatz (Reinheit 2.0, Firma Linde). Die Dosierung in einem Regelbereich von bis zu 500 l/min erfolgt über ein Durchflussmessgerät der Firma Krone in 100 m³ Stallluft pro Stunde.

Die Kalibrierung der Durchflussmenge wird für Kohlenmonoxid berechnet. Um eine möglichst homogene Tracergasverteilung zu gewährleisten, wird Stallluft über einen zentral im Stall platzierten Ventilator mit Grobstaubfilter in ein Lüftungssystem gesaugt. Unmittelbar nach dem Ventilator erfolgt die Injektion des Tracergases. Die Volumen-

regelung des Ventilators übernimmt ein nachgeschalteter kalibrierter Messventilator. Das Lüftungssystem setzt sich aus einem Einlass, einem Hauptverteiler, 8 Nebenverteilern und 24 definierten Auslässen zusammen. Die gasdichten Verteilerschläuche werden mittels gasdichter Reißverschlüsse aneinander gezippt und so individuell an den jeweiligen Stallgrundriss angepasst. Die 24 Auslässe sind mittels Laserperforation für einen Durchfluss von 250 l/h ausgelegt. Die Berechnung und Fertigung des Lüftungssystems nahm die Firma Airquell, Herzogenaurach vor.

Die Tracergasmessung erfolgt durch neun Kohlenmonoxidsensoren (Modell MK 174–2; 0–100 ppm) und Transmitter (Modell EC24; 4 bis 20 mA Ausgang) der Firma GfG, Dortmund. Die Sensoren sind direkt im Stall montiert. Die Messwerte werden an allen neun Messstellen im Minutentakt geloggt. Die Signale werden über Messkabel an einen in einem externen Messcontainer untergebrachten PC übertragen. Aus Sicherheitsgründen ist das System so konzipiert, dass die Tracergaszuführung bei folgenden Störungen automatisch unterbrochen wird: Stromausfall, Defekt eines CO-Sensors (Kabelbruch), CO-Konzentration im Stall über 25 ppm (MAK-Wert). Die Wiederinbetriebnahme nach einem Störfall muss manuell erfolgen.

Anhand der beobachteten CO-Verteilung bzw. der Abklingkurve des Tracergases können die Luftvolumenströme im Stall bestimmt und zur Berechnung der Luftwechselraten herangezogen werden.

2.2 Simultane Schadgasmessungen und Emissionsratenbestimmung

Für die simultane Schadgasmessung kommen ein Multigasanalysator (Modell Innova 1312; Firma Innova) und eine Messstellenumschaltung (eigene Entwicklung) zum Einsatz. Die Probenahme der Stallluft erfolgt kontinuierlich an den 9 Messorten für Kohlenmonoxid; die Probenluft wird dann über eine beheizbare Messgasleitung in den Messcontainer weitergeleitet. An jeder Messstelle werden die Konzentrationen von Ammoniak, Lachgas, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Methan und Wasserdampf bestimmt. Ein Messzyklus dauert drei Minuten pro Messort. Dies ergibt sich aus den für die Einzelmessung notwendigen Integrationszeiten und Spülvorgängen der Messzelle. Zur Steuerung und Datenerfassung werden eigens entwickelte Software und das kommerzielle Softwarepaket Labtech-Notebook pro verwendet.

Diese Tracergasmessungen fanden an jedem der beiden Milchviehställe jeweils über einen Zeitraum von fünf Tagen statt. Die kontinuierliche Gasmessung und die Erfassung der Meteorologie am Standort lief über mehrere Wochen. Aus den gemessenen Schadgaskonzentrationen können unter zuhilfenahme der beobachteten Volumenströme und meteorologischen Begleitdaten Emissionsraten errechnet werden.

3 Ergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Luftwechselratenbestimmung und der simultanen Schadgasmessungen sowie die daraus abgeleiteten Emissionsraten tabellarisch und grafisch dargestellt.

3.1 Luftwechselraten

Mit dem entwickelten Messaufbau und der angewandten Tracergasmethode lassen sich die Luftvolumenströme kontinuierlich erfassen, die Methodik erwies sich somit als geeignet für Ställe unterschiedlicher Größe und Ausführung. Zusammen mit der kontinuierlichen Gasmessung an neun Messstellen im Stall können Emissionsraten für gasförmige Stoffe berechnet werden (s. Abschn. 3.2). In Abbildung 1 wurde der Verlauf der Luftwechselraten über eine Dauer von 48 bzw. 36 Stunden in beiden Ställen grafisch dargestellt.

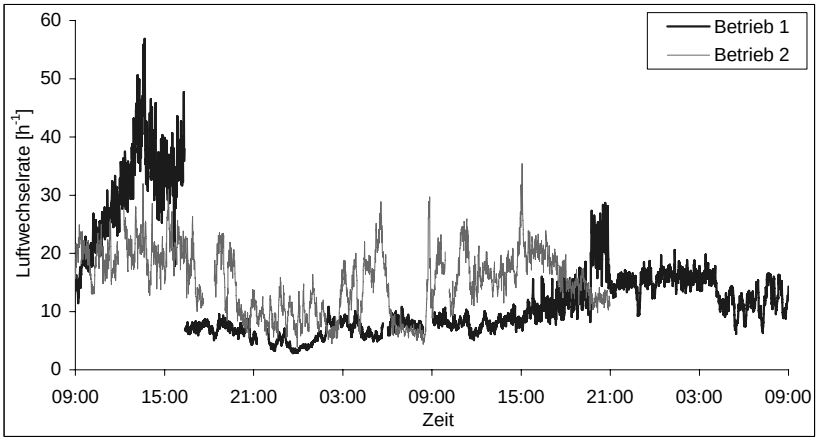


Abb. 1: Errechnete Luftwechselraten aus zwei Tagesgangmessungen (Messperiode 48 bzw. 36 h; Milchviehstall 1 und 2)

Die Ergebnisse verdeutlichen die hohe Variabilität der Messgrößen. Einerseits wirken sich die Regelbarkeit der Öffnungsflächen und wechselnde Anströmbedingungen auf die Höhe der Luftwechselraten aus, andererseits die Veränderungen der Tieraktivität im Tagesverlauf (z. B. durch Fütterungszeiten, Einstreuen oder Tierumtrieb). Diese Veränderungen nehmen natürlich auch direkten Einfluss auf die Emissionsraten der Schadgase NH_3, N_2O und CH_4, auf die im Folgenden eingegangen wird.

3.2 Emissionsraten

In untenstehender Tabelle sind die aus den beobachteten Volumenströmen und Schadgasmessungen berechneten Emissionsraten dargestellt. Die betreffenden Messungen fanden alle im Spätsommer bei relativ warmer Witterung (Tagesmitteltemperaturen zwischen 10 und 12 °C) und über einen Zeitraum von fünf Tagen statt.

Tab. 1: Gemittelte Luftwechsel- und Emissionsraten für Ammoniak, Lachgas und Methan mit Standardabweichung sowie Minimal- bzw. Maximalwert

		Betrieb 1	Betrieb 2
Luftwechselraten Min - Max	h^{-1}	15,4 ± 9,01 2,9 – 56,9	15,3 ± 5,51 3,9 – 38,2
Emissionsrate NH_3 Min - Max	mg/GV*h	1.887 ± 660 869 – 3797	2.156 ± 1.048 731 – 5.808
Emissionsrate N_2O Min - Max	mg/GV*h	691 ± 412 175 – 1930	735 ± 288 288 – 1.710
Emissionsrate CH_4 Min - Max	mg/GV*h	22.815 ± 10.594 7.622 – 55.818	19.917 ± 6.635 7.797 – 35.643

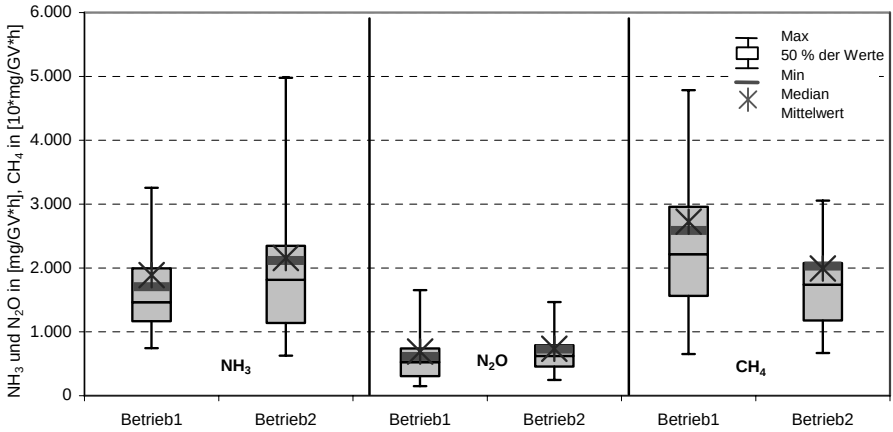


Abb. 2: Emissionsraten für Ammoniak, Lachgas und Methan

Trotz der im Vergleich zu vielen bisher veröffentlichten Arbeiten relativ langen Messdauer von fünf Tagen wirken sich besondere, unregelmäßig auftretende Arbeitsabläufe und Wettersituationen, wie an den hohen Standardabweichungen gut zu erkennen ist, in erheblichem Maße auf die Messungen aus. Solche Arbeitsabläufe waren beispielsweise langes Umpumpen von Gülle, Viehumtrieb oder starke, langanhaltende Ostwinde (Betrieb 1). Die großen Spannweiten bei den beobachteten Emissionsraten werden also sowohl durch stark schwankende Luftwechselraten als auch durch wechselnde Immissionsfrachten aus Stall und Stallumgebung verursacht. In Abbildung 2 wurden die Emissionsraten als Boxplots dargestellt.

Untersuchungen von ZHANG et al. (2005) zum Emissionsverhalten frei gelüfteter Milchviehställe zeigen für vergleichbare Haltungssysteme tendenziell etwas höhere Emissionsraten für Ammoniak (450–5.066 mg/GV h) und ähnliche für Methan (15.150–26.600 mg/GV h). Die Lachgasemissionen werden geringer (0–340 mg/GV h) eingeschätzt.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Eine Tracergasmethode zur kontinuierlichen Erfassung der Luftwechselrate an frei belüfteten Ställen wurde entwickelt und an zwei Milchviehställen erfolgreich eingesetzt. Die Methode eignet sich zur Erhebung von Emissionsraten an beliebigen Ställen mit freier Lüftung. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass bei der Ermittlung von Emissionsdaten die Sammelzeit und das verwendete Verfahren einen erheblichen Einfluss haben und ohne deren Kenntnis ein Vergleich von Messdaten nicht sinnvoll ist.

Die gemessenen Emissionen unterliegen alle starken Schwankungen. Die mittlere beobachtete Luftwechselrate war zwar auf beiden Milchviehbetrieben fast gleich, allerdings gab es große Unterschiede in den Tagesverläufen und auf Betrieb 1 wurden deutlich größere Maxima erreicht. Dies wurde durch verschiedene Einflussparameter wie (jahreszeitliche) Witterung, Tageszeit, Aktivitätsphasen u. a. verursacht, und es konnten signifikante Einflüsse auf die Emissionen belegt und quantifiziert werden.

Die absoluten Werte der Emissionsraten sind derzeit für eine Abschätzung der jährlichen Emissionsraten nur mit Einschränkungen zu verwenden. Zum einen sind die Messungen nicht während aller Jahreszeiten erfolgt, zum anderen wirken sich bei Messepisoden im Sommer jahreszeitlich spezifische Arbeiten in Stall und Güllelager besonders stark auf das Emissionsverhalten der Ställe aus. Um Einflüsse der Meteorologie oder von Arbeitsabläufen gering zu halten, müssten die Messungen unter Umständen erheblich länger durchgeführt werden. Dies ist aber mit höheren Kosten verbunden. Als Alternative wird derzeit die Möglichkeit einer vereinfachten Volumenstromabschätzung geprüft, die auf Grundlage der in diesem Projekt gewonnenen meteorologischen Zeitreihen und Volumenstrommessungen erfolgt.

Literatur

Brehme, G. (2000): Quantifizierung des Luftvolumenstromes in frei gelüfteten Rinderställen mit Hilfe der Kompartimentalisierungsmethode zur Bestimmung umweltrelevanter Emissionsmassenströme. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Uni Göttingen

Ktbl, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (Hrsg.) (2001): Messmethoden für Ammoniak.Emissionen. KTBL-Schrift 401, Darmstadt

Schneider, F.; Neser, S.; Gronauer, A.; Schneider, C.; Sabo, F. (2006): Modelling Measured Particle Size Distributions in Stables – a new Approach to Specify Particulate Matter, accepted for: World Congress 2006, Bonn, Agricultural Engineering for a better World

TA-Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002

Zhang, G.; Strøm, J. S.; Li, B.; Rom, H. B.; Morsing, S.; Dahl, P.; Wang, C. (2005): Emission of Ammonia and Other Contaminant Gases from Naturally Ventilated Dairy Cattle Buildings, Biosystems Engineering 92 (3), S. 355–364

Kosten der Abluftreinigung bei Tierhaltungsanlagen

Costs of Waste Air Purification Systems for Application in Animal Husbandry Facilities

Ewald Grimm[1], Friedrich Arends[2], Herman Van den Weghe[3]

[1] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr. 49, D-64289 Darmstadt

[2] Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour-Str. 1-13, D-26121 Oldenburg

[3] Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, D-49377 Vechta

Schlüsselwörter: Abluftreinigungsverfahren, Stand der Technik, Kosten
Keywords: waste air purification systems, state-of-the-art, costs

Zusammenfassung

Für die Errichtung und den Betrieb zertifizierter Abluftreinigungsanlagen kann nahezu unabhängig vom Verfahren und unter Berücksichtigung der Kostendegression bei größeren Anlagen von jährlichen Gesamtkosten in Höhe von mindestens 13–17 € pro Tierplatz (ohne Mehrwertsteuer) in der Schweinemast als Planungswert ausgegangen werden (Stallneubau).

Die Betriebskosten haben im Durchschnitt einen Anteil von etwa 60 % an den Gesamtkosten. Etwa 50 % der Betriebskosten machen die Stromkosten aus (Betrieb von Pumpen, Mehrverbrauch der Lüftungsanlage des Stalles).

Summary

Irrespective of type total annual costs for the construction and operation of tested waste air purification systems amount up to 13–17 € per fattening pig place at least taking economy of scale into account (new building, exclusive of VAT).

Operating costs contribute about 60 % to total costs in average. About 50 % of the operating costs are due to the electricity demand for the operation of pumps and the increased consumption of the ventilation system of the housing.

1 Einleitung

Die Abluftreinigung ist in den letzten Jahren aufgrund stetig wachsender Betriebe und zunehmend strengerer Anforderungen zum Immissionsschutz neben der Standortverlagerung zu einer wichtigen Option geworden, um entwicklungsfähigen Betrieben die Zukunft zu sichern.

Diese Entwicklung war in der gesamten Zeit von kontroversen Diskussionen zu den Kosten der Verfahren begleitet. Um hier Klarheit zu schaffen, hat die KTBL-Arbeitsgruppe „Stand der Verfahrenstechnik und Kosten der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung" Planungswerte für die Gesamtkosten der Anlagen nach einheitlichen Grundsätzen berechnet.

2 Verfahren und Einsatzbereiche

In Tabelle 1 sind die wichtigsten verfügbaren Abluftreinigungsverfahren und deren Auslegungsparameter zusammengefasst. Es werden Biofilter, chemische und biologische Wäscher (Rieselbettreaktoren) sowie kombinierte Verfahren angeboten, die bei ordnungsgemäßer Auslegung und Betriebsweise hohe Reinigungsleistungen erzielen können.

Die Auswahl des Reinigungsverfahrens richtet sich vor allem danach, welche Emissionen gemindert werden sollen und welche Reinigungsleistung erforderlich ist. In jedem Fall ist zu prüfen, ob alle stallinternen Möglichkeiten ausgeschöpft sind, die Emissionen z. B. durch Optimierung der Fütterung und der Stallklimatisierung zu mindern.

Die Abluftreinigung ist grundsätzlich nur bei Ställen mit Zwangslüftung einsetzbar, da die Abluft aus den Ställen gesammelt und mit Hilfe von Ventilatoren durch die Reinigungsanlage geleitet werden muss. Haltungsverfahren mit freier Lüftung, z. B. Kistenställe, lassen sich nicht mit einem Abluftfilter ausrüsten. Hauptanwendungsbereich ist daher die Schweine- und Geflügelhaltung. In der Rinderhaltung spielt sie keine große Rolle, da hier überwiegend frei gelüftete Laufställe betrieben werden und das Belästigungspotenzial der Abluft im Vergleich zur Schweine- und Geflügelhaltung gering ist.

Darüber hinaus ist der Einsatzbereich zu beachten. Nicht alle Systeme kommen mit einer hohen Staubfracht in der Abluft zurecht, die bspw. bei eingestreuten Verfahren auftritt. Nur dreistufige Verfahrenskombinationen können bei allen Haltungsverfahren mit Fest- oder Flüssigentmistung betrieben werden.

Um hohe Reinigungsleistungen dauerhaft sicher zu stellen, müssen die Abluftreinigungsanlagen sachgerecht dimensioniert sein, einen ausreichenden technischen Standard aufweisen und ordnungsgemäß betrieben werden. Die in der Vergangenheit errichteten Anlagen haben hier erhebliche Mängel gezeigt. Der Landkreis Cloppenburg hat deshalb zur Qualitätssicherung eine freiwillige Eignungsprüfung für Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung eingeführt (sog. Cloppenburg-Leitfaden, HAHNE et al. 2002), die zwischenzeitlich durch die Baumuster- und Gebrauchswertprüfung zur Zertifizierung von Abluftreinigungsanlagen (SignumTest) der DLG e. V. ersetzt wird (DLG 2006).

Der DLG-Test konkretisiert über die allgemeinen Anforderungen der VDI-Richtlinien „Biologische Abgasreinigung" (VDI 3477 2004, VDI 3478 1996) hinaus den Stand der Technik für Abluftreinigungsverfahren speziell für den Einsatz bei Tierhaltungsanlagen.

Tab. 1: Verfügbare Abluftreinigungsverfahren und ausgewählte Parameter (KTBL 2006)
Tab. 1: Available air purification systems and selected parameters

Parameter	Chemischer Wäscher	Rieselbettreaktor	Biofilter	Kombinationsverfahren (2/3-stufig)
Reinigungsleistung[1)]				
Geruch	-	+	+ +	+ +
Ammoniak	+ +	+	-	+ +
Staub	+	+	+	+ +
Einsatzbereich	Schweine (Flüssigmist)	Schweine (Flüssigmist)	Schweine (Flüssigmist)	Schweine (Fest-/Flüssigmist)
Luftführung	zentral	zentral	zentral/ dezentral	zentral
Bauweise	Turm-/Kompaktbauweise	Turm-/Kompaktbauweise	Flächen biofilter	Filterhaus
Flächenbelastung[2)] [$m^3/(m^2\ h)$]	1 900–5 200	1 200–5 000	≤ 250[3)]	3 500–5 000[4)]
Volumenbelastung[2)] [$m^3/(m^3\ h)$]	1 200–10 000	1 000–3 000	≤ 250	7 000–11 000[5)]
Verweilzeit[2)] [s]	0,4–3	0,5–2,5	4–14	0,5–3
Druckverlust[2)] [Pa]	bis 100	bis 100	bis 150	100–150

[1)] Mögliche Reinigungsleistungen bei ordnungsgemäßer Auslegung und Betrieb: - ungeeignet, + 70 %, + + 90 % (Geruch: kein Stallgeruch in der Reinluft wahrnehmbar bzw. Reingaskonzentration < 300 GE/m^3).
[2)] bezogen auf die maximale Luftrate.
[3)] Filterbett mit 1 m Schütthöhe.
[4)] Quotient der maximalen Luftrate und der Anströmfläche der ersten Filterwand.
[5)] Quotient der maximalen Luftrate und dem Filtervolumen der Chemo- und der Wasserstufe.

Für den Einsatz in der Schweinehaltung wurden bisher ein Biofiltersystem, zwei Rieselbettreaktoren, ein chemischer Wäscher mit Wasserstufe und zwei dreistufige Anlagen nach dem Cloppenburg-Leitfaden bzw. dem DLG-SignumTest zertifiziert. Ein zweistufiges Verfahren, bestehend aus einem Chemowäscher mit nachgeschaltetem Rieselbettreaktor hat inzwischen für den Bereich der Schweinehaltung ebenfalls die DLG-Prüfung bestanden. Die Prüfberichte der DLG[1] sind im Internet abrufbar.

3 Kostenkalkulation

3.1 Methode

Die Methodik und die Annahmen der Kostenkalkulation wurden im Rahmen der KTBL-Arbeitsgruppe „Stand der Verfahrenstechnik und Kosten der Abluftreinigung in der Nutztierhaltung“ abgestimmt und in der KTBL-Schrift 451 veröffentlicht (KTBL 2006).

[1] www.dlg.org/de/landwirtschaft/testzentrum/pruefberichte/gebaeude.html#Abluft.

Basis der Berechnungen sind die Mindestanforderungen an die Reinigungsleistung und den Betrieb der Anlagen, die im Rahmen des DLG-SignumTests einzuhalten sind. Die Kosten beziehen sich auf die Schweinemast, da dies mit Abstand der größte Anwendungsbereich ist. Für eine möglichst vollständige Kostenerfassung wurden auch die indirekten Investitionen, die durch die Reinigungsanlagen erforderlich werden, z. B. für die Lagerung des Abwassers und druckstabilere Ventilatoren, berücksichtigt. Dies gilt ebenso für die Mehrkosten für Strom, Wasser und Säure sowie die Abwasserverwertung. Da der Investitionsbedarf bzw. die Kosten von der Anlagenkapazität abhängen, wurden die Berechnungen für Auslegungsluftvolumenströme im Bereich von 50 000, 100 000 und 150 000 m³/h durchgeführt (470 bis etwa 1 850 Mastschweineplätze).

3.2 Ergebnisse

Für die Errichtung und den Betrieb eignungsgeprüfter Abluftreinigungsanlagen kann nahezu unabhängig vom Verfahren und unter Berücksichtigung der Kostendegression von jährlichen Gesamtkosten in Höhe von mindestens 13–17 € pro Mastschweineplatz (Abb. 1) bzw. 5–6 € pro Mastschwein als Planungswert ausgegangen werden (Stallneubau, 2,7 Umtriebe pro Jahr, ohne Mehrwertsteuer).

Die Kosten nehmen von 18–21 auf 13–17 € pro Tierplatz und Jahr ab, wenn Anlagen mit einer Kapazität im Bereich von 50 000 m³/h und 150 000 m³/h miteinander verglichen werden. Die Kostendegression über diesen Kapazitätsbereich beträgt etwa 20–30 %.

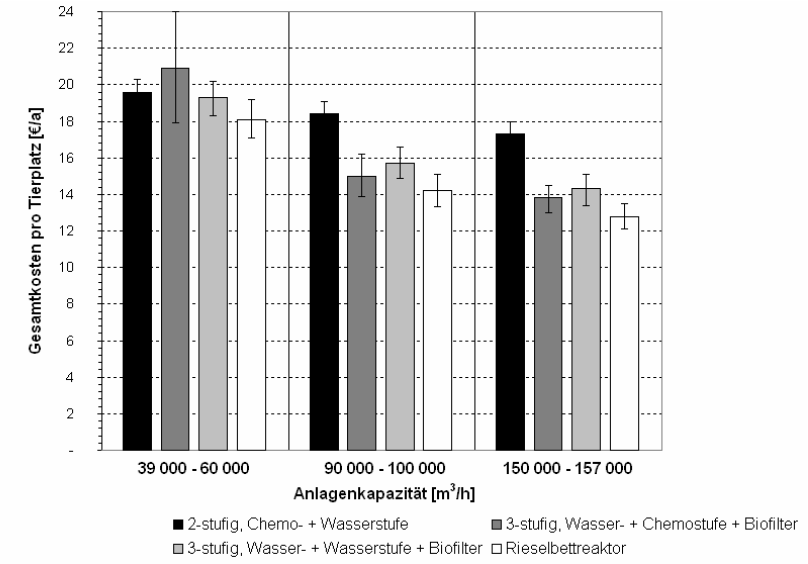


Abb. 1: Mittlere jährliche Gesamtkosten und deren Spannweite pro Mastschweineplatz (Stallneubau, Angaben ohne Mehrwertsteuer, KTBL 2006)
Fig. 1: Average total annual costs and range per fattening pig place (new building, exclusive of VAT)

Die Kosten der unterschiedlichen Verfahren unterscheiden sich mit Ausnahme des zweistufigen Chemowäschers bei den mittleren und großen Anlagenkapazitäten kaum (vor allem unter Berücksichtigung der Spannweiten). Dabei ist zu berücksichtigen, dass insbesondere der zweistufige Anlagentyp mit Chemo- und Wasserstufe und der dreistufige Anlagentyp mit Wasser- und Chemostufe sowie Biofilter nicht nur hinsichtlich Geruch und Gesamtstaub eine hohe Reinigungsleistung gewährleisten können, sondern auch im Hinblick auf Ammoniak. Im Vergleich hierzu ist die Reinigungsleistung von Rieselbettreaktoren und dreistufigen Anlagen mit zwei Wasserstufen (ohne Chemostufe) und Biofilter geringer.

Beim Einbau von Abluftreinigungsanlagen in bestehende Stallsysteme entstehen Zusatzkosten für den Umbau der vorhandenen Lüftungsanlagen, die von den baulichen und betrieblichen Verhältnissen im Einzelfall abhängen und nicht pauschal kalkuliert werden können.

Der Anteil der Investitionskosten an den Gesamtkosten beträgt etwa 40 %, der Betriebskostenanteil liegt bei 60 %. Etwa 45–50 % der Betriebskosten bzw. 30 % der Gesamtkosten sind Stromkosten für den Betrieb von Pumpen und den Mehrverbrauch der Lüftungsanlage des Stalles (Abb. 2).

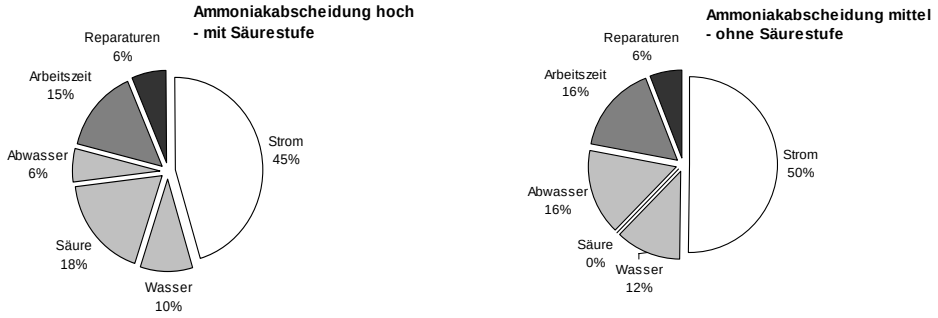


Abb. 2: Beispielhafte Zusammensetzung der Betriebskosten für Anlagen mit hoher Ammoniakabscheidung (Anlagen mit Säurestufe, Wirkungsgrad ≥ 90 %) und mit mittlerer Ammoniakabscheidung (Anlagen ohne Säurestufe, Wirkungsgrad ≥ 70 %)

Fig. 2: Exemplary composition of operating costs in the case of systems with a high cleaning efficiency for ammonia deposition (systems with acid application, efficiency ≥ 90 %) and a medium cleaning efficiency for ammonia deposition (systems without acid application, efficiency ≥ 70 %)

Dabei überwiegen die Mehrkosten der Lüftung mit einem Anteil von 50 bis 70 %. Der Aufwand für die Waschmedien (Wasser und Säure) und deren Entsorgung liegt bei 28 bis 34 % der Betriebskosten (Systeme mit Säurestufe und einer hohen Ammoniakabscheidung bzw. Anlagen ohne Säurestufe und einer mittleren Ammoniakabscheidung). Während bei Anlagen mit Säurestufe insbesondere die Kosten für die Schwefelsäure zu Buche schlagen, sind es bei Anlagen ohne Säurestufe vor allem die Kosten für die Verwertung des Abwassers, die aufgrund der höheren Abschlämmrate einen größeren Anteil ausmachen.

Der Arbeitsaufwand kann grob mit 70 bis 80 Stunden pro Jahr abgeschätzt werden. Er hat einen Anteil von etwa 15 % an den Betriebskosten und wird zu etwa 75 % durch die tägliche Sicht- und Funktionskontrolle der Anlagen verursacht, für die in der Regel bis zu 10 Minuten zu veranschlagen ist. Darüber hinaus sind 10 bis 20 Stunden pro Jahr für das Reinigen der Anlagen und den Wechsel des Waschwassers sowie die regelmäßige Kalibrierung des pH-Wert-Messgerätes anzusetzen. Die zusätzlichen Kosten für einen Wartungsvertrag, der in der Regel eine Funktionsprüfung umfasst, fallen mit etwa 240–800 € pro Jahr kaum ins Gewicht.

Die Reparaturkosten haben bei einem pauschalen Ansatz von 1 % der Investitionskosten nur einen Anteil von etwa 6 % an den Betriebskosten.

Der Investitionsbedarf und die jährlichen Investitions- und Betriebskosten sind in der KTBL-Schrift 451 „Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen“ (KTBL 2006) ausführlicher dargestellt.

Literatur

KTBL (Hrsg.) (2006): Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen – Verfahren, Leistungen, Kosten. KTBL-Schrift 451, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt

VDI 3477 (2004): Biologische Abluftreinigung – Biofilter. Beuth-Verlag, Berlin

VDI 3478 (1996): Biologische Abluftreinigung – Biowäscher und Rieselbettreaktoren. Beuth-Verlag, Berlin

Hahne, J.; Schirz, St.: Schumacher, W. (2002): Leitfaden des Landkreises Cloppenburg zur Feststellung der Eignung von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung zur Anwendung in der Genehmigungspraxis und bei der Überwachung. Landkreis Cloppenburg, Cloppenburg

DLG (2006): Prüfrahmen: Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen. DLG Testzentrum Technik & Betriebsmittel, Groß-Umstadt

Biologische Abluftwäsche – Möglichkeiten zur Reduzierung des Waschwasseranfalls

Biological Waste Air Cleaning – Possibilities for Waste Water Reduction

JOCHEN HAHNE

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Technologie und Biosystemtechnik, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Biologische Abluftwäsche, Waschwasser, Nitrifikation, pH-Regelung
Keywords: biological waste air cleaning, washing liquid, nitrification, pH control

Zusammenfassung

Biologische Abluftwäscher arbeiten hinsichtlich der Geruchs- und Ammoniakabscheidung zuverlässig, wenn eine übermäßige Aufkonzentrierung von mineralischen Stickstoffverbindungen durch eine ausreichende Abwasser-Abschlämmung vermieden wird. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass ohne pH-Regelung eine maximale N_{min}-Konzentration von 5,04 g/kg erzielt werden konnte. Eine pH-Regelung auf Werte zwischen 6 und 6,5 erlaubte die Aufrechterhaltung der Nitrifikation bis zu 4-fach höheren Stickstoffkonzentrationen. Diese Effekte können auf die Konzentrationen an Nitrit und salpetriger Säure zurückgeführt werden, die mit pH-Regelung gering gehalten werden können. Eine 4-fach höhere Stickstoffkonzentration im Waschwasser verringert den Abwasseranfall um denselben Faktor. Biologische Abluftwäscher können daher mit pH-Regelung kostengünstiger betrieben werden als nicht geregelte Systeme.

Summary

Biological operating scrubbers work properly regarding odour and ammonia removal if a surplus accumulation of inorganic nitrogen compounds is avoided by a sufficient waste water discharge rate. The present results show that a maximum inorganic nitrogen concentration of 5.04 g/kg could be achieved without pH control. A pH control between 6 and 6.5 enables a maintenance of nitrification up to fourfold higher nitrogen concentrations. These effects can be attributed to the nitrite and nitrous acid concentrations which can be kept very low with pH control.

A fourfold higher nitrogen concentration in the washing liquid reduc the waste water discharge volume by the very same factor. Biological working scrubbers with pH control can therefore be operated more cost-effective than uncontrolled systems.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Biologische Abluftwäscher können eine weitgehende Abtrennung von Staub, Gerüchen und Ammoniak gewährleisten, wenn sie mit einer ausreichend hohen Abschlämmrate betrieben werden. Während Stäube und Geruchsstoffe mikrobiell zu Biomasse, Wasser, Kohlendioxid und Abwärme umgesetzt werden, erfolgt durch den Ammoniakeintrag und seiner mikrobiellen Oxidation (Nitrifikation) eine kontinuierliche Aufsalzung des Waschwassers. Werden die Säure bildenden Bakterien (Nitrifikanten) durch Aufsalzung oder Nitritanreicherung gehemmt, bricht zunächst die Ammoniakabscheidung und nachfolgend der Geruchsstoffabbau zusammen. Je Mastplatz Schwein wird in der TA Luft für Ammoniak ein Emissionsfaktor von 3,64 kg/a (dies entspricht 3 kg NH_3-N) angegeben. Erfahrungswerte aus der Praxis belegten bisher, dass die Nitrifikation bei N-Konzentrationen oberhalb von ca. 4 g/l nachhaltig gehemmt wird. Dies hat zur Konsequenz, dass je Mastplatz Schwein zur vollständigen Stickstoffabscheidung ca. 750 Liter Waschwasser anfallen, die gelagert, transportiert und landwirtschaftlich verwertet werden müssen. Diese Waschwassermenge entspricht mindestens 50 % der ohnehin anfallenden Güllemenge, so dass die Lagerkapazitäten bei Einsatz dieses Verfahrens erheblich erweitert werden müssten.

Ziel der Arbeiten ist es, den Waschwasseranfall durch verschiedene Maßnahmen zu reduzieren, um neben einer dauerhaften Reinigungsleistung letztendlich auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu verbessern. Als eine Option zur Reduzierung des Waschwasseranfalls wurde die pH-Regelung eines biologischen Abluftwäschers untersucht.

2 Versuchsdurchführung und Methodik

Ein zweistufiger, biologisch betriebener Abluftwäscher (Abb. 1) wurde in acht Versuchen mit Abluft einer Schweinemastanlage beaufschlagt, wobei die Versuchsdauer zwischen 72 und 155 d variierte. Bei sechs Versuchen wurde der pH-Wert in jeweils einer Waschstufe mit konzentrierter Schwefelsäure auf pH = 6,5 geregelt, in fünf Fällen erfolgte die Regelung in Waschstufe 1 (S1), einmal in Waschstufe 2 (S2). Die jeweils andere Waschstufe wurde ebenso wie ein weiterer Versuch ohne pH-Regelung betrieben. Verdunstungsverluste wurden über eine automatisch arbeitende Füllstandsregelung mit Frischwasser ausgeglichen. Eine Abschlämmung belasteten Abwassers erfolgte nicht. Die Probenahme erfolgte mindestens 3-mal in der Woche aus den Umlaufleitungen bei konstantem Füllstand. Ammonium-Stickstoff wurde aus der Mischprobe destillativ (DIN 38406 – E5-2), Nitrit- und Nitrat-Stickstoff nach Membranfiltration ionenchromatographisch (EN ISO 10304 –2) analysiert [1]. Zur Bestimmung des organisch gebundenen Stickstoffs wurde ein Teil der Probe 2-mal zentrifugiert, das Pellet resuspendiert und mit deionisiertem Wasser gewaschen. Aus dem gewaschenen Pellet erfolgte dann die Bestimmung des gebundenen Stickstoffs nach EN 25663 [1].

Bei allen Versuchen wurden – jeweils für die Waschstufen getrennt – die maximal im Versuchsablauf erreichten mineralischen Stickstoffkonzentrationen (N_{min}= NH_4-N + NO_2-N + NO_3-N) ermittelt und die Verhältnisse Nitrat-N/Nitrit-N errechnet. Ferner wurden die Nitrit- und Nitratproduktionsraten bei laufender Nitrifikation bestimmt.

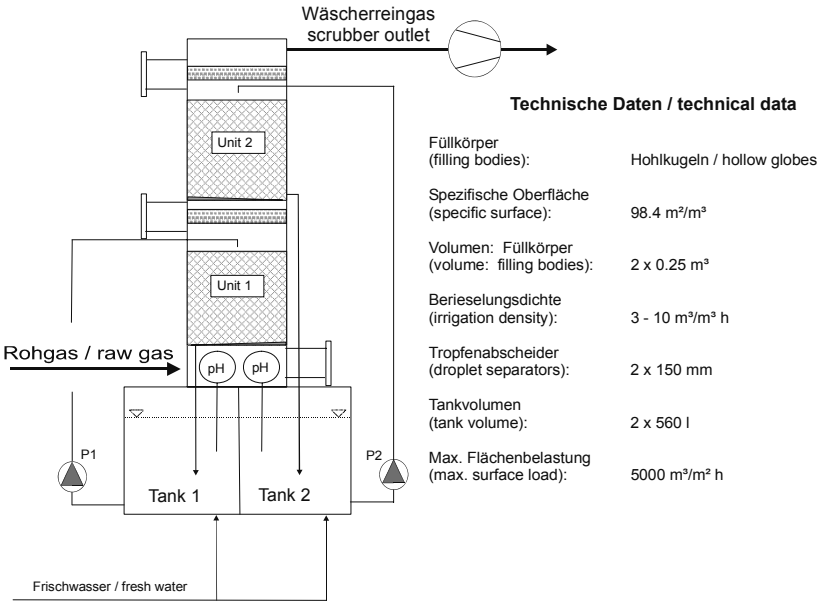


Abb. 1: Aufbau und technische Daten des biologisch arbeitenden Abluftwäschers
Fig. 1: Design and technical data of the biological operating waste air scrubber

3 Ergebnisse

Ohne pH-Regelung wurden in der ersten Waschstufe (S1) durchschnittlich 121,5 g/m³ d Stickstoff im Waschwasser absorbiert, mit pH-Regelung im Mittel 261 g/m³ d. In der Waschstufe 2 (S2) waren es ohne pH-Regelung durchschnittlich 87,2 g/m³ d, während mit pH-Regelung 287 g/m³ d absorbiert werden konnten (Tab. 1). Ohne pH-Regelung wurden maximale N_{min}-Konzentrationen von 5040 mg/kg in S1 und 4600 mg/kg in S2 ermittelt. Im Durchschnitt lagen bei diesen Versuchen ohne pH-Regelung 54,3 % des N_{min} als NH_4-N, 35,6 % als NO_2-N und 9,1 % als NO_3-N vor. Die maximalen NO_2-N-Konzentrationen lagen bei 1931 mg/kg (S1) bzw. 1840 mg/kg (S2). Im Durchschnitt aller nicht pH-geregelten Versuche lag die maximale NO_2-N-Konzentration bei 1374 mg/kg. Demgegenüber wurden lediglich NO_3-N-Konzentrationen von maximal 269 mg/kg (S1) bzw. 637 mg/kg (S2) erreicht. Das NO_3-N/NO_2-N-Verhältnis betrug in den ungeregelten Versuchen durchschnittlich 0,33 : 1.

Mit pH-Regelung auf pH = 6,5 wurden maximale N_{min}-Konzentrationen von 21721 mg/kg in S1 und 11461 mg/kg in S2 erzielt. Fand eine nennenswerte Nitrifikation statt, lagen durchschnittlich 67,7 % des N_{min} als NH_4-N, 0,8 % als NO_2-N und 31,6 % als NO_3-N vor. Wo die Nitrifikation gehemmt war, kam es zur Aufkonzentrierung von NH_4-N, das dann durchschnittlich 94,7 % des N_{min} ausmachte. Bei den Versuchen mit pH-Regelung betrugen die maximalen NO_2-N-Konzentrationen 581 mg/kg (S1) bzw. 778 mg/kg (S2), durchschnittlich lagen sie bei 269 mg/kg. Die maximal erzielten NO_3-N-Konzentratio-

nen lagen bei 5972 mg/kg (S1) bzw. 637 mg/kg (S2). Das NO_3-N/NO_2-N-Verhältnis lag durchschnittlich bei 55 : 1.

Tab.1: Maximal erreichte N-Konzentrationen im Waschwasser eines biologisch betriebenen Abluftwäschers bei unterschiedlichen N-Einträgen mit und ohne pH-Regelung
Tab. 1: Maximum achieved nitrogen concentrations in the washing liquid of a biological operating scrubber at different nitrogen inputs with and without pH control

Nr no	Stufe unit	N-Input g/m³ d	pH-Regelung pH control	NH_4-N mg/kg	NO_2-N mg/kg	NO_3-N mg/kg	N_{min} mg/kg
1	S1	97	-	2 840	1 931	269	5 040
	S2	76	-	2 370	1 840	181	4 391
2	S1	146	-	1 910	1 312	47	3 269
	S2	287	+	10 570	778	113	11 461
3	S1	199	+	9 930	581	182	10 693
	S2	103	-	2 570	1 572	458	4 600
4	S1	213	+	8 230	185	4 643	13 058
	S2	43	-	618	373	419	1 410
5	S1	353	+	15 720	29	5 972	21 721
	S2	173	-	1 820	1 106	359	3 285
6	S1	289	+	14 570	32	322	14 924
	S2	58	-	2 550	1 684	114	4 348
7	S1	250	+	13 720	6	540	14 266
	S2	70	-	1 960	1 176	637	3 773

Die Nitrit-Bildung stieg bei nicht geregeltem pH-Wert tendenziell mit dem Ammoniak-eintrag in das Waschwasser an, während die Nitrat-Bildung bei steigenden Einträgen fiel (Abb. 2). Einträge von bis zu 173 g NH_3-N/m³ d ergaben im Regelbetrieb keine Hemmungen der Nitritbildung; Limitierungen können jedoch durch Mangel an gelöstem Sauerstoff (zu geringe Berieselungsdichte) und/oder durch Aufsalzungen verursacht werden. Die Nitrit-Produktionsraten stiegen an bis zu N-Konzentrationen um 3000 mg/kg (= 100 %), wobei das $N_{oxidiert}/N_{reduziert}$ –Verhältnis bei durchschnittlich 0,9 lag. Bei 4000 m/kg sank die Produktionsrate auf 79 %, bei 5000 mg/kg auf nur noch 21 %.

Bei einer pH-Regelung stiegen die Stickstoffeinträge ins Waschwasser um das Zwei- bis Dreifache. Dies führte zu einer teilweisen Hemmung der Nitrifikation. Insbesondere die Nitritbildung war hiervon betroffen (Tab. 1). Bei den Versuchen 4 und 5 wurden im Gegensatz dazu jedoch hohe NO_3-N-Konzentrationen nachgewiesen (4643 bzw. 5972 mg/kg) (Tab. 2). In beiden Fällen wurde das Nitrit offensichtlich schneller zu Nitrat oxidiert als es aus Ammoniak gebildet wurde. Hierdurch trat im Waschwasser keine Akkumulation von Nitrit auf, dessen hemmende Wirkung als freie Säure auf die Nitrifikation seit langem bekannt ist [2]. Beide Versuche zeigen, dass auch bei hohen N-Konzentrationen noch eine Nitrifikation möglich ist. Sie konnte bei den hohen Stickstoffeinträgen aus der Abluft von Mastschweineställen jedoch nur bei pH-Werten von 6–6,5 aufrechterhalten werden.

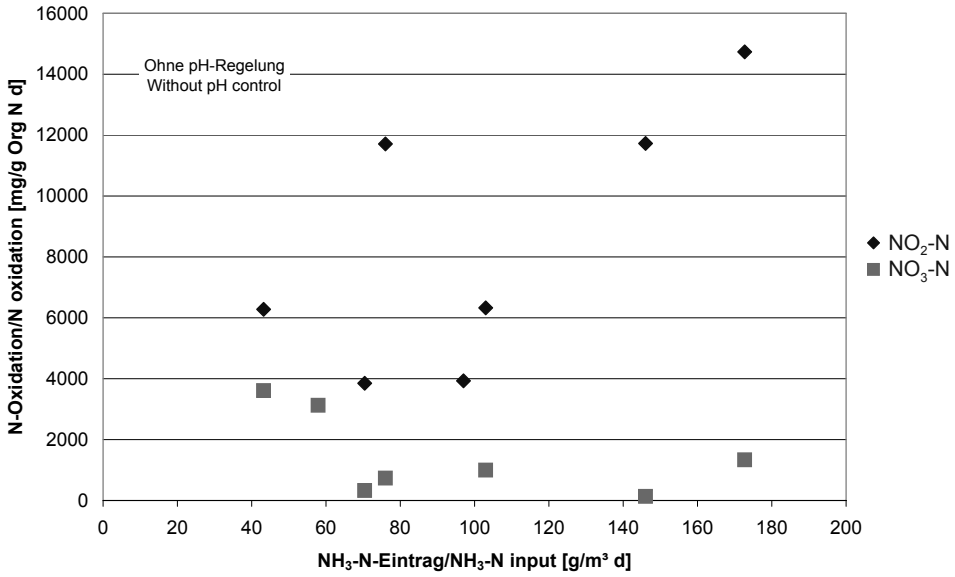


Abb. 2: Nitrit- und Nitratproduktion in Abhängigkeit des Ammoniakeintrages in den biologisch betriebenen Abluftwäscher ohne pH-Regelung

Fig. 2: Nitrite and nitrate production against ammonia input in a biological operating scrubber without pH control

4 Fazit

Durch eine pH-Regelung des Waschwassers auf 6–6,5 konnte eine Nitrifikation aufrechterhalten und eine Stickstoffkonzentration (N_{min}) von 21,72 g/kg im Maximum erreicht werden. Ohne pH-Regelung wurden maximal 5,04 g/kg N_{min} erzielt.

Bei einer abzuschlämmenden N-Menge von 3000 g/Tierplatz und Jahr (Mastschweinehaltung, Emissionsfaktor 3,64 kg NH_3) wären hierfür mit pH-Regelung im günstigsten Fall nur ca. 138 Liter Waschwasser notwendig (138 l · 21,72 g/l = 2997 g). Ohne pH-Regelung wären es hingegen mindestens 595 l (595 l · 5,04 g/l = 2999 g). Der Waschwasseranfall könnte somit unter optimalen Bedingungen um den Faktor 4,3 reduziert werden. Angesichts der Ausbringungskosten (2,60 €/m³), der Investitions-kosten für Lagerraum (35 €/m³) und der Kosten für Frischwasser (0,5 €/m³) [3] kann sich ein erhebliches Einsparpotenzial trotz geringen Mehrverbrauchs an Säure ergeben.

Tab. 2: Betriebsbedingungen und Zusammensetzung des Waschwassers des biologisch arbeitenden Abluftwäschers bei Versuchen mit hoher Nitratbildung
Tab. 2: Operating conditions and washing water composition of the biological working scrubber at trials with a high nitrate production

V 4	Flächenbelastung/surface load: 3 330 m³/m² h			
	Minimum	Maximum	Mittel/mean	Median
pH [-]	5,5	6,6	6,2	6,3
T [°C]	12,6	22,0	17,9	18,1
O_2 [mg/l]	0	9,3	2,1	0,3
NH_4-N [mg/kg]	3 400	8 230	5 700	5 750
NO_2-N [mg/kg]	0	185	9	0
NO_3-N [mg/kg]	363	4 643	2 300	2 456
V 5	**Flächenbelastung/surface load: 4 040 m³/m² h**			
	Minimum	Maximum	Mittel/mean	Median
pH [-]	4,7	6,6	6,1	6,3
T [°C]	14,3	20,4	17,2	17,6
O_2 [mg/l]	0,1	10,2	1,4	0,2
NH_4-N [mg/kg]	1 950	9 920	4 584	4 245
NO_2-N [mg/kg]	0	0	0	0
NO_3-N [mg/kg]	438	5 972	2 703	2 412

Literatur

[1] Fachgruppe Wasserchemie (Hrsg.): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Verlag Chemie GmbH, Weinheim, in der jeweils gültigen Fassung

[2] Anthonisen, A.C.; Loehr, R.C.; Prakasam, T.B.S.; Srinath, E.G. (1976): Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. Jour. Water Poll. Control Fed. 48: 835–852

[3] KTBL, Hrsg. (2006): Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen. KTBL-Schrift 451. Darmstadt

Aerocleaner® – Emissionsminderung und Luftverbesserung im Stall

Aerocleaner® – Emission Reduction and Indoor-air-improvement

RICHARD HÖLSCHER[1], WOLFGANG BÜSCHER[2]

[1] Firma Hölscher + Leuschner, Siemensstr. 15, D-48488 Emsbüren

[2] Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

Schlüsselwörter: Emissionsreduzierung, Lufthygiene, Mastschweine
Keywords: emission reduciton, air hygiene, fattening pigs

Zusammenfassung

Das regelmäßige Vernebeln einer Ölgemisch-Wasser-Emulsion fetter und ätherischer Öle durch den Aerocleaner® wurde im Rahmen eines Dissertationsprojektes mit dem Institut für Landtechnik Bonn auf die konzentrations- und emissionsmindernde Wirkung hin untersucht. Im Durchschnitt der durchgeführten Langzeitmessungen führte der Einsatz des Aerocleaners® zu signifikanten Emissonsminderungen für Staub und Ammoniak. Die Gesamtstaubemissionen des mit dem Aerocleaner® behandelten Abteils waren im Durchschnitt um 68 % gegenüber dem Referenzabteil vermindert. Die Ammoniakemissionen sanken durch die Ölapplikation um 28 %.

Summary

The potential to reduce emissions from a livestock facility by cyclic aerosol-treatment with an oil-mixture of essential and fatty oils through the Aerocleaner® were investigated during a research project conducted by the Institute of Agricultural Engineering. The treatment with the Aerocleaner® led to a significant reduction of dust and ammonia emissions. The average total dust reduction over the long-term trials was 68 %. The ammonia emissions were reduced by 28 %.

1 Einleitung

Dem Konzept des Aerocleaners® liegt die Idee zugrunde, eine Emissionsminderung des Stalls zu erzielen, indem man die Innenraumkonzentration der Schadsubstanzen bereits im Stall senkt und damit den Emissionsmassenstrom als Produkt aus Innenraumkonzentration und Abluftvolumenstrom im Vergleich zu einem Referenzsystem reduziert. Dies hat den großen Vorteil, dass neben der positiven ökologischen Wirkung eine Verbesserung der Luftqualität im Stall zu besseren Haltungsbedingungen für die Tiere und besseren Arbeitsbedingungen für den im Stall tätigen Menschen führt. Gängige Filterungsverfahren, die ausschließlich eine Schadsubstanzminderung „end-of-the-pipe" – also beim Austritt aus dem Stall – bewirken, stellen für den Landwirt nur einen zusätzlichen Kostenfaktor dar, der meist während des Genehmigungsverfahrens zur Realisierung des Bauvorhabens am gewählten Standort akzeptiert werden musste. Der Aerocleaner® eröffnet die Möglichkeit einer Emissionsminderung und der Verbesserung der Stallluft mit positiven Effekten auf die Tiergesundheit und Mastleistungen – also einem positiven ökonomischen Effekt.

Steht Staub aufgrund seiner gesundheitsbeeinträchtigenden Wirkung bei Langzeiteinwirkung (Farmerlunge) und der zunehmenden Beachtung durch die Öffentlichkeit (Feinstaubdiskussion) im Fokus der Betrachtung, sind die Verfahren zum Versprühen pflanzlicher Öle sehr vielversprechend. Erste Versuche hierzu wurden bereits 1985 in Dänemark durchgeführt [1]. Das Verfahren wurde in den Folgejahren hinsichtlich eingesetzter Ölmengen und Ausbringungstechnik von Forschungseinrichtungen in Dänemark, den USA und Kanada optimiert. Mit Ölmengen von 5–40 ml pro Tier und Tag werden Reduzierungen der Staubkonzentration im Stall von 40–90 % erreicht. Dies gilt sowohl für Gesamtstaub als auch Feinstaub (PM10 bzw. PM5). Effekte auf die Ammoniakkonzentrationen im Stall wurden nicht festgestellt. Die Ausbringung der Öl-Wasser-Emulsion – meist einmal täglich – erfolgt in der Regel mittels Pflanzenschutzdüsen bzw. Sprinkleranlagen, die bei einem Druckniveau von ca. 4 bar arbeiten [2, 3]. Beim Versprühen entstehen dabei vornehmlich Tropfen und wenig Aerosole. Der Effekt der Staubreduktion wird durch das Anhaften der Staubpartikel an den mit Öl benetzten Oberflächen (Gitter, Spalten, etc.) erklärt.

2 Material und Methoden

In Abgrenzung zu diesen aus den 80er-Jahren bekannten wissenschaftlichen Untersuchungen zur Staubminderung im Stall mittels Rapsölanwendung realisiert der Aerocleaner® eine Aerosolapplikation, d. h. die Ausbringung durch flächige Vernebelung einer speziellen Ölgemisch-Wasser-Emulsion unter Hochdruck (100 bar) in zahlreichen Zyklen über den Tag verteilt. Das Ölgemisch setzt sich zusammen aus organischen Ölen und ausgewählten ätherischen Ölen, die eine hemmende bzw. abtötende Wirkung auf Keime (Bakterien und Viren) und Pilze haben und damit eine Verminderung der Konzentration an aerogenen Keimen und Pilzsporen im Stall bewirken. Durch die bei der Aerosolanwendung entstehenden feinen Tröpfchen und die bei jedem Sprühintervall ausgebrachte kleine Ölgemischmenge bildet sich ein sehr feiner homogen verteilter

Ölfilm im Stall, der ein Wiederaufwirbeln des sedimentierten Staubes verhindert. Durch häufige aber kurze Sprühintervalle wird die Stallluft regelmäßig von Schwebstaub und Schadgasen befreit bzw. ihre Konzentration gesenkt. Durch die Wahl des Ölgemisches, durch die Art des Verfahrens (Druckniveau und Düsengeometrie) und durch die Frequenz der Ausbringung wird über die Staubbindung hinaus eine Schadgasbindung, Geruchsminderung und Keimreduktion im Stall erzielt.

Es wurden vergleichende Messungen in einem konventionell genutzten Stall zur Schweinemast durchgeführt. Im ersten Abteil des Versuchsstalls wurde der Aerocleaner® über den gesamten Mastzeitraum eingesetzt; das zweite Abteil diente bei ansonsten exakt gleichen Bedingungen als Referenz. Die Staubkonzentrationen wurden durch ein Streulichtaerosolspektrometer und gravimetrisch gemessen, die Ammoniakkonzentrationen mittels fotoakustischem Infrarotspektrometer und NDIR-Spektrometer. Die Minutenmesswerte wurden zu Tagesdurchschnittswerten aggregiert und der Durchschnitt dreier 24-h-Messungen in Form kalkulierter Quellstärken (Emissionsmassenstrom pro Tiermasse) miteinander verglichen.

3 Ergebnisse

Im Durchschnitt der drei Messperioden (>22 Messtage) wurde gegenüber der Referenz eine Verminderung der Gesamtstaubemission von im Durchschnitt 68 % durch den Aerocleaner® erzielt. Bei den Quellstärken für PM10-Staub wurde eine durchschnittliche Minderung von 65 % festgestellt. Die Ammoniakemissionen sanken bei Aerosolapplikation um durchschnittlich 28 %. Vergleicht man die Ergebnisse dieser Untersuchungen mit den Ergebnissen der Messungen zu Rapsölanwendungen der Vergangenheit, so fällt besonders die Minderung der Ammoniakemission ins Auge, die bislang nicht festgestellt worden war. Dies ist auf drei wesentliche Verfahrensunterschiede zurückzuführen:

1. Die Systemcharakteristik mit der Frequenz der Ölgemisch-Aerosol-Applikation zum einen (bei den Untersuchungen der Vergangenheit wurde die Ölemulsion ein- bis zweimal täglich ausgebracht) und der sehr feinen Tröpfchencharakteristik zum anderen (große reaktive Oberfläche), die sich aus der Auslegung der Anlage hinsichtlich Druckniveau, Düsengeometrie, Düsenanzahl und Düsenanordnung ergibt, stellt den größten Unterschied dar. Durch die vergleichsweise hohe Frequenz der Aerosolapplikation während Tag- und Nachtzeit kommt dies einer quasikontinuierlichen Behandlung der Stallluft gleich.
2. Das Ölgemisch, das aufgrund der ätherischen Öle eine bessere Bindung des Ammoniaks im Vergleich zu einfachem Raps- oder Sojaöl zur Folge hat, differenziert ebenfalls die Systeme.
3. Die Verdunstungskühlung (durch die sehr feinen Tröpfchen/Aerosole begünstigt), die einen indirekten Einfluss auf die Lüftungsrate hat und damit zu vergleichsweise deutlich reduzierten Abluftvolumenströmen führt, ist ein ergänzender Effekt. Dies ist angesichts der einhergehenden verminderten Schadsubstanz-Innenraumkonzentration akzeptabel und unterstützt die emissionsmindernde Wirkung positiv.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt.



	Konzentration	Emission
Gesamtstaub[1]	-59 %	-68 %
PM10-Staub[1]	-54 %	-65 %
Ammoniak[2]	-16 %	-28 %

[1] Messwerterfassung: Streulichtspektrometer (Grimm)

[2] Messwerterfassung: photoakustisch (Innova)

Abb. 1: Ergebnisse zu den Langzeitmessungen mit dem Aerocleaner®
Fig. 1: Results of the long-term measurements with the Aerocleaner®

Der umweltrelevante Aspekt der Emissionsminderung wird durch die Tatsache deutlich gesenkter Innenraumkonzentrationen an Staub und Ammoniak im Sinne einer Verbesserung der Lufthygiene im Stall zur Verbesserung der Mastbedingungen für die Tiere und im Sinne einer verbesserten Arbeitsumgebung für den dort tätigen Menschen unterstützt. Die Konzentrationen an Gesamtstaub sanken um 59 %, an PM10-Staub um 54 % und an Ammoniak um 16 % (statistisch höchst signifikant). Bei den Schlachtkörperuntersuchungen waren bei den Tieren des behandelten Abteils (über die gesamte Mastperiode behandelt) tendenziell weniger Lungenbefunde zu verzeichnen; makroskopische und histologische Stichprobenuntersuchungen der Lungen (jeweils 25 Stück) durch das Tiergesundheitsamt Rohleber zeigten keinen negativen Einfluss der Ölaerosole auf die Tierlungen. Eine durch das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universitätsklinik Bonn durchgeführte Bestimmung der Pilzsporenkonzentration der Stallluft ergab eine um 58 % geringere Innenraumkonzentration an Schimmelpilzsporen im behandelten Abteil. Die Ergebnisse zur Keim- und Schimmelpilzsporenkonzentration sind durch die in gleicher Größenordnung gesunkenen Staubkonzentrationen zu erklären, da die Keime und Pilzsporen dem Staub anhaften. Hohe Bestimmtheitsmaße der Korrelation von Staub- und Endotoxinkonzentrationen wurden bereits wissenschaftlich belegt [4]. Zwei Stichprobenmessungen zur Geruchsemission zeigten darüber hinaus eine Geruchsreduzierung durch den Aerocleaner® von 43 % bzw. 52 %.

Neben dem Einsatz zur Staub- und Schadgasminderung im Stall und zur Geruchsreduktion wurde die Funktionalität des Aerocleaners® um die Einsatzbereiche Befeuchtungskühlung im Sommer, Einweichen, Desinfizieren und Fliegenbekämpfung erweitert. Dazu wird das System ohne Aerocleaner®-Öl betrieben oder es wird aus einem Zweitbehälter (abnehmbarer Kanister) die Wirksubstanz (Reinigungskonzentrat, Desinfektionsmittel oder Insektizid) zudosiert. Die komfortable Bedienungsoberfläche des Aerocleaners® erleichtert die Einstellung des Gerätes über einen PC und realisiert darüber hinaus die Kommunikation mit der vorhandenen Lüftungssteuerung, um eine gezielte und auf die Lüftung abgestimmte Befeuchtungskühlung zu ermöglichen.

4 Ausblick

Durch das Konzept der Wirkungsentfaltung im Stall und aufgrund der einfachen Montage eignet sich der Aerocleaner® besonders zur Nachrüstung (keine bauartlichen Änderungen notwendig) auch bei dezentraler Entlüftung (bei Altsubstanz häufig der Fall). Damit erwächst dem System auch in Genehmigungsverfahren Bedeutung, wenn durch Ausnutzung der „Kompensation" die Emission der Gesamtanlage geringer ist als der „vollgefilterte" Neubau. Das heißt, dass bei Nachrüstung des Neubaus und der Altsubstanz mit dem Aerocleaner® die Emission der Gesamtanlage unter Umständen geringer ist als eine 3-Stufen-Filterung (oder Biofilter, Biowäscher) des Neubaus. Damit, so ist es zumindest bei nachträglichen Anordnungen in der TA-Luft verankert (6.2.5 „Kompensation", TA-Luft 24.07.02), soll der in Summe stärker mindernden Maßnahme der Vorrang gewehrt werden. Genehmigungsverfahren mit dem Aerocleaner® als „Emissionsminderungsmaßnahme" sind derzeit in der Prüfung.

Umfangreiche Untersuchungen zur Keimreduktion im Stall und zur Keimemissionsminderung des Stalls durch den Aerocleaner® werden derzeit im Rahmen eines Promotionsvorhabens durch das Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie der TiHo Hannover untersucht.

Die Konzentrations- und Emissionsminderung durch den Aerocleaner®-Einsatz in einem Broilerstall werden durch das Institut für Landtechnik evaluiert.

Literatur

[1] Pedersen, S. et al. (1992): 2nd Report of Working Group on Climatization of Animal Houses, S. 111–147

[2] Takai, H.; Moeller, F.; Iversen, M.; Jorsal, S.E.; Bille-Hansen. (1995): Dust Control in Pig Houses by Spraying Rapeseed Oil. Transactions of the ASAE, Vol. 38(5), S. 1513-1518

[3] Zhang, Y.; Tanaka, A.; Barber, E.M.; Feddes, J.J.R. (1996): Effects of Frequency and Quantity of Sprinkling Canola Oil on Dust Reduction in Swine Buildings. Transactions of the ASAE, Vol. 39(3), S. 1077–1081

[4] Saleh, M.; Seedorf, J.; Hartung, J. (2005): Influence of animal age and season on bioaerosol concentrations in a broiler house. Proceedings of the 12th International Congress on Animal Hygiene ISAH, S. 37–40

Bewertung von Abluftreinigungsverfahren mittels Geruchsstoffanalyse

Evaluation of Methods for Exhaust Air Cleaning by Means of an Analysis of Odour Substances

RALF KOSCH[1], HERMAN VAN DEN WEGHE[2], WERNER BUTTE[3]

[1] Big Dutchman International GmbH, Auf der Lage 2, D-49377 Vechta

[2] Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, D-49377 Vechta

[3] Universität Oldenburg, Institut für reine und angewandte Chemie, PF 2501, D-26111 Oldenburg

Schlüsselwörter: Emissionen, Geruch, Analytik
Keywords: emissions, odour, analysis

Zusammenfassung

Für die Bewertung von Maßnahmen zur Reduzierung von Geruchsemissionen ist die Olfaktometrie ein vergleichsweise unspezifisches Messverfahren. Besonders eine Verfahrensoptimierung ist mit dieser Methodik kaum möglich. Als Methode zur Geruchsstoffmessung kann in solchen Fällen alternativ eine Einzelstoffanalytik mit einem Gaschromatographen-Massenspektrometer (GC-MS) durchgeführt werden. In dem Beitrag wird das Verfahren zur Messung der Geruchsstoffkomponenten in Nutztierställen vorgestellt. Die Methodik wurde an zwei Schweinemastställen geprüft, bei denen eine Abluftreinigungsanlage installiert war. Es konnten fast alle flüchtigen Komponenten der Stallluft, die in einem Total-Ionenchromatogramm sichtbar werden, erfasst werden. Die Messungen zeigen einen hohen Abbau von leicht flüchtigen organischen Säuren, Phenolen und Indolen, während schwefelhaltige Stoffverbindungen kaum mit dem Biofilter abgebaut wurden.

Summary

The olfactometry is a comparatively non-specific measuring method to evaluate procedures for the reduction of odour emissions. Particulary a process optimization is hardly possible. As an alternative in such cases, an analysis of individual substances can be carried out by means of a GC-MS as a method for odour measurements. In the article, the procedure of measuring the odour components in livestock farms is presented. The methodology was tested in two pig rearing houses where an exhaust air cleaning system was installed. Nearly the entire amount of volatile components in the house air, which become visible in a total-ion-chromatogram, could be registered. The reduction of odours by means of the treatment with a biofilter was able to cause plausible results with regard to the individual substances.

1 Einleitung

Die Geruchsstoffzusammensetzung in Nutztierställen setzt sich aus mehr als hundert Geruchsstoffen zusammen (O'Neill & Phillips 1992, Wang et al. 1998, Zhu et al. 2001, Le et al. 2005). Davon werden etwa zwanzig Geruchsstoffe als Indikatorsubstanzen für die Geruchsbildung von Schweineabluft benannt. Nach Le et al. (2005a) sind insbesondere die schwefelhaltigen Verbindungen als Geruchsstoffbildner in der Schweinehaltung zu nennen. Der oftmals aufgeführte Schwefelwasserstoff (Ma et al. 2001, Ruan et al. 2004) hat als Leitsubstanz nach Wright et al. (2004) dagegen einen deutlich geringeren Anteil an der Geruchsbildung als die Gruppe der Methylamine. Ebenso weisen Indol, Skatol und leicht flüchtige Fettsäuren eine hohe Korrelation zur Geruchswahrnehmung auf (Williams 1984). Qu & Feddes (2004) konnten unter Verwendung von sechzehn Geruchsstoffen einen Schweinestallgeruch künstlich erzeugen.

Ein Nachweis von Geruchsstoffen wurde bereits vor 20 Jahren von Hartung (1986) und Hartung & Rockicki (1984) durchgeführt. Solche Messungen spiegeln die Realität jedoch nur unzureichend wieder und eine Korrelation zur tatsächlichen Geruchswahrnehmung konnte bislang nicht erreicht werden (Gralapp et al. 2001). Die Ursache hierfür liegt in den stark variierenden Geruchsschwellenwerten (µg/m³) der einzelnen Substanzen, die in weitreichender Wechselwirkung zueinander stehen. Beispielsweise werden in der Literatur für Phenol Geruchsschwellenwerte zwischen 180 µg/m³ (Brauer 2002) und 22000 µg/m³ (Hobbs et al. 1997) angegeben.

Zur Bewertung von Geruchsemissionen gibt es verschiedene Ansätze. Aufgrund der geringen Korrelation der analytischen Nachweisverfahren zur menschlichen Geruchswahrnehmung wird bis heute die Olfaktometrie nach DIN 13725 zur Bestimmung der Geruchsemissionen herangezogen, die auf eine sensorische Prüfung mit bis zu sechzehn Probanden basiert und neben der Geruchstoffkonzentration, die Geruchsintensität (wie stark riecht es bei steigenden Konzentrationen, Penetranz) und die Hedonik (welchen Eindruck erzeugt der Geruch bei steigenden Konzentrationen, Lästigkeit) ermittelt. Bei der Entwicklung von Maßnahmen zur Reduzierung der Geruchsemissionen muss die olfaktometrische Untersuchung diese drei Parameter erfassen, so dass der Kostenaufwand sehr hoch ist.

Als alternative Methode zur Entwicklung und Bewertung geruchsmindernder Verfahren kann eine Geruchsstoff bezogene Analytik mit einem an einen Kapillargaschromatographen gekoppelten Massenspektrometer (GC-MS) eine neue Grundlage solcher Verfahren sein, weil mit der stoffspezifschen Analyse auf kostengünstige Weise die Wirkmechanismen identifiziert werden können.

2 Material und Methoden

Die Messungen zur Geruchsstoffanalyse wurden auf zwei Betrieben mit Schweinemastställen (BI: 2000 Mastplätze; BII 1000 Mastplätze) durchgeführt. Beide Ställe verfügen über eine zentrale Abluftführung und einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage mit Biofilter, so dass ein Nachweis des Geruchstoffabbaus erfolgen konnte. Die Probennahme erfolgt zum letzen Mastabschnitt des vollbelegten Stalles (Rein-Raus-Verfahren). Der Bio-

filter (BF) diente der Untersuchung als Referenz, mit der eine effiziente Geruchsreduktion erzielt wird. Eine parallele olfaktometrische Untersuchung wurde nicht durchgeführt.

Die Probenahme für die Geruchstoffanalytik erfolgt vor Ort auf Tenax-Röhrchen (Supelco und Perkin-Elmer). Diese adsorbieren organische Komponenten in einem Siedebereich von ca. 60–260 °C. Dies gilt auch für vergleichsweise hochsiedende basische Komponenten wie Indol (Sdp. 253 °C) und Skatol (Sdp. 265 °C) die mit guten Ergebnissen auch mit SMPE-Röhrchen adsorbiert werden können (KIM-YANG et al. 2004). In dieser Untersuchung wurden Tenax-Röhrchen mittels einer Accura-Handpumpe (Fa. Dräger) mit einem Probenvoulmen von zwei Liter beaufschlagt.

Das von uns verwendete Analyseverfahren ist in der VDI-Richtlinie Nr. 4300 Bl 6 beschrieben. Diese Methode wurde für organische Substanzen des Innenraumbereichs entwickelt und weist eine sehr hohe Nachweisgrenze auf. In den Konzentrationsbereichen kann diese auch für Stallluft angewendet werden. In unseren Untersuchungen wurde ein Gaschromatograph Varian CP 3800 mit einer Kapillarsäule (DB 642) verwendet; die Detektion erfolgte mit einem Massenspektrometer (Saturn 2200, Ionenfalle).

Kalibriert wurde das GC-MS-System mit Hilfe von Kalibrierstandards, die je 10 bzw. 25 bzw. 50 ng der zu messenden Substanzen enthielten. Als interner Standard diente 1-Brom-3-Chlorpropan. Für die Auswertung wurde Software der Firmen Varian (MS Workstation Vers. 6.3), WSearch (WSearchPro, Vers. 6/2005) und Hewlett Packard (HP Chem. Station) verwendet. Die Nachweisgrenzen für die ausgewählten Substanzen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Am Beispiel „Indol“ wurde zusätzlich geprüft, ob die extrahierten Ionenspuren auch wirklich nur für die zu quantifizierende Substanz stehen oder ob eventuell andere Substanzen mit gleichem Ion die gleiche Retentionszeit aufweisen. (Prüfung der chromato-

Tab. 1: Ausgewählte Geruchstoffkomponenten und deren Nachweisgrenze am GC-MS
Tab. 1: Selected odour components and their detection limit using a GC-MS

Komponente	Abkürzung	Ionenspur [m/z]	Nachweisgrenze [µg/m³]
S-haltige Verbindung			
Dimethylsulfid	DMS	62	0,1–0,2
Dimethyldisulfid	DMDS	94	0,1–0,2
Dimethyltrisulfid	DMTS	126	0,1–0,2
Kurzkettige Fettsäuren			
Essigsäure	AA	60	10
Propionsäure	PA	60	5
2-Methylpropionsäure	DMPA	60	5
Buttersäure	BA	60	5
2-Methylbuttersäure	DMBA	60	5
3-Methylbuttersäure	TMBA	60	5
Valeriansäure	VAL	60	5
Phenole			
Phenol	PHE	94	0,1–0,2
p-Cresol	pCRE	108	0,1–0,2
Indole			
Indol	IND	117	0,1–0,2
Skatol	SCA	131	0,1–0,2

graphischen und spektralen Reinheit). Die Auswertung über Ionenspuren statt über die Total-Ionenchromatogramme ist zwar deutlich aufwändiger, hat aber den Vorteil, dass bessere Nachweisgrenzen erreichbar sind und Störungen durch Überlagerung mit anderen flüchtigen organischen Komponenten (VOC) weitgehend vermieden werden können.

3 Ergebnisse und Diskussion

In dem Total-Ionenchromatogramm der Schweinstallabluft konnten nahezu alle detektierten Peaks den analysierten Geruchsstoffkomponenten zugeordnet werden (Abb. 1). Die vorgefundenen Konzentrationsbereiche liegen deutlich oberhalb der Nachweisgrenzen des Analyseverfahrens.

Im Hinblick auf die quantifizierten Komponenten weisen die Säuren die höchsten Konzentrationen auf, obwohl sie in der Abbildung 1 nicht unbedingt die höchsten Peaks darstellen. Das ist auf einen deutlich geringeren massenspektrometrischen „Response" der Säuren im Vergleich zu den anderen drei Stoffgruppen zurückzuführen. Dieser geringere Response in Verbindung mit einem schlechteren chromatographischen Verhalten bedingte auch die „schlechteren", d. h. höheren Nachweisgrenzen der kurzkettigen Fettsäuren.

Das Abbauverhalten der Geruchsstoffe mit dem Biofilter und die Wirkungsgrade sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die schwefelhaltigen Geruchskomponenten (DMDS, DMS, TMDS) wurden als einzige der untersuchten Stoffgruppen nicht durch die Biofilterbe-

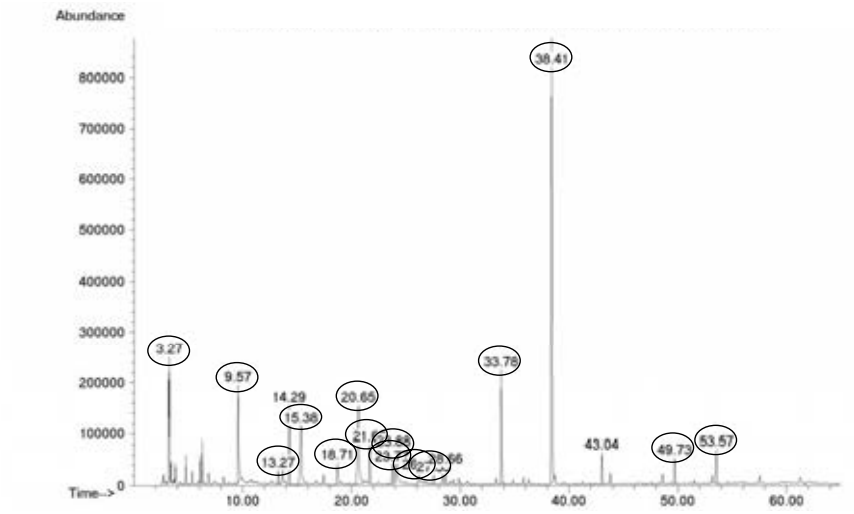


Abb. 1: Total-Ionenchromatogramm der Luft eines Mastschweinestalls. Zuordnung der Peaks: 3,27: Dimethylsulfid, 9,57: Essigsäure, 13,27: Dimethyldisulfid, 15,38: Propionsäure, 18,71: 2-Methylpropionsäure, 20,65: Buttersäure, 23,77: 3-Methylbuttersäure, 23,88: 2-Methylbuttersäure, 26,21: Valeriansäure, 27,55: Dimethyltrisulfid, 33,78: Phenol, 38,41: p-Cresol, 49,73: Indol, 53,57: Skatol, 21,63: interner Standard (I.S.), Außerdem: 14.29 Toluol (Störpeak), 28,66: Terpen (z. B. Limonen, 3-Caren, Terpinen), 43,04: Ethylphenol (entweder 2,- 3-der 4-Ethylphenol)
Fig. 1: Total-ion-chromatogram of air of a finishing pig house

handlung abgebaut. Da mit Biofiltern eine vollständige Geruchsreduktion erzielt wird, ist damit die Bedeutung dieser Verbindungen entgegen der Ergebnisse von LE (2005) für die Geruchswahrnehmung in Frage gestellt. Der Grund für den nicht vorhandenen Abbau, kann die Schwefelsäuredosierung zur pH-Wertabsenkung in dem Waschwasser der Abluftreinigungsanlage sein. Es ist nicht auszuschließen, dass schwefelhaltige Aerosole in das Biofilterbett eingetragen werden und zu sekundären Emissionen führen.

Bei allen anderen Substanzen konnte dagegen ein deutlicher Abbau festgestellt werden. Besonders die organischen Säuren wurden in beiden Biofiltersystemen nahezu vollständig abgebaut. Bei den phenolischen Verbindungen zeigte der Biofilter auf dem Betrieb BII eine höhere Abbaurate. Dies geht einher mit dem besseren visuellen Eindruck des Biofilters auf dem Betrieb BII, der eine bessere Wasserverteilung auf der Wurzelholzschüttung aufwies.

Tab. 2: Konzentrationen der Geruchsstoffe von zwei Schweinemastställen (BI, BII) im Rohgas und Reingas (3-stufiger Abluftwäscher mit Biofilter) sowie der Wirkungsgrad der Geruchstoffreduktion
Tab. 2: Concentration of odour substances of two different finishing pig houses (BI, BII) in crude gas and clean gas (3-stage exhaust air washer with biofilter) as well as the efficiency of the reduction of odour substances

Komponente	Betrieb	Rohgas [µg/m³]	Reingas [µg/m³]	Wirkungsgrad [%]
DMS	BI	16,6	20,0	-20
	BII	16,2	22,7	-40
DMDS	BI	2,1	2,9	-34
	BII	3,1	2,3	26
DMTS	BI	2,0	2,2	-10
	BII	1,2	1,1	8
AA	BI	611,6	113,5	81
	BII	649,3	79,2	88
PA	BI	583,6	28,7	95
	BII	2 422,5	21,2	99
DMPA	BI	78,6	<5,0	94*
	BII	89,5	<5,0	94*
BA	BI	581,7	22,0	96*
	BII	315,2	<5,0	98*
DMBA	BI	31,1	<5,0	84*
	BII	27,2	<5,0	82*
TMBA	BI	58,5	<5,0	91*
	BII	34,1	<5,0	85*
VAL	BI	53,4	3,5	94
	BII	67,1	5,4	92
PHE	BI	14,9	5,7	62
	BII	16,9	1,2	93
pCRE	BI	104,6	26,0	75
	BII	91,9	0,6	99
IND	BI	4,5	1,7	63
	BII	3,9	0,1	97
SCA	BI	4,8	2,5	48
	BII	5,2	0,1	98

* Als Reingaskonzentration geht die Nachweisgrenze (5 µg/m³) in die Berechnung des Wirkungsgrades ein.

Literatur

Brauer, L. (2002): Gefahrstoffsensorik: Farbe, Geruch, Geschmack; Reizwirkung gefährlicher Stoffe; Geruchsschwellenwerte. Ecomed-Verlag, Landsberg

Gralapp, A.K.; Powers, W.J.; Bundy, D.S. (2001): Comparison of Olfactometry, Gas Chromatography, and Electronic Nose Technology for Measurement of Indoor Air from Swine Facilities. Transactions of the ASAE 44/5, pp. 1283–1290

Hartung, J. (1986): Dust in Livestock Buildings as a Carrier of Odours. In: Odour Prevention and control of organic sludge and livestock farming. Hrsg.: Nieslsen, V.C.; Voorburg, J.H.; L`Hermite, P., Elsevier, London and New York

Hartung, J.; Rockicki, E. (1984): zum Vorkommen phenolhaltiger Verbindungen im Staub von Schweine- und Hühnerstall. Zbl. Bakt. Hyg. 179, S. 431–439

Hobbs, P.J.; Misselbroek, T.H.; Pain, B.F. (1997): Characterisation of Odorous Compounds and Emissions from Slurries Produced from Weaner Pigs Fed Dry Feed and Liquid Diets. Journal of the science of food and agriculture 73/4, pp. 437–445

Kim-Yang, H.; Davies, S., v. Bernuth, R.D.; Kline, E.A. (2004): A Comparison of Sampling Methods for the Characterization Odorous Compounds in Livestock Facilities Using Gas Chromatography – Mass Spectrometry. ASAE/CSAE Annual International Meeting, Ottawa, Ontario, Canada, 1–4 August 2004

Le, P.D.; Aarnink, A.J.A.; Ogink, W.M.; Becker, P.M.; Verstegen, M.W.A. (2005): Odour from animal production facilities: its relationship to diet. Nutrition Research Reviews 18, pp. 3–30

Ma, H.; Chen, P.; Ruan, R. (2001): H_2S and NH_3 Removal by Silent Discharge Plasma and Ozone Combo-System. Plasma Chemistry and Plasma Processing 21/4, pp. 611–624

O'Neill, D.H.; Phillips, V.R. (1992): A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3, properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. Journal of Agricultural Engineering Research 53, pp. 23–50

Qu, G.; Feddes, J.J.R. (2004): Development of Artificial Swine Odor. ASAE/CSAE Annual International Meeting, Ottawa, Ontario, Canada, 1–4 August 2004

Ruan, R.; Han, W.; Ning, A.; Chen, P.; Goodrich, P.R. (2004): Reduction of Harmful Gases and Odorous Compounds by Non-Thermal Plasma. ASAE Meeting Presentation

Wang, X.; Stroot, P.G.; Zhang, Y.; Riskowski, G.L. (1998): Odor Carrying Characteristics of Dust from Swine Facilities. ASAE Meeting Presentation 984068

Wright, DW.; Eaton, D.K.; Nielsen, L.T.; Kuhrt, F.W.; Koziel, J.A.; Spinhirne, J.P.; Parker, D.B. (2004): Multidimensional Gas Chromatography-Olfactometry for Identification and Priorization of Malodors from Confined Animal Feeding Operations. ASAE/CSAE Annual International Meeting, Ottawa, Ontario, Canada, 1–4 August 2004

Zhu, J. (2000): A review in Swine Manure Odour Control. Agriculture, Ecosystems & Environment 78, pp. 93–106

Zhu, J.; Riskowski, G.L.; Torremorell, M. (2001): Volatile Fatty Acids as Odor Indicators in Swine Manure – a Critical Review. Transactions of the ASAE 42/1, S.175–182

Physikalische Aspekte der Staubausbreitung

Effects on Aerosol Transmission

EBERHARD ROSENTHAL, WOLFGANG BÜSCHER, BERND DIEKMANN

Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

Schlüsselwörter: Staubausbreitung, Ausbreitungssimulationen, Sedimentation, Agglomeration, Adsorption, Resuspension
Keywords: aerosol transmission, dispersion models, sedimentation, agglomeration, adsorption, resuspension

Zusammenfassung

Die Transmission von Aerosolpartikeln stellt die Verbindung und den kausalen Zusammenhang zwischen der Emission und der Immission dar. Die Dauer der Transmissionsphase und damit die Reichweite der emittierten Partikel, wird durch eine Vielzahl verschiedener physikalischer Parameter bestimmt.

Erste Ergebnisse aus Untersuchungen an Staubpartikeln mit landwirtschaftlichem Ursprung zeigen, dass das aerodynamische Verhalten der Partikel auch durch die Tierart, die Haltungsform und das Fütterungsverfahren bestimmt wird.

Um diesen Einflüssen Rechenschaft zu tragen wird ein dynamisches Ausbreitungsmodell entwickelt, das die Einbindung von physikalischen, meteorologischen und typischen landwirtschaftlichen Parametern erlaubt.

Summary

The dispersion of dust particles gives us the causal connection between particle emission and immission. Due to the fact that it is impossible to follow the track of a single particle through the air, a lot of effects and parameters must be known to simulate the dispersion.

In our research we examine dust samples with agricultural background, mostly from animal farms. The results of our experiments show that the aerodynamic behaviour of aerosol particles depends on the animal type, the feeding system and the animal house setup. A dynamic numerical dispersion model is developed, so that all participated physical effects which influence the behaviour of aerosol particles can be taken into account.

1 Physikalische Aspekte der Staubausbreitung

Die Transmission von Aerosolen beschreibt den Weg der Staubpartikel von der Emission bis hin zur Immission. Während der Phase der Transmission unterliegt der emittierte Stoff verschiedenen Prozessen, die die Konzentration und Eigenschaften des Stoffes in der Luft verändern. Neben möglichen chemischen Prozessen des Stoffabbaus bestimmen insbesondere physikalische und meteorologische Effekte die Konzentration am Immissionsort. Die wichtigsten, an dieser Stelle zu nennenden physikalischen Effekte sind die Sedimentation, die Agglomeration, die Adsorption und die Resuspension.

Vor allem die Sedimentation, also der Einfluss der Gravitationskraft auf Aerosolpartikel, bewirkt ein vorzeitiges Absinken der Partikel. Dabei hängt die Sink- bzw. Sedimentationsgeschwindigkeit nicht nur von dem Gewicht der Partikel, sondern auch von den meteorologischen Parametern Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchte sowie von der Partikelform ab. Beispielhaft zeigt Abbildung 1 die Unterschiede in den Sedimentationsgeschwindigkeiten verschiedener Größenfraktionen einer Staubprobe aus einem Stall mit Volierenhaltung mit ca. 70 000 Legehennen (Schmitt-Pauksztat 2006).

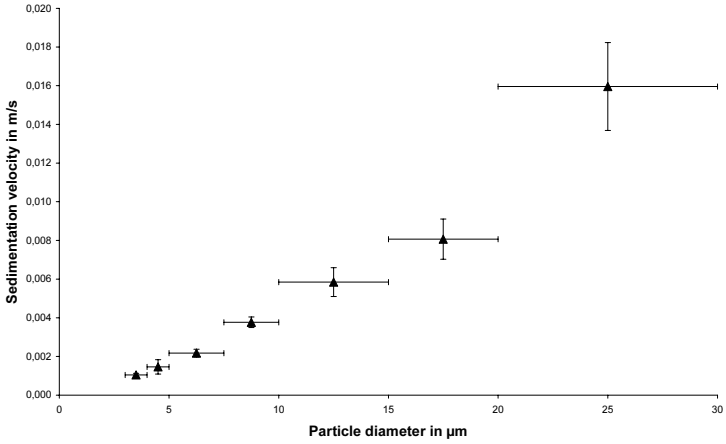


Abb. 1: Sedimentationsgeschwindigkeit einer Staubprobe aus der Volierenhaltung für Legehennen in Abhängigkeit der Partikelgröße

Fig. 1: Sedimentation velocities of different particle size classes in a dust sample from an aviary house for laying hens

Aus den gemessenen Sedimentationsgeschwindigkeiten und der Partikelgröße lässt sich das Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform bestimmen. Abbildung 2 verdeutlicht, dass die Partikel der verwendeten Staubprobe in Abhängigkeit von ihrem Durchmesser verschiedene Verhältnisse von Dichte zu Form besitzen. Kleine Partikel haben ein um den Faktor drei höheres Verhältnis als die großen Partikel der gleichen Staubprobe.

Es ist daher möglich, durch die Messung der Sedimentationsgeschwindigkeiten einer Staubprobe und der anschließenden Berechnung des Verhältnisses von Partikeldichte zu Partikelform Informationen über eine mögliche Herkunft der Staubpartikel zu gewinnen. Dabei beeinflussen sowohl Stalltyp als auch Tierart die Staubkonzentration im Stall (Takai 1998).

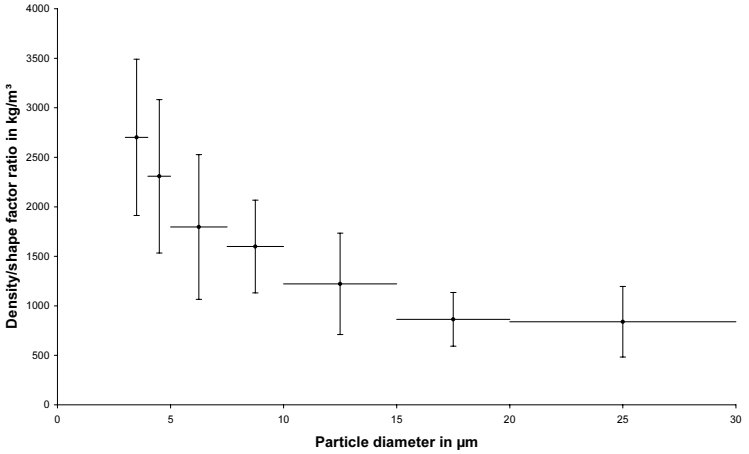


Abb. 2: Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform für eine Staubprobe aus der Volierenhaltung für Legehennen in Abhängigkeit der Partikelgröße
Fig. 2: Ratio of particle density to particle shape factor for different particle size classes in a dust sample from an aviary house for laying hens

Ein weiterer wichtiger Effekt, der bei der Transmission von Aerosolen beachtet werden muss, ist die Agglomeration. Unter Agglomeration versteht man die Vereinigung von einzelnen Aerosolpartikeln zu einem so genannten Agglomerat auf Grund von attraktiven, bindenden Kräften. Die Kräfte zwischen den einzelnen Aerosolpartikeln haben nur eine geringe Reichweite, so dass sich Agglomerate fast ausschließlich bei dem Zusammenstoß zweier Teilchen bilden können. Da sich Agglomerate sowohl im Durchmesser als auch in ihrer Form von den ursprünglichen Partikeln unterscheiden, ändern sich auch ihre aerodynamischen Eigenschaften. In Experimenten konnte gezeigt werden, dass vor allem die Luftfeuchte einen großen Einfluss auf das Agglomerationsverhalten von Aerosolen hat. Des Weiteren ist die Agglomeration abhängig von der Stofflichkeit des Partikels, so dass die, die Agglomeration beschreibenden Variablen, für unterschiedliche Aerosole aus verschiedenen Anlagentypen variieren können (ROSENTHAL 2006).

Ein weiterer wichtiger Parameter bei der Ausbreitung von Aerosolen ist das Verhalten der Partikel in einer Luftströmung. Mikroskopische Untersuchungen zeigen, dass sich Staubproben aus dem landwirtschaftlichen Umfeld aus stark strukturierten Partikeln unterschiedlichster Form und Dichte zusammensetzen (Abb. 3).

Da sich durch die Messung der Sedimentationsgeschwindigkeit nur das Verhältnis von Partikeldichte zur Partikelform bestimmen lässt, sind mikroskopische Untersuchungen unerlässlich. Geeignete Bildanalyse-Programme ermöglichen es schlussendlich eine Aussage über die verschiedenen vorhandenen Partikelformen in einer Staubprobe zu treffen. Auf diese Weise lässt sich das aerodynamische Verhalten der Probe abschätzen und bei Ausbreitungsrechnungen berücksichtigen. Des Weiteren muss bei der Betrachtung des Ausbreitungsverhaltens von Aerosolen das Grenzflächenverhalten zwischen Aerosolpartikeln und beliebigen Oberflächen beachtet werden. Lagern sich Partikel an einer

Oberfläche an, so spricht man von Adsorption. Werden die Partikel durch eine Luftströmung von der Oberfläche abgelöst, spricht man von Resuspension. Sowohl die Adsorption als auch die Resuspension sind abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit (Stofflichkeit, physikalische Eigenschaften, Rauigkeit) sowie den Partikeleigenschaften. Um präzise Vorhersagen über die dynamische Ausbreitung von Aerosolen treffen zu können, müssen die Adsorption und die Resuspension durch entsprechende Variablen parametrisiert werden, die experimentell zu bestimmen sind.

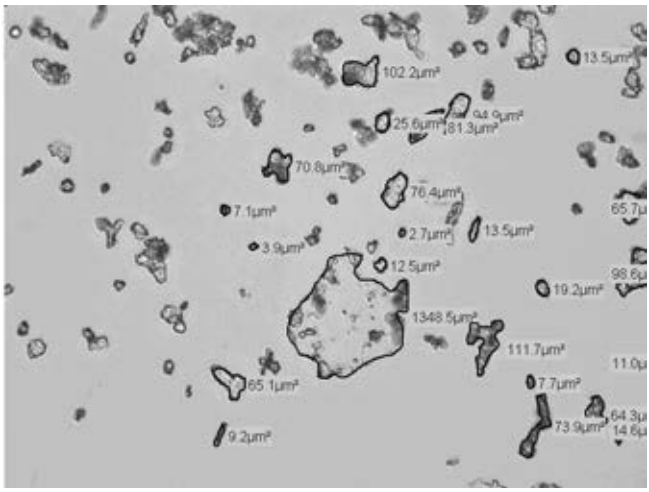


Abb. 3: Mikroskopische Aufnahme von Aerosolpartikeln (Nannen 2005)
Fig. 3: Microscopic image of aerosol particles; the figures next to the particles specify their respective size (Nannen 2005)

2 Immission und Ausbreitungsmodellierung

Um Aerosolausbreitungsprognosen im Umkreis von wenigen Kilometern um eine Anlage unter Berücksichtigung der jeweiligen Bebauung machen zu können, wurde am Institut für Landtechnik in Kooperation mit dem Physikalischen Institut der Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn eine numerische Ausbreitungssimulation für bodennahe Aerosole, auf Basis der zuvor beschriebenen physikalischen Effekte, erarbeitet (Wallenfang 2002). Der gesamte Simulationsvorgang lässt sich in drei Funktionsblöcke zerlegen (Abb. 4). Im ersten Schritt wird auf Grundlage von drei dimensionalen Gebäude-, Landschafts-, und Terrainvorgaben sowie meteorologischen Daten ein dynamisches Strömungsvektorfeld erzeugt.
Um die Strömung der Luftmassen zu berechnen, können beliebige meteorologische oder strömungsdynamische Simulationsprogramme mit geeigneter Schnittstelle verwendet werden. Im Nahbereich von Gebäuden und natürlichen Hindernissen haben vor allem Turbulenzen einen starken Einfluss auf das Ausbreitungsverhalten von Aerosolen. Aus diesem Grund findet das Programm NaSt3DGP, entwickelt vom Institut für Numerische Simulation der Universität Bonn Verwendung, welches eine numerische Lösung der inkompressiblen Navier-Stokes Gleichungen bietet (Griebel 1995). Aufbauend auf dem dynamischen Vektorfeld werden im folgenden Schritt die Trajektorien der Aerosolpartikel berechnet; Grundlage hierfür bilden die experimentell ermittelten physikalischen Parameter des einzelnen Partikels. Im dritten und letzten Funktionsblock der Aus-

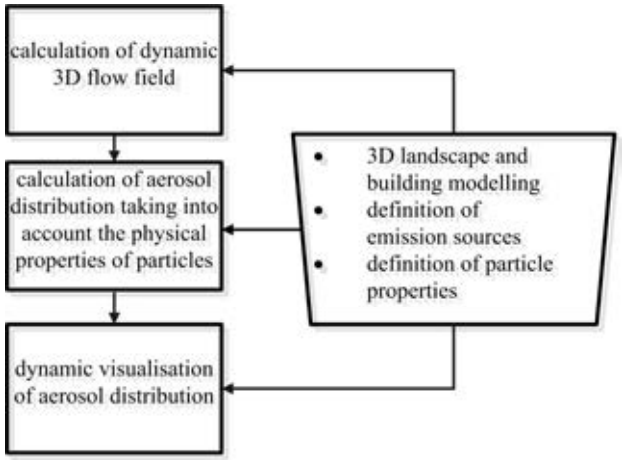


Abb. 4: Funktionsblöcke der numerischen Ausbreitungssimulation NAAS 3D
Fig. 4: Functional blocks of the NAAS 3D numerical dispersion simulation program

breitungssimulation wird die zeitliche Änderung der Aerosolkonzentration visualisiert. Auf diese Weise wird dem Benutzer ein dreidimensionaler Einblick in die räumliche Verteilung eines Aerosols aus einer oder mehreren Quellen im Umkreis einer Anlage ermöglicht.

Am Institut für Landtechnik werden zurzeit die Möglichkeiten geeigneter Tracersysteme für die Validierung der Aerosolausbreitung erforscht. Tracergase, wie sie bei der Geruchsausbreitung Verwendung finden, können zur Validierung von Aerosolausbreitungsimulationen nicht zum Einsatz kommen, da sie die partikelspezifischen Eigenschaften eines Aerosols unberücksichtigt lassen. Um die Dynamik der Ausbreitungssimulation Rechnung zu tragen, ist ein Messsystem zur Online-Identifikation von Tracerpartikeln unumgänglich. Auf diese Weise lassen sich Konzentrationszeitreihen ermitteln, die sich direkt mit den Ergebnissen der Ausbreitungssimulation vergleichen lassen. Des Weiteren ermöglicht ein solches Messsystem Freilandversuche durchzuführen. Beispielhaft sei hier die Ermittlung der Partikeldepositionsrate über Getreidefeldern, wie sie häufig in der Umgebung von Stallanlagen zu finden sind, angeführt. Eine Alternative zu den von uns verwendeten fluoreszierenden Tracerpartikeln stellt der Nachweis von freigesetzten radioaktiven Nukliden dar (MÜLLER 2001). Diese ++Methode zeichnet sich durch ihre hohe Sensitivität gegenüber den Tracerpartikeln aus, so dass nur geringe Mengen des radioaktiven Materials freigesetzt werden müssen. Wegen der hohen Umweltrelevanz dieser Messmethode eignet sie sich jedoch ausschließlich für sporadische Forschungs- und Validierungsmessungen und kann im Gegensatz zu den fluoreszierenden Tracerstäuben nicht routinemäßig angewandt werden.

Literatur

Griebel, Dornseifer, Neunhoefer (1995): Numerische Simulation in der Strömungsmechanik, Vieweg Verlag

Müller, H.-J. (2001): Bilanzmethoden zur Luftvolumenstromermittlung in frei gelüfteten Ställen. In: Messmethoden für Ammoniak-Emissionen, KTBL-Schrift 401

Nannen, C. (2005): Mikroskopische Untersuchung von luftgetragenen Partikeln in Schweinemastställen, diploma thesis, Bonn University

Rosenthal, E. (2006): Aufbau und Optimierung eines Messsystems zur Bestimmung der Sedimentationsgeschwindigkeit von Aerosolpartikel unter Berücksichtigung klimatischer Rahmenbedingungen, diploma thesis, Bonn University

Seedorf, J.; Hartung, J. (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung, KTBL Schrift 393

Schmitt, G.; Wallenfang, O.; Büscher, W.; Diekmann, B. (2004): Partikelkonzentrationen in der Stallabluft im Vergleich mit der Innenraumkonzentration. Agrartechnische Forschung 10 (6), S. 105–10

Schmitt-Pauksztat, G. (2006): Verfahren zur Bestimmung der Sedimentationsgeschwindigkeit von Stäuben und Festlegung partikel-spezifischer Parameter für deren Ausbreitungssimulation, doctoral dissertation, VDI-MEG-Schrift 440

Takai et al. (1998): Concentrations and emissions of airborne dust in lifestock buildings in northern Europe. J. Agric. Eng. Res. 70, pp. 59–77

Wallenfang W.; Boeker, P.; Büscher, W.; Diekmann, B.; Schulze Lammers, P. (2002): Ausbreitung von Gerüchen und biogenen Aerosolen, Landtechnik 5/2002

Partikelemissionen aus Nutztierställen – Abhängigkeiten

Dust Measurements – Considering Fluctuation Factors

CHRISTOPH NANNEN, WOLFGANG BÜSCHER

Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

Schlüsselwörter: Staubmessungen, Tieraktivität, Partikelemission, Luftrate
Keywords: dust measurements, animal activity, particle emission, ventilation rate

Zusammenfassung

In zwei Schweinmastställen mit gleichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen wurden Staubmessungen durchgeführt. Selbst unter Beachtung aller Messvorschriften können einige Parameter dargestellt werden, die den Messaufbau zur Ermittlung von PM-Quellemissionen bestimmen.

Hauptsächlich haben Tieraktivität und Luftvolumenstrom einen Einfluss auf die Partikelmassenkonzentration. Die dadurch resultierenden Abweichungen vom Tagesmittelwert machen es notwendig, eine 24-Stunden-Messung als kleinstes Messintervall anzusetzen.

Der Messpunkt sollte sich in der Abluft befinden, da Unterschiede der dortigen Konzentration zum Stallinnenraum bestehen. Das Management des Landwirts hat einen großen Einfluss auf die Technik im Stall und somit auch auf die Höhe der Emissionen. Auf der anderen Seite wird diese auch von der Jahreszeit beeinflusst.

Summary

Dust measurements are done in two fattening pig barns with equal air ventilation and feeding systems. Even if all dust regulations are observed some aspects should be added, which apply to influence the dust emission factors.

Animal activity and air volume flow affected the developing of particle emission factors. A deviation of single half an hour data to the average value of the whole day was determined. So it is necessary to set the minimum analysing interval on 24 hours.

The measuring point for the dust measurements should be the exhaust air. A comparison of the interior and exhaust dust concentrations showed that fact. The management of the farmer has a big influence on the interior factors of the barn. Different practices with equal housing and feeding systems, weights of animals and ventilation systems yield different results. Measurements in different seasons are necessary to calculate a dust emission factor for one year.

1 Einleitung

Fütterung-, Heiz, und Lüftungssysteme gehören zu den verfahrenstechnischen Komponenten vieler Stallsysteme. Sie haben einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Freisetzung von Staubpartikeln, Ammoniak oder Geruch. Anhand von verschiedenen Messungen in zwei Schweinemastställen können Parameter bestimmt werden, die für den Messaufbau zur Ermittlung einer Quellemission von großer Bedeutung sind. Zu diesen Parametern gehören Tieraktivität, Luftvolumenstrom und Ort der Probenahme. Ziel war es, die unterschiedlichen Abhängigkeiten darzustellen.

2 Material und Methoden

Die Messungen wurden in zwei zwangsgelüfteten Schweinemastställen mit installierter Trockenfütterungsanlage und einem Bestand von 96 Tieren mit 70 kg Lebendgewicht durchgeführt.

Für die Partikelmessungen ist unter standardisierten Messvorschriften (VDI 2080, VDI 2066) ein Aerosolspektrometer eingesetzt worden, das Staubpartikel dem Streulichtdurchmesser entsprechend in 15 verschiedene Größenklassen einteilt. Das Messintervall von einer Minute ermöglichte eine Darstellung der Partikelverteilung in Abhängigkeit von tageszeitlichen Schwankungen im Luftvolumenstrom und der Tieraktivität. Diese wurde mit vier passiven Infrarot-Sensoren aufgezeichnet. Ein kalibrierter Messventilator wurde auf dem Abluftkamin angebracht, um den Luftvolumenstrom zu ermitteln. Das Messintervall ist auch hier auf eine Minute eingestellt worden.

Um einen besseren Überblick über die Unterschiede der Partikelmassenkonzentrationen im Stallinnenraum im Vergleich zur Abluft zu bekommen, sind sowohl an zwei Positionen im Stall (2 bzw. 9 m entfernt vom Abluftpunkt in 1,2 m Höhe) als auch in der Abluft parallel Partikelmessungen vorgenommen worden. Die Datenaufbereitung erfolgte durch die Bildung von Halbstundenmittelwerten, da z. B. eine Änderung der Tieraktivität weit entfernt vom Abluftpunkt keinen unmittelbaren Effekt auf die Partikelkonzentration hat. Erst nach einer gewissen Zeitspanne ist dieser Effekt erkennbar.

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei der Ermittlung einer PM-Quellemission ist eine 24-Stundenmessung unbedingt erforderlich. Abbildung 1 zeigt die Abweichungen der Halbstundenmittelwerte vom Mittelwert bei einer Messdauer von 5 Tagen. Würden jeweils Stichprobenmessungen zu bestimmten Tageszeiten durchgeführt, ergäbe dies eine Über- oder Unterschätzung der Partikelkonzentration von bis zu 300 %. Als Haupteinflussfaktoren sind die Tieraktivität und der Luftvolumenstrom zu nennen.

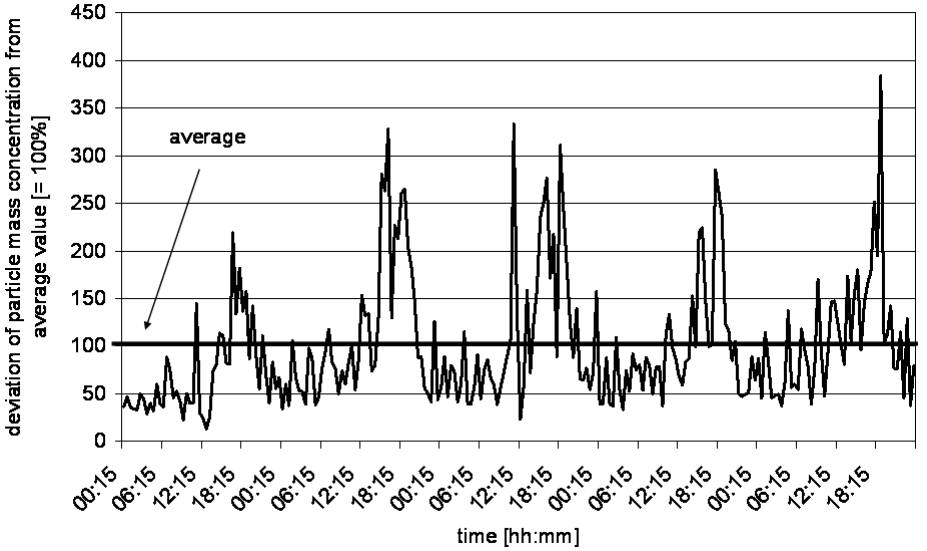


Abb. 1: Abweichungen der Halbstundenmittelwerte der Partikelmassenkonzentration vom Mittelwert
Fig. 1: Deviation of half an hour values of particle mass concentration from average value

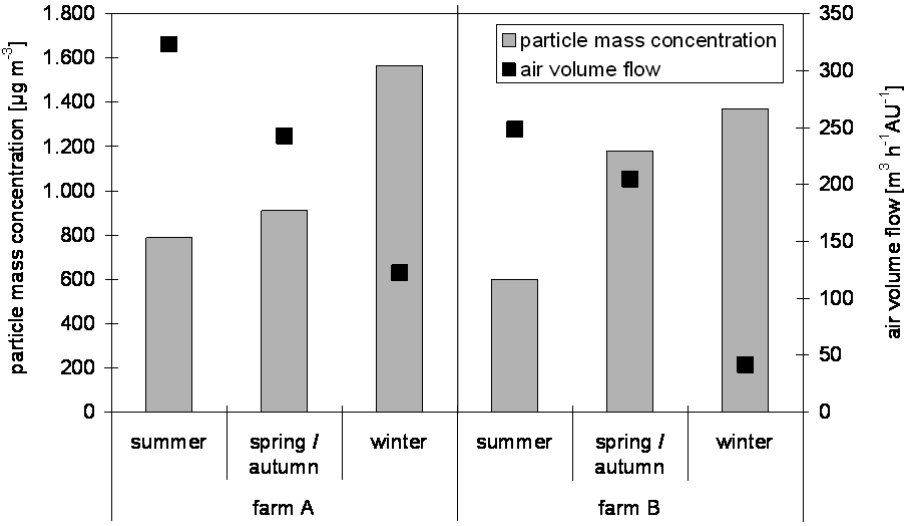


Abb. 2: Partikelkonzentrationen und Luftvolumenströme zu verschiedenen Jahreszeiten und auf zwei landwirtschaftlichen Betrieben
Fig. 2: Particle concentrations and air volume flows at different seasons and in two farms

Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeit der Partikelemissionsfaktoren von jahreszeitlichen Schwankungen. Hohe Temperaturen im Außenbereich des Stalls erhöhen den Luftvolumenstrom und führen in vielen Stallsystemen zu niedrigen Partikelkonzentrationen. Sinken die Außentemperaturen und damit der Luftvolumenstrom, erhöht sich die Konzentration in der Abluft. Die Einstellung von Sollwerten für Innentemperaturen obliegt dem Landwirt. Sein Einfluss bedingt den Unterschied zwischen zwei untersuchten Ställen mit gleichen Haltungsbedingungen. Er bestimmt des Weiteren mit der Wahl der Fütterungs- und Kontrollzeiten die Emissionsspitzen eines Stalles.

Die Verläufe der angesprochenen Parameter sind in Abbildung 3 dargestellt. Die linke Ordinate beschreibt Partikelmassenkonzentration und Luftvolumenstrom, die rechte Ordinate den Verlauf der Tieraktivität. Die dimensionslose Betrachtung der Tieraktivität folgt aus einer Darstellung der Einzelwerte bezogen auf den Mittelwert der Signalspannung, die die passiven Infrarotsensoren ausgeben. Unter Sommerbedingungen steigt der Luftvolumenstrom am Tag auf bis zu 6 000 m³/h an. Dieses Niveau wird aber erst gegen 18 Uhr erreicht. Zum einen hat sich möglicherweise der Stall erst dann so stark aufgeheizt, dass der Luftvolumenstrom steigt. Zum anderen steigt die Tieraktivität aufgrund der hohen Temperaturen erst ab 17 Uhr wieder an, so dass im Stall ein höherer Wärmeüberschuss entsteht, der fortgelüftet werden muss.

Luftvolumenstrom und Tieraktivität beeinflussen sich somit gegenseitig, Dieser Eifluss kann durch die abgeleiteten Ergebnisse aus Abbildung 2 noch unterstützt werden. Besonders unter Sommerbedingungen ergibt sich daraus ein enger Zusammenhang zwischen Tieraktivität und Luftvolumenstrom von r = 0,8. Interaktionen dieser drei Faktoren lassen sich nicht vermeiden. Wenn sich der Biorhythmus der Tiere abweichend vom Verlauf der Außentemperatur einstellt, sinkt die Korrelation auf r = 0,6. Diese

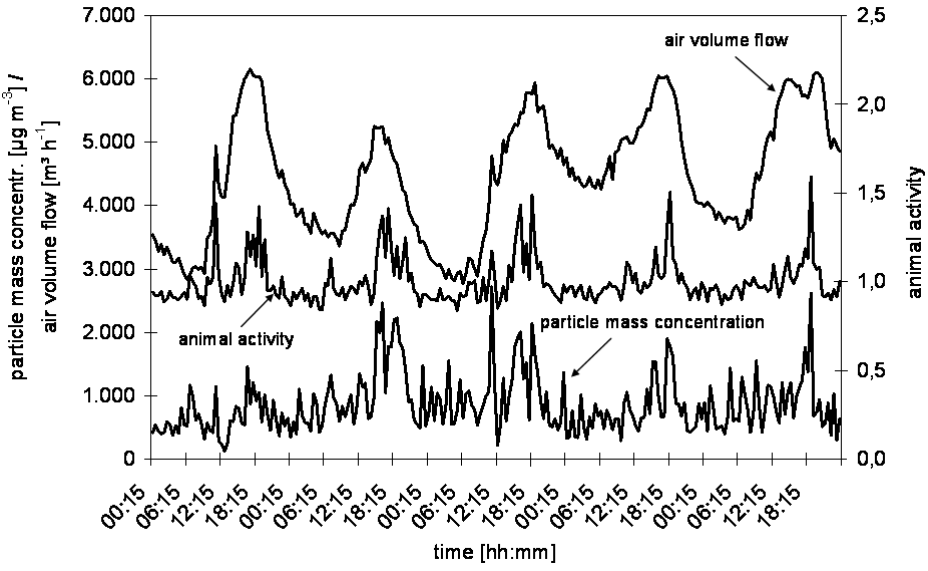


Abb. 3: Verlauf von Partikelmassenkonzentration, Luftvolumenstrom und Tieraktivität
Fig. 3: Particle mass concentration, air volume flow and animal activity

Werte werden auch von PEDERSEN. S. (1993) und BÖNSCH und HOY (1996) bestätigt, die den engen Zusammenhang der Faktoren Tieraktivität und Partikelmassenkonzentration näher untersuchten.

Die Änderung der Luftfeuchtigkeit stellte unter den gegebenen Bedingungen keinen quantifizierbaren Einfluss dar. In Phasen hoher Tieraktivität stieg zwar die Luftfeuchtigkeit etwas an. Ein Partikelminderungspotenzial konnte allerdings dabei nicht festgestellt werden. Des Weiteren gehört die Luftfeuchtigkeit in Ställen mit Heizsystemen zu den Parametern, die vom Management des Landwirts bestimmt werden.

Als Ort der Probenahme der Partikel für Emissionsmessungen sollte die Abluft vor dem Ventilator gewählt werden, da der Drall des Ventilators die Abluft erst nach dem zehnfachen Durchmesser des Abluftkanals wieder gleichgerichtet strömen lässt. Beim Einsatz von Gleichrichtern ist auch eine Messung kurz hinter dem Ventilator möglich. Aus Abbildung 4 lässt sich erkennen, dass sich bei steigender Größenfraktion der Anteil dieser Partikel in der Abluft verringert. Partikel mit höherer Dichte steigen nicht in die Abluft auf, werden jedoch im Stall erfasst. Bereits sedimentierte Partikel können z. B. durch Tieraktivität jedoch in den Probenahmebereich im Stallinnenraum gelangen.

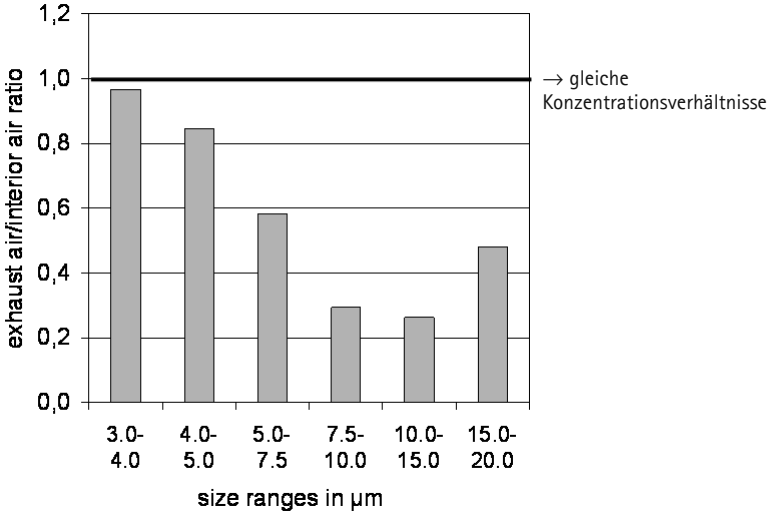


Abb. 4: Verhältnis von Partikelanzahlkonzentration im Stall zur Abluft
Fig. 4: *Ratio of the particle number concentration in the interior air and the exhaust air*

4 Konsequenzen

Es konnten verschiedene Faktoren bestimmt werden, die beim Messaufbau zur Ermittlung von Partikelemissionsfaktoren eine wichtige Rolle spielen. Dabei ist die Datengrundlage einer 24-Stunden-Messung als kleinstes Auswertungsintervall zu betrachten, da Halbstundenmittelwerte um bis zu 300 % vom Tagesmittel abweichen können und Luftvolumenstrom und Tieraktivität einen erheblichen Einfluss auf den Verlauf der Partikelkonzentration haben. Weiterhin ist eine isokinetische Probenahme in gleichgerich-

teter Abluft die Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Erfassung der Partikelkonzentration. Das Management des Landwirts ist als Bindeglied zwischen eingesetzter Technik, Klimabedingungen und Tierverhalten zu sehen. Durch gezielte Steuerung der Anlagen in Abhängigkeit von klimatischen Randbedingungen kann er in das Emissionsgeschehen eingreifen. Um einen durchschnittlichen Emissionsfaktor bezogen auf ein Jahr zu kalkulieren, müssen Messungen somit in den verschiedenen Jahreszeiten vorgenommen werden.

Literatur

Bönsch, S.; Hoy, S. (1996): Staubkonzentration und Verhalten von Mastschweinen, Landtechnik, Jahrgang 51, Heft 3

Pedersen, S. (1993): Time Based Variantion in Airborne Dust in Respect to Animal Activity. Libestock Environment IV, Fourth International Symposium, Coventry, England; ASAE: pp. 718–725

VDI 2080: Meßverfahren und Messgeräte für Raumluftechnische Anlagen

VDI 2066: Staubmessungen in strömenden Gasen, Gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung

Partikelförmige Emissionen aus einem Tiefstreustall für Mastschweine

Particulate Emissions from Fattening Pigs Housed in Deep-bedded Systems

ANGELIKA HAEUSSERMANN[1], MICHAEL GÖTZ[2], EBERHARD HARTUNG[1]

[1] Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Str. 6, D-24118 Kiel

[2] Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Staub, Stroh, Einstreu, Lüftung, Tieraktivität
Keywords: dust, straw, litter, ventilation, animal activity

Zusammenfassung

Einstreumaterialien wie z.B. Stroh können eine erhebliche Partikelquelle im Innenraum darstellen. Zielsetzung dieser Studie war es, Emissionen an PM_{10} und $PM_{2.5}$ aus einem Tiefstreustall für Mastschweine zu ermitteln sowie Einflussfaktoren auf die Höhe der Emissionen innerhalb des hier beschriebenen Haltungssystems aufzuzeigen.

Die mittleren Emission in g d^{-1} GV^{-1} lagen für PM_{10} bei 1,4 bis 2,7; für $PM_{2.5}$ bei 0,4 bis 1,3. Die Emissionshöhe war zum einen von der Luftwechselrate bzw. der Höhe des Volumenstroms je GV abhängig. Des Weiteren wurden partikelförmige Emissionen vom Mastzeitpunkt und durch die Aktivität des Landwirtes beim Einstreuen sowie durch Tieraktivität beeinflusst. Im Vergleich zu Literaturdaten war keine Tendenz hin zu erhöhten Emissionen im Vergleich zu nicht eingestreuten Haltungssystemen erkennbar.

Summary

Bedding material such as straw can be a considerable particle source at the indoor air. The objective of this study was to quantify the emission of PM_{10} and $PM_{2.5}$ particles from deep-bedded growing-finishing pigs and to show main influences on particulate emissions within the investigated housing system.

Particulate emissions in g d^{-1} AU^{-1} averaged on 1.4 to 2.7 for PM_{10} and on 0.4 to 1.3 for $PM_{2.5}$. First of all, the emission rate was influenced by the number of indoor air changes and ventilation rate per AU. Secondly, particulate emissions were influenced by the growing-finishing stage, the activity of the farmer when adding bedding material, and by animal activity. No tendency was found for an increased dust emission compared to housing systems without bedding material in literature.

1 Einleitung

Partikelförmige Emissionen aus der Nutztierhaltung setzen sich aus einer komplexen Mischung aus organischem Staub, relativ hohen Konzentration an Ammoniak, Mikroorganismen und Endotoxinen zusammen (Takai et al. 2002, Seedorf und Hartung 2002, Aarnink et al. 2004, Rieger 2001). Einstreumaterialien wie z.B. Stroh können eine erheblich Partikelquelle im Innenraum darstellen. Nach Hartung et al. (2004) sind in Haltungssystemen mit Stroh in erster Linie höhere Konzentrationsmaxima zu finden.

Weiterhin kann Auslaufhaltung und das Alter der Tiere einen Einfluss auf die Emissionshöhe ausüben (Aarnink et al. 2004, Keck et al. 2004). Durch hohe Luftraten lässt sich zum Teil eine Verdünnung der Partikelkonzentration im Innenraum erreichen, die jedoch eine erhöhte Partikelemission verursachen kann (Haeussermann 2006). Die Erfassung der Tieraktivität mit Infrarotsensoren ermöglicht zudem die Erstellung eines direkten Zusammenhangs zur Partikelkonzentration und -emission und kann somit als Eingangsgröße zur Simulation der Emissionshöhe mit Hilfe von datenbasierten Modellen verwendet werden (Haeussermann 2006, Haeussermann et al. 2007).

Zielsetzung der Studie war es, Emissionen an PM_{10} und $PM_{2.5}$ aus einem Tiefstreustall für Mastschweine zu ermitteln sowie Einflussfaktoren auf partikelförmige Emissionen innerhalb des hier beschriebenen Haltungssystems aufzuzeigen.

2 Material und Methode

2.1 Haltungssystem

Die Messungen wurden in einem Mastschweinestall in zwei unterschiedlich dimensionierten Abteilen durchgeführt (750 m³ and 250 m³). Abteil 1 (A1) war in drei kontinuierlich belegte Tiefstreubuchten unterteilt; Abteil 2 (A2) umfasste eine Tiefstreubucht, die im Rein-Raus-Verfahren belegt wurde. Alle Buchten wiesen eine ähnliche Größe und Struktur mit einem eingestreuten Liegebereich und einem um 75 cm erhöhten, planbefestigten Fressbereich auf und boten Platz für jeweils 80 Tiere.

Die Stroheinstreu wurde vor jedem Mastdurchgang komplett erneuert. Während des Mastdurchganges wurde in den Buchten täglich frisch nachgestreut, was zum Ende der Mast hin jeweils in einer Stroh-Mist-Matratze von etwa 70 cm Höhe resultierte. Gefüttert wurde ad libitum über jeweils zwei Breifutterautomaten je Bucht.

2.2 Lüftung

Die Lüftung des Stalles erfolgte oberflur über zentrale Abluftschächte, die jeweils mit einem temperaturgeregelten Abluftventilator ausgestattet waren. Zuluftkanäle verliefen im vorderen und hinteren Liegebereich quer über den Buchten. Im Sommer war zum besseren Luftaustausch darüber hinaus das östliche Stalltor teilweise geöffnet. Die beiden Abluftschächte im Abteil A1 (Durchmesser: 63 cm) liefen an ihrem Ende in einen gemeinsamen Abluftschacht mit 80 cm Durchmesser über.

Abteil A2 war mit nur einem Abluftschacht (Durchmesser: 52 cm) ausgestattet. Beide Abluftschächte endeten 70 cm über dem insgesamt 13 m hohen First. Der Raum zwi-

schen der Stalldecke (Deckenhöhe: ca. 3 m) und dem First wurde zur deckenlastigen Lagerung des Strohs genutzt.

2.3 Messzeiträume – Anzahl und Gewicht der Tiere

Die Messungen wurden in sechs aufeinander folgenden Messwochen durchgeführt, im wöchentlichen Wechsel in Abteil A1 und A2 (Untersuchungszeitraum: 30. Mai bis 7. Juli). Hierbei waren in Messwoche 2, 4 und 6 in Abteil 1 kontinuierlich 235 Mastschweine eingestallt, je Bucht 75 bis 80 Tiere mit einem durchschnittlichen Mastgewicht von 35–115 kg. Abteil A2 war in Messwoche 1 mit 26 Mastschweinen belegt, die mit durchschnittlich 120–125 kg (Anfang bzw. Ende der Messwoche) ihr Mastendgewicht nahezu erreicht hatten. In Messwoche 3 wurde dieses Abteil komplett gelehrt, gesäubert und anschließend frisch aufgestallt. In Messwoche 5 befanden sich im Abteil A2 somit 80 Aufzuchtsferkel mit einem durchschnittlichen Gewicht von 36–42 kg.

2.4 Datenerfassung

In jeder Messwoche wurde die Partikelinnenraum- und -abluftkonzentration (PM_{10} und $PM_{2.5}$) im jeweiligen Abteil kontinuierlich mit einer Messfrequenz von 1 min erfasst (Streulichtphotometer, DustTrackTM 8520, TSI Inc.). Messorte waren: (1) der Kontrollgang in einer Höhe von 1,50 m; (2) der Liegebereich, 0,50 m über der jeweiligen Einstreuhöhe und (3) der Abluftschacht mittig zwischen Abluft- und Messventilator. Die insgesamt sechs Streulichtfotometer wurden randomisiert den jeweiligen Messorten und Partikelgrößen zugeteilt und wöchentlich gewechselt, gereinigt und hinsichtlich ihres Nullpunktes und der Durchflussrate kalibriert.

Der Abluftvolumenstrom wurde mit separat kalibrierten Messventilatoren (Möller GmbH, Diepholz) in einer Distanz von 1,50 m zum jeweiligen Abluftventilator erfasst. Aufgrund des unterschiedlichen Durchmessers der Abluftschächte war der Messventilator in A2 zentrisch eingebaut, in A1 exzentrisch im oberen Bereich des Abluftschachtes.

Die Kalibration der beiden Messventilatoren erfolgte dem Einbau entsprechend zentrisch bzw. exzentrischen (GÖTZ 2003). Die Daten wurden mittels externer Datenlogger (Easylog, Newport Electronics GmbH) mit einer Frequenz von 1 min gespeichert. Das durchschnittliche Gewicht der Mastschweine wurde je Bucht mit einer mobilen Tierwaage ermittelt.

3 Ergebnisse

Der insgesamt sechswöchige Untersuchungszeitraum wurde in drei Messzeiträume unterteilt (vgl. Kap. 2.3). Hierbei fassen die Messzeiträume I, II und III die Ergebnisse aus Abteil A1 (kontinuierliche Mast, Messwochen 2, 4 und 6), A2 (Mastbeginn, Messwoche 5) bzw. A2 (Mastende, Messwoche 1) zusammen.

3.1 Abluftvolumenstrom

Die Abluftvolumenstromhöhe lag in Abteil A1, Messzeitraum I im Mittel bei 9 431 $m^3\ h^{-1}$ bzw. bei 90 % der maximalen Lüftungskapazität (10 500 $m^3\ h^{-1}$). In A2 erreichte der Abluftvolumenstrom im Mittel 4 545 und 3 935 $m^3\ h^{-1}$ in Messzeitraum II und III bzw.

91 % und 79 % der maximalen Lüftungskapazität des Abteils (5 000 $m^3\ h^{-1}$). Bezogen auf die Großvieheinheiten im Stall (1 GV = 500 kg) waren dies umgerechnet 277 $m^3\ h^{-1}\ GV^{-1}$ in Messzeitraum I und 789 bzw. 630 $m^3\ h^{-1}\ GV^{-1}$ in Messzeitraum II und III. Die durchschnittliche Luftwechselrate lag im Abteil A2 bei 18 bzw. 16 Luftwechseln pro Stunde in Messzeitraum II bzw. III und war damit um nahezu ein Drittel höher als in A1 mit 13 Luftwechseln pro Stunde. Die Unterschiede in der Höhe der Luftwechselrate bzw. des Abluftvolumenstroms je GV waren in erster Linie auf die geringere Lüftungskapazität im größeren Abteil A1 in Relation zum Luftvolumen bzw. zu Tierzahl zurückzuführen.

3.2 Partikelkonzentrationen

Die im Mittel und maximal ermittelte Partikelkonzentration war am höchsten im Kontrollgang und im Liegebereich der Tiere (Abb. 1). Im Maximum waren dies 14.5 mg m^{-3} PM_{10} (Liegebereich) sowie 6.0 mg m^{-3} $PM_{2.5}$ (Kontrollgang). Hohe Konzentrationen waren zum einen in Verbindung mit Arbeitsgängen des Landwirtes zu erkennen, insbesondere am Vormittag während des Nachstreuens von Stroh, zum anderen während Tageszeiten mit erhöhter Tieraktivität. Speziell während der Nacht und um die Mittagszeit lag die Innenraumkonzentration demgegenüber deutlich niedriger.

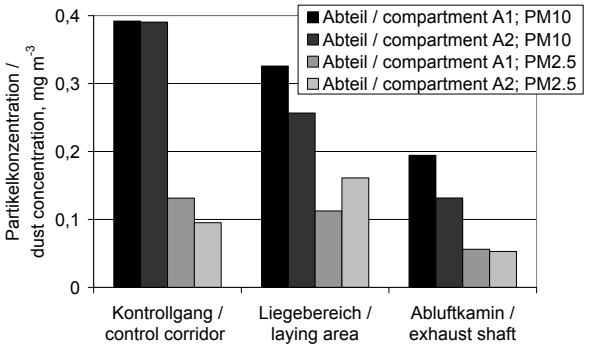


Abb. 1: Mittlere PM_{10} und $PM_{2.5}$-Konzentration an drei verschiedenen Messorten
Fig. 1: Mean PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentration at three different measuring locations

Lediglich etwa 50 % der im Innenraum erfassten Konzentration an luftgetragenen Partikeln wurden auch in der Abluft gemessen (Abb. 1). Die Relation zwischen Innenraum- und Abluftkonzentration ist hierbei unter anderem abhängig von der Höhe der Luftrate sowie von der Luftverteilung im Raum.

3.3 Partikelemissionen

Die Spannweite der Partikelemissionen in g $d^{-1}\ GV^{-1}$ lag bei 0,9 bis 3,1 für PM_{10} und bei 0,2 bis 1,6 für $PM_{2.5}$. Zwei Haupteinflussfaktoren waren erkennbar: Höhe des Abluftvolumenstroms je GV (Vergleich A1–A2) und Mastzeitpunkt (Messzeitraum II–III; Tab. 1). Die niedrigsten Emissionen wurden jeweils im Messzeitraum I ermittelt, was sich auf die höhere Tierzahl bzw. die geringere Abluftvolumenstromhöhe je GV und geringere Zahl an Luftwechseln zurückführen lässt.

Der Mastzeitpunkt übte sowohl über das mittlere Tiergewicht, bzw. Einflussgrößen wie Futteraufnahme, Aktivität, Tieroberfläche, als auch über das Alter der Einstreu einen Einfluss auf die Höhe der Emissionen aus. Niedrige Emissionen zu Beginn der neuen Mastperiode (Messzeitraum II) lagen vorwiegend in fehlenden Partikelquellen begründet.

Bei gleicher Anzahl an Großvieheinheiten hatten sich die Emissionen zum Ende der Mast hin (Messzeitraum III) demgegenüber in etwa verdoppelt (Tab. 1).

Tab. 1: Partikelemissionen, Abluftvolumenstrom und Gesamtgewicht (GV: Großvieheinheit; 1 GV = 500 kg) in Messzeitraum I, II und III
Tab. 1: Particulate emissions, ventilation rate, and total animal weight (AU: Animal Unit, 1 AU = 500 kg) in measuring period I, II, and III

Messzeitraum *measuring period*	Tiergewicht *animal weight* Ø, GV (AU)	Volumenstrom *ventilation rate* Ø, $m^3\ h^{-1}\ GV^{-1}$	PM_{10}-Emissionen *PM_{10} emission* Ø, $g\ d^{-1}\ GV^{-1}$	$PM_{2.5}$-Emissionen *$PM_{2.5}$ emission* Ø, $g\ d^{-1}\ GV^{-1}$
I (A1; K)	34,0	277	1,43	0,43
II (A2; B)	6,1	789	1,62	0,54
III (A2; E)	6,3	630	2,73	1,28

A1: Abteil 1; A2: Abteil 2; K: kontinuierlich; B: Beginn der Mast; E: Endmast; A1 and A2: compartment 1 and 2; K: growing-finishing; B: growing; E: finishing

Der Einfluss des Mastzeitpunktes ist noch bedeutend größer, wenn die Emissionsrate je Tier betrachtet wird. Zu Mastbeginn (II) wurden je Tier und Tag lediglich 0,12 g PM_{10} und 0,04 g $PM_{2.5}$ produziert, wohingegen die Emissionen zum Ende der Mast (III) hin auf 0,66 g PM_{10} and 0,31 g $PM_{2.5}$ anstiegen. Bei der kontinuierlichen Mast in A1 (I) und einem mittleren Tiergewicht von 74 kg betrugen die Emissionen 0,19 g PM_{10} and 0,06 g $PM_{2.5}$ je Tier und Tag.

4 Schlussfolgerungen

Die mittleren Partikelemission in $g\ d^{-1}\ GV^{-1}$ lagen für PM_{10} bei 1,4, 1,6 bzw. 2,7 in Messzeitraum I, II und III; für $PM_{2.5}$ bei 0,4, 0,5 bzw. 1,3. Die Lüftungskapazität der Abteile beeinflusste die Emissionshöhe über die Anzahl an Luftwechseln bzw. die Volumenstromhöhe je GV. Die niedrigsten Emission wurden in Messzeitraum I (Abteil A1) mit der höchsten Anzahl an Tieren und der niedrigsten Lüftungskapazität pro GV ermittelt.

Des Weiteren wurden die Partikelemissionen je GV vom Mastzeitpunkt bestimmt. Im Vergleich der Messzeiträume II und III (Abteil A2) ergaben sich eine deutlich höhere Emissionsrate am Ende der Mast als zu Beginn des neuen Mastdurchganges. Da vor jedem Mastdurchgang die Einstreu erneuert und die Buchten gereinigt wurden, lassen sich die niedrigeren Emissionen hauptsächlich mit dem Mangel an Partikelquellen erklären.

Nicht zuletzt wurde die Emissionshöhe durch die Aktivität des Landwirtes beim Einstreuen und durch Tieraktivität beeinflusst, was sich anhand charakteristischer Tagesverläufe der Partikelkonzentration im Innenraum und in der Abluft zeigte.

Der Vergleich der hier ermittelten Partikelemissionen mit Emissionen aus nicht eingestreuten Haltungssystemen für Mastschweine in der Literatur lies keine Tendenz hin zu erhöhten Emissionen aus eingestreuten Systemen erkennen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bisher, insbesondere mit Blick auf die Partikelgrößen PM_{10} und $PM_{2.5}$, nur sehr wenig Daten zu Emissionen aus eingestreuten Haltungssystemen vor-

liegen. Forschungsbedarf besteht insbesondere hinsichtlich des Einfluss verschiedener Stall- (Einstreu, Auslauf) und Lüftungssysteme (Luftwechselraten, frei belüftet) auf Partikelgrößen und Emissionshöhe.

Literatur

Aarnink, A.J.A.; Stockhofe-Zurwieden, N.; and Wagemans, M.J.M. (2004): Dust in different housing systems for growing-finishing pigs. Proc.AgEng, Leuven, Belgium: p. 8

Götz, M. (2003): Ermittlung der Staub- und Bioaerosolkonzentration, -dynamik und -emission in einem Tiefstreustall für Mastschweine. M.Sc.Th., Uni Hohenheim: S. 128

Haeussermann, A. (2006): Stallklimaregelung und Emissionen – Entwicklung und Evaluierung sensorgestützter komplexer Regelstrategien für die Mastschweinehaltung. Forschungsberichte Agrartechnik, VDI-MEG-Schrift 443, Dissertation Uni Hohenheim

Haeussermann, A.; Costa, A.; Aerts, J.-M.; Hartung, E.; Jungbluth, T.; Guarino, M.; Berckmans, D. (2007): Development of a Dynamic Model to Predict PM_{10} Emissions from Swine Houses. Journal of Environmental Quality, submitted

Hartung, E.; Ollesch, K.; Haeussermann, A.; Rieger, M.A.; Diefenbach, H.; Sundrum, A.; Ebke, M.; Lohmeyer M. (2004): Stallluftqualität und Arbeitsplatzbelastung in unterschiedlichen Mastschweinehaltungsverfahren. Agrart. Forschung 10 (4): 47–53

Keck, M., Zeyer, K.; Emmenegger, L. (2004): Emissions of NH3 and PM10 from closed housing and housing combined with open exercise yards for growing-finishing pigs. Proc. AgEng, Leuven, Belgium: 6 p.

Rieger, M.A. (2001): Biologische Belastungen der Beschäftigten in der Landwirtschaft. Habilitationsschrift, Bergische Universität – Gesamthochschule Wuppertal

Seedorf, J.; Hartung, J. (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 393, Darmstadt

Takai, H.; Nekomoto, K.; Dahl, P.J.; Okamoto, E.; Morita, S.; Hoshiba S. (2002): Ammonia contents and desorption from dust collected in livestock buildings. CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript BC 01 005, Vol. IV.: p. 11

Einfluss der Lagerungsdichte von Rinderfestmist auf gasförmige Emissionen

The Influence of the Bulk Density of Solid Dairy Manure on Gaseous Emissions

WERNER BERG[1], IMRE PAZSICZKI[2]

[1] Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

[2] Ungarisches Institut für Landtechnik (MGI), Tessedik Sámuel utca 4, H-2100 Gödöllõ

Schlüsselwörter: Festmist, Lagerungsdichte, Emission
Keywords: solid manure, bulk density, emission

Zusammenfassung

In der Rinderhaltung spielen Haltungsverfahren mit Festmist eine nicht unbedeutende Rolle. Zu gasförmigen Emissionen aus Festmist liegen aber nur wenige Erkenntnisse vor und es fehlt an praktikablen Maßnahmen zur Emissionsminderung.
Der Einfluss der Dichte von Rinderfestmist auf die Freisetzung von Ammoniak, Distickstoffmonoxid, Methan und Geruch während der Lagerung wurde im Labormaßstab über einen Zeitraum von bis zu 95 Tagen untersucht. Die Lagerungsdichten reichten von 700–1 000 kg/m³.

Ein Zusammenhang von Lagerungsdichte und Ammoniak konnte nicht nachgewiesen werden. Die Distickstoffmonoxidemissionen verminderten sich mit steigenden Lagerungsdichten geringfügig. Bei Methan zeigte sich dieser Zusammenhang deutlicher. Bei insgesamt sehr geringen Geruchsemissionen war kein Zusammenhang zwischen der Lagerungsdichte und der Höhe Geruchsschwellen nachweisbar.

Summary

In cattle husbandry, systems with solid manure are not to be ignored. There is a lack of knowledge concerning emissions from solid manure systems and feasible mitigation strategies are missing.

The influence of the bulk density of solid dairy manure on the emission of ammonia, nitrous oxide, methane and odour during manure storage were investigated on laboratory scale. The storage period was up to 95 days. Manure bulk densities between 700 and 1 000 kg/m³ were adjusted.

Results showed no significant relationship of bulk density and ammonia emission. A higher bulk density had the tendency to diminish nitrous oxide and even more methane emission. The determined odour thresholds were very low, a relationship to the bulk density of the manure could not be proved.

1 Einleitung

In der Rinderhaltung nehmen Festmistverfahren einen nicht unbedeutenden Anteil ein. In Deutschland werden ca. 20 % der Milchkühe auf Einstreu gehalten. Während für Flüssigmistsysteme die Emissionssituation gut bekannt ist und eine Reihe von Minderungsmöglichkeiten zur Verfügung steht, liegen zu gasförmigen Freisetzungen aus Festmist nur wenige Erkenntnisse vor und es fehlt an praktikablen Maßnahmen zur Emissionsminderung (Römer et al. 1994, Hüther 1999, Amon et al. 2002, Berg et al. 2002, Clemens et al. 2002). Eine der wenigen Möglichkeiten der Emissionsminderung, die trotz unbefriedigender Kenntnislage im Rahmen der guten fachlichen Praxis empfohlen wird, ist eine hohe Lagerungsdichte. Die durchgeführten Untersuchungen sollen dazu beitragen, den Einfluss der Lagerungsdichte auf die Freisetzung von Geruch sowie von Ammoniak, Distickstoffmonoxid und Methan besser zu charakterisieren als bisher.

2 Material und Methoden

Die experimentellen Untersuchungen erfolgten im Labormaßstab in zwei Messreihen. Frischmist aus einem Milchviehstall eines landwirtschaftlichen Betriebes wurde in offenen Behältern mit einem Volumen von jeweils 92 Litern (Behälterhöhe und -durchmesser 49 cm) bei einer Raumtemperatur von 20 °C gelagert. Die zu Beginn der Untersuchungen eingelagerte Masse an Frischmist betrug 60 kg je Behälter. Durch mechanisches Verdichten mit einer Druckplatte wurden Lagerungsdichten zwischen 700 und 1000 kg/m³ eingestellt.

Die in Messreihe 1 zu Beginn der Untersuchungen eingestellten Lagerungsdichten betrugen 700, 850 und 1000 kg/m³, der Untersuchungszeitraum 71 Tage. Der eingelagerte Frischmist hatte einen Trockenmassegehalt von 15,8 %.

In Messreihe 2 wurden zu Beginn der Untersuchungen Lagerungsdichten von 700, 800 und 1000 kg/m³ erzeugt. Die Untersuchungen erstreckten sich über einen Zeitraum von 95 Tagen. Der Trockenmassegehalt des eingelagerten Frischmistes betrug 18,5 %.

Während der Messungen der genannten gasförmigen Emissionen waren die Behälter verschlossen und definiert belüftet (dynamische Messkammer). Die Luftraten wurden entsprechend den unterschiedlichen Füllhöhen in den Behältern so angepasst, dass die über dem Mist befindliche Luft einmal pro Minute ausgetauscht wurde (Abb. 1). Die Ermittlung der gasförmigen Emissionen erfolgte mit einem fotoakustischem Infrarotanalysator (Brüel & Kjær/Innova 1302). Die Geruchsschwellen wurden mit einem Olfaktometer (ECOMA TO7) bestimmt. Außerdem wurde während der Untersuchungen die Temperatur in den Miststapeln erfasst. Zu Beginn und zum Abschluss der Untersuchungen fanden chemische Analysen der Ammonium- und der Gesamtstickstoffgehalte statt.

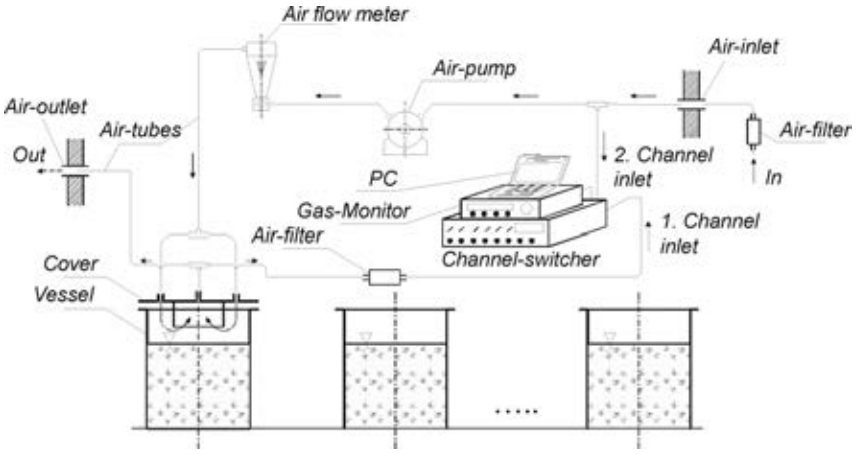


Abb. 1: Schema der Messanordnung
Fig. 1: Schematic experimental setup

3 Ergebnisse

3.1 Lagerungsdichte und Temperatur der Miststapel

Die zu Beginn der Untersuchungen eingestellten Lagerungsdichten veränderten sich. Höher verdichtete Miststapel entspannten sich innerhalb weniger Tage. In Messreihe 1 fand daher eine Nachverdichtung am 10. und am 22. Tag statt (Abb. 2). Bei geringer verdichteten Miststapeln kam es zu allmählichen Sackungen, d. h. zu einer Zunahme der Lagerungsdichte. Im Verlauf der Lagerung stellten sich Dichten zwischen 740 kg/m³ und 860 kg/m³ ein.

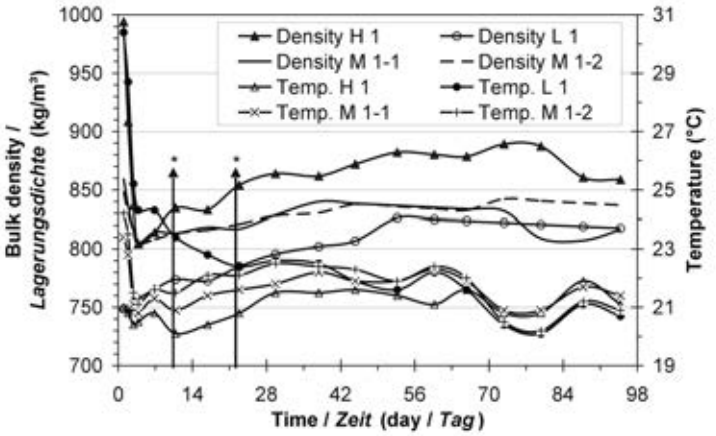


Abb. 2: Lagerungsdichten und Temperaturen der Miststapel in Messreihe 1
* Nachverdichtung von Variante H 1
Fig. 2: Bulk densities and temperatures of the samples in trial 1
** re-compaction of sample H 1*

Geringe Lagerungsdichten gingen einher mit höheren Misttemperaturen. Die Korrelationen waren vor allem zu Lagerungsbeginn sehr hoch (R^2 = 0,96). Bei einer Lagerungsdichte von 750 kg/m³ trat zu Beginn eine Temperatur von bis zu 30 °C auf. Nach einigen Wochen lagen die Misttemperaturen in allen Behältern nur noch geringfügig über der Raumtemperatur.

3.2 Gasförmige Emissionen

Ein Einfluss der Lagerungsdichte auf die Emission von Ammoniak konnte nicht nachgewiesen werden. Die Miststapel mit höheren Dichten tendierten wider Erwarten zu höheren Emissionen.

Dagegen wirkten sich höhere Lagerungsdichten auf Distickstoffmonoxid und Methan emissionsmindernd aus. Die Minderungsraten lagen bei bis zu 30 % für Distickstoffmonoxid und bei bis zu 75 % für Methan. Zwischen den Mittelwerten der Lagerungsdichten und der Methankonzentrationen bestehen sehr gute Korrelationen (Abb. 1).

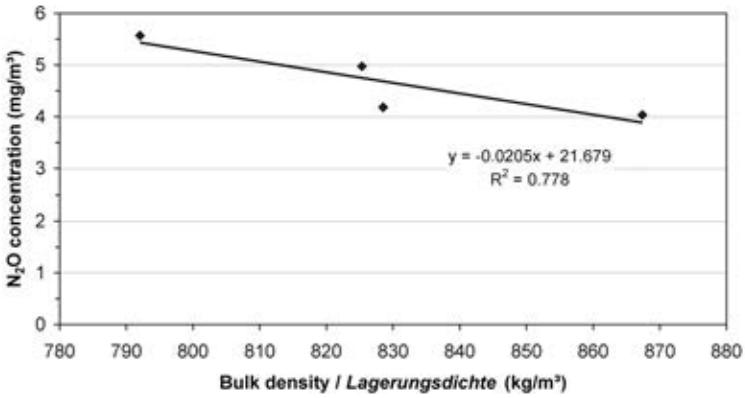


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Lagerungsdichte und Distickstoffmonoxidkonzentration in Messreihe 1

Fig. 3: Relationship between bulk density and nitrous oxide concentration in trial 1

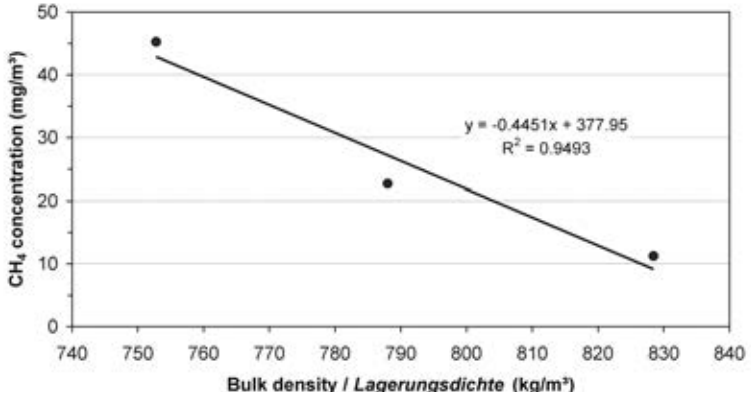


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Lagerungsdichte und Methankonzentration in Messreihe 2

Fig. 4: Relationship between bulk density and methane concentration in trial 2

Generell gingen die Ammoniak- und die Methanemissionen nach etwa zwei Wochen stark zurück, während die Distickstoffmonoxidemissionen über einen Zeitraum von 5 bis 7 Wochen in nennenswerten Mengen andauerten.
Die ermittelten Geruchsschwellen waren für alle untersuchten Lagerungsdichten gering. Sie lagen im Mittel zwischen 180 GE/m³ und 350 GE/m³. Unterschiede waren nicht nachweisbar.

4 Schlussfolgerungen

Die Lagerungsdichte von Festmist hat nur geringen Einfluss auf die Emissionen von Ammoniak, Distickstoffmonoxid, Methan und Geruch. Ein Zusammenhang von Lagerungsdichte und Ammoniak konnte nicht nachgewiesen werden. Die Distickstoffmonoxidemissionen verminderten sich mit steigenden Lagerungsdichten geringfügig. Bei Methan zeigte sich dieser Zusammenhang deutlicher. Bei insgesamt sehr geringen Geruchsemissionen war kein Zusammenhang zwischen der Lagerungsdichte und der Höhe Geruchsschwellen nachweisbar.

Literatur

Amon, B.; Amon, T.; Boxberger, J.; Pöllinger, A. (2002): Emissionen von NH_3, N_2O und CH_4 aus der Festmistverfahrenskette Milchviehanbindehaltung Stall – Lagerung – Ausbringung, Agrarspektrum Band, 34, 145–147

Berg, W.; Hörnig, G.; Wanka, U. (KTBL) (2002): Ammoniak-Emissionen bei der Lagerung von Fest- und Flüssigmist sowie Minderungsmaßnahmen, In: Emissionen der Tierhaltung und Beste Verfügbare Techniken zur Emissionsminderung, KTBL-Schrift 406, Darmstadt, Germany, 151–162

Clemens, J.; Wolter, M.; Wulf, S.; Ahlgrimm, H.-J. (KTBL) (2002): Methan- und Lachgas-Emissionen bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, In: Emissionen der Tierhaltung und Beste Verfügbare Techniken zur Emissionsminderung, KTBL-Schrift 406, Darmstadt, Germany, 203–214

Hüther, L. (1999): Entwicklung analytischer Methoden und Untersuchung von Einflußfaktoren auf Ammoniak-, Methan- und Distickstoffmonoxidemissionen aus Flüssig- und Festmist, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 200

Römer, G.; Boeker, P.; Schulze Lammers, P. (1994): Ammoniakemissionen von Festmist, Landtechnik, (49) 2, 72–73

Ammonia and GHG Emissions from a Straw Flow System for Fattening Pigs: Housing and Manure Storage

Ammoniak- und klimarelevante Emissionen aus einem Schrägbodenstall für Mastschweine: Stall und Lagerung

Barbara Amon[1], Vitaliy Kryvoruchko[1], Martina Fröhlich[1], Thomas Amon[1], Josef Boxberger[1], Alfred Pöllinger[2], Irene Mösenbacher-Molterer[2], Anton Hausleitner[2]

[1] Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan Str. 82, A-1190 Wien

[2] HBLFA Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning

Keywords: animal welfare, environmental protection, nitrous oxide, methane, ammonia, pig husbandry, manure storage
Schlüsselwörter: Tiergerechtheit, Umweltschutz, Lachgas, Methan, Ammoniak, Schweinehaltung, Flüssigmistlagerung

Summary

Emissions of NH_3, N_2O, und CH_4 were measured from a commercial pig house and were followed during storage of pig slurry. Emissions from the straw flow system were 1.24 kg CH_4, 39.9 g N_2O, and 2.10 kg NH_3 per pig place per year for the dung channel system, and 0.54 kg CH_4, 24.5 g N_2O, and 1.91 kg NH_3 for the daily manure removal system. Emissions from the straw flow system were lower than reference values for forced ventilated fully slatted floor systems. The straw flow system combines recommendations of animal welfare and environmental protection. A solid cover placed on the pig manure store was an efficient means to reduce ammonia and greenhouse gas emissions. When stored under cold climatic conditions, pig manure emitted less NH_3, and GHG than when stored under warm climatic conditions.

Zusammenfassung

NH_3-, N_2O- und CH_4-Emissionen wurden aus einem Schrägmiststall für Mastschweine und während der Flüssigmistlagerung gemessen. Die Emissionen beliefen sich auf 1,24 kg CH_4, 39,9 g N_2O und 2,10 kg NH_3 pro Tierplatz und Jahr bei Schwerkraftentmistung und auf 0,54 kg CH_4, 24,5 g N_2O und 1,90 kg NH_3 pro Tierplatz und Jahr bei Schrapperentmistung. Die Emissionen aus dem Schrägbodenstall waren geringer als Referenzwerte für zwangsentlüftete Vollspaltenställe. Der Schrägbodenstall verbindet die Aspekte „Tierschutz" und „Umweltschutz". Während der Flüssigmistlagerung erwies sich eine feste Behälterabdeckung als wirksames Mittel, um NH_3 und klimarelevante Emissionen zu mindern.

1 Introduction

Animal welfare and environmental protection are increasingly important. Housing systems must be found that offer animal welfare while minimizing the emissions of ammonia and greenhouse gases. Emissions from slurry based pig houses have been intensively researched, but more research is needed into straw based systems for pigs. Often, animal welfare and environmental protection are seen as being mutually exclusive. Consumers demand pork to be produced in straw-based systems that they consider animal friendly. On the environmental side there is a tendency to favour slurry based systems because these are assigned lower NH_3 and greenhouse gas (GHG) emissions. A solution to this conflict must be found.

Straw-based systems are often equated with deep litter, where the lying and excretion areas are not separated. In deep litter systems, most of the pig's requirements are fulfilled, however some disadvantages are encountered. The straw consumption is high, the pigs are likely to be dirtier, and some authors have found deep litter systems to emit high levels of NH_3 and GHG (VAN DEN WEGHE et al. 1998, KAISER 1999). The normal behaviour of pigs is to separate a lying and an excretion area (STOLBA 1983, WECHSLER 1997). The straw flow system distinguishes a lying and an excretion area. The pigs keep the lying area dry and clean, and excrete on elevated slats in the rear of the pen. This limits soiling of the pigs and of the pen (BARTUSSEK et al. 1995, ZALUDIK 1997). Additionally, excreta may be frequently removed from the pig house by a scraper. The small emitting surface and the frequent manure removal may contribute to a reduction in emissions. The research project aimed at quantifying NH_3, and GHG emissions from a commercial straw flow system for fattening pigs, and from the subsequent storage of pig manure.

2 Materials and Methods

Emissions of NH_3, N_2O, and CH_4 were continuously measured at a commercial farm in Upper Austria from June 2003 to April 2004. The animal house consisted of three fully separated compartments. Each compartment was forced ventilated by a central exhaust fan. Excreta were collected in a dung channel in the rear of the pen (= dung channel system). In two compartments the dung channel was additionally equipped with a scraper that was operated twice a day and moved the slurry to an outside store (= scraper system). Each compartment was separated into 16 pens that held 10–12 pigs each. Pigs were fed liquid feed consisting of 54 % maize, 21.7 % grain, and 21.5 % soy bean. No phase feeding was applied. Gas concentrations were measured with high resolution FTIR spectrometry. The ventilation rate was continuously recorded in the central exhaust fan.

From May 2004 to June 2005, emissions were followed from storage of pig slurry received from a straw flow system. Pig slurry was stored in pilot scale slurry tanks, which were 2.5 m deep and had a diameter of 2.5 m. The tanks were made from concrete and buried in the ground, with 5 cm of the wall above the soil surface. About 10 m^3 slurry were stored in each tank. Emissions were quantified by moving a large open dynamic chamber over a slurry tank and collecting the emissions. Due to variability

in emissions, it was necessary to have frequent sampling. Emissions from covered and uncovered slurry stores were measured at least twice a week for several hours.

3 Results

3.1 Animal House

Table 1 gives emissions measured from the straw flow house for fattening pigs and compares them to the reference value for forced ventilated fully slatted floor systems. Emissions of CH_4, N_2O, NH_3, and GHG from the straw flow system were always lower than the reference value.

From the straw flow system CH_4 emissions of 1.24 kg (dung channel system), respectively 0.54 kg CH_4 (scraper system) per pig place and year were lost. The reference value for fully slatted floor systems is 4.0 kg CH_4 per pig place and year (UBA 2001). N_2O emissions from the straw flow system amounted to 0.040 kg (dung channel system), respectively 0.025 kg N_2O (scraper system) per pig place and year. Fully slatted floor systems are estimated to emit 0.100 kg N_2O per pig place and year (UBA 2001). NH_3 emissions from the straw flow system were 2.10 (dung channel system), respectively 1.91 kg NH_3 (scraper system) per pig place and year. The reference value for fully slatted floor systems is higher: 3.0 kg NH_3 per pig place and year (Döhler et al. 2002, UBA 2001).

CH_4 and N_2O emissions were summarised to net total emissions of greenhouse gases expressed as kg CO_2 eq. per pig place per year. The global warming potential (GWP) of CH_4 is 21 times higher than that of CO_2. N_2O has a 310 times higher GWP than CO_2 (Houghton et al., 1996). The reference value for GHG emissions from fully slatted floor systems (115 kg CO_2 eq. per pig place per year) was aggregated from the reference values given for CH_4 and N_2O emissions. From the dung channel system, 38 kg CO_2 eq. per pig place per year were lost. The installation of a scraper underneath the slats resulted in a reduction of GHG emissions to 19 kg CO_2 eq. per pig place per year.

Tab. 1: Emissions from a straw flow system for fattening pigs and reference value for fully slatted floor systems

Tab. 1: Emissionen aus einem Schrägbodenstall für Mastschweine und Richtwert für Vollspaltenställe

	CH_4	N_2O	NH_3	GHG
	[kg hd^{-1} yr^{-1}]			
Reference value	4.00[1)]	0.100[1)]	3.00[2)]	115[1)]
Dung channel system	1.24	0.040	2.10	38
Daily manure removal	0.54	0.025	1.91	19

[1)] UBA 2001

[2)] Döhler et al. 2002

3.2 Manure storage

Table 2 summarises emissions measured from covered and uncovered pig slurry stores. The experiments were carried out twice: once under warm conditions and once under cold conditions. Measurements under warm conditions were conducted for 200 days,

while measurements under cold conditions were stopped after 50 days. For comparison, Table 2 gives cumulated emissions under warm conditions reached after 50 days of storage and after 200 days of storage. Mean slurry temperature was higher under warm conditions (about 17 °C) than under cold conditions (about 12 °C).

Uncovered pig slurry had emitted 4.66 kg CH_4 m^{-3} after 200 days under warm conditions. When equipped with a solid cover, net total CH_4 emissions of 1.42 kg m^{-3} were measured. This finding is in line with results gained from dairy cattle slurry stores in course of the EU project "MIDAIR", where a solid cover proved to be an effective means for mitigation of CH_4 emissions (AMON et al. 2004, 2005). CH_4 emissions were lower when slurry was stored under cold conditions. After 50 days, a level of 0.17 kg CH_4 m^{-3} had been reached for the uncovered slurry compared to 0.25 kg CH_4 m^{-3} measured after 50 days of storage under warm conditions. As observed under warm conditions, a solid cover also reduced CH_4 emissions under cold conditions. N_2O emissions from uncovered pig slurry had reached a level of 119 g N_2O m^{-3} after 200 days compared to 114 g N_2O m^{-3} from the covered store under warm conditions. After 50 days, N_2O emissions were 23 and 30 g N_2O m^{-3} from the uncovered and covered store, respectively. Under cold conditions, the uncovered store had emitted 36 g N_2O m^{-3} and the covered store 18 g N_2O m^{-3}.

After 200 days of storage, NH_3 emissions from uncovered pig slurry under warm conditions had reached a level of 380 g NH_3 m^{-3} which is about 40 % more than emissions from the covered store. Emissions after 50 days were 118 compared to 66 g N_2O m^{-3}. Pig slurry has a lesser tendency to form a natural surface crust than cattle slurry. For this reason it is especially important to cover pig slurry stores in order to avoid NH_3 emissions. Under cold climatic condition, the NH_3 emission level was substantially lower than under warm conditions and the difference between the covered and the uncovered store was less distinct

Tab. 2: Cumulated emissions from slurry storage
Tab. 2: Kumulierte Emissionen während der Flüssigmistlagerung

Treatment	Slurry temperature °C	Cumulated emissions of ...		
		CH_4 kg m^{-3}	N_2O g m^{-3}	NH_3 g m^{-3}
Slurry, warm				
Covered, after 50 days	16.4	0.17	30	66
Uncovered, after 50 days	17.9	0.25	23	118
Covered, after 200 days	15.8	1.42	114	273
Uncovered, after 200 days	16.5	4.66	119	380
Slurry, cold				
Covered, after 50 days	12.9	0.10	18	19
Uncovered, after 50 days	11.6	0.16	36	22

4 Conclusions

The straw flow system emitted less NH_3 and GHG than a conventional fully slatted floor system. When the dung channel system was additionally equipped with a scraper and the pig manure was daily removed to the outside storage, emissions from the straw flow system were further reduced. Stores for pig slurry should be equipped with a solid cover as this study demonstrated it as an effective option for mitigation gaseous emissions. Emissions differed when slurry was stored under warm and under cold climatic conditions. It is therefore suggested to set up the national emission inventory by applying separate emission factors for slurry storage in the colder and in the warmer half of the year. The straw flow system combines recommendations of animal welfare and environmental protection

Acknowledgements

The project was supported by the Austrian Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Environment, and Water Management.

References

Amon, B.; Kryvoruchko, V.; Amon, T. (2004): Influence of different levels of covering on greenhouse gas and ammonia emissions from slurry stores. In: Weiske, A. (ed.) Greenhouse gas emissions from Agriculture, mitigation options and strategies, International Conference February 10–12, 2004, Leipzig, Germany, 252–254

Amon, B.; Kryvoruchko, V.; Amon, T.; Boxberger, J. (2005): Lagerung von Milchviehflüssigmist: Wirkung der Abdeckung auf NH_3-, N_2O- und CH_4-Emissionen. Agrartechnische Forschung 11(4), 64–80

Bartussek, H.; Hausleitner, A.; Schauer, A.; Steinwender, R.; Ubbelohde, J. (1995): Schrägbodenbuchten für Mastschweine. Veröffentlichungen der BAL Gumpenstein 23, Irdning, 1995

Döhler, H.; Dämmgen, U.; Berg, W.; Bergschmidt, A.; Brunsch, R.; Eurich-Menden, B.; Lüttich, M.; Osterburg, B. (2002): Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien und Prognose der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft und Szenarien zu deren Minderung bis zum Jahre 2010. Final Report für Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft und Umweltbundesamt

Houghton, J.T.; Meira Filho, G.; Callander, B.A.; Harris, N.; Kattenberg, A.; Maskell, K. (Eds.) (1996): Climate Change 1995: The Science of Climate Change. In: Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Kaiser, S. (1999): Analyse und Bewertung eines Zweiraumkompoststalls für Mastschweine unter besonderer Berücksichtigung der gasförmigen Stoffströme. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) 334

Stolba, A. (1983): Verhaltensmuster von Hausschweinen in einem Freigehege. In: Aktuelle Arbeiten zur artgerechten Tierhaltung 1983. KTBL-Schrift 299, Landwirtschaftsverlag GmbH., Münster-Hiltrup

Umweltbundesamt der BRD (2001): Entwurf: Erstellung eines Gutachtens für einen deutschen Beitrag zur Vollzugsvorbereitung zum Umsetzung der IVU-Richtlinie für den Bereich Intensivtierhaltung, UBA Vorhaben FKZ 360 08 001, Stand November 2001, KTBL Darmstadt, Umweltbundesamt Berlin; In: UBA-Text 75/02 „Beste verfügbare Techniken in der Intensivtierhaltung“

Van den Weghe, H.; Kaiser, S.; Arkenau, E.F.; Wickler, C.; Hartwig, A. (1998): Assessment of a new deep litter system and a slatted floor housing system for fattening pigs on indoor air quality, animal behaviour and systematic injuries. Proceedings of the 49th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Warschau, 24.–27. August 1998. MP 3.5, 1–8

Wechsler, B. (1997): Schwein. In: Sambraus, H.H.; Steiger, A. (Eds.): Das Buch vom Tierschutz. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart, 173–185

Zaludik, K. (1997): Untersuchungen zum Schrägbodensystem für Mastschweine. Masters thesis, Universität für Bodenkultur, Wien

Influences on Dust Emission for Laying Hen Houses

Einflüsse auf die Staubemission aus der Legehennenhaltung

Ehab Mostafa, Wolfgang Büscher

Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

Keywords: dust emission, laying hens, diurnal change, animal housing, animal activity
Schlüsserworter: Staubemission, Legehennen, Tagesverlauf, Tierhaltung, Tieraktivität

Summary

Dust can be considered as one of the most important source for air contamination in livestock buildings composed from feed, bedding, dried manure, skin debris and building materials. According to environment protection laws dust emission from livestock buildings must be controlled. The aim of this investigation is to find the effect of diurnal change, seasons and housing style such as cage and aviary system on dust emission. To achieve this aim, online measurements of dust emission through different seasons and different housing systems have been done. Descriptions of the emitted dust were done to estimate the shape of the dust particles inside the animal houses by microscopic analysis and determination of the density of the dust particles by sedimentation experiments.

Zusammenfassung

Staub ist die wichtigste Quelle von luftgetragenen Kontaminanten in Nutztierställen und setzt sich zusammen aus Futterpartikeln, Einstreumaterialien, getrocknetem Dünger, Hautabschilferungen und Baustoffen des Gebäudes. Zur Reinhaltung der Luft müssen Emissionen aus der Nutztierhaltung einer Kontrolle unterliegen. Das Ziel dieser Veröffentlichung ist es, den Einfluss der Tageszeit, der Jahreszeit und des Haltungssystems, wie Käfig- und Volierenhaltung, auf die Staubemission zu ermitteln. Um dies zu erreichen, wurde mit Hilfe von online Messungen die Staubpartikelanzahlkonzentration zu verschiedenen Jahreszeiten und in verschiedenen Haltungssystemen erfasst. Eine genauere Beschreibung der Partikelform erfolgte mit Hilfe mikroskopischer Untersuchungen. Die Partikeldichte konnte durch experimentelle Sedimentationsversuche bestimmt werden.

1 Introduction

Animal production is increasingly regarded as a source of air pollutants which can be both aggravating and environmentally harmful. The air in animal housing contains gases, odours, dust and microorganisms which are discharged by the ventilation system into the environment. There is increasing concern that these compounds affect the respiratory health of people not only working inside these houses, but also the people living close to livestock enterprises (SEEDORF and HARTUNG 2001). The dust in intensive poultry housing is primarily composed of feed components and dried fecal material, but can also contain dander (hair and skin cells), molds, pollen, grains, mites, insect parts, mineral ash and, with floor-reared poultry, litter and feathers (ROBERT 2001). The influence of the dust on the animal health depends on the nature of the dust (organic, not organic), the compounds carried by these particles (bacteria, toxins) and the diameter of the particles. Particles with aerodynamic diameters smaller than 5 µm can penetrate deep into the lung but the larger particles are deposited in the upper airways (SEEDORF and HARTUNG 2001). The dust emissions were affected significantly by several sectors such as housing type and diurnal changes (TAKAI et al. 1998, MITCHELL et al. 2004). Different systems of housing for the laying hens have been classified (JACKY and PHILIP 1999) into two systems: The battery cage system and the non-cage systems which are divided into three systems (aviary, deep litter and free-range system). The aim of this study is to find the effect of diurnal change and housing style such as cage and aviary system on dust emission and to correlate it with animal activity.

2 Material and Methods

The measurements have been done in Germany during 2006 within two different housing systems for laying hens. The experiment was carried out in two different houses, aviary with 46 000 laying hens and cage system with 14 600 laying hens. The dust concentration has been measured online using an Aerosol spectrometer (model 1.108 GRIMM Aerosol techniques, Ainring, Germany) as shown in Figure 1. These measurements have been done continuously for 24 hours on different days during two different seasons (autumn and summer) to estimate the effect of day/night and seasons on dust emission rate. November and July are selected to act the autumn and summer season respectively. The air volume flow for the whole day in both houses has been determined by means of climate computer and calibrated measuring fans.



Fig. 1: Quantification of the emission rate
Abb. 1: Quantifizierung der Emissionsrate

The air temperature of the barn and its relative humidity has been measured via data logger

and specific sensors. Estimation of the dust shapes inside the laying hen houses has been done microscopically. This microscopic analysis has been achieved by the Institute of Plant Diseases using scanning microscope (Leitz DMRB). The density of the dust particles was measured via sedimentation cylinder which is modified by SCHMITT-PAUKSZTAT (2006).

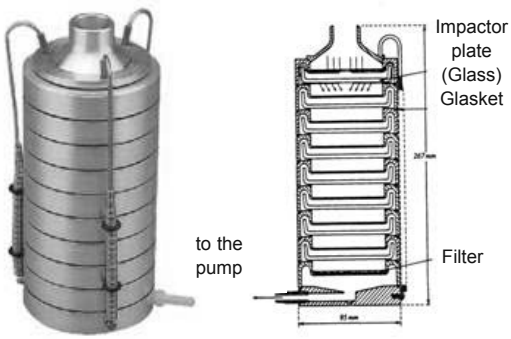


Fig. 2: Constitution of the Andersen Cascade-Impactor sampler
Abb. 2: Aufbau des Andersen Kaskadenimpaktors

The dust particles sampled with an Andersen Cascade-Impactor sampler (Schaefer Company, Langen, Germany) with eight stages from glass impactor plates as shown in Figure (2) to sample the dust into different particle size fractions within eight stages according to their aerodynamic diameter. Shapes and densities of the dust were analyzed to determine the gravimetric factor which used to calculate the dust mass from the number of the dust particles and then the dust emission rate according to the method which it described by NANNEN (2005).

The animal activity has been estimated according to the equation provided by PEDERSEN and SÄLLVIK (2002):

$$A = 1\text{-}a \cdot \sin[(2 \cdot \pi/24) \cdot (h + 6 - h_{min})]$$

where:

A	= relative animal activity.	
a	= constant expressed the amplitude with respect	1 = 0.61 for laying hens
h_{min}	= time of the day with minimum activity	= -0.1 for laying hens

3 Results and Discussion

As expected, the result of this study showed the effect of different housing systems on total dust emission rate. As shown in Table 1, the total dust emission rate in an aviary system is higher than in a cage system. Reasons are the large exposed surfaces of manure and litter in aviary systems, which lead to a higher dust emission by the activity of the hens. Cage systems restrict the activity inside the battery. This result agreed with NIMMERMARK and GUSTAFSSON (2005) & MARTENSSON and PEHRSON (1997).

Tab. 1: Air temperature, relative humidity and total dust emission rate for different seasons
Tab. 1: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Gesamtemissionsrate zu unterschiedlichen Jahreszeiten

	Aviary system		Cage system	
	Summer, July	Autumn, November	Summer, July	Autumn, November
Temperature [°C]	27	19.6	26.5	20.5
Relative humidity [%]	62.5	71.5	58.7	65
Total dust emission rate [mg/hr/hen]	5.57	18.25	0.38	1.2

The housing factor has been calculated via dividing the dust emission rate from the cage system by the rate of the aviary system to show the influence of housing system on dust emission rate with different particle fractions. Figure 3 describes the increasing of the housing factor for aviary system in comparison to the cage system. This increasing appears clearly with the smallest particle fractions and followed by the largest particle fractions. The high percentage of the housing factor for the small fraction in aviary systems come from the light weight of these particles and their ability to be carried on the air by the movement of the hens. The housing factor for the large particle fractions increases due to mixing the dust in aviary systems with other materials. This increases its weight with low particle numbers.

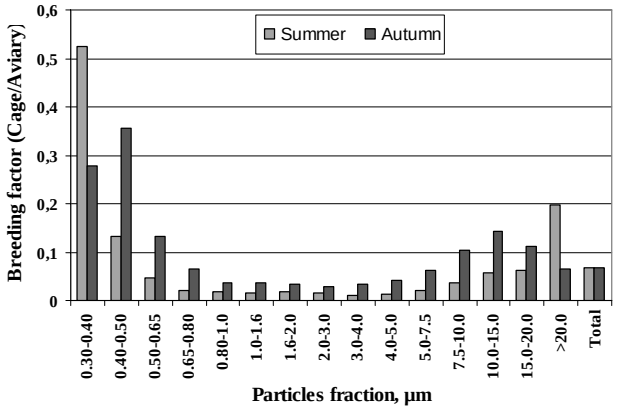


Fig. 3: Housing factor with different particle fractions
Abb. 3: Haltungsfaktor mit verschiedenen Partikelfraktionen

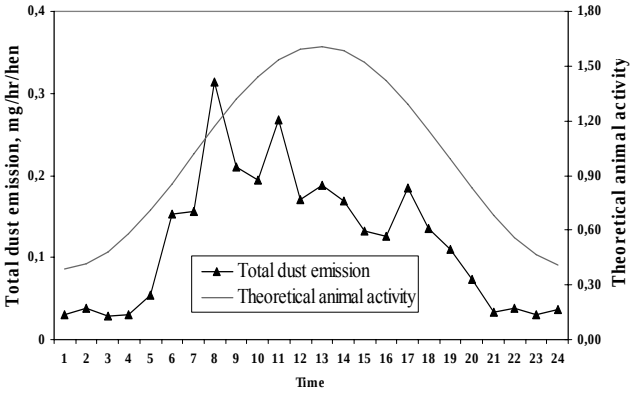


Fig. 4: Total dust emission in summer time during the whole day
Abb. 4: Gesamtstaubemission während eines Tagesgangs im Sommer

Table 1 shows the influence of the seasons on dust emission rates and its correlation with the air temperature. There are higher rates of dust emission during the autumn than the summer time; these results are not confirmed by KOCAMAN et al. (2006). The high emission in the present investiga-

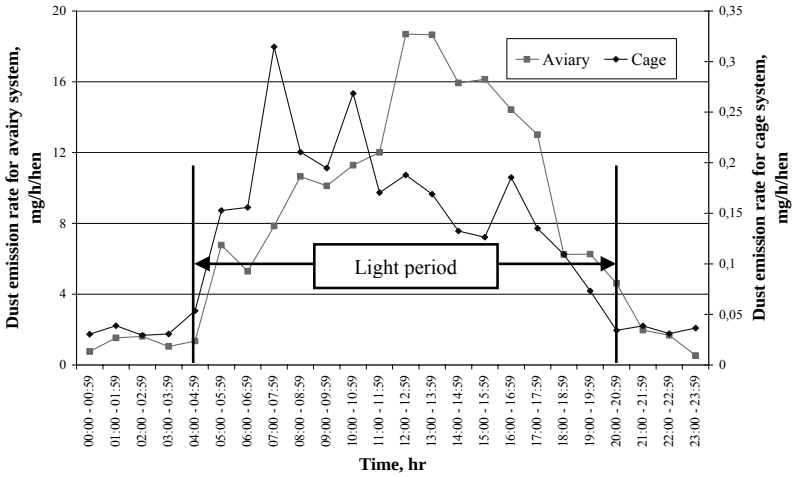


Fig. 5: Relation between total dust emission and animal activity in cage systems
Abb. 5: Beziehung zwischen Gesamtstaubemission und Tieraktivität in der Käfighaltung

tion returns to the high air temperature during summer as shown in Table 1. This high temperature causes a stupor, staggers and lethargy for the layers moreover decreases the ability for movement. This low move caused low dust production in the opposite to autumn. The low temperature creates more activity for the layers and increases the dust emission.

In both housing systems were arranged 16 hours continuous light and eight hours darkness regardless of season, as recommended by HASEMAN and SCOTT BEYER (1998). During the light period, high dust emission rates can be observed (Fig. 4) with both housing systems. This can be related to the high animal activity during the day time which increases the dust emission (Fig. 5). The feeding and the worker activity inside the barn for daily services generate also dust emission during the day time in comparison to the night. These results agree with TAKAI et al. (1998), GUSTAFASSON (1997) and MITCHELL et al. (2004). Figure 5 describes the relation between total dust emission from cage system and theoretical animal activity for the whole day.

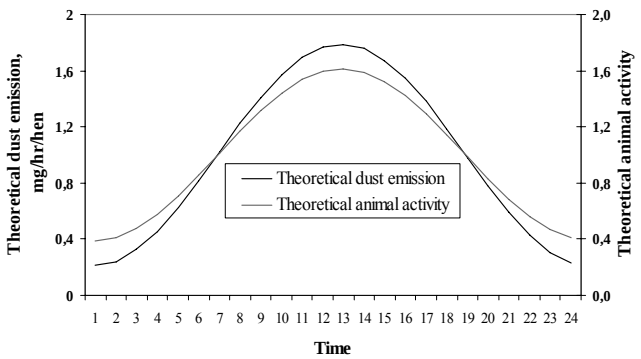


Fig. 6: Relation between theoretical animal activity and theoretical dust emission
Abb. 6: Beziehung zwischen der theoretischen Gesamtstaubemission und der theoretischen Tieraktivität in der Käfighaltung

As expected, the total dust showed a high emission rate increasing with animal activity in the lay-

ing hen house. This increase starts with early hours of the day till arrive to its maximum in the middle of the day and then decrease with low animal activity till a minimum emission during the midnight. The same results have been observed for all seasons with both housing systems. According to the results from Figure 6, the theoretical animal activity equation has been used to predict the theoretical dust emission from animal housing.

References

Gustafsson, G. (1997): Investigations of factors affecting air pollutants in animal houses. Annual Agric. Environ. Med. 4: 203–215

Haseman, D.; Scott Beyer, L. (1998): Cannibalism in the small poultry flock. Kansas University, Agric. experiment station & cooperative extension service. USA

Jacky, T.; Lymbery, P. (1999): Brittle Bones: Osteoporosis and the battery age. A report for compassion in world farming www.ciwf.co.uk

Kocaman B.; Esenbuga, N.; Yildiz, A.; Laçin, E.; Macit, M. (2006): Effect of environmental conditions in poultry houses on the performance of laying hens. International journal of Poultry Science 5 (1): 26–30

Mårtensson, L.; Pehrson, C. (1997): Air quality in a multiple tier rearing system for layer type pullets. Journal of agricultural safety & health 3(4): 217–228

Mitchell, B.W.; Richardson, L.J.; Wilson, J.L.; Hofacre, C.L. (2004): Application of an Electrostatic Space Charge System for Dust, Ammonia and Pathogen Reduction in a Broiler Breeder House. Applied Engineering in Agric. Vol. 20(1): 87–93

Nannen, C. (2005): Mikroskopische Untersuchung von Luftgetragenen Partikeln in Schweinemastställen. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, Universität Bonn

Nimmermark, S.; Gustafsson, G. (2005): Influence of Temperature, Humidity, and Ventilation Rate on the Release of Odour & Ammonia in a Floor Housing System for Laying hens. Agric. Eng. International: the CIGR Ejournal. Manuscript BC 04 008. VII

Pedersen, S.; Sällvik, K. (2002): Climatization of Animal Houses, heat and moisture production at animal and house levels. International commission of agric. Eng., Section II. Research centre Bygholm, Danish Institute of Agric. Sciences, Horsens, Denmark

Robert, W.B. (2001): An environmental nuisance: odor concentration and transported by dust. Chem. Senses 26: 327–331

Schmitt-Pauksztat, G. (2006): Verfahren zur Bestimmung der Sedimentationsgeschwindigkeit von Stäuben und Festlegung partikelspezifischer Parameter für deren Ausbreitungssimulation. Dissertation. VDI-MEG-Schrift 440

Seedorf J.; Hartung, J. (2001): Emission of airborne particulates from animal production. http://agriculture.de/acms1/conf6/ws4dust.htm (14.02.2006)

Takai, H.; Pedersen, S.; Johnsen, J.O.; Met, J.H.M.; Koerkamp, P.W.G.G.; Uenk, G.H.; Phillip, V.R.; Holden, M.R.; Sneath, R.W.; Short, J.L.; White, R.P.; Hartung, J.; Seedorf, J.; Schroder, M.; Linkert, K.H.; Wathes, C.M. (1998): Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. J. Agric. Eng. Res. 70(1): 59–77

„Cows and more, was die Kühe uns sagen" Bonitieren – Bewerten – Beraten mit System

„Cows and more, what cows telling us" Rating – Assessment – Advise with System

Andreas Pelzer[1], Horst Cielejewski[2], Katharina Bayer[3], Wolfgang Büscher[3], Otto Kaufmann[4]

[1] Landwirtschaftskammer NRW, Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, D-59505 Bad Sassendorf

[2] Landwirtschaftskammer NRW, Haltungsverfahren, Technik, Bauen, Nevinghoff 40, D-48147 Münster

[3] Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

[4] Humboldt Universität Berlin, Institut für Nutztierwissenschaften, Philippstr. 13, D-10115 Berlin

Schlüsselwörter: Milchvieh, Produktionstechnik, Bewerten, Beraten, Indikatoren, Verhalten, Habitus, Verschmutzung

Keywords: dairycows, assessment, advise, criterias, indicators, behaviour, habitus, weakness, soiling

Zusammenfassung

Mit Hilfe eines Expertensystems soll die produktionstechnische Beratung in der Milchviehhaltung weiter optimiert werden. Durch die objektive und systematische Erfassung von Kriterien und Indikatoren in Bezug auf Verhalten, Habitus und Stoffwechsel von Milchkühen sollen mit Hilfe einer standardisierten Analyse durch eine Datenbank die Schwachstellen in Haltung und Management erkannt und wichtige Ansätze zur Optimierung herausgearbeitet werden. In einer ersten Erhebung von 55 Milchviehbetrieben in NRW konnten erste systembedingte Unterschiede herausgearbeitet werden.

Summary

Under assistance of a knowledge-based system advisory service in the field of dairy production should be further improved. By means of an impartial and systematic recording of criteria and indicators with respect to behaviour, habitus and metabolism of the herd as well as a standardized analysis by a database points of weakness in husbandry and management should be detected and key approaches for further optimisation explored. In a preliminary investigation on 55 dairy farms in NRW system-related differences could be elaborated.

1 Einführung

Die ökonomischen Rahmenbedingungen in der Milchhaltung erfordern eine kostengünstige Produktion mit hoher Milchleistung, niedriger Remontierungsrate und preiswerter Fütterung. Wichtige Beiträge dazu werden durch Management und Haltungsumwelt geleistet. Das in den letzten Jahren häufig genutzte Schlagwort Kuhkomfort beschreibt einen Teilbereich, der allerdings in der Regel auf bauliche Aspekte und Funktionsmaße abhebt. Aber nicht immer werden dabei befriedigende Resultate erzielt. Es erscheint daher sinnvoll, qualitative und quantitative Parameter des Tierverhaltens und im Habitus von Milchkühen systematisch und objektiv zu erfassen und daraus Schwachstellen in Haltung und Management abzuleiten.

Bislang werden Momentaufnahmen der Situation im Stall subjektiv erfasst und bewertet und als Grundlage für die Beratung genutzt. Der fachliche Hintergrund und die unterschiedliche Qualifikation der Berater führen mitunter zu abweichenden oder auch gegensätzlichen Empfehlungen.

Die Landwirtschaftskammer NRW arbeitet zurzeit in Zusammenarbeit mit dem Institut für Landtechnik der Friederich Wilhelm Universität in Bonn und der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt Universität in Berlin an der Entwicklung eines Expertensystems, um Kriterien am Tier objektiv zu erfassen. Die Kriterien werden durch ein EDV-gestütztes Programm mit Zielwerten verglichen und aus den ermittelten Abweichungen wird Haltung und Management in der Milchviehhaltung bewertet.

2 Material und Methode

In dem genannten Projekt werden Kriterien und Indikatoren zusammengetragen, um Verhalten, Habitus und Stoffwechsel der Kühe in Liegeboxenlaufställen aussagekräftig und objektiv erfassen zu können. Diese Kriterien müssen einerseits eine hohe Relevanz in der Beurteilung von Haltung und Management haben, andererseits sollen die Indikatoren in der Praxis einfach und sicher zu erheben sein.



Abb.1: Kriterien für die Bewertung von Haltung und Management
Fig.1: Criteria with respect to behaviour, habitus and metabolism

Die Erhebung der Daten im Stall erfolgt in einer zeitlich vorgegebenen Reihenfolge, die sich am Zeitpunkt der Fütterung orientiert.

Einige der eingesetzten Scores, wie zum Beispiel der Hygienescore zur Bonitierung der Sauberkeit der Kühe, wurden für dieses System neu entwickelt. Andere bestehende Schemata wurden entsprechend den Anforderungen modifiziert und an das System angepasst, wie zum Beispiel das DLG-Schema zur Gelenksbonitierung bei Kühen. Andere Scores wurden komplett in das System integriert, wie zum Beispiel die Körperkonditionsbewertung von Milchkühen (BCS).

Tab. 1: Hygienescore zur Bonitierung der Sauberkeit bei Milchkühen (PELZER 2006)
Tab. 1: hygiene score cow soiling

Körperpartien	
K1	Hinterhand (rechts)
K2	Bauch/Euter
K3	Unterbein (rechts)
K4	Kreuz
K5	Schwanz
K6	Schwanzquast
K7	Sitzbein (rechts)

Bonitierung	
sauber	1
leicht verfärbt/vereinzelt Spritzer	2
stark verfärbt/Flecken/viele Spritzer	3
Anhaftungen von Kot	4
Klutenbildung	5
starke Klutenbildung	6

Der entwickelte Hygienescore umfasst 7 Körperpartien und 6 Sauberkeitsstufen.

Das Ziel ist eine über alle Körperregionen hinweg saubere Kuh, was einem Zielwert 1 (sauber) entspricht. Eine deutliche Verschmutzung bestimmter Körperregionen ist in der Regel auf unmittelbare Einflüsse durch Haltung und Management zurückzuführen. So findet man z. B. eine starke Verschmutzung des Schwanzquastes in erster Linie in Liegeboxenlaufställen mit Hochboxen und relativ kurzen Liegeflächen. Eine starke Verschmutzung der Hinterhand zeigt Managementeinflüsse durch eine zu geringe Einstreu in Hoch- und Tiefboxen an. Stark verschmutzte Unterbeine stehen für unzureichend gereinigte Laufgänge.

Schäden am Integument und Auswirkungen von Technopathien werden durch das abgewandelte DLG-Bonitierungsschema erfasst. In vorerst 8 Stufen von „ohne Befund" bis hin zu „Gelenksbeteiligung" wird der Zustand von Wamme, Carpus, Fessel vorn, Widerrist, Wirbelsäule, Tarsus und Fessel hinten an mindestens 20 Kühen oder 20 % der Herde festgehalten.

In einem zweiten Schritt müssen die in der Datenbank erfassten Daten bewertet werden. Dafür werden Vergleichswerte, Richtwerte oder Zielwerte benötigt. In welcher Zeit legen sich Kühe normalerweise ab, wie sauber sind Kühe in einem Boxenlaufstall und welche Verletzungshäufigkeit haben sie an bestimmten Stellen? Um diese Werte zu finden und festzulegen, ist die einschlägige Literatur gesichtet und zum Teil auch auf eigene Untersuchungen und Erfahrungen zurückgegriffen worden. Einige dieser Werte müssen durch begleitende Untersuchungen verifiziert werden. Abgeschlossene und laufende Untersuchungen auf der Weide sollen der Festlegung von Zielwerte dienen und sie weiter absichern. Für die anderen Werte stehen auch die Mittelwerte aller untersuchten Betriebe zur Verfügung.

Mit einer statistischen Analyse sollen einerseits die Normalwerte und Spannbreite der erhobenen Daten ausgewiesen werden, andererseits aber auch Zusammenhänge zwischen Tierverhalten/Habitus und den Abmessungen der Stallumwelt ermittelt werden. Negative Abweichungen des Einzelbetriebes von „Normalwerten" zeigen auf, dass Handlungsbedarf zur Verbesserung bestehen kann. So können für die Beratung der Betriebe die guten und die weniger guten Merkmale der einzelbetrieblichen Milchviehhaltung benannt werden und auch abgesicherte Empfehlungen gemacht werden.

Datenerhebungen, die im Laufe der Zeit durch die Beratungsarbeit anfallen, werden in die Datenbank eingepflegt und vergrößern damit die Datengrundlage.

In einem Pilotprojekt haben Bestandsbetreuer der Landwirtschaftskammer NRW nach Abstimmung und Einweisung im Frühjahr 2007 mit den zusammengestellten Erhebungsbögen die Daten in 55 Liegeboxenlaufställe erhoben und dabei auch die Praktikabilität getestet. Für die erfassten Betriebe sind auch die sonst üblichen Funktionsmaße von Gebäude und Stalleinrichtung erhoben worden.

3 Ausgewählte Ergebnisse

Da die Datenbank zurzeit eingerichtet wird, können im Folgenden nur die Einzelergebnisse einiger Kriterien von zwei erhobenen Betrieben und die Mittelwerte über alle untersuchten Betriebe dargestellt werden. In den Betrieben werden im Mittel 80 Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein gehalten, die Jahresmilchleistung liegt im Durchschnitt bei 9408 kg Milch.

Zweiundzwanzig der untersuchten Ställe sind mit Hochboxen, dreizehn mit Tiefboxen und zehn mit hochverlegten Tiefboxen ausgestattet. Zehn Betriebe hatten mehrere Varianten. In 38 Betrieben laufen die Kühe auf Spaltenböden und in zehn Betrieben auf planbefestigten Laufgängen. Das Tier – Fressplatzverhältnis liegt im Mittel aller Betriebe bei 1 : 0,93 und das Tier – Liegeplatzverhältnis bei 1 : 1,01.

3.1 Akzeptanz der Liegeboxen

In der Regel dauert der Abliegeprozess auf der Weide nur wenige Sekunden. Abgeleitet von Literaturangaben, die sich auf Weidebeobachtungen beziehen, wird der Zielwert für die Abliegedauer auf weniger als 30 Sekunden festgelegt. Da eine unzureichende Liegeboxengestaltung die Zeitspanne, die die Kühe zum Abliegen benötigen, deutlich beeinflussen kann, wird dieses Kriterium zur Beurteilung von Liegebox und Liegefläche herangezogen.

Im Mittel aller untersuchten Betriebe legten sich nur 49 % der Kühe innerhalb der ersten 30 Sekunden nach Betreten der Liegefläche ab. In Betrieb A lagen in dieser Zeitspanne schon 82 % der beobachteten Kühe. In Betrieb B lag der Anteil lediglich bei 17 %.

Ein weiteres Kriterium, mit dem unter anderem die Akzeptanz der Liegeboxen untersucht werden kann, ist die Tätigkeit bzw. der Aufenthaltsort der Kühe drei Stunden nach der Futtervorlage.

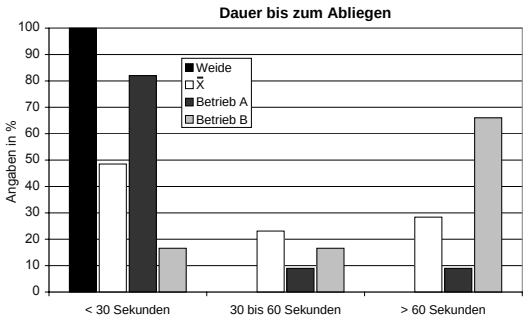


Abb.2: Dauer nach Betreten der Liegebox bis zum Abliegen

Fig. 2: Time after entering until laying down

Im Mittel aller ausgewerteten Betriebe lagen zu diesem Zeitpunkt 52 % der Kühe in den Liegeboxen. In Betrieb A lagen schon 63 %. Allerdings standen noch 12 % der Kühe mit zwei Beinen in der Box. Ursache für die negative Beeinflussung des Abliegeverhaltens ist hier ein nicht korrekt eingestelltes Nackenohr.

Betrieb B zeigte mit nur 35 % eine sehr niedrige Rate liegender Kühe,

hingegen mit 17 % einen sehr hohen Anteil von Kühen, die mit vier Beinen in der Liegebox standen. Dies zeigt eine deutliche Behinderung des Abliegeprozesses, zu mal auch die Dauer bis zum Abliegen in diesem Betrieb sehr hoch war.

Ebenso fiel im Betrieb B der hohe Anteil im Fressgitter stehender Kühe auf. Möglicherweise ein Hinweis auf ein unzureichendes Tier – Fressplatzverhältnis, welches zu einer Verlängerung der Futteraufnahme für die Kühe führen kann. Diese Annahme wurde durch ein Tier – Fressplatzverhältnis von 1 : 0,6 bestätigt.

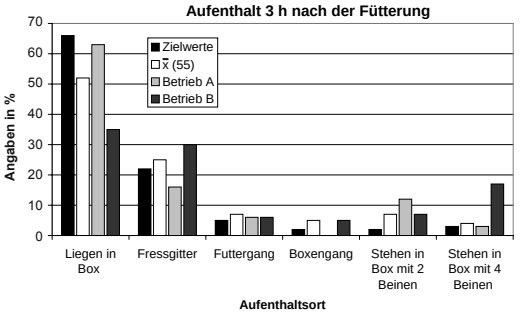


Abb. 3: Tätigkeit/Aufenthaltsort der Kühe 3 h nach Futtervorlage (Zielwerte: vorläufige Orientierungswerte)
Fig. 3: Activity 3 h after feeding

3.2 Liegepositionen

Da die Gestaltung, Dimensionierung und Abmessungen von Liegeboxen und -fläche neben der Akzeptanz auch Einfluss auf die mögliche Liegepositionen der Kühe hat, wurden zur Beurteilung des Liegeboxendesigns die in Abbildung 5 dargestellten Liegepositionen erfasst.



Abb. 4: Liegepositionen bei Milchkühen
Fig. 4: Defined laying positions of dairy cows

In der Auswertung fiel auf, dass der Anteil der Kühe, die in der Liegeposition „gestrecktes Vorderbein" lagen, in Betrieb B deutlich niedriger ausfiel als in Betrieb A und auch eine deutliche Abweichung vom Zielwert vorlag. Als Ursache wurde eine Bugschwelle bzw. ein Bugbrett mit einer Höhe von 20 cm festgestellt, welches die Möglichkeit zum Ausstrecken der Vorderbeine behinderte.

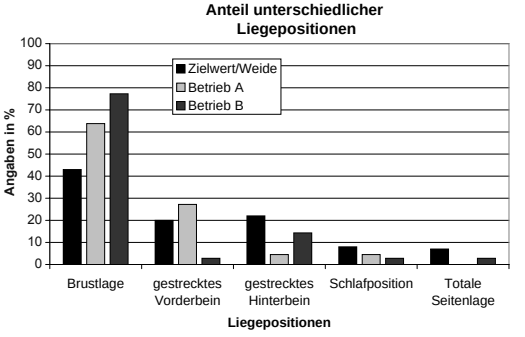


Abb. 5: Liegepositionen (Zielwerte vorläufig)
Fig. 5: Laying positions

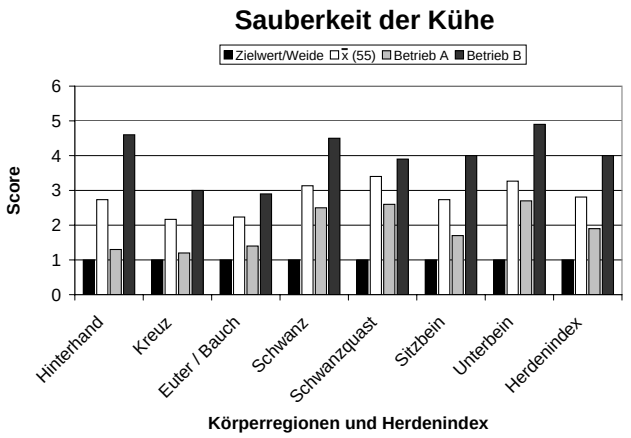


Abb. 6: Sauberkeit der Kühe / *Fig. 6: Cow soiling*

3.3 Teilauswertung Sauberkeit

Die Auswertung unserer beiden Beispielsbetriebe zeigten system- und managementbedingte Einflüsse auf die Sauberkeit der Kühe.

In Betrieb B zeigten die Bonitierungswerte im Bereich Hinterhand, Schwanzquast und Unterbeine mit Werten über 4 deutliche Mängel im Management auf, was sich auch in einem Herdenindex von 4,0 widerspiegelte. Betrieb A erreichte mit einem Herdenindex (Mittelwert über alle Merkmale) von 1,8 einen Spitzenplatz unter allen ausgewerteten Betrieben, die einen durchschnittlichen Herdenindex von 2,7 erreichten.

4 Fazit

Mit dem hier vorgestellten Projekt „cows and more, was die Kühe uns sagen“ soll mit Hilfe eines Expertensystems versucht werden, durch die objektive und systematische Erfassung von Verhalten und Habitus der Milchkühe Rückschlüsse auf die Qualität von Haltung und Management aufzuzeigen.

Anhand ausgewählter Einzelergebnisse zweier Milchviehbetriebe, die mit den Mittelwerten von 55 untersuchten Betrieben bzw. mit definierten Zielwerten für ausgesuchte Kriterien und Indikatoren verglichen werden, kann dargestellt werden, dass solche Rückschlüsse sinnhaft abgeleitet werden können.

Dem Betrieb A wird durch die guten Ergebnisse in den untersuchten Kriterien eine gute Stalleinrichtung und ein gutes Management bestätigt. Allein die Positionierung des Nackenrohres sollte überprüft werden. Im Betrieb B sind neben der Boxengestaltung vor allem auch Managementeinflüsse im Bereich der Futtervorlage und Stallhygiene zu diskutieren und zu verbessern.

Mit der Weiterentwicklung dieses Projektes soll der produktionstechnischen Beratung ein Instrument zur Schwachstellenanalyse zur Verfügung gestellt werden, mit dem objektiv und systematisch qualitative und quantitative Kriterien des Tierverhaltens und des Habitus erfasst, ausgewertet und fundierte, einheitliche Empfehlungen zur Haltungsumwelt gegeben werden können.

Literatur

Eine vollständige Literaturliste erhalten Sie von den Autoren.

Neue Materialien als Einstreu in Liegeboxen von Milchviehställen

New Bedding Materials in Dairy-Cow Cubicles

Michael Zähner[1], Sabine Schrade[1], Walter Schaeren[2], Janet Schmidtko[3]

[1] Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

[2] Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Schwarzenburgstr. 161, CH-3003 Bern

[3] Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Albrecht-Thaer-Weg 3, D-37075 Göttingen

Schlüsselwörter: Milchvieh, Liegeboxen, Einstreu, Sand, Kompost, Feststoffe separierter Gülle
Keywords: dairy cattle, cubicles, bedding materials, sand, compost, recycled manure solids

Zusammenfassung

Sand, Kompost und Feststoffe von separierter Gülle werden auf einigen Betrieben als Einstreu in Liegeboxen für Milchkühe alternativ zu Strohmatratzen oder Komfortmatten verwendet. Ziel der Untersuchungen war es, diese Einstreumaterialien hinsichtlich der Verfahrenstechnik, Tiergerechtheit, Hygiene, Arbeitswirtschaft und Betriebswirtschaft zu bewerten.

Mit Blick auf Tiergerechtheit und Hygiene sind diese Einstreumaterialien unbedenklich. Der Arbeitszeitbedarf für die Liegeboxenpflege ist bei Sand mit dem für Komfortmatten, bei Kompost und Feststoffen von separierter Gülle mit dem für Strohmatratzen vergleichbar. Die Materialkosten für Sand sind hoch, diejenigen von Kompost niedrig. Die Investition eines Gülleseparators ist hoch und lohnt sich nur für größere Betriebe oder bei überbetrieblicher Nutzung.

Summary

Sand, compost and recycled manure solids are used on some commercial farms as bedding material in cubicles as an alternative to conventional straw mattresses or soft rubber mats. The aim of the present studies was to evaluate these bedding materials in dairy-cow cubicles in terms of process engineering, animal welfare, hygiene, work economics and farm management.

From an animal welfare and hygienic point of view, these mentioned materials are recognized as safe. Where sand is used as bedding, the working-time requirement for cubicle maintenance is comparable to that for soft rubber mats; where compost and recycled manure solids are used, it is comparable to that for straw mattresses. The material costs for sand are high, whilst those for compost are low. Investment in a liquid manure separator is only worthwhile for relatively large farms or for use in farming collectives.

1 Problemstellung und Ziel

Um in der Schweiz Beiträge des Förderprogramms „Besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme“ (BTS) zu erhalten, muss bei Milchvieh der Liegebereich aus einer Strohmatratze oder einer für das Tier gleichwertigen Unterlage bestehen. Nach der Verordnung über die Hygiene bei der Milchproduktion (VHyMP) sind als Einstreu Stroh und andere geeignete Materialien in einwandfreiem Zustand erlaubt, die die Tiergesundheit nicht gefährden und die Milchqualität nicht beeinträchtigen. Als Alternative zu Strohmatratzen können Sand, Kompost und Feststoffe von separierter Gülle als Einstreu für Liegeboxen in Milchviehlaufställen verwendet werden.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Bewertung dieser Einstreumaterialien mit Blick auf Verfahrenstechnik, Tiergerechtheit und -gesundheit, Arbeitswirtschaft und Betriebswirtschaft. Weiter wird abgeklärt, ob Bedenken hinsichtlich der Milchhygiene berechtigt sind. Zur Gestaltung und zum Betrieb von Liegeboxen mit Sand, Kompost sowie Feststoffen von separierter Gülle werden Empfehlungen abgeleitet.

2 Methode

Ein strukturiertes Interview auf Praxisbetrieben diente zur Erfassung von Betriebsdaten, verfahrenstechnischen Kenngrößen und Erfahrungen der Landwirte. Bei einer Stallbegehung wurden Details zum Stallsystem wie Abmessungen und Gestaltung der Liegeboxen erhoben. Außerdem erfolgte die Beurteilung der Gelenke (Tarsi) der Tiere nach EKESBO (1984) und der Sauberkeit der Tiere nach FAYE ET BARNOUIN (1985) sowie der Liegeboxen nach OSWALD (1992). Bei Sand wurde zusätzlich die Wärmeableitung mit einer von SIEDER (1999) konstruierten Heizsonde erhoben. Von der Einstreu aus den Liegeboxen wurden der Trockensubstanzgehalt und die Wasseraufnahmekapazität ermittelt. Zur Beurteilung der bakteriologischen Qualität von Proben aus der Einstreu und Tankmilch der Betriebe mit Kompost oder Feststoffe von separierter Gülle führte die Forschungsanstalt ALP Laboranalysen durch. Weiter wurde die Arbeitszeit für die Liegeboxenpflege gemessen und mit dem Modellkalkulationssystem «PROOF» (RIEGEL und SCHICK 2005) der Arbeitszeitbedarf berechnet. Ein betriebswirtschaftlicher Vergleich zeigt die Jahreskosten von Tiefboxen mit Sand, Kompost, Feststoffen von separierter Gülle und Strohmatratzen sowie Hochboxen mit Komfortmatten auf.

3 Ergebnisse

Die Einstreudicke variierte auf den Betrieben zwischen 10 cm und 70 cm bei Sand, 8 cm und 20 cm bei Kompost sowie zwischen 8 und 25 cm bei Feststoffen von separierter Gülle. Alle drei Einstreumaterialien bildeten nach dem Einbringen in die Liegeboxen eine kompakte, verformbare Oberfläche. Feststoffe von separierter Gülle trocknen aufgrund der großen Oberfläche des Materials sehr schnell ab. Das Wasseraufnahme vermögen liegt mit rund 220 % des Trockensubstanzgehaltes deutlich über dem von

Kompost mit 140 % und nur geringfügig unter demjenigen von gemahlenem Stroh mit 280 % und Sägemehl mit 250 % (ZEHNER et al. 1986).

Bei den Untersuchungen zu Veränderungen an den Sprunggelenken (Tarsi) wurde nur eine geringe Anzahl an Schäden (haarlose Stellen, Krusten oder offene Wunden) festgestellt. 52 % der Tiere bei Liegeboxen mit Sand und je 59 % der Tiere bei Liegeboxen mit Kompost beziehungsweise mit Feststoffen von separierter Gülle zeigten keinerlei sichtbare Schäden an den Sprunggelenken. Die Werte waren etwas schlechter als diejenigen von Strohmatratzen (86 %), jedoch deutlich besser als Komfortmatten (15 %), loses Stroh (32 %) und Gummimatten (10 %). Die am häufigsten vorgefundenen Schäden am Tarsus bei Kühen waren haarlose Stellen sowie Krusten und offene Wunden kleiner als 2 cm (Abb. 1). Größere Verletzungen kamen nur bei sehr wenigen Einzeltieren vor.

Die niedrige Kuhverschmutzung von maximal 0,5 (Skala von 0 keine Verschmutzung bis 2 total verschmutzt) bei Sand, Kompost und Feststoffen von separierter Gülle und die geringe Lagerverschmutzung sind Kennzeichen für positive Materialeigenschaften dieser Einstreu.

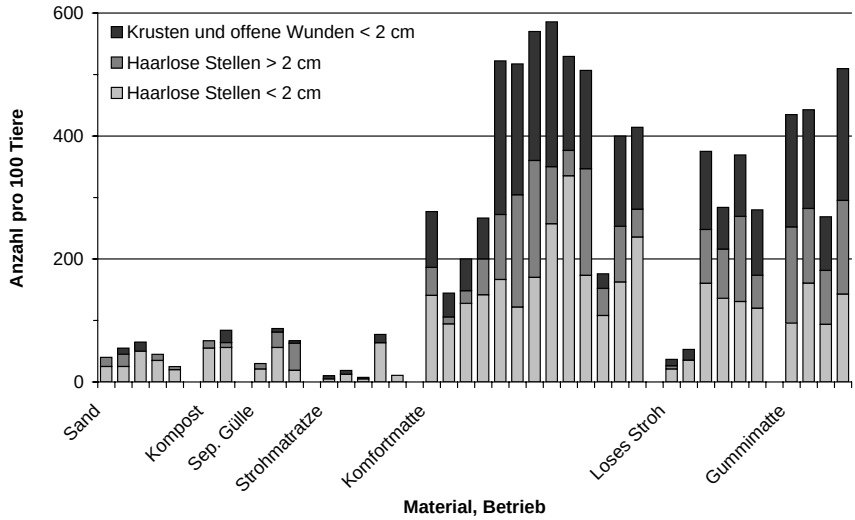


Abb. 1: Anzahl Schäden pro 100 Tiere der verschiedenen Liegeflächen, unterteilt in die einzelnen Schadenskategorien (Daten Strohmatratze, Komfortmatte, loses Stroh und Gummimatte: SCHAUB et al. 1999, BUCHWALDER 1999)

Fig. 1: Number of lesions per 100 animals for different lying areas according to type of lesion (data for straw mattress, soft rubber mat, loose straw and rubber mat: Schaub et al. 1999, Buchwalder 1999)

Die Wärmeableitung von Sand ist im Vergleich zu Strohmatratzen deutlich höher. Dies ist im Sommer ein Vorteil, die Tiere können ihre überschüssige Wärme gut abgeben. In den Wintermonaten kann sich diese Eigenschaft als Nachteil erweisen, da die wärmedämmende Wirkung von Sand gering ist.

Ein Vergleich der bakteriologischen Qualität der Liegefläche und der Milch bei Kompost und Feststoffen von separierter Gülle als Einstreu mit früheren Untersuchungen und

anderen Liegeflächen wie Strohmatratze und Komfortmatten zeigt, dass diese Liegeflächen aus hygienischer Sicht nicht kritischer zu beurteilen sind. Die Keimgehalte waren insgesamt niedrig (Tab. 1). Koagulasepositive Staphylokokken und Propionsäurebakterien wurden in den Einstreuproben nicht gefunden. Enterokokken kamen in der Einstreu vor, waren in der Milch aber nicht oder nur in sehr kleinen Mengen nachweisbar. Damit hat sich bestätigt, dass der Zusammenhang zwischen der Anzahl Enterokokken auf der Liegefläche und derjenigen in der Milch nicht sehr eng ist (Reithmeier et al. 2004).

Tab. 1: Bakteriologische Qualität der Einstreu- und Tankmilchproben auf den untersuchten Betrieben bei Winter- und Sommerfütterung
Tab. 1: Bacteriological quality of bedding and milk-tank samples taken on the farms studied during winter and summer feeding

Betrieb	1		2		3		4		5	
Einstreu	Kompost				Feststoffe von separierter Gülle					
Vegetationsperiode	Wi	So	Wi	So	Wi	So	Wi	So	Wi	So
Einstreu										
Enterokokken (10^3 KbE/g)	257	16	129	336	2162	37	859	251	477	69
Koagulasepos. Staphylokokken (KbE/g)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Propionsäurebakterien (KbE/g)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Milch										
Aerobe mesophile Keime (KbE/ml)	5000	2500	2350	4500	7050	7250	5800	4100	7250	7100
Enterobacteriaceae (KbE/ml)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Enterokokken (KbE/ml)	500	<	275	275	500	500	<	<	<	275
Propionsäurebakterien (KbE/ml)	<	<	150	150	<	<	<	<	150	<

Wi = Winter, So = Sommer, KbE = Koloniebildende Einheit, < = nicht nachweisbar

Der Arbeitszeitbedarf von Sandboxen mit 0,57 AKmin pro Tier und Tag bei 40 Kühen liegt unter dem Arbeitszeitbedarf von Strohmatratzen mit 1,03 AKmin und Komfortmatten mit 0,76 AKmin (Abb. 2). Der Arbeitszeitbedarf von Kompost und Feststoffen von separierter Gülle mit 1,01 bzw. 1,06 AKmin pro Tier und Tag entspricht dem von Strohmatratzen.

Ein betriebswirtschaftlicher Vergleich bei 40 Kühen mit 265 Stalltagen zwischen verschiedenen Liegeflächen zeigt, dass sich diese vor allem bei den Kosten für den Separator bzw. die Matten und den Kosten für die Einstreu (Sand, Stroh, Kompost) unterscheiden (Abb. 3). Sand weist bei einem Verbrauch von 10 kg/Tier · Tag und einem Preis von 56 Fr./m^3 sehr hohe, Kompost bei einem Verbrauch von 1 kg/Tier · Tag und einem Preis von 18 Fr./m^3 sehr niedrige Materialkosten auf. Bei Feststoffen von separierter Gülle sind die Investitionen für den Separator von 25 000 Fr. sehr hoch. Berücksichtigt wurden bei dieser Berechnung eine allfällige Einsparung beim Güllerührwerk, nicht berücksichtigt wurden die Investitionen bei der Güllegrube sowie Kosten beim Ausbringen.

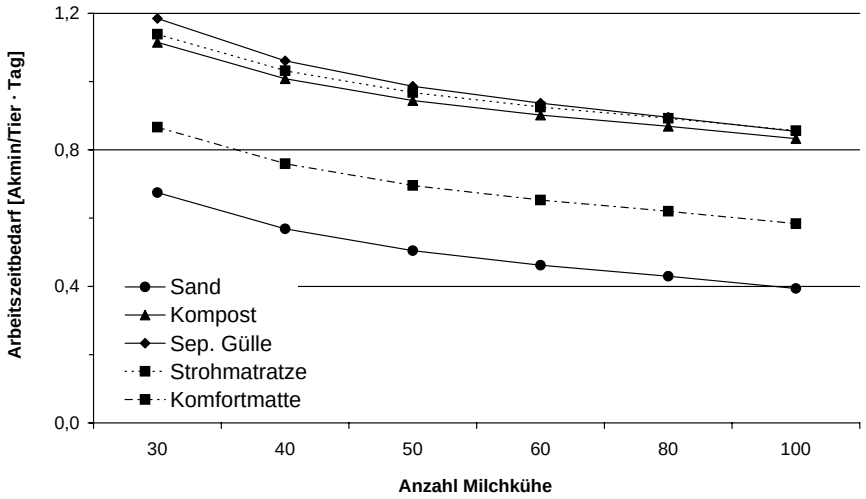


Abb. 2: Arbeitszeitbedarf für die tägliche Liegeboxenpflege und das Nachstreuen der Boxen alle zwei Wochen der verschiedenen Liegeflächen bei unterschiedlichen Bestandesgrößen
Fig. 2: Working-time requirement for daily cubicle maintenance and fortnightly respreading of cubicles for different lying areas for different herd sizes

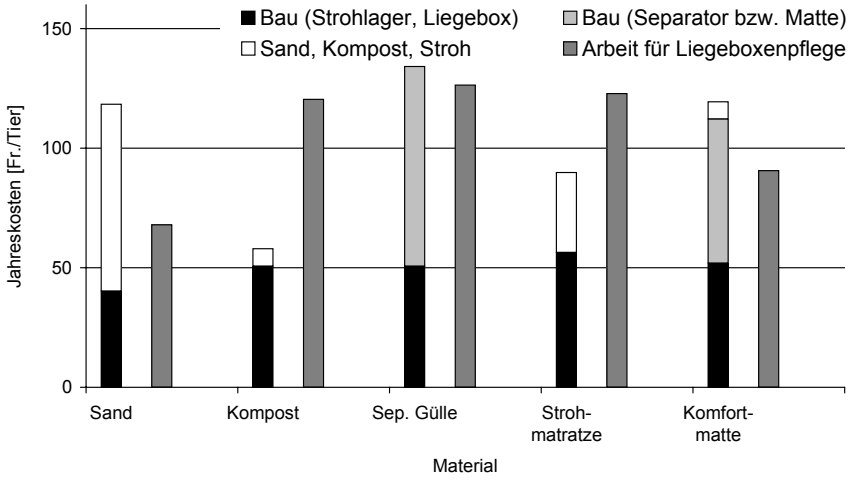


Abb. 3: Vergleich der Jahreskosten für Liegeboxen der verschiedenen Liegeflächen bei 40 Kühen, unterteilt in Baukosten, Materialkosten und Arbeitskosten
Fig. 3: Comparison of the annual costs for cubicles with different lying areas 40 cows, according to construction costs, material costs and work costs.

4 Schlussfolgerungen

Sand ist mit Blick auf Tiergerechtheit mit einer Strohmatratze vergleichbar, weist tiefe Arbeitszeiten für die Liegeboxenpflege, jedoch hohe Materialkosten auf. Zu beachten ist, dass Laufgänge, Querkanäle und die Güllegrube befahrbar sind, die Dicke des Sandbettes mindestens 30 cm misst und eine Körnung des Sandes von höchstens 1 mm gewählt wird.

Kompost und Feststoffe von separierter Gülle als Einstreu sind mit Blick auf Tiergerechtheit, Hygiene und Arbeitszeit für die Liegeboxenpflege mit einer Strohmatratze vergleichbar. Zu beachten ist, dass sich die Anschaffung eines Separators nur für größere Betriebe oder bei überbetrieblicher Nutzung lohnt.

Faktoren, die die Tiergerechtheit sowie die Keimgehalte von Liegeboxen und Einstreumaterialien positiv beeinflussen, sind eine ausreichende Einstreumenge, trockene, saubere und gepflegte Liegeflächen sowie geeignete Abmessungen der Liegeboxen.

Wichtig bei allen drei Einstreumaterialien ist, dass sich die Landwirte bereits in der Planungsphase mit der Einstreu auseinandersetzen und einen Neubau gezielt darauf ausrichten.

Literatur

Buchwalder, T. (1999): Einfluss der Liegeplatzqualität auf das Verhalten und die Schäden bei Milchkühen im Boxenlaufstall. Schlussbericht, Tänikon

Ekesbo, I. (1984): Methoden der Beurteilung von Umwelteinflüssen auf Nutztiere unter besonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit und des Tierschutzes. Wien. Tierärztliche Monatsschrift 71 (6/7), S. 186-190

Faye, B.; Barnouin, J. (1985): Objectivation de la propreté des vaches laitières et des stabulations – L'indice de propreté. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix. I.N.R.A. 59, S. 61–67

Oswald, T. (1992): Der Kuhtrainer. FAT-Schriftenreihe Nr. 37, Tänikon

Reithmeier, P.; Schaeren, W.; Schällibaum, M.; Friedli, K. (2004): Bacterial load of several lying area surfaces in cubicle housing systems on dairy farms and its influence on milk quality. Milchwissenschaften 59, pp. 20–24

Riegel, M.; Schick, M. (2005): The PROOF Model Calculation System Using the Example of Pig Husbandry. XXXI CIOSTA-CIGR V Congress "Increasing Work Efficiency in Agriculture, Horticulture and Forestry" September 19–21, 2005, University of Hohenheim, Stuttgart, pp. 360–367

Schaub, J.; Friedli, K.; Wechsler, B. (1999): Weiche Liegematten für Milchvieh-Boxenlaufställe – Strohmatratzen und sechs Fabrikate von weichen Liegematten im Vergleich. FAT-Berichte Nr. 529, Tänikon

Sieder C. (1999): Wärmeleitung von Liegeflächen. Facharbeit IP, Tänikon

Zehner, M.M.; Farnsworth, R.J.; Appleman, R.D.; Larntz, K.; Springer, J.A. (1986): Growth of Environmental Mastitis Pathogens in Various Bedding Materials. Journal of Dairy Science 69, pp. 1932–1941

Vakuumverhältnisse an der Zitzenspitze bei konventionellen und zentralenlosen Melkzeugen

Vacuum Behaviour at Teat End in Conventional and Single Tube Milking Clusters

SANDRA ROSE, REINER BRUNSCH

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

Schlüsselwörter: Vakuum, Vakuumverhalten, Vakuumeigenschaften, Melktechnik, Melksysteme
Keywords: vacuum, vacuum behaviour, milking technique, milking systems

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war es, ausgewählte konventionelle und zentralenlose Melkzeuge hinsichtlich ihrer Eignung für differenzierte Milchflüsse anhand der Vakuumverhältnisse zu charakterisieren. Das Vakuumverhalten an der Zitzenspitze wurde mit der Nassmessmethode nach DIN ISO 6690 gemessen. Der Abfall des mittleren Vakuums bei zunehmendem Milchfluss sowie die Vakuumschwankungen in den Melkzeugen an der Zitzenspitze wurden ermittelt.

Die analysierten Vakuumverhältnisse für Melkzeuge ohne Sammelstück haben gezeigt, dass bei einem Schlauchdurchmesser von 16 mm gute Ergebnisse erzielt werden können. In weiteren Untersuchungen konnte auch der Einsatz des BioMilkers® als positiv für Melkzeuge ohne Sammelstück bewertet werden.

Summary

The main objective of this study was to characterise the vacuum behaviour of different single tube and conventional milking clusters. The vacuum behaviour was tested. For analysing the vacuum system of vacuum stability and periodic disturbances wet-test method had been used.

The single tube milking cluster with a tube diameter of 16 mm shows the lowest fluctuations and the best vacuum stability. The conventional milking clusters showed only good results for one parameter either in vacuum stability or vacuum fluctuations.

In further investigations the BioMilker® showed also good results for single tube systems.

1 Problemstellung und Ziel

Korrekt arbeitende Melktechnik ist eine Grundvoraussetzung für einen gesundheitsfördernden, schnellen und vollständigen Milchentzug (RASMUSSEN et al. 2003). Das Vakuumverhalten an der Zitzenspitze beeinflusst dabei die Interaktionen zwischen dem Zitzengummi und der Zitze, es wirkt auf die Milchflussgeschwindigkeit und Zitzenkondition (IDF 2000). Für viertelindividuelle Melkverfahren sind bisher keine Standards über die DIN ISO 5707 und 6690 (1996) definiert worden. Zur Überprüfung der Parameter Lufteinlass, Vakuumverhalten und Vakuumschwankungen ist es notwendig, dass neue Maßgaben geschaffen werden.

Ziel der Untersuchungen war es, ausgewählte konventionelle und zentralenlose Melkzeuge hinsichtlich ihrer Eignung für differenzierte Milchflüsse anhand der Vakuumverhältnisse zu charakterisieren.

2 Methodik Vakuummessungen

Das Vakuumverhalten an der Zitzenspitze wurde mithilfe der Nassmessmethode nach DIN ISO 6690, Annex A gemessen. Als Druckmessgerät wurde BoviPress® der Firma A & R Trading GmbH verwendet. Die Berechnung des Abfalls des mittleren Vakuums bei zunehmendem Milchfluss sowie die Vakuumschwankungen an der Zitzenspitze erfolgte nach den Vorgaben der DIN ISO 6690.

Vier verschiedene Melkzeuge (MZ) mit Einzelschlauchführung ohne Sammelstück (MZ A und B, MZ E und F) und zwei konventionelle Melkzeuge (MZ C und D) wurden in die Untersuchungen einbezogen. Bei den zentralenlosen Melkzeugen wurde mit verschiedenen Schlauchdurchmessern gearbeitet. Die Melkzeuge A und B hatten eine Zitzengummikopfbelüftung und Zitzengummis aus Gummi. Bei den getesteten Melkzeugen E und F wurden BioMilker®-Becher verwendet, welche einen periodischen Lufteinlass aufweisen und mit Zitzengummis aus Silicon ausgestattet sind. Als Schlauchmaterial wurde Gummi verwendet.

Tab. 1: Untersuchte Melkzeuge und Anlagenvakuum
Tab. 1: Tested milking clusters and machine vacuum

Melkzeug (MZ)	Schlauchmesser ø kurzer Milchschlauch/ ø langer Milchschlauch	Melkvakuum kPa
A, zentralenlos	16 mm	40,0
B, zentralenlos	12 mm	40,0
C, Westfalia Classic	12 mm/16 mm	40,0
D, MC 73	12 mm/16 mm	44,8
E, zentralenlos BioMilker®	12 mm	35,7
F, zentralenlos BioMilker®	16 mm	35,7

Verschiedene euterbezogene Milchflüsse von 0–8 l/min wurden gewählt. Als Testflüssigkeit wurde Wasser bei Raumtemperatur verwendet (TAN 1993). Es wurde jeweils mit dem vom Hersteller empfohlenen Vakuum gearbeitet.

3 Ergebnisse und Diskussion Vakuumeigenschaften

3.1 Vakuumabfall bei zunehmendem Milchfluss

Abbildung 1 zeigt das mittlere Vakuum an der Zitzenspitze bei verschiedenen Milchflüssen. Während des zunehmenden Milchflusses verringert sich bei den Melkzeugen A, C, E und F das mittlere Vakuum um maximal 5 kPa. Bei den MZ B und E (Schlauchdurchmesser 12 mm) wurden etwas höhere Vakuumabfälle von 8 bzw. 6 kPa verzeichnet. Der mit Abstand höchste mittlere Vakuumabfall von 16,4 kPa wurde bei Melkzeug D gemessen. Der Grund für den Abfall des Vakuums ist in der Konstruktion der Melkzeuge sowie im Schlauchdurchmesser des kurzen Milchschlauchs bzw. des langen Schlauchs bei viertelindividuellen MZ zu suchen. Die in Abbildung 1 dargestellten Funktionen geben weitere Hinweise zum Vakuumabfall. Alle Anstiege sind negativ. Des Weiteren lässt sich der Vakuumabfall bei einem Milchfluss von 1 kg ablesen. MZ D zeigt den dabei höchsten Abfall von -3,3 kPa bei einem Durchfluss von 1 kg/min. Die beiden MZ mit 16 mm Schläuchen zeigen den kleinsten negativen Verlauf der Trendlinien.

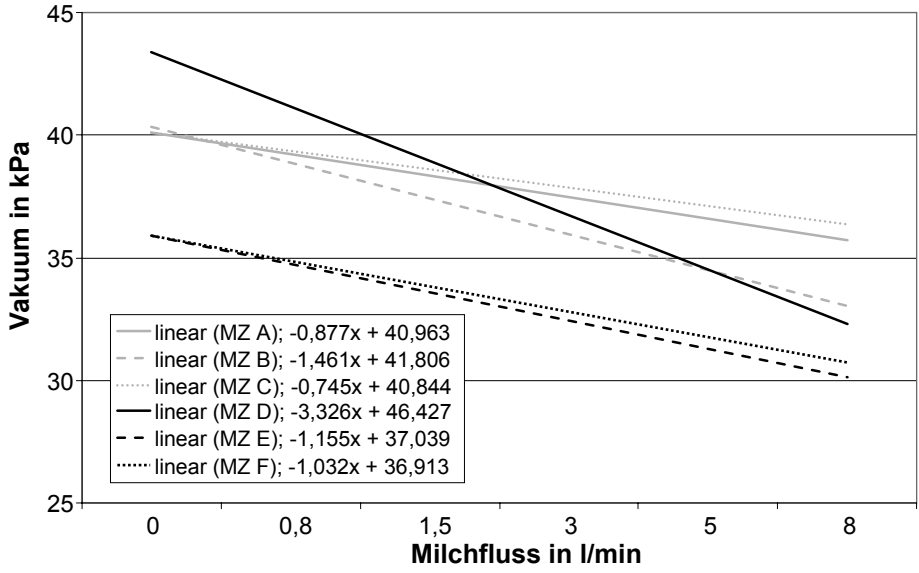


Abb. 1: Mittleres Vakuum an der Zitzenspitze
Fig. 1: Mean vacuum at teat end

Möglicherweise ist der Einsatz des BioMilker®-Bechers bei viertelindividuellen Melksystemen (automatisch oder konventionell) vorteilhaft, um auch bei Einsatz von kleineren Schlauchdurchmessern einen geringen Vakuumabfall bei hohen Milchflüssen zu erzielen. Zudem kann dabei das Anlagenvakuum deutlich verringert werden.

GLEESON et al. (2003) stellten dazu fest, dass ein reduziertes Vakuum Zitzenveränderungen minimiert, aber die Melkhaftzeit erhöht. Gleichzeitig wird die Hauptmilchflussphase verringert und es ergeben sich keine Auswirkungen auf Milchleistung und die Milchzusammensetzung.

Das Bestimmtheitsmaß r^2 liegt bei allen Gleichungen über 0,95 (Abb. 1). Die berechneten Trendfunktionen entsprechen somit nahezu dem Verlauf der Messwerte.

3.2 Vakuumschwankungen

Die Vakuumschwankungen für die untersuchten Melkzeuge bei einem Milchfluss von 8,0 l/min sind in Tabelle 2 dargestellt. Die höchsten Schwankungen wurden bei den Melkzeugen B und C gemessen. Melkzeug A zeigte die geringsten Schwankungen. Die mittlere Vakuumschwankung für die Melkzeuge E und F wurde nicht berechnet, da es aufgrund der periodischen Lufteinlässe zu gezielten zyklischen Vakuumschwankungen kommt (BioMilker®) und somit im Widerspruch mit den anderen Melkzeugen steht und nicht direkt vergleichbar ist.

Bei Melkzeug B zeigt sich, dass bei viertelindividuellen Melksystemen durch geringe Schlauchquerschnitte und lange Schläuche hohe Vakuumschwankungen auftreten. Dies stellt bisher vor allem ein Problem in automatischen Melksystemen dar. Im Vergleich zu konventionellen Melksystemen sind Vakuumschwankungen unter der Zitze im Allgemeinen in automatischen Melksystemen höher (BJERING und RASMUSSEN 2002). Setzt man jedoch größere Schlauchquerschnitte ein, können die Schwankungen reduziert werden und erreichen dann Werte, die mit dem oberen Bereich bei konventionellen Melkzeugen (MZ D Vakuumschwankung = 9 kPa) vergleichbar sind. Der Einsatz von Schlauchquerschnitten über 12 mm hat sich als sinnvoll und praktikabel erwiesen.

Tab. 2: Vakuumschwankungen und mittlerer Vakuumabfall an der Zitzenspitze in verschiedenen Melkzeugen bei einem Milchfluss von 8,0 l/min

Tab. 2: Vacuum fluctuations and mean vacuum decrease in different milking clusters by milk flow of 8 l/min

Melkzeug (MZ)	Vakuumschwankung kPa	Mittlerer Abfall 0 bis 8 l/min kPa
A, 16 mm	8,10	4,74
B, 12 mm	13,38	8,09
C, konventionell	12,52	3,97
D, konventionell	9,36	16,39
E, BioMilker® 12 mm	-	6,06
F, BioMilker® 16 mm	-	5,54

Der Einsatz des Systems mit periodischem atmosphärischen Lufteinlass kann hier unter Umständen auch Vorteile bringen. HAMANN et al. (2001) stellten fest, dass bei Einsatz einer Überdruckpulsierung signifikant kleinere Zitzendurchmesser sowie eine niedrigere Gewebefestigkeit und eine signifikante Abnahme des Makrophagenanteils im Zitzensekret auftraten. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig, um den Vorteil des Einsatzes von solchen Systemen nachzuweisen.

4 Zusammenfassung

Die analysierten Vakuumeigenschaften für Melkzeuge ohne Sammelstück haben gezeigt, dass bei einem Schlauchdurchmesser von 16 mm (MZ A und F) gute Ergebnisse erzielt werden können. Über den Einsatz sollte in der Praxis nachgedacht werden. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um passende Schlauchquerschnitte zu ermitteln und damit optimale Vakuumeigenschaften zu erzielen. Die Vakuumeigenschaften konnten dabei als sehr gut bewertet werden. In weiteren Untersuchungen konnte auch der Einsatz des periodischen Lufteinlasses auch bei kleinen Schlauchquerschnitten (MZ E und F) als positiv für Melkzeuge ohne Sammelstück bewertet werden. In weiteren Studien wird der Einsatz von verschiedenen Melkbechern und angepassten Schlauchdurchmessern zur Verbesserung des Vakuumverhaltens in konventionellen und automatischen Melksystemen ohne Sammelstück getestet.

Literatur

Bjering, M.; Rasmussen, M. D. (2002): Vacuum fluctuations in the liner during automatic milking. The first North American Conference on Robotic Milking, March 20–22

DIN ISO 5707 (1998): Melkanlagen (Konstruktion und Leistung)

DIN ISO 6690 (1998): Melkanlagen (Mechanische Prüfungen)

Gleeson, D. E.; O'Callaghan, E.; Rath, M. (2003): Effect of vacuum level on bovine teat tissue and milking characteristics. Irish Journal of Agricultural and Foos Research, 42: 205–211

Hamann, J.; Bronzo, V.; Moroni, P.; Casula, A.; Zecconi, A. (2001): Conventional and positive pressare pulsation effects on bovine teats and on immunological components of different milk fractions. Milchwissenschaften, 56, 8, pp. 423–327

IDF (2000): Functional Requirements for Milking Machines (Referring to the ISO standards 3918, 5707 and 6690). The Bulletin of IDF 358, Belgium

Rasmussen, M. D.; Reinemann, D. J.; Mein, G. A. (2003): Milking machines. The Bulletin of IDF, No. 381, Belgium

Tan, I. (1993): Milking System Dynamics. 2. Analysis of Vacuum Systems. Journal of Dairy Sciences, 76: 2004–2212

Sozialisierung von Saugferkeln: Tierverhalten und Tierleistung vor und nach dem Absetzen

Socialising of Piglets: Animal Behaviour and Animal Performance Pre and Post-weaning

ENGEL F. HESSEL, KERSTIN REINERS, HERMAN F.A. VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredlungswirtschaft Weser-Ems der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, D-49377 Vechta

Schlüsselwörter: Tierleistung, Ferkel, Sozialverhalten, Absetzen
Keywords: performance, piglet, social behavior, weaning

Zusammenfassung

Der Einfluss des Sozialisierens von Ferkeln während der Säugeperiode auf die Leistung und das Verhalten vor und nach dem Absetzen wurde untersucht. In zwei Abferkelabteilen (6 Buchten/Abteil) wurden am 12. Tag nach dem Abferkeln die Trennwände zwischen je drei Buchten entfernt, während die Sauen im Kastenstand fixiert blieben (Versuchsgruppe). In den anderen 3 Buchten der beiden Abteile wurden die Sauen und Ferkel unter konventionellen Bedingungen gehalten (Vergleichsgruppe). Nach dem Absetzen (28. Tag) blieben die Ferkel der jeweiligen Versuchs- und Vergleichsgruppen zusammen in einer Bucht des Aufzuchtabteils. Im Abferkelabteil hatte das Mischen der Würfe weder einen nachweisbaren Einfluss auf das Verhalten der Ferkel noch auf die Zunahmen. In den ersten 48 Stunden nach dem Absetzen führten die Tiere der Versuchsgruppe weniger aggressives Verhalten aus als die Tiere der Vergleichsgruppe. Während der 5-wöchigen Aufzucht nahmen die Ferkel der Versuchsgruppe signifikant mehr an Gewicht zu als die Ferkel der Vergleichsgruppe.

Summary

This study evaluated how socialising piglets before weaning affects the pre- and poust-weaning behavior and performance of piglets. In two farrowing compartments (6 pens/compartment), the solid barriers between 3 farrowing pens were removed on day 12 after farrowing, and the sows remained confined in their crates (test group). In the other 3 farrowing pens of both farrowing room, sows and their litters were kept under conventional conditions until weaning (control group). After weaning (28 days after birth), piglets of each group remained together in one pen of the rearing compartment. In the farrowing compartment, mixing of litters did not influence behaviour of piglets. Preweaning weight gain of the piglets did not differ between the treatments. In the initial 48 hours after weaning, less agonistic behaviour was observed in piglets belonging to the experimental group. During five weeks of rearing, piglets in the experimental group gained more weight compared with the control group.

1 Einleitung

Das Absetzen von Ferkeln gilt als eine der kritischsten Phasen in der modernen Schweinehaltung. Die Ferkel werden einer Vielzahl von Stressoren ausgesetzt, die zu einer Überforderung der Anpassungsfähigkeit der Tiere und einer damit verbundener Wachstumsdepression in den ersten Tagen nach dem Absetzen führen. Neben der Trennung von der Sau, einem plötzlichen Umgebungswechsel und einer abrupten Futterumstellung, die mit dem Absetzen einhergehen, stellt besonders die Konfrontation mit wurffremden Ferkeln eine erhebliche Anforderung an die Adaptionsfähigkeit der Tiere (KEELING und JENSEN 2002, LEXER et al. 2000). Um den Absetzstress der Ferkel zu minimieren und so höhere Gewichtszunahmen nach dem Absetzen zu realisieren, wurden Ferkel bereits vor dem Absetzen mit wurffremden Ferkeln gruppiert. Den Ferkeln wir dadurch bereits vor dem Absetzen die Möglichkeit gegeben bei Anwesenheit der Sau eine neue Rangordnung zu etablieren. Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss des Sozialisierens von Ferkeln während der Säugeperiode bei durchgängiger Fixierung der Sau auf die Leistung und das Verhalten vor und nach dem Absetzen zu untersuchen.

2 Material und Methode

Für den Versuch standen zwei räumlich voneinander getrennte, strohlose und zwangsbelüftete Abferkelabteile mit jeweils sechs Buchten zur Verfügung. Die Buchten (2,0 x 2,5 m) waren mit praxisüblichen, diagonal aufgestellten Kastenständen ausgestattet und, abgesehen von den Ferkelnestern, mit vollperforierten Kunststoffböden versehen. In beiden Abferkelabteilen wurden am 12. Tag nach dem errechneten Geburtstermin die Trennwände zwischen je drei Buchten entfernt, so dass die Ferkel die Möglichkeit hatten, sich zwischen diesen Buchten frei zu bewegen; die Sauen blieben im Kastenstand fixiert (Versuchsgruppe). In den verbleibenden drei Buchten der beiden Abteile wurden die Sauen und ihre Würfe bis zum Absetzen unter konventionellen Bedingungen gehalten (Vergleichsgruppe). Um eine gute Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen zu gewährleisten, wurde ein Wurfausgleich durchgeführt. In der Versuchsgruppe wurden insgesamt zehn Ferkel nach der Geburt umgesetzt; in der Vergleichsgruppe wurden nach der Abferkelung zwölf Ferkel umgesetzt. Nach dem Wurfausgleich befanden sich durchschnittlich 10,2 Ferkel in den Würfen der Versuchsgruppe und 10,0 Ferkel in den Würfen der Vergleichsgruppe. Am 28. Tag nach dem errechneten Geburtstermin wurden die Ferkel abgesetzt und in ein Aufzuchtabteil umgestallt. Die Tiere der jeweiligen Versuchs- und Vergleichsgruppen blieben nach dem Absetzen zusammen in einer Bucht. Im Aufzuchtabteil standen vier identische Buchten mit einer Buchtenfläche von jeweils 11,6 m² (2,9 x 4,0 m) zur Verfügung. Die Buchten waren aufgeteilt in einen vollperforierten Aktivitätsbereich (8,4 m², 36 % Schlitzanteil) und einen teilperforierten Ruhebereich (3,2 m², 10 % Schlitzanteil), der mit einer Abdeckung und einer Zonenheizung versehen war. Alle Buchten waren mit je einem Breiautomaten (Rundtrog) und einem Trockenfutterautomaten (Längstrog mit Fressplatzteilern) ausgestattet. Insgesamt standen pro Bucht 11 Fressplätze zur Verfügung. Das Verhalten der 230 Ferkel und 24 Sauen im Abferkelabteil wurde in den 24 Stunden vor und 48 Stunden nach dem Öffnen

der Trennwände mit Hilfe von Videoaufzeichnungen kontinuierlich erfasst. Des Weiteren wurde das Verhalten der Ferkel im Aufzuchtabteil in den ersten 48 Stunden nach dem Absetzen beobachten. Jedes Ferkel wurde einzeln am 3., 12. und 28. Lebendstag sowie wöchentlich während der 6-wöchigen Aufzucht gewogen. Die Untersuchungen wurde bei 2 Aufzuchtperioden durchgeführt, so dass pro Gruppe 4 Wiederholungen vorlagen.

Tab. 1: Definition der erfassten Verhaltensweisen
Tab. 1: Definition of the specific behaviours that were observed

Verhalten/*behaviour* **Abferkelstall/** *farrowing compartment*	**Definition/***definition*
Liegen/*lying*	Ferkel liegen/*piglets lying*
Säugen/*suckling*	Ferkel säugen an der Sau/*piglets suckling*
Aktivität/*activity*	Ferkel stehen oder laufen/*piglets in an upright position*
Aufzuchtstall/*rearing compartment*	
Liegen/*lying*	Ferkel liegen im Aktivitätsbereich/*piglets lying in the activity area*
Aktivität/*activity*	Ferkel stehen oder laufen/*piglets in an upright position*
Fressen/*feeding*	Ferkel stehen am Futterautomaten, der Kopf ragt in die Trogschale/ *piglets standing at the feeder with their head down into the trough*
Aggressives Verhalten/ *aggressive behaviour*	Mindestens zwei Ferkel zeigen körperliche Auseinandersetzungen/ *physical interactions between at least two piglets.*
Außer Sicht/*out of sight*	Ferkel halten sich im Liegebereich unterhalb der Abdeckung auf/ *piglets staying in the covered lying area*

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programms SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Daten, die eine Normalverteilung aufwiesen oder in eine solche transformiert werden konnten, wurden mit Hilfe der Prozedur GLM analysiert. Die Ergebnisse wurden als Least Square Means mit Standardabweichung (t-Test) dargestellt. Variablen, die nicht in eine Normalverteilung transformiert werden konnten, wurden mit Hilfe des Wilcoxon-Tests unter Verwendung der Prozedur NPAR1WAY ausgewertet und als Mittelwerte mit Standardabweichung dargestellt. Unterschiede zwischen Mittelwerten bzw. Least Square Means werden als signifikant betrachtet sofern $P \leq 0{,}05$ ist.

3 Ergebnisse

Im Abferkelabteil hatte das Mischen der Würfe keinen nachweisbaren Einfluss auf das Verhalten der Ferkel. Nach dem Absetzen konnten keine Unterschiede für die Merkmale „Fressen“ und „Aktivität“ zwischen den Ferkeln der Versuchs- und Vergleichsgruppe gefunden werden. Jedoch lagen in den ersten vier Stunden nach dem Absetzen in der Versuchsgruppe signifikant weniger Ferkel (0,33 %) im Aktivitätsbereich als in der Vergleichsgruppe mit 10,07 % der Tiere ($P < 0{,}001$). Im Verlauf des ersten Beobachtungstages nahm der Anteil der Ferkel, die im Aktivitätsbereich lagen, ab. Am zweiten Tag nach dem Absetzen konnten keine Unterschiede im Ruheverhalten zwischen den beiden Gruppen gefunden werden.

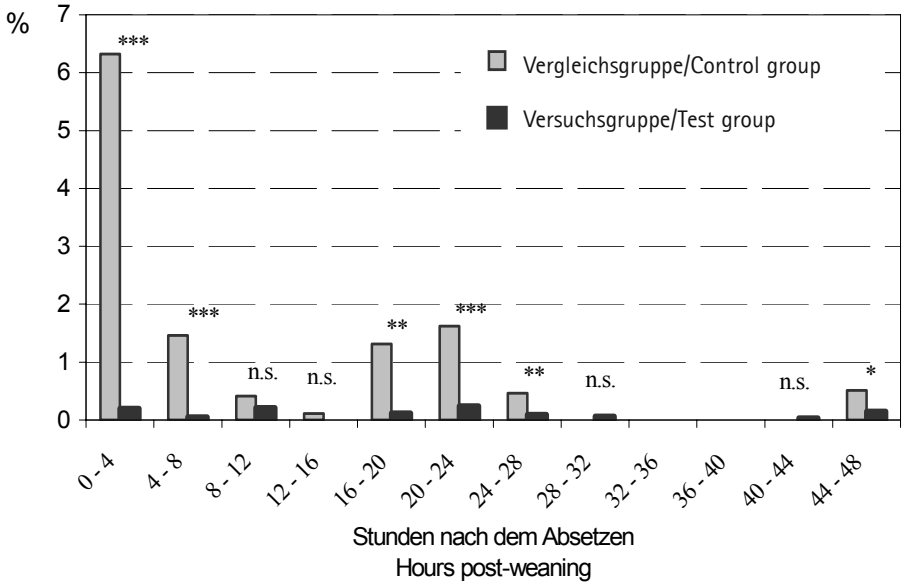


Abb. 1: Anteil der Ferkel, die aggressives Verhalten durchführen, in Abhängigkeit von der Zeit nach dem Absetzen (11.30 Uhr); * P <0,05; ** P <0,01; *** P <0,001

*Fig. 1: Proportion of piglets performing aggressive behaviour as a function of time after weaning (11.30 a.m.); * P <0,05; ** P <0,01; *** P <0,001*

Die Auseinandersetzungen zwischen den Ferkeln der Vergleichsgruppe waren mit einem Anteil von 6,32 % der Ferkel in den ersten 4 Stunden nach dem Absetzen am größten (Abb. 1). Von der 4. bis 8. Stunde nach dem Umstallen in den Aufzuchtstall war der Anteil aggressiver Ferkel mit 1,46 % bereits deutlich geringer. In der Nacht des ersten Beobachtungstages waren kaum aggressive Auseinandersetzungen zu beobachten, der Anteil aggressiver Ferkel stieg jedoch zum nächsten Morgen wieder leicht an.

Bezüglich der Gewichtsentwicklung konnte während der Säugephase kein Effekt des Gruppierens festgestellt werden. Zum Zeitpunkt des Absetzens hatten die Ferkel ein durchschnittliches Gewicht von 7,85 kg (Versuchsgruppe), bzw. 8,17 kg (Vergleichsgruppe). Nach dem Absetzen war ein signifikant positiver Effekt des frühzeitigen Mischens zu erkennen. Die Ferkel der Versuchsgruppe nahmen in der ersten Woche nach dem Absetzen 0,29 kg mehr an Gewicht zu als die Tiere der Referenzgruppe (P = 0,050). Während des gesamten Versuchszeitraumes nahmen die Ferkel der Versuchsgruppe im Mittel 1,09 kg mehr zu als die Tiere der Vergleichsgruppe (Tab. 2).

Tab. 2: LSMeans und Standard Error (SE) der Gewichtzunahme der Ferkel während der Säugeperiode, Aufzuchtperiode und Gesamtperiode in Abhängigkeit von der Gruppe
Tab. 2: LSMeans and Standard Error (SE) of body weight gain of piglets during the nursing and rearing periods, and in total, as a function of the treatment

Gewichtszunahmen *weight gain*		**Versuchsgruppe** *test group* **(n=4)**	**Vergleichsgruppe** *control group* **(n=4)**	**SE** *SE*	**P Wert** *P value*
Säugeperiode, 4 Wochen *nursing period, 4 weeks*	[kg]	6,12	6,03	0.12	0.602
Aufzuchtphase, 5 Wochen *rearing period, 5 weeks*	[kg]	14,95	13,94	0.29	0.050
Gesamtperiode, 9 Wochen *total period, 9 weeks*	[kg]	21,07	19,98	0.31	0.049

4 Diskussion

Keeling und Jensen (2002) sowie Lexer (2000) sehen das Mischen von wurffremden Ferkeln nach dem Absetzen als Hauptursache für das Auftreten von Aggressionen, da die Ferkel bei der Bildung von neu zusammengesetzten Gruppen aus wurffremden Ferkeln gezwungen sind, eine neue Rangordnung zu etablieren. In dieser Untersuchung zeigten die Ferkel der Versuchsgruppe nach dem Absetzen deutlich weniger aggressives Verhalten als die Ferkel der Vergleichsgruppe. Besonders deutlich waren die Unterschiede zwischen den Gruppen in den ersten vier Stunden nach dem Absetzen und dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Ferkel der Versuchsgruppe bereits während der Säugephase eine Rangordnung etabliert hatten. Nach dem Umstallen in eine gemeinsame Bucht im Aufzuchtstall mussten sie sich keine neue Rangauseinandersetzungen liefern. Die Ferkel der Referenzgruppe hingegen kamen zum Zeitpunkt des Absetzens erstmals mit wurffremden Ferkeln in Kontakt und waren so gezwungen, eine neue Rangordnung zu etablieren. Die verminderten Rangauseinandersetzungen in der Versuchsgruppe nach dem Absetzen bedingten Unterschiede im Verhalten der Ferkel. Das Merkmal „Liegen" der Ferkel in der Versuchsgruppe war über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg (0–48 h nach dem Absetzen) ausgeprägter als das der Ferkel der Vergleichsgruppe. Der deutlichste Unterschied zwischen den beiden Gruppen war auch hier in den ersten vier Stunden nach dem Absetzen zu beobachten, in denen der Anteil der Ferkel, die im Aktivitätsbereich der Bucht lagen in der Vergleichsgruppe gegenüber der Versuchsgruppe deutlich erhöht war. Die Tatsache, dass die Ferkel der Referenzgruppe in den ersten Stunden nach dem Absetzen vermehrt im Aktivitätsbereich lagen und nicht in den vorgesehenen abgedeckten Ruhezonen, lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass die Tiere der Referenzgruppe die direkte Nähe zu wurffremden Ferkeln mieden, solange die Rangordnung noch nicht vollständig etabliert war. Neben dem Absetzgewicht hat auch die Gewichtsentwicklung der Ferkel in den ersten Tagen nach dem Absetzen einen entscheidenden Einfluss auf die weitere Gewichtsentwicklung der Tiere bis zur Schlachtung und somit auf die Wirtschaftlichkeit der Schweinehaltung. In Untersu-

chungen konnte nachgewiesen werden, dass Ferkel, die bereits während der Säugephase gruppiert wurden, bessere Zunahmen in den ersten Tagen nach dem Absetzen sowie über die gesamte Dauer der Aufzucht haben (D´Eath 2004). Auch in der vorliegenden Untersuchung konnten deutliche Vorteile des Mischens der Ferkel im Abferkelstall auf die Gewichtsentwicklung während der Aufzucht festgestellt werden. Der größte Unterschied zwischen der Versuchs- und der Vergleichsgruppe lag hierbei in den Zunahmen in der ersten Woche nach dem Absetzen vor. Dieser erhöhte Gewichtszuwachs der Ferkel der Versuchsgruppe lässt sich vermutlich auf die verminderten Aggressionen bedingt durch die frühzeitige Etablierung einer Rangordnung zwischen wurffremden Ferkeln im Abferkelstall zurückführen.

5 Schlussfolgerungen

Das Mischen der Würfe während der Säugezeit hat einen positiven Effekt auf das Tierverhalten und die Tierleistung. Durch das frühe Mischen wurde es den wurffremden Ferkeln bereits vor dem Absetzen ermöglicht, eine neue Rangordnung zu etablieren. Dadurch konnte der durch das Absetzen resultierende Stress reduziert und höhere Gewichtszunahmen erzielt werden. Abschließend betrachtet stellt das vorgestellte System eine sinnvolle Lösung dar, sowohl die Tiergerechtheit als auch den wirtschaftlichen Erfolg der Schweinehaltung zu verbessern. Es bleibt jedoch zu untersuchen, ob die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung auch in Gruppen zu finden sind, in denen die Ferkel von mehr als drei Würfen in der Säugephase sozialisiert werden.

Literatur

D´Eath, R.B. (2004): Socialising piglets before weaning improves social hierarchy formation when pigs are mixed post- weaning. Applied Animal Behaviour Science 93: 199–211

Keeling, L.; Jensen, P. (2002): Behavioural disturbances, stress and welfare. In: P. Jensen (ed.), The ethology of domestic animals – an introductory text. CAB International, Wallingford, UK: 79–98

Lexer, D.; Baumgartner, J.; Troxler, J. (2000): Einfluss von Gruppengröße und Gruppenzusammensetzung auf die Tagesperiodik des Verhaltens von Absetzferkeln. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2000. KTBL-Schrift 403, Darmstadt, Landwirtschaftsverlag Münster Hiltrup: 46–53

Praxisvergleich der Reproduktionsleistungen zwischen Abferkelbuchten mit und ohne Kastenständen

On-farm Comparison of Reproductive Performance Between Farrowing Pens with Crates and Loose Housed Sows

ROLAND WEBER[1], NINA MARIA KEIL[2], MAX FEHR[3], RENÉ HORAT[3]

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

[2] Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, CH-8356 Ettenhausen

[3] Anicom AG, Tiervermarktung, Säntisstr. 2, CH-9501 Wil

Schlüsselwörter: Sau, Abferkelbucht, Reproduktionsleistung, Ferkelverlust, Kastenstand, Bewegungsbucht
Keywords: sow, farrowing pen, reproductive performance, piglet losses, crate, loose housed sow

Zusammenfassung

Die Schweizer Tierschutzgesetzgebung schreibt seit Juli 2007 vor, dass sich alle Sauen in der Abferkelbucht frei drehen können müssen. Ein Vergleich der Einzelwurfdaten der Jahre 2002 und 2003 von 173 Betrieben (18 824 Würfe) mit Abferkelbuchten ohne Fixation der Sau (FREI) und 482 Betrieben (44 837 Würfe) mit Abferkelbuchten mit Kastenstand (KASTEN) zeigte, dass die Gesamtverluste in beiden System bei 12,1 % lagen. In den Systemen FREI wurden jedoch signifikant (p <0,01) mehr Ferkel erdrückt (5,4 %) als in den Systemen KASTEN (4,5 %). Umgekehrt verhielt es sich bei den durch sonstige Ursachen bedingten Verlusten, die in den Systemen FREI mit 6,7 % signifikant (p <0,01) geringer waren als in den Systemen KASTEN (7,6 %).

Summary

Farrowing crates were banned in Switzerland in 1997 with a transitional period lasting for 10 years. A comparison of piglet mortality in farrowing systems without (LOOSE) and with crates (CRATE) showed that average total piglet mortality (years 2002 and 2003) of 173 farms (18 824 litters) with LOOSE amounted to 12.1 % piglets per litter and did not differ from that of 482 farms (44 837 litters) with CRATE (12.1 %). However, the percentage of crushed piglets was significantly increased in pens with LOOSE (5.4 % versus 4.5 %), whereas the percentage of piglets that died for other reasons was significantly higher in CRATE (7.6 % versus 6.7 %).

1 Einleitung

Sauen zeigen einige Stunden vor der Geburt intensives Nestbauverhalten (Jensen 1989). Tiere in Abferkelbuchten versuchen ebenfalls dieses Verhalten auszuführen, in dem sie das erreichbare Stroh zusammenscharren oder Buchteneinrichtungen bearbeiten (Jarvis et al. 2001). Während der Geburt nimmt eine nicht fixierte Sau mit den neugeborenen Ferkeln Kontakt auf. Sie steht auf, dreht sich zu den Ferkeln und beschnüffelt sie. Dieses Verhalten hört auf, nachdem mehrere Ferkel geboren wurden (Jarvis et al. 1999). Die Verhinderung des Nestbauverhaltens und des natürlichen Verhaltens während der Geburt durch Fixation der Sau in einem Kastenstand führt bei der Sau zu Stress (Jarvis et al. 2001) und einer verlängerten Geburtsdauer (Thodberg et al. 2002).

Die Beeinträchtigung des Wohlbefindens der Sauen im Kastenstand hat in den letzten Jahren zu der Entwicklung von Abferkelbuchten ohne Fixation der Sau geführt (Cronin et al. 2000, Schmid 1991, Weber 2000). In der Schweiz wurde 1997 in einer Revision der Tierschutzverordnung vorgeschrieben, dass Abferkelbuchten so zu gestalten sind, dass sich die Muttersau frei drehen kann. Während der Geburtsphase kann im Ausnahmefall die Sau fixiert werden. Diese Bestimmung hatte eine Übergangsfrist bis Ende Juni 2007.

Die meisten Untersuchungen zu Abferkelbuchten ohne Fixation der Sau und deren Einfuss auf Ferkelverluste stammen aus experimentellen Studien (Baxter 1991, Cronin et al. 2000, Marchant et al. 2000, Weber 2000). Einzig Tajet et al. (2003) verglichen Produktionsdaten mehrerer Praxisbetriebe mit Abferkelbuchten ohne Kastenstand und solchen mit Abferkelbuchten, in denen die Sauen wenige Tage über die Geburt in einem Kastenstand fixiert waren.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, anhand eines grossen Stichprobenumfanges zu überprüfen, ob Unterschiede in den Reproduktionsleistungen zwischen Praxisbetrieben mit Abferkelbuchten ohne Kastenstand und Praxisbetrieben mit Abferkelbuchten mit Kastenstand bestehen.

2 Material und Methoden

Für die Berechnungen standen Einzelwurfdaten der Jahre 2002 und 2003 von Betrieben zur Verfügung (655 Betriebe mit 63 661 Würfen), die sich am Schweine-Auswertungssystem UFA2000 beteiligten. 173 dieser Betriebe mit 18 824 Würfen verwendeten Abferkelbuchten ohne Kastenstand (Tab. 1). Dabei handelte es sich um 19 verschiedene Fabrikate mit Flächen zwischen 5 m^2 und 12 m^2.

Im Schweine-Auswertungssystem UFA2000 können die Tierhalter für abgegangene Ferkel verschiedene Verlustursachen angeben (erdrückt, Kümmerer, totgebissen, Coli-Durchfälle, diverse). In Praxisbetrieben besteht oft eine Unsicherheit in der exakten Zuordnung zu einer Verlustursache. Erdrückte Ferkel können aber meist leicht als solche erkannt werden. Für die Analyse der Daten wurden deshalb alle Verlustursachen ausser „erdrückt“ der Kategorie „sonstige“ zugeordnet.

Die statistischen Berechnungen erfolgten mit der Methode der verallgemeinerten linearen gemischte Effekte Modelle unter Zugrundelegung einer Poisson-Verteilung mit

dem Programm S-Plus 6.1 Professional Edition for Windows (Insightful Corp., Seattle, USA).

Erklärende Variablen für die Ferkelverluste waren das Abferkelsystem (Abferkelbucht mit Kastenstand, Abferkelbucht ohne Kastenstand), das Jahr (2002, 2003), die Jahreszeit (kalt, heiss, Übergangszeit), die Wurfgröße bei der Geburt und die Wurfklasse der Sau (erster Wurf, 2.–3., 4.–6., 7.–8., >8. Wurf). Das statistische Modell berücksichtigte, dass auf einem Betrieb mehrere Sauen vorhanden waren und diese auch mehrere Würfe haben konnten (zufällige Variablen).

3 Resultate

In Tabelle 1 sind die Reproduktionsleistungen, aufgeteilt nach Abferkelbuchten ohne Kastenstand (FREI) und Abferkelbuchten mit Kastenstand (KASTEN) aufgezeigt. Daraus ist ersichtlich, dass Wurfnummer und Absetzalter in beiden Betriebsgruppen nahezu identisch waren. Auch die Wurfgröße bei der Geburt und beim Absetzen war in beiden Systemen gleich.

Das Abferkelsystem hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtverluste (Tab. 2). In den Abferkelbuchten ohne Kastenstand erfolgten signifikant höhere Erdrückungsverluste, jedoch signifikant weniger Abgänge mit sonstigen Ursachen. Die Jahreszeit hatte einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtverluste sowie auf die einzelnen Verlustursachen (Erdrückungen und sonstige Verluste). In der Übergangszeit und der warmen Jahreszeit erfolgten weniger Gesamtverluste und Verluste aufgrund sonstiger Ursachen als in der kalten Jahreszeit. Gegenüber der kalten Jahreszeit wurden in der Übergangszeit weniger Ferkel erdrückt, in der warmen Jahreszeit jedoch mehr. Sowohl die Wurfgrösse bei der Geburt als auch die Wurfklasse hatten einen signifikanten Einfluss auf die Ferkelverluste. Die Gesamtverluste stiegen bei Würfen unter 12 Ferkeln nur schwach, bei grösseren Würfen hingegen stark an. Zwischen der Wurfgrösse bei der Geburt und der Wurfklasse bestand zudem eine signifikante Interaktion.

4 Diskussion

Die Auswertung der Reproduktionsdaten einer grossen Anzahl von Praxisbetrieben ergab, dass kein Unterschied zwischen Abferkelbuchten ohne Kastenstand und Abferkelbuchten mit Kastenstand bei den Gesamtverlusten bestand. In Abferkelbuchten ohne Kastenstand wurden jedoch mehr Ferkel erdrückt, dafür gingen weniger Ferkel aufgrund sonstiger Ursachen ab.

Tab. 1: Reproduktionsleistungen (Mittelwerte und Standardfehler in Klammern) in Praxisbetrieben mit Abferkelbuchten ohne Kastenstand (FREI) und Abferkelbuchten mit Kastenstand (KASTEN)
Tab. 1: Reproductive performance (mean and standard error in brackets) in commercial farms with crateless farrowing pens (LOOSE) and farrowing pens with crates (CRATE)

	Abferkelsystem *farrowing system*			
	FREI *LOOSE*		KASTEN *CRATE*	
Anzahl Betriebe/*number of farms*	173		482	
Anzahl Würfe/*number of litters*	18 824		44 837	
Wurfnummer/*parity*	4,1	(0,02)	4,0	(0,01)
Absetzalter (Tage)/*age at weaning (days)*	35,8	(0,04)	35,1	(0,03)
Wurfgrösse bei/*litter size at:*				
Geburt/*birth*	11,0	(0,02)	11,0	(0,01)
Absetzen/*weaning*	9,6	(0,02)	9,6	(0,01)
Verluste pro Wurf (%)/*losses per litter (%):*				
total/*total*	12,1	(0,10)	12,1	(0,06)
erdrückt/*crushed*	5,4	(0,06)	4,5	(0,04)
sonstige/*others*	6,7	(0,08)	7,6	(0,05)

Tab. 2: P-Werte der untersuchten Einflussfaktoren auf die Gesamtverluste, Erdrückungsverluste und sonstigen Verlustursachen
Tab. 2: P-values of the variables analysed for their influence on total piglet losses, losses due to crushing and losses due to other reasons than crushing

	Verlustursache *causes of piglet losses*		
	Total *total*	Erdrückt *crushed*	Sonstige *others*
Abferkelsystem/*farrowing system*	0,23	<0,001	0,01
Jahr/*year*	0,57	0,97	0,60
Jahreszeit/season	<0,001	0,03	<0,001
Wurfgrösse bei der Geburt/*littersize at birth*	<0,001	<0,001	<0,001
Wurfklasse/*parity class*	<0,001	<0,001	<0,001
Interaktion Wurfgrösse bei der Geburt x Wurfklasse *interaction litter size at birth x parity class*	<0,001	<0,001	<0,001

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Cronin et al. (2000), Weber (2000) sowie Tajet et al. (2003). Andere Untersuchungen zeigten hingegen, dass in Abferkelbuchten ohne Kastenstand vor allem durch Erdrückungen bedingt höhere Verluste auftreten (Blackshaw et al. 1994, Marchant et al. 2000). Bei näherer Betrachtung dieser Untersuchungen fällt aber auf, dass höhere Gesamtverluste insbesondere in Abferkelbuchten mit kleiner Fläche auftraten. Wenn die Buchten jedoch eine Fläche von mehr als 5 m^2 aufwiesen, konnten bei den Gesamtverlusten keine Unterschiede festgestellt werden.

Nach BLACKSHAW und HAGELSØ (1990) sowie SCHMID (1991) gruppieren Sauen die Ferkel vor dem Abliegen, indem sie auf der Liegefläche intensiv Wühlen, Scharren und sich drehen. Dies veranlasst die Ferkel, sich zu versammeln, woraufhin sich die Sau neben den Ferkeln vorsichtig niederlegt. Wenn die Sau vor dem Niederlegen wenig Gruppierungsverhalten zeigt, liegen die Ferkel weiter verstreut, was zu höheren Erdrückungsverlusten führt (MARCHANT et al. 2001). Weiterhin fand FRASER (1990), dass untergewichtige Ferkel häufiger erdrückt werden. Lebensschwache Ferkel werden sich wahrscheinlich zum Teil nicht mit dem restlichen Wurf gruppieren, bevor die Sau abliegt und sich somit vermehrt ungeschützt irgendwo in der Bucht aufhalten. Dies dürfte ein Grund dafür sein, dass in der vorliegenden Untersuchung die Erdrückungsverluste in Abferkelbuchten ohne Kastenstand höher waren als in Abferkelbuchten mit Kastenstand. Die in Abferkelbuchten mit Kastenstand erhöhte Anzahl von Abgängen mit anderen Abgangsursachen als dem Erdrücken wiederum dürfte auf lebensschwachen Ferkeln beruhen, die zwar nicht erdrückt werden, dann aber in der späteren Säugezeit abgehen.

Die Wurfgrösse bei der Geburt, die Wurfklasse der Sau und die Interaktion dieser beiden Parameter hatten auf alle Verlustursachen einen hochsignifikanten Einfluss. Die Ferkelverluste nahmen bis zu einer Wurfgrösse von 12 Ferkeln nur gering zu, stiegen danach aber sehr stark an. Die Streuung des Geburtsgewichtes der Ferkel innerhalb des Wurfes vergrössert sich ebenfalls mit zunehmender Wurfgröße, was zu schwächeren Ferkeln führt, die ein höheres Sterberisiko aufweisen (MARCHANT et al. 2000). Die Höhe der Erdrückungsverluste war korreliert mit der Wurfgröße. Höhere Erdrückungsverluste bei größeren Würfen können auch einfach damit erklärt werden, dass bei grösseren Würfen mehr Ferkel zum Erdrücken da sind und die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sich einzelne Ferkel vor dem Abliegen der Sau nicht mit ihren Wurfgeschwistern gruppieren.

Die umfangreiche Auswertung der Reproduktionsdaten von Praxisbetrieben zeigt, dass mit den heute in der Schweiz praxisüblichen Abferkelbuchten ohne Fixation der Sau mit Buchtengrößen von mehr als 5 m^2 nicht mehr Ferkelverluste auftreten als in Kastenstandsystemen. Demgegenüber haben tierspezifische Faktoren wie Wurfgröße oder das Alter der Sau einen starken Einfluss auf die Ferkelverluste.

Literatur

Baxter, M.R. (1991): The Freedom farrowing system. Farm Building Progress, 104: 9–15

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: 61–70

Blackshaw; J.K.; Blackshaw, A.W.; Thomas, F.J.; Newman, F.W. (1994): Comparison of behaviour patterns of sows and litters in a farrowing crate and a farrowing pen. Applied Animal Behaviour Science, 39: 281–295

Cronin, G.M.; Lefébure, B.; McClintock, S. (2000): A comparison of piglet production and survival in the Werribee Farrowing Pen and conventional farrowing crates at a commercial farm. Australian Journal of Experimental Agriculture, 40: 17–23

Fraser, D. (1990): Behavioural perspectives on piglet survival. Journal of Reproduction and Fertility, Supplementum, 40: 355–370

Jarvis, S.; McLean, K.A.; Calvert, S.K.; Deans, L.A.; Chirnside, J.; Lawrence, A.B. (1999): The responsiveness of sows to their piglets in relation to the length of parturition and the involvement of endogenous opioids. Applied Animal Behaviour Science, 63: 195–207

Jarvis, S.; van der Vegt, B.J.; Lawrence, A.B.; McLean, K.A.; Deans, L.A.; Chirnside, J.; Calvert, S.K. (2001): The effect of parity and environmental restriction on behavioural and physiological responses of preparturient pigs. Applied Animal Behaviour Science, 71: 203–216

Jensen, P. (1989): Nest site choice and nest building of free-ranging domestic pigs due to farrow. Applied Animal Behaviour Science, 22: 13–21

Marchant, J.N.; Rudd, A.R.; Mendl, M.T.; Broom, D.M.; Meredith, M.J.; Corning, S.; Simmins, P.H. (2000): Timing and causes of piglet mortality in alternative and con-ventional farrowing systems. The Veterinary Record, 147: 209–214

Marchant, N.; Broom, D.M.; Corning, S. (2001): The influence of the sow behaviour on piglet mortality due to crushing in an open farrowing system. Animal Science, 72: 19–28

Schmid, H. (1991): Natürliche Verhaltenssicherungen der Hausschweine (Sus scrofa) gegen das Erdrücken der Ferkel durch die Muttersau und die Auswirkung haltungsbedingter Störungen. Dissertation, Universität Zürich

Tajet, G.M.; Haukvik, I.A.; Andersen, I.L.; Kongsrud, S. (2003): Effect of managemental factors on piglet mortality with focus on herds with loose-housed sows. In: van der Honing, Y. (Ed.): Book of Abstracts of the 54th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Wageningen Academic Publishers, Rome, Italy: 366

Thodberg, K.; Jensen, K.H. and Herskin, M.S. (2002): Nest building and farrowing in sows: Relation to the reaction pattern during stress, farrowing environment and experience. Applied Animal Behaviour Science, 77: 21–42

Weber, R. (2000): Alternative housing systems for farrowing and lactating sows. In: Blokhuis, H.J.; Ekkel, E.D.; Wechsler, B. (Ed.): Improving health and welfare in animal production. EAAP publication No. 102, Wageningen: 109–115

Kostengünstige Alternative zum herkömmlichen Erdwärmetauscher für Abferkelställe

Economical Alternative to the Traditional Subsoil Heat Exchanger for Farrowing Houses

LUDO VAN CAENEGEM

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon CH-8356 Ettenhausen

Schlüsselwörter: Erdwärmetauscher, Lüftung, Heizung, Kühlung, Abferkelstall
Keywords: subsoil heat exchanger, ventilation, heating, cooling, farrowing house

Zusammenfassung

Rippenrohr-Erdwärmetauscher haben sich für die Aufbereitung der Zuluft in Abferkelställen bewährt, sind jedoch mit erheblichen Investitionen verbunden. Aus diesem Grunde wurde eine kostengünstige Alternative geprüft. Anstatt durch Rippenrohre zu strömen durchquert die Außenluft einen Hohlraum unter der Stallbodenplatte, bevor sie in den Stall kommt. Messungen über ein ganzes Jahr zeigen, dass die Zuluft durch Wärmeaustausch mit dem Erdreich, den seitlichen Wänden und der Unterseite der Bodenplatte im Winter bis zu 12 °C vorgewärmt und im Sommer bis zu 10 °C gekühlt wird. Die Dämpfung der Außentemperaturschwankungen in der Zuluft betrug durchschnittlich 60–75 %. Dank der Kühlung konnte im Sommer die Stalltemperatur auf 28 °C begrenzt werden. Im Vergleich zum Rippenrohr-Erdwärmetauscher verursacht der Hohlraum unter dem Stall nur geringe Mehrkosten. Ein dreidimensionales Modell wurde zur Simulierung der dynamischen Wärmeflüsse im Erdreich und der Zulufttemperatur entwickelt.

Summary

Subsoil heat exchangers with corrugated pipes have proved to be very efficient for air conditioning in farrowing houses. However, they require high investments. Therefore a less expensive alternative has been tested. Instead of flowing through pipes, the outside air crosses a cavity under the floor plate before entering the house. Measurements carried out over a whole year prove that, due to the heat exchange between air, soil, side walls and the underside of the floor plate, the temperature of the incoming air increases up to 12 °C during the winter and sinks up to 10 °C during the summer. The outside temperature fluctuations were reduced in the incoming air by 60 % to 75 % in the annual average. Due to the cooling of the incoming air, the inside temperature could be limited to 28 °C during the summer. Compared to the subsoil heat exchanger, the cavity under the floor plate causes only small extra costs. A three-dimensional non-steady-state heat flow model was developed in order to simulate the heat transfer in the soil and the temperature of the incoming air.

1 Problemstellung

Frühere Untersuchungen an der ART haben gezeigt, dass auf eine Raumheizung in Abferkelställen verzichtet werden kann, wenn die Zuluft durch einen Erdwärmetauscher mit Rippenrohren geleitet wird. Dank der Kühlung der Zuluft im Erdwärmetauscher steigt im Sommer die Stalltemperatur im schweizerischen Mittelland nicht über 26 °C. Ausserdem ermöglicht die Amplitudendämpfung der Zulufttemperatur das ganze Jahr über ausgeglichene Stallklimaverhältnisse. Klassische Erdwärmetauscher sind jedoch mit erheblichen Investitionen verbunden. Aushub, Rohre und Sammelkanal verursachen Investitionen von CHF 800 bis 1 000 pro Abferkelbucht. Aus diesem Grunde wurde eine kostengünstige Alternative geprüft. Statt die Luft durch zwei bis drei Meter tief verlegte Rippenrohre zu leiten, wird sie durch einen Hohlraum unter dem Stallboden geführt. Ziel der Untersuchungen war, die Anwärmung und Abkühlung der Zuluft im Hohlraum unter Praxisbedingungen zu messen und die Wärmeströme zu modellieren.

2 Methode

2.1 Klimamessungen (2005–2006)

An einem Abferkelstall mit 2 x 10 Abferkelbuchten wurden während eines Jahres die Temperatur und relative Feuchtigkeit der Außen-, Stall- und Zuluft aufgezeichnet. Beim Abferkelstall handelt sich um einen Systemstall mit vorgefertigten Kanal- und Bodenelementen (Abb. 1). Zwischen den Güllekanälen ist ein Hohlraum vorhanden. Die Frischluft wird aus dem Hohlraum unter der Bodenplatte angesaugt und gelangt via Schächte auf Brüstungshöhe in den Stall. Der Stall verfügt nicht über eine Raumheizung, sondern nur über Ferkelnestheizungen (200 W pro Ferkelnest). Die Zulufttemperatur wurde unten in den Schächten der Buchten 4 und 17 gemessen. Der Weg der Zuluft zum Schacht 4 beträgt etwa 18 m, zum Schacht 17 etwa 35 m.

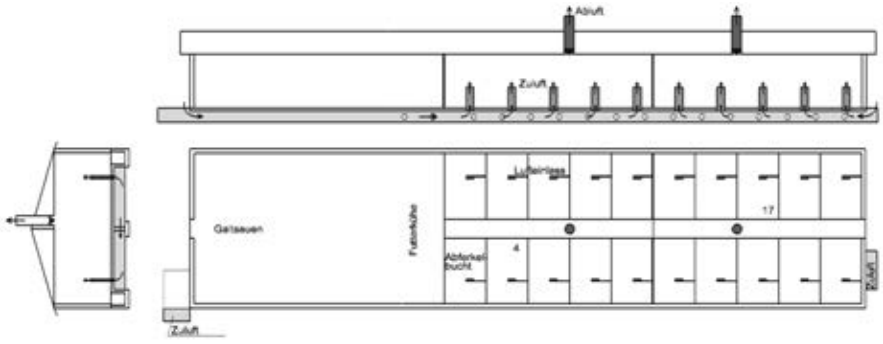


Abb. 1: Abferkelstall mit Zuluft aus dem Hohlraum unter der Bodenplatte
Fig. 1: Farrowing house with air passing through the cavity under the floor

2.2 Modellierung

Ein dynamisches Berechnungsprogramm, das die nicht stationären Wärmeströme im Erdreich und in den Bauteilen berücksichtigt, wurde entwickelt und mit Hilfe der Versuchsergebnisse validiert. Das Programm erlaubt, die Temperaturerhöhung oder -senkung der Zuluft in Abhängigkeit räumlicher und strömungstechnischer Parameter zu berechnen. Es kann als Planungsinstrument für die Dimensionierung von Unterflurlüftungen in der Praxis eingesetzt werden.

3 Messergebnisse

Die mittlere Zulufttemperatur in der Bucht B17 war im Winter bedeutend höher als in der Bucht B4. Die höhere Temperatur B17 ist auf die längere Wegstrecke der Zuluft zur Bucht 17 zurückzuführen. Die mittlere Monatstemperatur im Stall variierte während der Periode Juli 2005–Juni 2006 zwischen 16,5 und 23,1 °C (Tab. 1). Während der kältesten Periode (Januar 2006) war sie 21,4 °C höher als die mittlere Außentemperatur.

Tab. 1: Mittlere Monatstemperatur der Aussen-, Innen- und Zuluft (°C)
Tab. 1: Average monthly temperature of the outside, inside and incoming air (°C)

	Aussenluft *outside air*	Stallluft *inside air*	Zuluft B4 *incoming air*	Zuluft B17 *incoming air*
2005				
Juli/July	18,6	22,6	17,2	17,5
August/August	16,6	23,1	15,8	16,3
September/September	15,6	21,5	15,2	16,5
Oktober/October	11,7	22,1	12,0	13,6
November/November	4,1	18,4	7,1	9,2
Dezember/December	-0,3	16,5	3,7	6,1
2006				
Januar/January	-2,4	19,0	3,0	4,8
Februar/February	-0,1	19,4	3,9	4,7
März/March	3,6	19,2	6,4	6,8
April/April	8,9	19,4	9,6	10,1
Mai/May	13,6	21,7	13,0	13,5
Juni/June	17,9	22,9	16,3	16,4

Die maximale Zulufttemperatur B4 betrug am 28. Juli 2005 26,0 °C (Abb. 2). Zwischen Bucht 4 und 17 kühlte sich die Zuluft an diesem Tag um weitere 2,8°C auf 23,2 °C ab. Die maximale Temperatur draußen betrug 33,7 °C, im Stall 28,2 °C. In der Periode Juli 2005–Juni 2006 lag die Aussentemperatur während 130 Stunden über 26 °C, im Stall lediglich bei 39 Stunden. Die minimale Außentemperatur betrug –12,3 °C, die minimale Stalltemperatur 8,1 °C. Zulufttemperaturen unter Null wurden in der Bucht 4 nur während 3 Wintertage verzeichnet. In der Bucht 17 sank die Zulufttemperatur nur während einer Stunde leicht unter den Gefrierpunkt (-0,1 °C). Die Tag-Nacht Schwan-

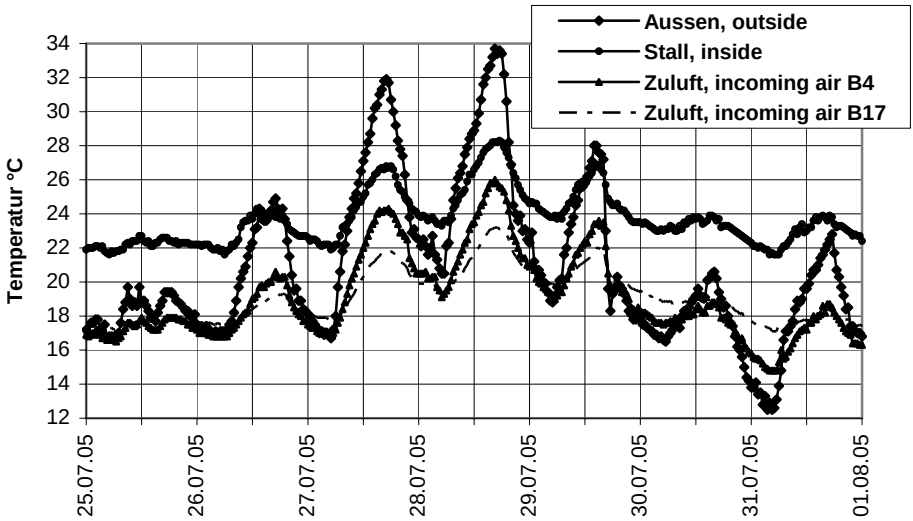


Abb. 2: Temperaturverlauf der Außen, Stall- und Zuluft im Juli 2005
Fig. 2: Temperature of the outside, inside and incoming air in July 2005

kungen der Zulufttemperatur betrugen im Jahresdurchschnitt in der Bucht 4 etwa 40 %, in der Bucht 17 lediglich 25 % der Außentemperaturschwankungen. Die Tag-Nacht-Schwankungen der Zuluft sind im Winter wegen der reduzierten Lüftungsrate und der schwächeren Amplituden der Außentemperatur geringer als im Sommer. Die maximale Tag-Nacht-Schwankung der Stalltemperatur innerhalb von 24 Stunden beschränkte sich auf etwa 5° C.

4 Heiz- und Kühlleistung

Durch die Anwärmung der Zuluft lässt sich Heizenergie sparen. Bei einer mittleren Lüftungsrate von 1 750 m^3/h beziffert sich die von der Zuluft im Hohlraum unter dem Stall aufgenommene Wärme für den Winter 2005–2006 auf 8 400 kWh (Abb. 3). Bei einer mittleren Lüftungsrate von 8 000 m^3/h beträgt die der Zuluft entzogene Wärme in den Monaten Juli–August 2005 und Mai–Juni 2006 insgesamt 7 200 kWh. Die Energiemenge ist im Sommer trotz höherer Lüftungsrate geringer als im Winter. Dies ist einerseits auf den kalten Winter 2005–06 und den eher kühlen Sommer 2006, andererseits auf den Wärmefluss durch die Stallbodenplatte zurückzuführen. Im Winter wirkt sich dieser vorteilhaft auf die Zulufttemperatur aus. Im Sommer ist der Effekt jedoch nachteilig. Da ein Teil der Heizleistung auf die Rückgewinnung der durch die Bodenplatte abfließende Wärme zurückzuführen ist, muss der Netto-Energiegewinn für das Stallklima relativiert werden.

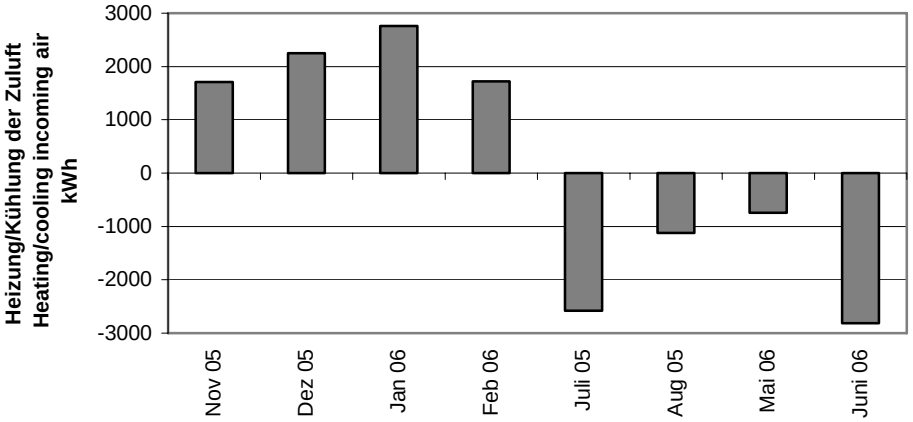


Abb. 3: Wärmeaufnahme oder -abgabe der Zuluft im Hohlraum unter dem Stall
Fig. 3: Heat exchange of the incoming air in the cavity under the floor plate

5 Hohlraumlüftung und Erdwärmetauscherlüftung im Vergleich

Beim klassischen Erdwärmetauscher (EWT) wird die Zuluft durch tief im Boden verlegte Rippenrohre angesaugt. Aus dem Vergleich der Zulufttemperaturen im Hohlraum unter dem Stall mit Daten aus früheren Untersuchungen am Erdwärmetauscher geht hervor, dass im Winter die Leistungen der beiden Lüftungssysteme vergleichbar sind. Im Sommer ist beim Rippenrohr-Erdwärmetauscher wegen der tieferen Zulufttemperatur die Stalltemperatur etwa 2 °C niedriger als bei der Hohlraumlüftung. Den besseren Leistungen des Rippenrohr-Erdwärmetauschers im Sommer stehen jedoch bedeutend größere Investitionen gegenüber. Die Investitionen für den Rippenrohr-Erdwärmetauscher belaufen sich je nach Rohrdurchmesser auf CHF 1 000 bis 1 500 pro Abferkelbucht. Die Mehrkosten für die Schaffung des Hohlraums unter dem Stall betragen dagegen im Falle einer Systembauweise nur etwa CHF 400 bis 500.

6 Modellierung

Die Wärmeflüsse zwischen der Zuluft und der Hohlraumhülle sowie im Erdreich lassen sich durch folgende Gleichungen beschreiben:

$$\frac{dQ_{l,x}}{dM} \cong P_x \cdot \alpha \cdot (t_{l,x} - t_{w,x}) \cdot dx \qquad \frac{dQ_{b,y,x}}{dM} \cong \frac{P_{y,x} \cdot \lambda_b \cdot (t_{b,y,x} - t_{b,y01,x}) \cdot dx}{d_y}$$

mit:

$dQ_{l,x}$, $dQ_{b,y,x}$	Energieänderung der Zuluft bzw. der Bodenschicht dy [Wh]
θ	Zeit [h]
P_x, $P_{y,x}$	Perimeter des Hohlraums bzw. der Erdschicht in Tiefe y [m]
α	Wärmeübergangszahl der Luft [W/m² K]

λ_b	Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs [W/m K]
$t_{l,x}$, $t_{w,x}$, $t_{b,y,x}$	Temperatur der Zuluft, der Hohlraumoberfläche, der Erdschicht in Tiefe y, für x [°C]
x	Wegstrecke der Zuluft [m]
y	Tiefe im Erdreich [m]

Aus dem Wärmefluss, der spezifischen Wärme und der Masse des Luftstroms bzw. der Erdschicht lässt sich für jeden Streckenabschnitt dx der Verlauf der Zuluft- ($dt_{l,x}$) und der Erdschichttemperatur ($dt_{b,y,x}$) in Abhängigkeit der Tiefe berechnen:

$$dt_{l,x} \cong \frac{dQ_{l,x}}{m_l \cdot dM \cdot c_l} \qquad dt_{b,y,x} \cong \frac{dQ_{b,y,x}}{m_{b,y} \cdot c_b}$$

mit:	m_l, $m_{b,y}$	Luftmassenstrom [kg/h] bzw. Erdschichtmasse [kg]
	c_l, c_b	Spezifische Wärme der Luft bzw. des Bodens [Wh/kg K]

Da einzelne Parameter wie Bodentemperatur gleichzeitig Zielgrösse und Variable sind, ist eine analytische Lösung der Differentialgleichungen nicht möglich. Aus diesem Grunde wurden die Gleichungen in einem numerischen Verfahren angewendet. Im Berechnungsmodell wird der Hohlraum unter dem Stall in endlich kleinen Teilstrecken (1 bis 2 m), das Erdreich, die Wände und die Decke in endlich dünnen Schichten (0,02 bis 0,05 m) unterteilt. Für jede Teilstrecke werden in endlich kleinen Zeitabschnitten (0,01 bis 0,1 h) die Wärmeflüsse und die Temperaturänderungen der Zuluft und Erdschichten berechnet. Durch Wiederholung der Berechnungen lässt sich schrittweise der Temperaturverlauf der Zuluft und des Erdreichs für beliebig lange Perioden berechnen. Das mathematische Modell konnte anhand der Messdaten validiert werden.

Literatur

C.I.G.R. (1992): Fourth Report of working group on Climatization of animal houses. DK-8700 Horsens, 45 S.

Deglin D.; Van Caenegem L.; Dehon P. (1999): Subsoil Heat Exchangers for the Air Conditioning of Livestock Buildings. J. Agric. Engng Res. 73, pp. 179–188

Hilty R.; Van Caenegem L.; Herzog D. (2005): Preisbaukasten. Agroscope FAT Tänikon, 100 S.

Sagelsdorff R.; Frank T. (1993): Wärmeschutz und Energie im Hochbau. Element 29 Schweizerische Ziegelindustrie, Zürich, 91 S.

Van Caenegem L.; Deglin D. (1998): Erdwärmetauscher für Mastschweineställe. FAT Schriftenreihe 48, 68 S.

Van Caenegem L.; Wechsler B. (2000): Stallklimawerte und ihre Berechnung. FAT Schriftenreihe 51, 89 S.

Auswirkung unterschiedlicher Fußbodenmaterialien auf die Gliedmaßengesundheit von Sauen im Kastenstand

Influence of Different Floor Materials on Leg Health of Sows in Farrowing Crates

DIRK SCHÄFFER, HEIDRUN NITZER, EBERHARD VON BORELL

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Adam-Kuckhoff-Str. 35, D-06110 Halle (Saale)

Schlüsselwörter: Sauen, Fußboden, Gliedmaßengesundheit, Kastenstand
Keywords: sows, floor materials, leg health, farrowing crates

Zusammenfassung

Im nachfolgenden Beitrag wird die Entwicklung der Gliedmaßengesundheit einer Jungsauengruppe von der Aufstallung im Deckzentrum nach der 1. Besamung bis zur 2. Besamung in einem Zuchtbetrieb vorgestellt. Anhand eines Boniturschlüssels wurden die Gelenke aller vier Gliedmaßen an vier Terminen auf Veränderungen untersucht. Es war festzustellen, dass die Vordergliedmaßen mehr Veränderungen als die Hintergliedmaßen aufwiesen. Sowohl während der Einzelaufstallung im Kastenstand des Deckzentrums als auch in der Gruppenhaltung im Wartestall kommt es zur Ausbildung von Schleimbeuteln. Als Ursache ist das vorrangige Liegen in Bauchlage mit untergeschlagenen Vordergliedmaßen anzusehen, dass auch bei der zweiten Aufstallung im Deckzentrum wieder zu beobachten war.

Summary

The following paper describes the history of leg health in gilts from the first breeding until the 2nd insemination on a breeding farm. The joints from each of four legs were scored for any changes during four consecutive dates. It was documented that the forelegs were affected to a greater extend than the hind legs. Incidences of bursitis developed during individual housing in the breeding crate as well as during group housing in the gestation area. This problem could have been caused by the lying position in sternal recumbency

1 Einleitung

Die Fußbodengestaltung im Bereich des Kastenstandes ist sowohl während der Abferkelung als auch im Deckzentrum von großer Tierschutzrelevanz, da der Boden verschiedene und zum Teil schwer miteinander zu vereinbarende Funktionen (Standsicherheit, Wärmeableitung, Isolation, Drainage) erfüllen muss. Durch die Fixierung der Sauen werden überdies die Anpassungsmöglichkeiten der Tiere stark eingeschränkt. Nach SCHUH (1997) führen Bewegungsarmut und dadurch bedingtes verlängertes Liegen und Sitzen der Zuchtsauen auf engem Raum mit harten Böden zu nutzungsbedingten Verletzungen und Schäden (Technopathien). Diese verursachen Krankheiten des Bewegungsapparates. Besonders betroffen sind Knochen, Muskeln und Gelenke.

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderten Projektes sollen die Effekte des Perforationsgrades des Fußbodens (drei Varianten) auf Merkmale der Tiergesundheit (Schwerpunkt Gliedmaßen) und des Tierverhaltens an einer Sauengruppe (n = 30) untersucht werden. Dafür war es notwendig, entsprechende Jungsauen (JS) mit weitestgehend unbelasteten Gliedmaßen in einem Zuchtbetrieb auszuwählen. Nachfolgend werden ausschließlich die Ergebnisse aus den Erhebungen im Zuchtbetrieb – ohne Berücksichtigung der Klauenbefunde – vorgestellt.

2 Fundamentprobleme bei Sauen allgegenwärtig

KRIETER et al. (2001) ermittelten in 2 Betrieben (949 bzw. 805 Abgänge von Sauen) Fundamentschäden von 10,7 % und 16,3 % als Ursache. MORROW (1997) fand in 13 internationalen Herdenstudien Abgänge aufgrund von Gliedmaßenproblemen zwischen 8,8 % und 26,6 %. Aktuelle Erhebungen zu den Abgangsursachen von Sauen zeigen, dass die Schäden am Bewegungsapparat (Gelenke und Klauen) offenbar zunehmen. Eine top-agrar-Umfrage (LEHNERT 2007) unter Ferkelerzeugern (ca. 600 auswertbare Fragebögen) zur Qualität von zugekauften Jungsauen (neun Herkünfte und sonstige) ermittelte als Hauptmangel bei nahezu allen Herkünften Fundamentprobleme (25 % der Betriebe). Das Fundament der Sauen erzielte mit 2,4 (Mittel aller vergebenen Noten der Tierhalter) außerdem das schlechteste Ergebnis von den fünf tierbezogenen Qualitätsparametern. In Auswertung einer amerikanischen Studie, die auf Sektionsbefunden verendeter bzw. euthanasierter Sauen (n = 107) beruhte, stellte NATHAUS (2007) fest, dass Fundamentprobleme immer mit zum Ausgangspunkt einer Krankengeschichte von abgängigen Sauen zählen. In der Studie stellte der Bewegungsapparat mit 23,4 % aller Abgänge die Hauptursache dar.

3 Tiere und Methode

Das erste Versuchsziel bestand darin, anhand der Bonitur der Gliedmaßen aus einer Gruppe von Jungsauen (JS) eines Zuchtbetriebes (n = 51, Hermitage-Genetik) 30 Tiere mit geringen Schäden an den Gliedmaßen auszuwählen. Dafür erfolgte am 3. und am

31. Tag der Aufstallung im Deckzentrum eine Gliedmaßenbonitur der nebeneinander aufgestallten JS anhand eines Beurteilungsschemas. Die Tiere waren in Deckständen (1,96 m lang, 0,60 m breit, betonierter Liegebereich mit vollperforiertem Kotbereich in Form von Loch-/Gussspalten, Spaltenauftrittsfläche variierend 15 cm/4,5 bis 6,5 cm) aufgestallt und kamen als Zuchtläufer aus vollperforierten Gruppenbuchten (Betonspaltenboden). Eine einheitliche Beurteilung der Klauen (vor allem der Ballen und Sohlen) an allen vier Gliedmaßen war zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, da alle Sauen ausschließlich in Bauchlage in den Kastenständen lagen. Resultierend aus den in Tabelle 1 und 2 vorgestellten Ergebnissen kamen 30 ausgewählte JS am 70. Trächtigkeitstag in das Versuchszentrum der Universität Halle-Wittenberg. Die Gliedmaßengesundheit dieser Sauen wird in einem separaten Versuch weiter kontrolliert. Dreizehn JS verblieben im Zuchtbetrieb und werden weiterhin untersucht. Die erste Bonitur erfolgte im Wartestall vor der 1. Abferkelung. Die JS waren in einer Gruppe in einer Zweiflächenbucht (perforierter Lauf-/Liegebereich mit betoniertem Fressbereich) mit sechs Flüssigfutterautomaten aufgestallt. Diese Ergebnisse werden in Tabelle 3 abgebildet. Während der Abferkelung (Kastenstand, gerade Aufstallung auf Eisenrost mit spaltenreduzierter Liegeplatte) erfolgte eine weitere Bonitur, wobei der Schwerpunkt auf der Klauengesundheit lag. Die Sauen waren auf fünf Abferkelabteile verteilt, da die neu eingegliederten Jungsauen immer als erste hinter der Abteiltür aufgestallt werden. Nach der 1. Abferkelung wurden noch zehn Sauen (Abgang durch Verferkelung, Umrauschen) wieder besamt, erneut im Deckzentrum nebeneinander aufgestallt und in der dritten Aufstallungswoche bonitiert (Tab. 4).

Für alle Bonituren an den Gelenken wurde der folgende Schlüssel verwendet:

Note 0 = kein Befund
Note 1 = haarlose Stellen/Rötung
Note 2 = Schwielen, flächige Krusten
Note 3 = offene tiefe Risse
Note 4 = offene, flächige Wunden
Note 5 = heißes, geschwollenes Gelenk
Note 6 = Schleimbeutel

4 Ergebnisse

Die Befunddaten im Deckzentrum (Tab. 1 und 2) zeigten, dass besonders die Vordergliedmaßen auf dem Betonboden belastet werden und es kommt bis zum 31. Aufstallungstag vermehrt zu ersten Druckstellen und Liegeschwielen an den Gelenken. Auffallend ist die vermehrte Schleimbeutelbildung an allen Gelenken (Note 6). Bei einer Sau führten die Schleimbeutel an beiden Vordergliedmaßen zu Entzündungen (Note 5). In der Gruppenbucht (Wartestall) war nur bei einer Sau (7,7 %) der Gruppe eine offene flächige Wunde feststellbar (Note 3 daher nicht vergeben, s. Tabelle 3). Besonders belastet waren weiterhin die Karpalgelenke. Denn alle Sauen lagen während der Boniturzeit (5 h Anwesenheit in der Bucht) – wie bereits in den Kastenständen des Deckzentrums – überwiegend in der Bauchlage. Besonders um die planbefestigten Bereiche der Flüssigfutterautomaten (n = 6 Fressplätze) kam es zu Auseinandersetzungen der Sauen, da hier maximal fünf Tiere der Gruppe liegen können.

Tab. 1: Veränderung der Vordergliedmaßengesundheit einer Jungsauengruppe (n = 51) vom 3. bis zum 31. Tag der Aufstallung im Deckzentrum
Tab. 1: Development of foreleg lesions in a group of gilts (n = 51) from days 3 to 31 in the breeding room

Gliedmaßen	Vorn links (Befunde %)				Vorn rechts (Befunde %)			
Gelenk	Metakarpal		Karpal		Karpal		Metakarpal	
Tag/Bonitur	3.	31.	3.	31.	3.	31.	3.	31.
Kein Befund	100	49,0	74,6	9,8	82,2	7,8	98,1	50,9
Note 1	-	49,0	15,7	56,9	7,8	56,8	1,9	45,2
Note 2	-	-	5,9	21,6	5,9	29,5	-	-
Note 3	-	-	1,9	-	-	-	-	-
Note 4	-	-	-	-	1,9	-	-	-
Note 6	-	1,9	1,9	11,7	1,9	5,9	-	3,9

Tab. 2: Veränderung der Hintergliedmaßengesundheit einer Jungsauengruppe (n = 51) vom 3. bis zum 31. Tag der Aufstallung im Deckzentrum
Tab. 2: Development of hind leg lesions in a group of gilts (n = 51) from day 3 to 31 in the breeding room

Gliedmaßen	Hinten links (Befunde %)				Hinten rechts (Befunde%)			
Gelenk	Metatarsal		Tarsal		Metatarsal		Tarsal	
Tag/Bonitur	3.	31.	3.	31.	3.	31.	3.	31.
Kein Befund	96,2	98,1	96,1	78,5	98,1	90,2	96,1	98,1
Note 1	-	1,9	-	5,9	1,9	1,9	-	1,9
Note 2	1,9	-	-	-	-	1,9	1,9	-
Note 3	-	-	-	1,9	-	-	-	-
Note 4	-	-	-	1,9	-	-	-	-
Note 6	1,9	-	3,9	11,8	-	5,9	1,9	-

Note 5 nicht vergeben.

In den Abferkelbuchten (8 h Anwesenheit) war neben dem Liegen in Seitenlage mit ausgestreckten Gliedmaßen, auch weiterhin das Liegen auf dem Bauch mit untergeschlagenen Vordergliedmaßen und seitlich ausgestreckten Hintergliedmaßen zu beobachten.

Nach der zweiten Abferkelung war das Befundschema im Deckzentrum deutlich verändert (Tab. 4). Zu diesem Zeitpunkt hatten neun der Sauen dorsal an beiden Karpalgelenken krustige/schorfige Schwielen. Zusätzlich waren an vier Sauen über beiden Karpalgelenken neugebildete Schleimbeutel feststellbar. Derartige Befunde traten bei den vorangegangenen Bonituren nicht auf und wurden daher nicht im Notenschlüssel erfasst.

Tab. 3: Gliedmaßengesundheit einer Jungsauengruppe (n = 13) im Wartestall vor der ersten Abferkelung
Tab. 3: Leg health in a group of gilts (n = 13) during gestation before first farrowing

Gliedmaßen	Vorn links (Befunde %)		Vorn rechts (Befunde %)		Hinten links (Befunde %)		Hinten rechts (Befunde %)	
Gelenk/Bonitur	Meta-karpal	Karpal	Meta-karpal	Karpal	Meta-tarsal	Tarsal	Meta-tarsal	Tarsal
Kein Befund	69,2	7,7	76,9	15,4	69,2	92,3	76,9	76,9
Note 1	-	-	-	-	-	-	-	7,7
Note 2	-	7,7	-	7,7	-	-	-	-
Note 4	-	-	-	7,7	-	-	-	-
Note 5	7,7	-	7,7	-	-	-	-	-
Note 6	23,1	84,6	15,4	69,2	30,8	7,7	23,1	15,4

Die weiteren Befunde sind in Tabelle 4 dargestellt. Offene Verletzungen und Wunden an den Gliedmaßen wurden zum Erhebungszeitpunkt an den 10 Sauen nicht festgestellt (Note 3 und 4 daher nicht vergeben), waren aber an anderen Sauen des Deckzentrums nachweisbar.

Tab. 4: Gliedmaßengesundheit einer Sauengruppe (n = 10) im Deckzentrum nach der ersten Abferkelung
Tab. 4: Leg health in a group of sows (n = 10) in the breeding room after first farrowing

Gliedmaßen	Vorn links (Befunde %)		Vorn rechts (Befunde %)		Hinten links (Befunde %)		Hinten rechts (Befunde %)	
Gelenk/Bonitur	Meta-karpal	Karpal	Meta-karpal	Karpal	Meta-tarsal	Tarsal	Meta-tarsal	Tarsal
Kein Befund	70	50	80	80	30	80	20	60
Note 1	-	10	-	-	-	-	-	-
Note 2	10	-	-	-	-	10	-	-
Note 5	-	-	-	-	-	10	-	-
Note 6	20	40	20	20	70	-	80	40

Als Ursache für die veränderten Befunde ist anzunehmen, dass sich während der Abferkelung die Schleimbeutel auf den Karpalgelenken zurückbilden und sich zu krustigen/schorfigen Schwielen verändern. Ermöglicht wird dies durch das vermehrte Liegen in ausgestreckter Seitenlage. Im Deckzentrum versuchen die Sauen zwar diese Ruhelage beizubehalten, haben aber beim gleichzeitigen Abliegen aller Sauen nicht den entsprechenden Platz, so dass es wieder zu vermehrtem Abliegen in Bauchlage kommt. Auf ähnliche Veränderungen durch langes Liegen in Bauchlage auf rauen Böden verwies bereits GLOOR (1983). MEYER (2005 a, b) stellte vermehrte Verletzungsprobleme im Wartestall bei zu geringem oder nicht vorhandenem Festflächenanteil fest. Besonders ein planbefestigter Fressbereich bei Flüssigfütterung kann durch Futterreste zum Ausrutschen führen und bei Wunden an den Gliedmaßen zu Infektionen. Ebenso besteht Verletzungsgefahr bei fehlerhaft gestalteten und unterdimensionierten Liegekojen.

5 Schlussfolgerungen

Es kann festgestellt werden, dass sich einige Jungsauen bereits im Deckzentrum ernsthafte Verletzungen zuziehen und die Aufstallungsdauer die Gesundheit der Gelenke beeinflusst. Begünstigende Faktoren sind offenbar ein eingeschränktes Platzangebot im Kastenstand des Deckzentrums in Verbindung mit ungenügenden Oberflächentemperaturen auf den Spalten sowie zu rauer Liegefläche (Beton) und ein fehlender Liegebereich im Wartestall, die bei den Sauen zum vorrangigen Liegen in Bauchlage mit untergeschlagenen Vordergliedmaßen führen. Die Auswertung der weiteren Boniturdaten und nachfolgende Verhaltensbeobachtungen sowie Klimamessungen sind allerdings notwendig, um die kurzzeitig visuell festgestellten Besonderheiten beim Liegeverhalten in diesen beiden Haltungsverfahren umfassend zu erklären.

Literatur

Gloor, P. (1983): Verletzungen und Veränderungen am Integument des Schweines als Indikatoren für die Tiergerechtheit eines Stallsystems. 15. Internat. Arbeitstagung „Angewandte Ethologie bei Nutztieren“, 16.–19. November 1983, In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1983, KTBL-Schrift 229: 94–105

Krieter, J.; Otto, G.; Hohls, E. (2001): Abgangsursachen von Sauen in der Stall- und Freilandhaltung. 15. IGN-Tagung „Tierschutz und Nutztierhaltung“, Halle-Kröllwitz, 04. - 06. Oktober 2001, In: Schäffer, D. und E. von Borell (Hrsg.): Tag.band: 81–85

Lehnert, H. (2007): Wer liefert die besten Jungsauen? Top agrar: S4–S9

Morrow, W. E. (1997): Understanding sow wastage rates. Proc. of the North Carolina Healthy Hogs Seminar, http://mark.asci.ncsu.edu/HealthyHogs/book1997/morrow.htm

Meyer, E. (2005 a): Einstieg in die Sauengruppenhaltung nur auf gutem Fundament. In: Infodienst 01/2005 für Beratung und Schule der sächsischen Agrarverwaltung der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft: 79–85

Meyer, E. (2005 b): Vergleich von biologischen Leistungen und Verlusten von Sauen aus Betrieben mit unterschiedlichen Anteilen Gruppenhaltung der Wartesauen sowie unterschiedlichen Fütterungsverfahren. In: Infodienst 06/2005 für Beratung und Schule der sächsischen Agrarverwaltung der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft: 67–70

Nathaus, R. (2007): Wenn Sauen plötzlich verenden. SUS 2/2007: 22–25

Schuh, M. (1997): Technopathien in der Zuchtsauenhaltung. 4. Freiland-Tagung „Zuchtsauenhaltung einmal anders?“, 30. September 1997, Wien, In: Tag.band: 23–27

Heizsysteme in der Ferkelaufzucht – Energieverbräuche und Tierakzeptanz

Heating Systems for Piglet rearing – Energy Consumption and Animal Acceptance

ANDREA DAHMEN[1], WOLFGANG BÜSCHER[2]

[1] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Siebengebirgstr. 200, D-53229 Bonn

[2] Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, D-53115 Bonn

Schlüsselwörter: Energieverbrauch, Ferkelaufzucht, Heizung, Heizssysteme
Keywords: energy consumption, piglet Rearing, heating, heating Systems

Zusammenfassung

Tendenziell steigende Energiekosten sensibilisieren Landwirte, Berater und Industrieentwickler intensiver über die Energieeffizienz der Heizungssysteme in der Ferkelaufzucht nachzudenken. Die im Rahmen verschiedener Diplomarbeiten und Industrieprojekte durchgeführten Untersuchungen geben auf Labor- und Stallebene Auskunft über die spezifischen Energieverbräuche verschiedener Warmwasser-Heizungssysteme. Aber auch die Akzeptanz der Tiere wird bei den Praxismessungen durch Video-Verhaltensbeobachtungen berücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass warmwasserdurchströmte Fußbodenheizungen eine sehr gute Wärmeverteilung auf der Oberfläche aufweisen und von den Tieren sehr gut angenommen werden. Die Wärmeabgabe steigt, wie physikalisch zu erwarten war, linear mit der Oberfläche und der Temperaturdifferenz zur Raum-temperatur an. Erstmals wurde auch ein „mobil" einsetzbares System getestet. Der Vorteil: Die Heizfläche kann entfernt werden, wenn die Ferkel keine Wärme mehr benötigen und beginnen, die Liegefläche zu verschmutzen.

Summary

Increasing energy costs encourage farmers, advisers and industry engineers to think more about energy efficiency of heating systems for piglet rearing. Some MSc-studies and industrial investigations were done to gain information about specific energy consumption on laboratory and house level of different heating systems using warm water for distribution.

The results show that heating systems with warm water distribution have a very homogeneous surface temperature and offer the piglets comfortable laying conditions. The energy release increases constant with increasing surface area and temperature difference between heating surface and air temperature. A new "mobil" heating system is tested for the first time. The advantage: the heating area can be displaced at the moment, when the piglets have no more energy demand and start to dirt the lying area.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Hohe Energiekosten für die Bereitstellung von Wärme in der Ferkelaufzucht sind Anlass für Industrie und Landwirte, die existierenden Systeme energetisch zu optimieren und neue Lösungen (mit der Absicht der Energieeinsparung) zu entwickeln. Ebenso spielen bei der Kaufentscheidung für die Landwirte das Akzeptanzverhalten der Tiere und zunehmend die Nutzbarkeit von Abwärme (in der Regel an Warmwassersysteme gebunden) eine wichtige Rolle.

Vor diesem Hintergrund wurden in den nun abgeschlossenen Untersuchungen verschiedene Heizsysteme für die Ferkelaufzucht verfahrenstechnisch nach folgenden Gesichtspunkten verglichen (Dahmen et al. 2007):

- Wie lassen sich Heizsysteme hinsichtlich ihrer Energieeffizienz bewerten?
- Welche Systeme bieten eine optimale Versorgungsleistung und wie spiegelt sich dies beim Tierverhalten wider?
- Wie lassen sich ohne große Energieverluste Abwärmesysteme von BHKWs nutzen?
- Wie viel Flexibilität bietet das System dem Tierhalter in Bezug auf die Vermeidung von Tier- und Bodenverschmutzungen?

2 Methodische Vorgehensweise

In dem Projekt wurden drei verschiedene Systeme zur Wärmeversorgung auf der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst der Universität Bonn in der Ferkelaufzucht untersucht. Darüber hinaus werden wärmetechnische Kennzahlen der verschiedenen Heizsysteme auf Laborebene in der Klimakammer des Instituts für Landtechnik erhoben. In der Klimakammer konnten unter definierten Randbedingungen Messreihen zu den Wärmeverlusten gefahren werden, die sehr stark von den Temperaturdifferenzen zwischen der Raumluft und der Oberflächentemperatur der Heizquelle abhängig sind (Abb. 1).

In den letzten Jahren wurden die klassischen Rastermessungen von der Technik der Oberflächentemperaturmessung mit Hilfe von Wärmebildkameras verdrängt. Die digitalen Ergebnisbilder können automatisch ausgewertet werden. Die Oberflächentemperaturen der Liegeflächen lassen sich sehr einfach auf Homogenität und Differenzen zwischen wärmsten und kältesten Punkten erfassen. Die Heizflächen sind eindeutig von der kühleren Umrandung abzugrenzen.

3 Ergebnisse

Methodisch lassen sich Heizsystemen in der Ferkelaufzucht folgende drei Aufgaben zuordnen:

- Vorwärmen des Abteils vor der Belegung
- Bereitstellung des Wärmebedarfs in der klassischen Heizperiode
- Steuerung des Tierverhaltens und Vermeidung von starken Tag-Nacht-Schwankungen für das Gesundheitsmanagement

Für ein derzeit noch nicht in die Praxis eingeführtes System (auflegbares Wasserbett mit elastischer Kunststoffoberfläche „Thermo-M“) der Firma MIK International werden erstmals Langzeitergebnisse zum Energieverbrauch vorgestellt (Tab. 1). Diese Ergebnisse wurden unter Labor- und unter Praxisbedingungen mit denen der anderen Wärmesysteme verglichen.

Tab. 1: Energiekennzahlen der einzelnen Versuchsdurchgänge (V6-Sommer bis V12-Winter) der auflegbaren Warmwasser-Fußbodenheizung „Thermo-M“, ermittelt auf der Lehr- und Forschungsstation „Frankenforst“ der Universität Bonn
Tab. 1: Energy consumption in the different field tests (V6-summer to V12-winter) of the mobile warm water floor heating system "Thermo-M". Results were measured at the research station "Frankenforst" of Bonn University

	Versuchsdurchgänge *trials*										
	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	Ø
	summer conditions				*autum conditions*				*winter conditions*		
Wh/m²/h	111	104	93	130	124	150	155	164	152	205	139
Wh/Matte/h	124	116	104	145	138	168	173	184	170	230	150
kWh je Ferkel	6,3	5,9	5,3	7,3	7,0	8,5	8,7	9,3	8,6	11,6	7,83

Generell konnte festgestellt werden, dass alle drei untersuchten warmwasserdurchströmten Fußbodenheizungen sehr gut von den Ferkeln angenommen wurden. Entspannte Seitenlage und Bauchlage waren bei den ruhenden Ferkeln häufig anzutreffen. Dagegen konnte in den Videobeobachtungen nur sehr selten die unerwünschte Haufenlage festgestellt werden. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (JUNGBLUTH 1996, DE BAEY-ERNSTEN 1996 und 1997, KLUGE 2001, ZIRON 2003). Unter Laborbedingungen wurde von den drei getesteten Heizungssystem „Thermo M“, „Thermo W“ und „Japan-Platte“ in Messreihenuntersuchungen die Wärmeabgabe bei definierten Temperaturdifferenzen zwischen Raumluft und Oberflächentemperatur ermittelt (Abb. 1). Ausführliche Produktbeschreibungen finden sich im Internet unter www.mik-international.de.

Fußbodenheizungen können nur dann in der Wärmebilanz berücksichtigt werden, wenn ihre Wärmeabgabe an den Raum bekannt ist. Nur wenn die Bucht nicht belegt ist (Abb. 2, 100 % Freifläche), kann die maximale Wärmeabgabe angerechnet werden. Auch bei diesen Messreihenuntersuchungen zeigte sich (wie erwartet), dass die Größe der Freifläche linear mit der Wärmeabgabe einhergeht. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei voller Ausnutzung der Liegefläche, also wenn die Ferkel die Liegefläche vollständig abdecken, nur noch eine minimale Wärmeabgabe von der Unterseite und den Randbereichen erfolgt.

Abbildung 3 zeigt die verschiedenen Heizungssysteme „Thermo M“, „Thermo W“ und „Japan-Platte“ im direkten Vergleich bei 100 % Freifläche.

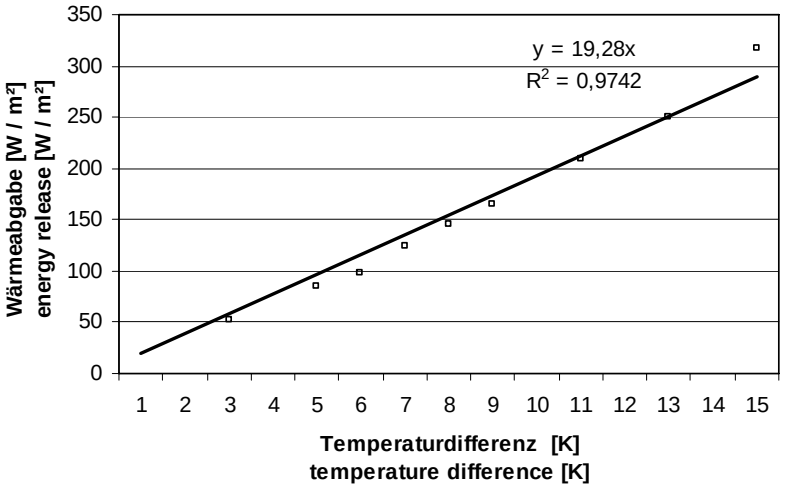


Abb. 1: Die Wärmeabgabe folgt im Klimakammer-Versuch einem idealen Verlauf mit starker Abhängigkeit zur Temperaturdifferenz zwischen Mattenoberflächen- und Raumluft-Temperatur
Fig. 1: Energy release follows an ideal curve with a strong dependence to the temperature difference between the surface of the heating system and the air temperature

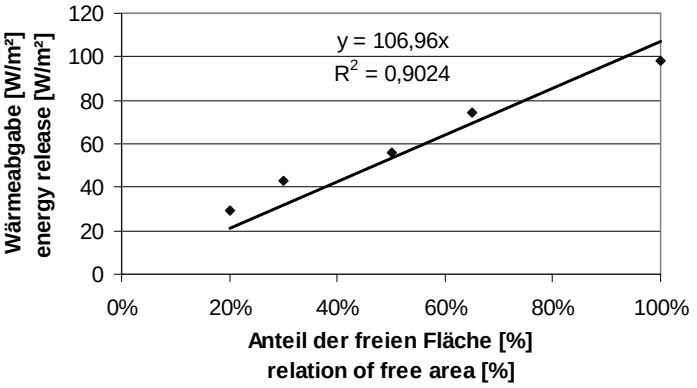


Abb. 2: Wärmeabgabe der „Thermo M" in Abhängigkeit von der freien konvektiven Fläche bzw. vom Grad der Abdeckung durch darauf liegende Tiere (bei einer Temperaturdifferenz von 6 K).
Fig. 2: Energy release of the "Thermo M" depending on the free convective area or on the covering range of the laying piglets (measured by a temperature difference of 6 K)

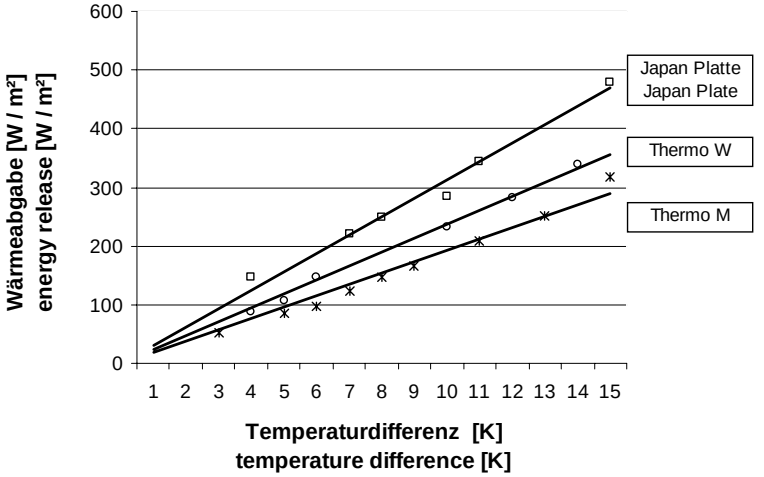


Abb. 3: Vergleich der Wärmeabgabe der Heizungssysteme „Thermo M", „Thermo W" und „Japan-Platte"
Fig. 3: Comparison of heat release of different heating systems "thermo M", "thermo W" and "Japan-Plate"

In einer abschließenden Versuchsreihe wurde die Wärmeabgabe von verschiedenen Strahlungsheizungen untersucht, die ebenfalls mit warmem Wasser durchströmt werden (Tab. 2). Bei diesen Systemen handelt es sich um Aluminium-Heizflächen, die an den Seitenwänden der Buchten (Twin-Rohre) oder über den Liegeflächen der Tiere (Schwarzstrahler mit und ohne wärmedämmende Abdeckung) befestigt werden. Die Wärmeabgabe bei diesen Systemen basiert auf der Radiation und Konvektion. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass eine Oberflächenvergrößerung durch gewellte Profile zu einer deutlichen Wärmeabgabesteigerung führt. Ebenso eindeutig ist die Wirkung der wärmedämmenden Abdeckung auf die Reduzierung der Wärmeabgabe.

Tab. 2: Wärmeabgabe an die Umgebung verschiedener Warmwasser-Wandheizungen im Vergleich; Wassertemperatur: 60 °C
Tab. 2: Comparison of energy release of different warm water wall heating systems; water temperature: 60 °C

Heizungssystem *heating system*	**Umgebungstemperatur** *ambient temperature*	
	21 °C	**28 °C**
Twin-Rohr glatt *twin pipe smooth*	238 W/m	212 W/m
Twin-Rohr gewellt *twin pipe waved*	241 W/m	222 W/m
Schwarzstrahler (mit Wärmedämmung) *black Radiator (with insulation)*	279 W/m	258 W/m
Schwarzstrahler (ohne Wärmedämmung) *black Radiator (without insulation)*	319 W/m	301 W/m

Literatur

Dahmen, A.; Büscher, W.; T. Schneider (2007): Auflegbare Fußbodenheizung für die Ferkelaufzucht. Landtechnik H. 1, S. 40–41

De Baey-Ernsten, H. et al. (1996): Wärmesysteme für Ferkel im Praxisvergleich. AEL - Merkblatt 28, 1996, Essen, Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft e. V.

De Baey-Ernsten, H. (1997): Wärmesysteme für Saugferkel weiterentwickelt. Schweinezucht und Schweinemast, 45. Jahrg., Heft 1, S. 12–15

Jungbluth, T. et al. (2005): Technik Tierhaltung. UTB Grundwissen Bachelor, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, ISBN 3-8252-2641–7

Kluge, J. (2001): Bewertender Vergleich verschiedener Heizungs- und Lüftungsverfahren in der Ferkelaufzucht. VDI-MEG-Schrift, Diss. agrar Halle, ISSN 0931-6264

Ziron, M.; St. Hoy (2003): Effect of a warm and flexible piglet nest heating system – the warm water bed – on piglet behaviour, live weight management and skin lesions. Applied Animal Behaviour Science, 80 Jahrg., S. 9–18

Weiche Matten im Liegebereich bei Mastschweinen

Soft Mats in the Lying Area of Fattening Pigs

PASCAL SAVARY[1], RUDOLF HAUSER[1], BEAT WECHSLER[1], THOMAS JUNGBLUTH[2]

[1] Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen

[2] Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Schwein, Integument, Liegeverhalten, Liegeunterlage, Kunststoff, Verfahrenstechnik
Keywords: pig, integument, lying behaviour, bedding material, rubber, process engineering

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung sollte abgeklärt werden, ob sich eine mehrschichtige Liegematte mit glatter (MSg-Matte) oder strukturierter Oberfläche (MSs-Matte) sowie eine als Laufflächenbelag für Rinderställe entwickelte Gummimatte im Liegebereich von Mastschweinen positiv auf das Liegeverhalten und auf die Integumentgesundheit auswirken. Als Referenz dienten ein nicht eingestreuter und ein eingestreuter Betonboden.

In einem ersten Versuch wurde die MSg-Matte in Teilspaltenbuchten mit 18 Gruppen und insgesamt 173 Tieren getestet, und in einem zweiten Versuch wurden die MSs-Matte und die Gummimatte mit 6 Gruppen und 52 Tieren untersucht.

Im Vergleich zu den Referenz-Liegeunterlagen hatte die MSg-Matte einen positiven Effekt auf das Liegeverhalten und auf die Integumentgesundheit. Ihre Verformbarkeit und ihre glatte Oberfläche waren hierbei zwei wichtige Eigenschaften. Auch die Ergebnisse der Integumentbeurteilung im Versuch mit der MSs- und Gummimatte zeigten eine positive Tendenz.

Summary

The aim of the present study was to determine whether multi-layer mattress with smooth (MSg mat) or structured (MSs mat) surface, as well as a rubber mat developed as a walking-area mat for dairy cows have a positive effect on lying behaviour and integument health when used in the lying area of partially slatted floor systems for fattening pigs. As a reference, a solid concrete floor in the lying area was left bare or covered with a small amount of straw.

In a first experiment, the MSg mat was tested with 173 pigs in 18 groups. In a second experiment, the MSs and the rubber mat were tested with 52 pigs in six groups.

Compared to the references, the MSg mat had a positive effect on lying behaviour and integument health, owing largely to its deformability and smooth surface. The MSs mat and rubber mat also tended to exert a positive influence on integument health.

1 Einleitung

Böden im Liegebereich von Mastschweinen müssen verschiedenen Anforderungen genügen. Sie sollen einen angemessenen Liegekomfort bieten und nicht zu Schäden an den Tieren führen. Planbefestigte Betonböden ohne Einstreu als Liegeunterlage können bei Mastschweinen Veränderungen am Integument verursachen, namentlich Hautschäden (haarlose Stellen, Hyperkeratosen, offene Wunden) und subkutane Bursen (Mouttotou et al. 1998, Mayer 1999, Lahrmann et al. 2003). Hauptursächlich werden dafür die Rauheit und die Härte der Liegefläche genannt. Eine Strohmatratze ist weich, verhindert die Reibung der Haut auf dem Betonboden und ist bezüglich der Gliedmaßengesundheit und des Liegekomforts eine adäquate Liegeunterlage. Systeme mit eingestreutem Liegebereich sind jedoch, insbesondere in Regionen, in denen wenig Stroh zur Verfügung steht, mit erhöhten Produktionskosten verbunden (Weber et al. 2005). Liegeunterlagen aus Kunststoff könnten deshalb eine tierfreundliche, strohlose oder zumindest stroharme Alternative in Haltungssysteme für Mastschweine darstellen.

In der vorliegenden Untersuchung soll geklärt werden, ob sich mehrschichtige Liegematten (MS-Matten) oder eine als Laufflächenbelag für Rinderställe entwickelte Gummimatte im Liegebereich von Mastschweinen positiv auf das Liegeverhalten und die Veränderungen am Integument auswirken.

2 Methoden

2.1 Versuchsaufbau

Die Untersuchung beinhaltete zwei Versuche, welche in Ställen der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART durchgeführt wurden. Im Versuch 1 wurde eine MS-Matte mit einer glatten Oberfläche (MSg-Matte) untersucht. Im Versuch 2 wurden eine MS-Matte mit einer strukturierten Oberfläche (MSs-Matte) und eine Gummimatte getestet. Als Referenzsysteme dienten ein leicht eingestreuter (= Liegeunterlage Stroh; 100g/Tier und Tag) und ein nicht eingestreuter Betonboden (= Liegeunterlage Beton).

Versuch 1: Liegematte mit glatter Oberfläche

Der Versuch wurde in drei Mastbuchten mit Teilspaltenboden durchgeführt, in denen je 8–10 Mastschweine bei einer Liegefläche von 0,75 m^2 pro Tier gehalten wurden. Insgesamt wurden 18 Gruppen (Stroh = 6; Beton = 5; MSg-Matte = 7) untersucht.

Die MSg-Matte bestand aus einer verformbaren unteren Schicht aus Schaumstoff (Dicke: 2 cm; Stauchhärte: 10 kPa) und einem verschweißbaren Thermoplast (Dicke: 2,2 mm) mit einer glatten Oberfläche. Sie wurde an den Rändern mit Flacheisen am Boden fixiert. Die MSg-Matte und der Betonboden verzeichneten eine langfristige Wärmeableitung (W_{60}) von 147 bzw. 392 W/m^2.

Versuch 2: Liegematten mit strukturierten Oberflächen

Der Versuch wurde in sechs Mastbuchten mit Teilspaltenboden durchgeführt, in denen je 8–9 Mastschweine bei einer Liegefläche von 0,65 m^2 pro Tier gehalten wurden. Insgesamt wurden sechs Gruppen (2 pro Liegeunterlage) untersucht.

Im Unterschied zur MSg-Matte besass die MSs-Matte eine strukturierte Oberfläche (Diamantprägung). Die Prägung der Oberfläche sollte die Rutschfestigkeit der Matte erhöhen. Die als Laufflächenbelag für Rinderställe entwickelte Gummimatte war 2,4 cm dick und bestand aus Altgummiteilchen. Sie hatte eine Oberfläche mit Grillprofil.

2.2 Erhebungsmethoden

Liegeverhalten

Das Verhalten der Mastschweine wurde im Versuch 1 mittels Videotechnik pro Mastdurchgang während zweimal 48 Stunden beobachtet (nachts mit minimalem Dämmerlicht). Die Videoaufnahmen erfolgten nach dem Einstallen (Gewichtsklasse <60 kg) und wenn die Schweine >80 kg schwer waren. Im 15-min-Intervallsampling wurde protokolliert, wie viele Tiere die Seiten-, Bauch- oder Haufenlage im Liegebereich zeigten, bzw. wie viele Tiere im perforierten Kotbereich (Betonspaltenboden) lagen.

Integumentbeurteilung

Die klinische Untersuchung des Integuments basierte auf der Ekesbo-Methode. Die Erhebung von Hautschäden an den Karpal- und Tarsalgelenken erfolgte vier Tage nach dem Einstallen und am Ende der Mast. Diese Daten wurden den Gewichtsklassen <60 kg und >80 kg zugewiesen. Bei der Erhebung der Hautschäden wurden die Befundtypen haarlose Stellen, Hyperkeratosen, subkutane Bursen und Wunden unterschieden. Insgesamt wurden im Versuch 1 (glatte Oberfläche) 173 Tiere und im Versuch 2 (strukturierte Oberfläche) 52 Tiere untersucht.

2.3 Statistische Auswertung

Im Versuch 1 erfolgte die statistische Auswertung der Daten mit generalisierten linearen gemischte Effekte Modellen. Erklärende Variablen waren bei der Analyse des Liegeverhaltens die Liegeunterlage, die Lufttemperatur und die Gewichtsklasse. Die zufälligen Effekte waren die Versuchsgruppen geschachtelt in den Gewichtsklassen. Für die Effektanalyse der verschiedenen Liegeunterlagen auf das Integument wurden im Modell die erklärenden Variablen Liegeunterlage, Gewichtsklasse und Geschlecht der Tiere berücksichtigt. Der zufällige Effekt waren die Versuchsgruppen.

Auf Grund der zu kleinen Stichprobe (zwei Gruppen pro Liegeunterlage) werden die Ergebnisse der Integumentbeurteilung im Versuch 2 nicht quantitativ, sondern beschreibend dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Liegeverhalten

Die Gruppen mit der MSg-Matte zeigten signifikant mehr Seitenlage als die Gruppen mit den Liegeunterlagen Beton und Stroh ($F_{2,13} = 7{,}41$, $p < 0{,}01$; Abb. 1). Im Gegensatz zur Seitenlage konnte bezüglich der Bauchlage kein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Liegeunterlagen festgestellt werden ($F_{2,13} = 1{,}66$, $p = 0{,}23$). Haufenlage kam bei allen Liegeunterlagen selten vor.

Mit zunehmender Lufttemperatur verlegten die >80 kg schweren Tiere ihren Liegebereich vom planbefestigten Boden auf den Spaltenboden (Abb. 1). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Liegeunterlagen konnte hierbei nicht festgestellt werden ($F_{2,13}$ = 0,39, p = 0,68)

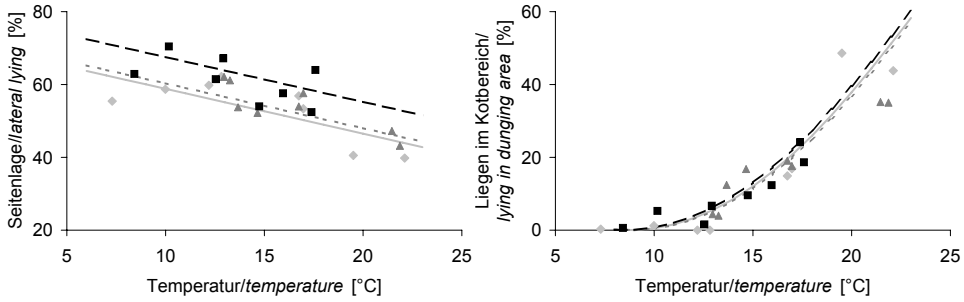


Abb. 1: Anteil Mastschweine (>80 kg) in verschiedenen Liegepositionen in Abhängigkeit der Lufttemperatur ▲ (Beton), ◆ (Stroh) und ■ (MSg-Matte) stehen für Mittelwerte pro Tag und Gruppe. ---, — und –– stellen die Modellschätzungen dar

Fig. 1: Percentage of fattening pigs (>80 kg) lying in different postures as a function of air temperature ▲ (concrete), ◆ (straw) and ■ (MSg mat) are means per day and group. ---, — and –– are the fitted lines

3.2 Integumentbeurteilung

Im Vergleich zur Liegeunterlage Stroh traten bei der MSg-Matte im Versuch 1 signifikant weniger haarlose Stellen an den Tarsalgelenken auf (F_{15} = -2,47, p = 0,03). Schwere Tiere wiesen deutlich mehr Bursen an den Tarsalgelenken auf als leichte (F_{15} = 2,73, p=0.02; Abb. 2). Im Vergleich zu den Tieren auf der Liegeunterlage Stroh zeigten die Tiere auf der MSg-Matte tendenziell weniger Bursen an den Tarsalgelenken (F_{15} = -2,01, p = 0,06).

Bei den Liegeunterlagen Beton und Stroh wiesen vier Tage nach dem Einstallen im Durchschnitt über 50 % der Tiere Wunden an den Tarsalgelenken auf. Bei der MSg-Matte waren dagegen nur 8,3 % der Tiere betroffen (Abb. 2). Zwischen den Liegeunterlagen Stroh und MSg-Matte konnte ein statistisch gesicherter Unterschied nachgewiesen werden (F_{15} = -3,12, p <0.01), zwischen Stroh und Beton hingegen nicht (F_{15} = -0,83, p = 0,42).

Bezüglich der Anteile Tiere mit haarlosen Stellen oder Hyperkeratosen am Ende der Mast im Versuch 2 lagen die Werte bei den Liegeunterlagen Stroh und Gummimatte über 80 %, bei der MSs-Matte hingegen unter 25 %. Vier Tage nach dem Einstallen wurden bei der Liegeunterlage Stroh 95 %, bei der Gummimatte 35 % und bei der MSs-Matte 51 % der Schweine mit Wunden an den Tarsalgelenken registriert.

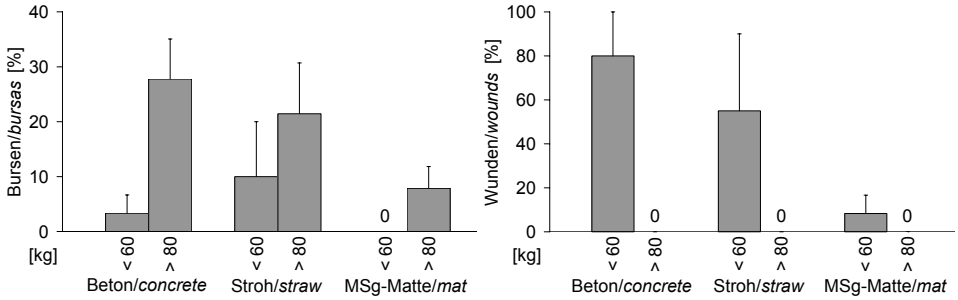


Abb. 2: Anteil der Mastschweine (Mittelwerte über alle Gruppen und Standardfehler), die auf den drei im Versuch 1 verglichenen Liegeunterlagen Veränderungen an den Tarsalgelenken aufwiesen
Fig. 2: Percentage of fattening pigs (means over all groups and standard errors) showing lesions at the tarsal joints when kept on lying areas of different quality

3.3 Zustand der weichen Matten

Die MS-Matten blieben über mehr als drei Mastdurchgänge nicht unbeschädigt. Den Schweinen gelang es, zuerst an der Naht zwischen den beiden zusammengeschweißten Bahnen einen Riss zu eröffnen und dann den Thermoplast auseinander zu reißen. Die Gummimatte wurde in der Flächenmitte ausgehöhlt.

4 Diskussion

Die MSg-Matte leitete weniger Wärme ab als die Liegeunterlage Beton. Es war daher zu erwarten, dass bei der MSg-Matte mehr Tiere im Kotbereich liegen, wo sie ihre Körperwärme besser ableiten können, als bei der Liegeunterlage Beton. Dies trat aber nicht ein. Schweine, die auf der MSg-Matte lagen, zeigten wie bei TUYTTENS et al. (2004) mehr Seitenlage als Tiere, die auf Beton ruhten. Eine Erklärung dafür könnte die Verformbarkeit der MSg-Matte und der daraus entstehende höhere Liegekomfort sein. Dies würde bedeuten, dass Mastschweine die MSg-Matte trotz geringerer Wärmeableitung auf Grund des höheren Liegekomforts dem kühleren, aber härteren Spaltenboden als Liegebereich vorziehen und mehr in der entspannten Seitenlage liegen.

Der geringere Anteil Schweine mit Bursen und Wunden an den Tarsalgelenken bei der Haltung auf der MSg-Matte könnte auf die Verformbarkeit und die glatte Oberfläche der Matte zurückgeführt werden. Nach MOUTTOTOU et al. (1999) ist die Weichheit einer Liegeunterlage der wichtigste Faktor zur Reduktion von Bursen. Schweine, die auf der MSs-Matte oder der Gummimatte lagen, verzeichneten ebenfalls weniger Wunden an den Tarsalgelenken als die auf der Liegeunterlage Stroh. Im Vergleich zur MSs-Matte wiesen die Tiere auf der Gummimatte mehr Hyperkeratosen an den Karpal- und Tarsalgelenken auf. Der Grund dafür könnte der „Radiergummieffekt“ des Materiales Gummi sein.

Da die Liegematten in der vorliegenden Untersuchung beschädigt wurden, können sie noch nicht langfristig in Schweineställen eingesetzt werden. Es besteht weiterer Entwicklungs- und Forschungsbedarf, um die mechanische Strapazierfähigkeit der MS-Matten und der Gummimatte zu erhöhen.

Literatur

Lahrmann, K.-H.; Steinberg, C.; Dahms, S.; Heller P. (2003): Prävalenzen von bestandsspezifischen Faktoren und Gliedmassenerkrankungen, und ihre Assoziationen in der intensiven Schweineproduktion. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 116: 67–73

Mayer, C. (1999): Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtheit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. FAT-Schriftenreihe, Band 50, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Mouttotou, N.; Hatchell, F.M.; Green L.E. (1998): Adventitious bursitis of the hock in finishing pigs: prevalence, distribution and association with floor type and foot lesions. Vet. Rec. 142: 109–114

Tuyttens, F.; Wouters, F.; Duchateau, L.; Sonck B. (2004): Sows prefer to lie on a prototype lying mattress rather than on concrete. In: Proceedings of the 38th International Congress of the ISAE, Helsinki: 253

Weber, R.; Ammann, H.; Hilty, R.; Marbé-Sans, D.; Riegel, M.; Wechsler B. (2005): Wirtschaftlichkeit der Schweinehaltung – Ein Vergleich zwischen QM und Label. FAT-Berichte Nr. 647. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Untersuchungen zur Festflächenakzeptanz von Mastschweinen im Versuchs- und Praxisbetrieb

Preference Studies on Fattening Pigs in Laying Areas on Experimental and Practical Farm Conditions

ECKHARD MEYER, INES JAHN

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierische Erzeugung, Am Park 3, D-04886 Köllitsch

Schlüsselwörter: Liegebereich, Mastschweine, Tierverhalten, Buchtensauberkeit
Keywords: lying area, fattening pigs, animal behaviour, cleanness of the pen

Zusammenfassung

Die optimale Liegeflächengestaltung mit einem nicht oder gering perforierten Fußboden ist im Zusammenhang mit dem gesamten Haltungssystem zu bewerten. Bestandteile des Haltungssystems, die das Tierverhalten lenken und so die Funktionssicherheit in teilperforierten Mastbuchten unterstützen, wurden in Köllitsch sowie in einem Praxisbetrieb untersucht. Die Erhöhung der Liegeflächen und ihre Verlagerung zum Buchtenrand, sowie der Einbau von Liegekojen verbesserten die Buchtensauberkeit und die Liegeflächenakzeptanz. In den Buchten mit Kojen wurden mehr aktive Schweine beobachtet.

In den geringer strukturierten Versuchsbuchten im Praxisbetrieb beeinflusste die Troganordnung sowie die Anordnung der Festfläche am Buchtenrand das Tierverhalten. Auch die Wärmeleitfähigkeit der einzelnen verwendeten Materialien zum Aufbau des Fußbodens spielt eine Rolle im Hinblick auf die Akzeptanz durch die Schweine.

Summary

Laying area in fattening pens depends on housing conditions. Structure elements of housing systems with influence on animal behaviour had been examined under conditions of testing- and fattening farms. Elevation of lying areas, shifting to the edge of the pen and fitting lying boxes improved cleanness of the pen. In pens with laying boxes more active pigs had been observed.

Animal behaviour in less structured pens on fattening farm has been influenced by trough position as well as the arrangement of the not slatted floor at the edge of the fattening pen. Acceptance of not slatted floor by the pigs as laying area has been also influenced by materials used in construction.

1 Einleitung

Für Schweine in Gruppenhaltung werden Fußbodenbereiche gefordert, die speziell für das Liegen der Tiere vorgesehen sind (Nutztierhaltungsverordnung § 17). Durch die Rekonstruktion ehemaliger Typenanlagen in Ostdeutschland sind Festflächen bereits heute Bestandteil vieler Haltungssysteme und müssen mit mehr oder weniger großen Kompromissen hinsichtlich Hygiene und Buchtensauberkeit betrieben werden. In Warmställen fällt es schwer die gering oder nicht perforierten Liegeflächen der Bucht sinnvoll statisch zu zuordnen, weil die Schweine aus praktischer Sicht den Temperaturkomfort höher bewerten als den Liegekomfort und die Temperaturen im Stall mit der Außentemperatur schwanken. Je unterschiedlicher die Bodenstruktur ist, desto deutlicher können die Schweine die erforderlichen Funktionsbereiche trennen (Marx und Schuster 1980). Im Hinblick auf die Annahme von Funktionsbereichen sind die Struktur und Temperatur der Oberfläche die wichtigsten Eigenschaften. Schweine wählen ihre Liegefläche nicht in erster Linie nach der Bodenbeschaffenheit, sondern nach der Temperatur aus (Valle Zarate et al. 2000). Mastschweine (>70 kg) suchen ab einer Umgebungstemperatur von 23 °C gezielt kühlere Liegeorte auf (Mayer und Hauser 1999). Somit ist die optimale Anordnung und Struktur nicht oder gering perforierter Liegeflächen eine Frage des gesamten Haltungssystems. Diese wurde im Versuchbetrieb Köllitsch und im Routinebetrieb einer sächsischen Schweinemastanlage untersucht.

2 Material und Methoden

Auf einer Skala von 1–3 wurden sowohl die Verschmutzung als auch die Belegung einzelner in der Größe definierter Fußbodenabschnitte in Schritten von 0,5 subjektiv bewertet. Dabei wurde die Note 1 für sauber bzw. für unbelegt und die Note 3 für stark verschmutzt bzw. vollständig belegt vergeben. Die Bonitur wurde werktäglich auf das einzelne Spaltenbodenelement bezogen und um 10.00 Uhr morgens von einer Person durchgeführt. Zeitgleich wurden auf die einzelnen Mastbuchten bezogene Parameter des Stallklimas sowie die biologischen Leistungen erfasst.

2.1 Untersuchungen in Köllitsch

Für die Untersuchungen wurde ein Versuchsabteil mit zwei Mastbuchten für die Schweinemast (ca. 2 x 35 Plätze, 35 m² je Bucht) in eine bestehende Stallhülle eingebaut. Die Zuluftführung erfolgte über Rieselkanäle, die Entlüftung über eine Unterdruckzwangsentlüftung und die Fütterung erfolgte über Rohrbreiautomaten (TFPV 8: 1). Die Liegebereiche wurden als 4 · 2,8 m große Liegeinseln zunächst eben (unerhöht) mittig in die Bucht eingebaut. Der Liegeflächenanteil in der Ausgangsvariante betrug 32 % der gesamten Nettobuchtenfläche. Mit dem Ziel die „Offensichtlichkeit“ der Liegeflächen für die Schweine zu erhöhen, entstanden als Endprodukt verschiedener Umbaumaßnahmen die in der folgenden Abbildung dargestellten Buchtentypen.

Die Anordnung der unterschiedlichen Spaltenbodenelemente auf der Insel wurde nach jedem Durchgang variiert, um mögliche Nachteile durch eine ungünstige Anordnung auf der Insel, d. h. Nähe zum Kot oder Fressbereich auszugleichen.

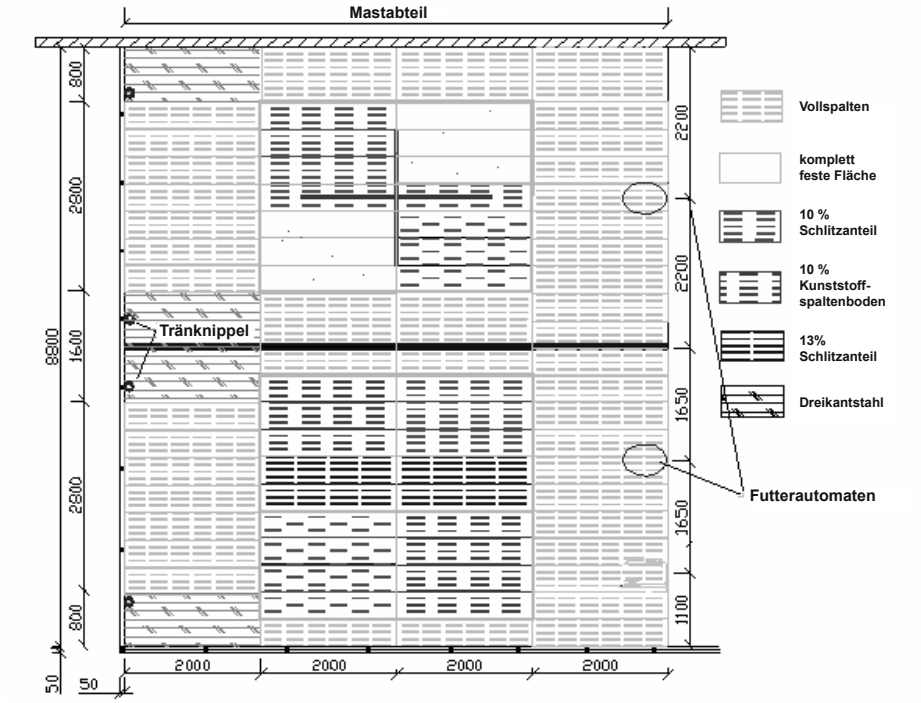


Abb. 1: Grundriss der entwickelten und erprobten Schweinemastbuchten in Köllitsch
Fig. 1: Plan of developed fattening pens in Köllitsch

2.2 Untersuchungen im Praxisbetrieb

Im Rahmen der Rekonstruktion eines ehemaligen Typenprojektes entstanden durch unterschiedliche Integration der Bewirtschaftungsgänge sowie durch unterschiedliche Anordnung des Sensortroges drei verschiedene Buchtentypen (Abb. 2). Der nicht perforierte Festflächenanteil der Bucht betrug 40 %, 23 Schweine je Bucht hatten ein Platzangebot von ca. 0,9 m² je Tier. Die Zuluftführung erfolgte über Rieselkanäle, die jeweils über der „großen Festfläche“ (Position 5 und 6) in Stalllängsrichtung geführt wurden. Die Abluftführung erfolgte über eine Unterdruckzwangsentlüftung. Im Rahmen der Untersuchung wurden die drei Buchtentypen in jeweils zwei Anlagen über zwei Mastdurchgänge von Juli 2004 bis April 2005 im Hinblick auf die Buchtensauberkeit, das Stallklima und das Tierverhalten untersucht. Die Buchtengrundfläche wurde dazu in ein Raster zu acht Teilflächen unterteilt. Diese wurden in der Reihenfolge 1–8 bewertet. Die Teilflächen 1 und 2 sowie 5 und 6 sind jeweils die geschlossenen Flächen (Abb. 1–3). Insgesamt wurden 2 117 Buchten mit jeweils acht Planquadraten bonitiert und miteinander verrechnet.

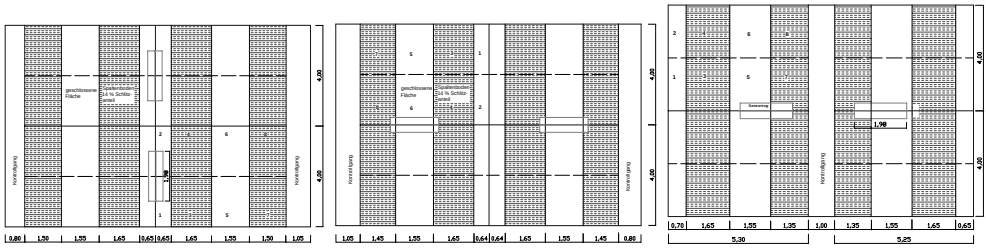


Abb. 2: Untersuchte Schweinemastbuchten von links nach rechts 1–3
Fig. 2: Fattening pens on farm, from the left to the right 1–3

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei der Strukturierung der Mastbucht in Liege- und Abkotbereiche durch die Schweine können sich verschiedene Effekte vom Stallklima sowie von Einrichtungsgegenständen (Trog, Fußbodenart) überlagern und im Mastverlauf mit dem Temperaturanspruch auch verändern. Das erschwert in Warmställen eine statische Zuordnung von Funktionsbereichen, weil die Innentemperaturen besonders im Sommer mit den Außentemperaturen schwanken. Darüber hinaus wird die obere kritische Behaglichkeitstemperatur für Mastschweine heute niedriger als früher eingeschätzt (18,8 °C, HUYNH et al. 2005). Bei Vorliegen eines entsprechenden Temperaturgefälles zwischen dem Liege- und Eliminationsbereich und/oder offensichtlicher Gestaltung der Liegeflächen werden die Kotstellen (im Gegensatz zum Liegebereich) vergleichsweise sicher im Bereich geringerer Temperaturen und weit entfernt von den Liegestellen angelegt (METTLER und SAMBRAUS 1999, PFLANZ et al. 2005). Die physikalischen Eigenschaften unterschiedlicher als Fußböden eingesetzter Materialien können einen positiven allerdings beschränkten Beitrag zur Funktionsfähigkeit des gesamten Systems leisten. Durch Versuchsanlage und statistische Auswertung wurde versucht, die von der Bauart der Insel sowie der Bauart der auf der Liegeinsel verlegten Spaltenbodenelemente zu trennen.

Tab. 1: Akzeptanz von Fußbodenelementen unterschiedlicher Bauart
Tab. 1: Acceptance of floor elements as lying area

Spaltenboden-element	Schlitz-anteil [%]	Anzahl Schweine/ pro Element	SE	p < 1 %	Verschmutzung/ Element (1–3)	SE	p < 1 %
Schlitzlänge reduziert (G)	10	0,2	0,01	a	1,1	0,01	a
Schlitzanzahl reduziert (S)	10	0,3	0,01	b	1,2	0,01	b
Kunststoff Schlitzlänge red.	10	0,4	0,01	a	1,0	0,01	a
Vollbeton	0	0,5	0,01	b	1,1	0,01	b

Bauart und physikalische Eigenschaften verlegter Fußbodenelemente sind aber kein Garant für eine ausreichende Funktionssicherheit des Stallsystems, weil diese sich in der Oberflächentemperatur nur wenig unterscheiden. Bei 28,5 °C Raumtemperatur wurden zwischen Betonspaltenböden mit 10 % oder 14 % Schlitzanteil nur 0,5° C Unterschied in der Oberflächentemperatur festgestellt. In der Literatur wird ein Unterschied zwischen Vollspaltenboden und unperforierten Betonoberflächen von 3–5 °C diskutiert (FESKE et al. 2004). Deshalb wurde in der vorliegenden Untersuchung, sowie in anderen Praxisversuchen (ROTH und MEYER 2002) bei plan verlegten Liegeinseln unter Einsatz von schlitzreduziertem Spaltenboden (10 %) keine oder eine nur kurzzeitige Akzeptanz als Liegefläche beobachtet. Durch die Erhöhung der Liegeinseln, deren Verlagerung zum Buchtenrand bzw. durch den Einbau der Liegekojen wurde eine bessere Akzeptanz und Sauberkeit der vorgesehenen Liegeflächen erreicht (Tab. 2). Dagegen zeigen die Untersuchungen in den baulich vergleichsweise gering strukturierten Praxisbuchten, dass ein Temperaturgefälle zum Buchtenrand (Buchtentyp 3) sowie die Troganordnung (Buchtentyp 2) die Einteilung der Bucht in Funktionsbereiche beeinflusst. Die Klassenbesetzung >8 bzw. 14 °C und <8 bzw. 14 °C erfolgte unter der Maßgabe der Gleichmäßigkeit.

Tab. 2: Vergleich der einzelnen Liegeinseltypen im Hinblick auf die Sauberkeit der Bucht und der Liegeinsel
Tab. 2: Cleanness of lying areas depending on structure of pens

Schätzungen/ abh. Variable	Buchtentyp	Außentemperatur					
		<8 bzw. <14 °C			>8 bzw. >14 °C		
		Mittelwert	SE	sig. 1 %	Mittelwert	SE	sig. 1 %
Verschmutzung Liegeinseln (Köllitsch)	Plan befestigte Liegeinsel	1,2	0,02	a	1,6	0,02	a
	Liegeinsel Ökospalten	1,5	0,02	b	1,5	0,02	a
	Liegeinsel mit Liegekojen	1,1	0,02	c	1,2	0,02	b
Verschmutzung kleine Festfläche (Praxisbetrieb)	Liegebänder	1,0	0,02	c	1,2	0,02	b
	Buchtentyp 1	1,2	0,03	a	1,1	0,03	a
	Buchtentyp 2	2,2	0,03	b	1,7	0,03	b
Verschmutzung große Festfläche (Praxisbetrieb)	Buchtentyp 3	2,7	0,02	c	2,2	0,02	c
	Buchtentyp 1	1,9	0,03	a	1,9	0,02	a
	Buchtentyp 2	1,4	0,03	a	1,5	0,02	a
	Buchtentyp 3	1,3	0,02	b	1,4	0,02	b

Im Praxisbetrieb wurden die unperforierten Festflächen in der warmen Jahreszeit besser als Liegebereich angenommen und weniger verschmutzt als in der kühlen Jahreszeit, weil diese bei relativ niedriger Raumhöhe (<2,5 m) direkt unter dem Rieselkanal angeordnet waren. Bei der hohen Sommerluftrate wurde dadurch ein Kühlungseffekt für die Tiere erreicht. Die Anordnung einer betonierten Festfläche am Gebäuderand im Buchtentyp 3

führt dazu, dass auf diesen Flächen mit relativ hoher Sicherheit Kotbereiche angelegt werden (MOLLET und WECHSLER 1991). Die Tatsache, dass diese mit 2,73 in der kälteren Jahreszeit noch deutlich verschmutzter waren als in der warmen Jahreszeit bestätigt, dass vor allem die kühleren Temperaturen im Außenwandbereich der auslösende Reiz für dieses Verhalten ist und bestätigt Verhaltensbeobachtungen von Mastschweinen in Kaltställen (METTLER und SAMBRAUS 1999). Im Hinblick auf das Eliminationsverhalten funktionieren Kaltställe vermutlich deshalb sicherer, weil das Temperaturgefälle höher ist. In dem hier untersuchten Typenstall mit üblicherweise schlechter Isolierung wurde im Winter ein Temperaturgefälle von der Stallmitte zum Stallrand von 5° C festgestellt. Gleichzeitig ist die große Festfläche im Buchtentyp 3 dadurch vergleichsweise weit vom Kotplatz entfernt und wird als Liegefläche mit 1,8 (im Jahresmittel) gegenüber 1,7 und 1,6 in den Buchtentypen zwei und eins tendenziell etwas besser angenommen und signifikant weniger verschmutzt. Die Anordnung des Troges auf der kleinen bzw. großen Festfläche im Buchtentyp 1 und 2 führt dazu, dass der Festflächenabschnitt auf dem er steht sauberer gehalten wird, während der davon entfernte andere Festflächenabschnitt stärker verschmutzt wird. Die optimale Liegeflächengestaltung ist also nur im Zusammenhang mit dem gesamten Haltungssystem zu bewerten. Ohne eine Weiterentwicklung der Haltungssysteme kommen mit der Einrichtung von teilperforierten Fußbodenbereichen, unweigerlich die Probleme zurück, die letztendlich zur Ablösung dieser Systeme geführt haben.

Literatur

Feske, I.; Hesse, A.; Hesse, D. (2005): Präferenzversuche mit Mastschweinen im Liegebereich bezüglich Bodenstruktur und Lufttemperatur, 7. Tagung für Bau Technik und Umwelt 2005 in Braunschweig; ISBN 3-7843-2185-2 S. 79–85

Huynh, T. et al. (2005): Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. Applied animal behaviour science 91 (2005), S. 1–16

Marx D.; Schuster H. (1980): Ethologische Wahlversuche mit frühabgesetzten Ferkeln während der Flatdeckhaltung. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift Heft 87, S. 369–375

Mayer C.; Hauser R. (1999): Ableitung des optimalen Temperaturbereichs für Mastschweine aus dem Liegeverhalten und der Vokalisation. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1999, KTBL-Schrift 391, S. 129–136.

Mettler K.; Sambraus H. H. (1999): Es geht auch ohne Vollspaltenböden, Schweinewelt 10/99 S. 4–9

Mollet, P.; B. Wechsler (1990/1991): Auslösende Reize für das Koten und Harnen bei Hausschweinen. KTBL-Schrift 344, S. 150–161

Pflanz W., Beck J.; Jungbluth T.; Troxler J., Schrade H. (2005): Bewertung innovativer Schweinemastverfahren im Rahmen einer Feldstudie. Landtechnik 4/ 2005

Roth, E.; Meyer C., (2002): Die Erprobung von drainierten Spaltenböden bei Mastschweinen, Bauernblatt Schleswig Holstein und persönliche Mitteilungen

Valle Zarate A.; Sundrum A.; Kutsch T.; Krekeler H.-J.; Zaludik K.; Rubelowski I.; Schubert, K. (2000). Bewertung praxisüblicher Mastschweine- und Mastbullenhaltungen in Nordrhein-Westfalen, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Forschungsberichte 84

Management und Investitionsaufwand von Ausläufen für Schweine

Management and Investment Costs of Outdoor Runs for Pigs

BERNHARD HÖRNING, GERRIET TREI

Fachhochschule Eberswalde, Fachgebiet Ökologische Tierhaltung, Friedrich-Ebert-Str. 28, D-16225 Eberswalde

Schlüsselwörter: Ausläufe, Schweinehaltung, Management, Investitionsaufwand
Keywoords: outdoor runs, pigs, management, investment costs

Zusammenfassung

Ausläufe gewinnen zunehmend an Bedeutung in der Schweinehaltung (Markenprogramme, Ökolandbau etc.). Aufgrund der begrenzten Praxiserfahrungen war Ziel im Rahmen eines KTBL-Projektes, Kenndaten zum Management sowie zum Investitionsbedarf zusammenzutragen. Bezüglich Auslaufmanagement wurden Fragebögen von 20 Betrieben des Markenfleischprogramms Neuland ausgewertet. Auf zehn von den Betrieben erfolgten nähere Erhebungen, insbesondere zum Investitionsaufwand.

Die Betriebe hielten im Mittel 40 Sauen und hatten 267 Mastplätze. Mit Ausnahme der ferkelführenden Sauen hatten alle Gruppen Ausläufe. Die Ausläufe waren ständig zugänglich. Sie waren stets befestigt und eingestreut (Schlepperentmistung).

Aufgrund von Kostenvoranschlägen von Stallbaufirmen wurden Gesamtkosten für die Ausläufe kalkuliert von ca. 190 bzw. 130 € je Mastplatz für 100 bzw. 400 Plätze. Auf den Betrieben wurde ein Investitionsaufwand erhoben von Ø 60 € je Mastplatz für nachträgliche Anbauten von Ausläufen und von Ø 208 € je Sauenplatz. Die Betriebe setzten in beträchtlichem Umfang Eigenleistung ein (ca. 1/3 des Aufwands).

Summary

Investigations concerning management and investment costs were carried out at 20 commercial farms of the label programme Neuland in Germany. Farmers kept on average 40 sows and 267 growing-finishing pigs. All groups of pigs had access to outdoor runs (except farrowing sows). Outdoor runs were covered with concrete and bedded with straw. Dunging out was done by tractor.

Based on estimates of stable producers, investment costs were calculated of 190 € per growing-finishing pig for houses with 100 places and of 130 € for 400 places. Farmers invested on average 60 € per growing-finishing pig and 208 € per sow. Farmers regularly used internal labour to reduce investment costs.

1 Einleitung

Ausläufe ermöglichen Schweinen zusätzlichen Ausweich- und Bewegungsraum sowie den Kontakt mit Klimareizen. Ferner kann sich das Stallklima verbessern, wenn die Tiere überwiegend draußen abkoten (Hörning 2000). Die Schweinehaltungshygieneverordnung vom 7.6.99 definiert Auslaufhaltung als „Haltung von Schweinen in Ställen, wobei für die Tiere die Möglichkeit besteht, sich zeitweilig im Freien aufzuhalten". Demgegenüber ist die Freilandhaltung eine „Haltung im Freien ohne feste Stallgebäude lediglich mit Schutzeinrichtungen". Ausläufe für Schweine sind nach der EU-Ökoverordnung (1804/1999) für Biobetriebe vorgeschrieben (mit Ausnahmeregelungen spätestens ab 2011). Die Verordnung enthält Mindestmaße für die Ausläufe (z. B. 1,0 m² für Mastschweine, 2,5 m² für Sauen) und erlaubt max. eine Teilüberdachung. Für Schweine sollen Ausläufe zum „Misten und Wühlen" dienen. „Zum Wühlen können verschiedene Materialien verwendet werden." Darüber hinaus sind Ausläufe Pflicht in Markenfleischprogrammen wie Neuland.

In einigen Schweizer Praxisauswertungen wurden überwiegend positive Auswirkungen auf Tierverhalten bzw. Tiergesundheit festgestellt (z. B. Mayer 1999, Schnider 2002, Cagienard et al. 2005). Erfahrungen mit der Auslaufbewirtschaftung aus der Praxis sind aber noch begrenzt. Praxisauswertungen zeigten, dass erst etwa die Hälfte der Biobetriebe richtlinienkonforme Ausläufe eingerichtet hat (Fenneker 2002, Löser und Deerberg 2004, Rahmann et al. 2004). Daher war Ziel der Untersuchungen im Auftrag des KTBL, Darmstadt, Praxiserfahrungen zum Management und Investitionen von Ausläufen zusammenzutragen (vgl. Hörning und Trei 2006). Die Ergebnisse flossen ein in ein KTBL-Heft mit Empfehlungen für Praktiker (Hörning et al. 2007).

2 Methodik

Bezüglich Schweineausläufen wurden Neuland-Betriebe untersucht, da dieses Markenfleischprogramm schon seit Ende der 1980er Jahre Ausläufe verbindlich vorschreibt (www.neuland-fleisch.de). Es wurden 46 Betriebe der Neuland-Vertriebe Nord und Süd mit einem Fragebogen zum Auslaufmanagement angeschrieben. Von den 20 antwortenden Betrieben hielten 18 Mastschweine und 15 Sauen (9 im geschlossenen System). Auf zehn von diesen Betrieben wurden anhand der vorliegenden Aufzeichnungen nähere Informationen insbesondere zum Investitionsaufwand erhoben. Die Betriebe lagen alle in Niedersachsen. Zusätzlich wurden Stallbau- bzw. Bauunternehmen um Kostenvoranschläge für selbst erarbeitete Auslaufmodelle gebeten.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines KU-Vorhabens (Kalkulationsunterlagen) des KTBL, Darmstadt, durchgeführt. Ein weiterer Teil des Projektes waren Messungen zum Arbeitszeitbedarf, welche von der FAT Tänikon durchgeführt wurden (vgl. Riedel und Schick 2006).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Auslaufmanagement

Die mittlere Betriebsgröße der schriftlich befragten Neuland-Betriebe betrug 59,5 ha (19–115 ha). Die Betriebe hielten im Mittel 40 Sauen (18–80) bzw. 267 Mastschweine (12–600). Im Wartestall wurden durchschnittlich 8,6 Sauen gehalten (3–18), im Deckstall 6,4 Sauen (3–10), in den Mastställen 19,2 Tiere (8–37) je Bucht.

Mit Ausnahme der ferkelführenden Sauen hatten alle Schweine ständig zugängliche Ausläufe. Die Ausläufe hatten i. d. R. einen Zugang je Gruppe. Tabelle 1 zeigt die Auslaufmaße. Die Mindestwerte von Neuland (Sauen 1,5 m², Mastschweine 0,5 m²) wurden im Mittel überschritten. Die Einzäunung der Ausläufe bestand meistens aus Metallgittern oder aus Metallrohren in Kombination mit Mauern (Zaunhöhen in Tab. 1).

Tab. 1: Kenndaten der Ausläufe (Spanne in Klammern)
Tab. 1: Key features of outdoor runs (range in parentheses)

	Deckstall	Wartestall	Vormast	Hauptmast
Breite (m)	3,77 (3–5,3)	4,60 (3–8)	3,35 (2–6,9)	4,60 (3–8)
Tiefe (m)	4,59 (3–10)	5,00 (3–10)	3,5 (3–4,5)	5,00 (3–10)
Fläche/Tier (m²)	3,4 (1,5–4,4)	3,2 (1,6–4,4)	0,56 (0,35–1,17)	0,88 (0,42–4,0)
Breite Zugänge (m)	0,67 (0,55–1,0)	0,84 (0,55–2,5)	0,56 (0,35–0,8)	0,65 (0,45–1,7)
Höhe Zugänge (m)	1,09 (0,9–1,3)	1,20 (0,9–2,2)	0,93 (0,5–1,4)	1,01 (0,8–1,4)
Höhe Einzäunung (m)	1,24 (0,8–1,8)	1,25 (0,9–1,5)	1,17 (1,0–1,5)	1,21 (0,9–1,9)

Alle Ausläufe waren eingestreut, was auch von Neuland empfohlen wird. Hingegen waren es bei Biobetrieben nur ein Drittel der Ausläufe (LÖSER und DEERBERG 2004). Durchschnittlich wurde auf den befragten Betrieben im Auslauf etwa ein Kilogramm Stroh je Mastschwein und Tag eingestreut. Im Stall sei nach Angaben der Landwirte Nachstreuen nur selten nötig, da die Tiere die Ställe sehr sauber halten würden. Tränken waren in den meisten Fällen im Auslauf angeordnet. In etwa 3/4 der Fälle waren die Wasserleitungen frostfrei verlegt. Die Ausläufe wurden mobil entmistet (meistens mit Schlepper und Frontlader); auf den meisten Betrieben ein- oder zweimal in der Woche (Tab. 2). Die Querabtrennungen zwischen den Gruppen werden i. d. R. zur Seite geschwenkt (wodurch die Tiere in den Stall gesperrt werden) und dann der komplette Auslauf in der Längsachse entmistet.

Zwei Drittel der Ausläufe für Mastschweine waren überdacht (ca. 1/3 bei Sauen), von diesen wiederum zwei Drittel komplett (bei Neuland zulässig). Bei den Überdachungen handelte sich um Holzkonstruktionen, mit einer Eindeckung aus Trapezblechen, Eternitplatten oder Ziegeln. Zwei Drittel der Ausläufe für Sauen wiesen einen Windschutz auf, bei den Mastschweinen war es die Hälfte (i. d. R. Hecken, in einigen Fällen Mauern/andere Gebäude oder Windschutznetz). Fast alle Betriebe (bis auf einen) hatten eine Schutzvorrichtung vor dem Auslaufzugang (i. d. R. Plastikstreifenvorhang).

Die Ausläufe waren aus Beton (B 25), mit einer durchschnittlichen Dicke von etwa 15–17 cm (8–25 cm). Bei 75 % der Ausläufe für Sauen und 83 % für Mastschweine wurde eine Bewehrung angegeben (Baustahl). Einige Betriebe hatten einen Unterbau

aus Magerbeton oder einer Kiesschicht. Fast alle Betriebe hatten ein Gefälle im Auslauf (Ø 1,6 %, 1–5 %), i. d. R. mit einer Jaucherinne („Grüne Rinne“) an der Außenseite des Auslaufs verbunden. Fast immer wurde vorhandener Jauche- bzw. Güllelagerraum für das anfallende Regenwasser genutzt.

Tab. 2: Entmistungshäufigkeiten
Tab. 2: Frequencies of dunging out

	Mastschweine	Sauen
7 x Woche	-	7 %
3 x/Woche	11,8 %	-
2 x/Woche	35,3 %	29 %
1 x/Woche	41,2 %	57 %
3 x in 2 Wochen	11,8 %	-
alle 3 Wochen/nach Bedarf	5,9 %	7 %

3.2 Investitionsaufwand

Anhand der ALB-Richtpreise wurden Modellkalkulationen für verschiedene Stallgrößen kalkuliert (20 bzw. 50 Sauen, 100, 200, 400 Mastplätze). Es errechneten sich für den Bestand von 400 Mastplätzen durchschnittliche Kosten von 92 € je Mastplatz:

- 18.000 € für die Befestigung (400 Mastplätze x 1,0 m² = 400 m² x 45 €/m²)
- 4.320 € Jaucherinne aus Kunststoff (90 m x 48 €/lfm)
- 4.750 € für zusätzlichen Güllelagerraum
  (400 Mastplätze x 1,0 m² x 0,25 m³ = 100 m³ x 47,50 €/m³)
- 4.800 € für die Einzäunung aus Metall (120 m x 40 €/lfm)
- 5.000 € für die Teilüberdachung (ca. 2 m tief); verlängerte Dachsparren (ca. 45 m) mit Eindeckung (200 m²)
- 36.780 € Summe

Aufgrund von Kostenvoranschlägen von 3 Stallbaufirmen wurden folgende Gesamtkosten für die Ausläufe (Bodenbefestigung, Einzäunung, Tränken, keine Überdachung) kalkuliert für den 100er Mastschweinestall von Ø 188 € je Tierplatz, für den 400er Mastschweinestall von 128 € je Tierplatz, und für den 20er Sauenstall von ca. 408 €.

Der auf den Betrieben ermittelte Investitionsaufwand lag bei Ø ca. 60 € je Mastplatz für acht nachträgliche Anbauten von Ausläufen (Tab. 3) und für zwei Neubauten bei ca. 120 €. Bei 10 Jahren Abschreibung im Mittel für Bau und Technik ergeben sich daraus Jahreskosten von 6 € bzw. 12 € je Mastplatz und etwa der Hälfte je erzeugtem Mastschwein (bei 6 Monaten Mastdauer). Bei vier nachträglich erstellten Ausläufen für Sauen ergaben sich Kosten von Ø 208 € je Platz (Ø 29 Plätze, 115 € Material, 93 € Eigenleistung). Die Kosten liegen, insbesondere bei den nachträglich erstellten Ausläufen somit niedriger als die zuvor erwähnten Modellkalkulationen. Die Betriebe setzten in erheblichem Umfang Eigenleistung ein (ca. 1/3 des Gesamtaufwandes), insbesondere in Form von eigener Arbeit (die angegebenen Stunden wurden einheitlich mit 10 € je Stunde bewertet). So wurden z. B. die Erdarbeiten stets mit dem eigenen Schlepper durchgeführt, oft auch die Betonarbeiten (Zapfwellen angetriebene Betonmischer). Teilweise wurden auch die Trenngitter selbst erstellt.

Tab. 3: Investitionsaufwand für Mastschweineställe (nachträgliche Anbauten) (€ je Mastplatz)
Tab. 3: Investment costs for outdoor runs for growing-finishing pigs (€/place)

Stall	Mastplätze	Material	Eigenleistung	Gesamt
M1	25	69,41	46,00	115,41
M2	75	21,40	8,07	29,47
M3	200	19,99	9,45	29,44
M4	224			58,51
M5	200	49,67	26,55	76,22
M6	160	23,98	18,09	42,07
M7	270	41,58	8,89	50,47
M8	90	37,99	24,89	62,88
Ø	155,50	37,72	20,28	58,06

LÖSER und DEERBERG (2004) ermittelten auf 20 Biobetrieben durchschnittliche Investitionen für die Ausläufe von 82 € je Mastplatz (Investitionen im Stall 90 €). Acht Betriebe mit Sauenhaltung gaben Investitionen von 228 € je Sau für die Ausläufe an (Investitionen im Stall 362 €). Die genannten Summen wurden aber nicht näher aufgeschlüsselt. Aufgrund der Höhen ist davon auszugehen, dass die Betriebe Eigenleistung einsetzten. Die Werte liegen insgesamt im Rahmen der vorgenannten Angaben.

Bei einer näheren Untergliederung der Kosten nach der DIN 276 (Kosten im Hochbau) ergab sich für fünf der untersuchten Neuland-Mastställe, dass die Kosten für Überdachungen etwa in ähnlicher Höhe lagen wie jene für die Bodenausführung, diejenigen für Einzäunungen und Auslaufzugänge hingegen etwas niedriger. Für drei Mastschweineställe (2 Neubauten) betrugen die Kosten für die Ausläufe 25–33 % der Gesamtinvestitionen für den Stall.

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Neuland-Vertrieben für die Weitergabe der Adressen für die Befragung und bei allen Landwirten für die Mitwirkung! Dank gebührt auch dem KTBL für die Förderung.

Literatur

ALB (2006): Richtpreise für den Neu- und Umbau landwirtschaftlicher Wirtschaftsgebäude. Ausgabe 2006/2007. Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung, Landtechnik und Bauwesen in der Landwirtschaft Hessen e.V. (ALB), Kassel

Cagienard, A., G. Regula, J. Danuser (2005): The impact of different housing systems on health and welfare of grower and finisher pigs in Switzerland. Prev. Vet. Med. 68: 49–61

Fenneker, A. (2002): Tiergerechte Schweinehaltung unter ethischen, rechtlichen und ökonomischen Aspekten – untersucht anhand von Betrieben des ökologischen Landbaus und des Markenfleischprogramms Neuland. Diss. agr., Univ. Göttingen

Hörning, B. (2000): Grundlagen artgemäßer Schweinehaltung. In: HÖRNING, B. & Beratung Artgerechte Tierhaltung (BAT): Artgemäße Schweinehaltung - Grundlagen und Beispiele aus der Praxis. 4. Aufl. (Alternative Konzepte; 78), C.F. Müller, Karlsruhe (finn. und russ. Übersetzungen 1996): 23–144

Hörning, B.; Trei, G. (2006): Bewirtschaftung von Ausläufen (insbesondere für Rinder und Schweine). Unveröff. Abschlussbericht, KU-Projekt (Kalkulationsunterlagen) im Auftrag des KTBL, Darmstadt, Fachhochschule Eberswalde; pp. 78

Hörning, B.; Trei, G.; Riegel, M.; Schick, M.; Fritzsche, S.; Einschütz, K. (2007): Ausläufe in der Schweinehaltung – Planungsempfehlungen, Bewirtschaftung und Kosten. KTBL-Heft 68, KTBL, Darmstadt, ca. 60 S.

Löser, R.; Deerberg, F. (2004): Ökologische Schweineproduktion: Struktur, Entwicklung, Probleme, politischer Handlungsbedarf. Schlussbericht z.Hd. Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau, BLE, Bonn: pp. 221

Mayer, C. (1999): Stallklimatische, ethologische und klinische Untersuchungen zur Tiergerechtheit unterschiedlicher Haltungssysteme in der Schweinemast. (Schr.-R. FAT; 50) FAT, Tänikon, 173 p. (zgl. Diss. agr., Univ. Hohenheim)

Pflanz, W.; Beck, J.; Jungbluth, T.; Troxler, J.; Schrade, H. (2006): Bewertung innovativer Schweinemastverfahren im Rahmen einer Feldstudie. Landtechnik 61: 100–101

Rahmann, G.; Drengemann, S.; March, S.; Nieberg, H.; Fenneker, A.; Zurek, C. (2004): Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und der Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzes. Landbauforschung Völkenrode, Sh. 276

Riedel, A.; Schick, M. (2006): Arbeitszeitbedarf Bewirtschaftung von Ausläufen (insbesondere für Rinder und Schweine). Unveröff. Abschlussbericht, KU-Projekt (Kalkulationsunterlagen) im Auftrag des KTBL, Darmstadt, Agroscope FAT, Tänikon (Schweiz)

Schnider, R. (2002): Gesundheit von Mastschweinen in unterschiedlichen Haltungssystemen – Vergleich zwischen Vollspalten und Mehrflächensystemen mit Einstreu und Auslauf. Schr.-R. FAT; 55, FAT, Tänikon, p. 163 (zgl. Diss. Med.-Vet., Univ. Bern)

Einfluss verschiedener Haltungsverfahren auf das Ausscheidungsverhalten von Pferden unter besonderer Berücksichtigung der Auslaufkontamination

Influence of Different Husbandry Procedures on the Elimination Behaviour of Horses with Special Consideration of the Paddock Contamination

PETER KREIMEIER[1], KATJA MÜLLER[2], FRANZ-JOSEF BOCKISCH[1], JÜRGEN WALTER[2]

[1] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

[2] Hochschule Neubrandenburg, Agrarwirtschaft, Brodaer Str. 2, D-17033 Neubrandenburg

Schlüsselwörter: Pferd, Auslauf, Paddock, Ausscheidungsverhalten, Sickerwasser
Keywords: horse, paddock, elimination behaviour, leachate

Zusammenfassung

In der Untersuchung sollte geklärt werden, ob verschiedene Haltungssysteme das Ausscheidungsverhalten von Pferden beeinflussen. Daraus sollten Maßnahmen zur Vermeidung einer Kontamination von Boden und Sickerwasser abgeleitet werden. Verglichen wurden die Varianten Gruppen- und Zweiergruppenhaltung mit Auslauf, Einzeltierhaltung mit und ohne Auslauf.

Die Analyse der aufgefangenen Sickerwässer erlaubte derzeit keine Rückschlüsse auf das Haltungssystem. Eventuelle Auswirkungen des Haltungsverfahrens wurden von Niederschlagsereignissen, Trockenperioden und technischen Problemen überlagert.

Summary

In the investigation it should be checked whether different husbandry systems affect the elimination behaviour of horses. Out of it actions should be derived to avoide a contamination of soil surface and leachate. The variants group- and group of two-husbandry with close-by paddocks were compared with a single husbandry with and without paddock.

The analysis of the collected leachates did not permit conclusions on the husbandry system. Possible effects were overlaid by precipitation events, dry periods, structural problems etc.

1 Einleitung

Im landwirtschaftlichen Unternehmen mit Schwerpunkt Pensionspferdehaltung zeichnen sich einkommenssichernde sowie zukunftsträchtige Pferdehaltungssysteme durch das Angebot einer Auslaufhaltung aus. Untermauert wird die Forderung nach Auslaufhaltungsformen durch die „Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten“ des BMVEL von 1998.

2 Problem- und Zielstellung

Hinsichtlich der Haltung von Pferden in ganzjähriger Auslaufhaltung, die aus Sicht des Tierschutzes zu begrüßen ist, wurden aus Sicht des Umweltschutzes Bedenken geäußert. Die Unteren Wasserbehörden, die auf die Belange des Umweltschutzes achten, erwarten durch die ganzjährige Auslaufhaltung auf unbegrünten Flächen im Gegensatz zu Weiden hohe Schadstoffeinträge ins Sickerwasser und damit ins Grundwasser. Diesen Befürchtungen zufolge werden auf Grund fehlender Folgenabschätzungen bei anstehenden Baumaßnahmen mit Paddock- oder Auslaufanlagen weit reichende Auflagen erhoben oder deren Genehmigung verweigert.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es Aufschluss darüber zu geben, inwieweit unterschiedliche Haltungssysteme eine Beeinflussung auf das Ausscheidungsverhalten von Pferden nehmen und wie sich dies auf eine mögliche Kontamination von Sickerwasser auswirkt.

3 Material und Methoden

Die Voruntersuchung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut in der Versuchsanlage für Pferdehaltungssysteme (vgl. Abb. 1) durchgeführt. Zeitgleich wurden Einzelboxen-, Zweiergruppen- und Gruppenhaltung (sechs Pferde) jeweils mit Auslauf miteinander verglichen. Die zwölf Stuten im Alter von zwei bis drei Jahren wurden von Züchtern des Hannoveraner Verbandes zur Verfügung gestellt. Die Tiere blieben jeweils für vier Wochen in den verschiedenen Aufstallungsvarianten mit und ohne Auslauf, danach wurde im Cross-Over-Verfahren zwischen diesen Varianten gewechselt. Zur standardisierten Bewegung kamen die Pferde täglich eine Stunde in die Freilaufanlage.

In einer Hälfte des Stalles befinden sich sechs Einzelboxen, die andere Hälfte ist als Mehrraumauslaufhaltung für weitere sechs Pferde gestaltet. Über einen mit Verbundpflaster versehenen, überdachten Vorplatz haben die Tiere direkten Zugang zum Paddock. Jede Einzelbox ist mit einer Rohrnippeltränke, Kraftfuttertrog, Salzleckstein sowie einem Heudosierer versehen. Mit dem Heudosierer erhalten die Tiere zeitgesteuert in drei Portionen ihre Raufutterration. Die Paddocks vor den Einzelboxen lassen sich variabel kombinieren. Bei der Zweiergruppenhaltung stehen entsprechend zwei Tieren zwei Einzelboxen und ein gemeinsamer Doppelpaddock zur Verfügung. Am Ende der Paddocks ist eine Schwimmertränke angeordnet (je eine Tränke für zwei Tiere).



Abb. 1: Luftbild Versuchsanlage
Fig. 1: Aerial photograph of testing facility

In der Mehrraum-Auslaufhaltung sind die Funktionsbereiche Ruhen, Fressen und Aktivität strukturell definiert. Sie bestehen aus einem Raum zum Ruhen bzw. Liegen, sechs Fressständen und dem strukturierten Auslauf. Der überdachte Vorplatz stellt in diesem Fall einen zusätzlichen Funktionsbereich dar, in dem sich die Tiere gerne aufhalten. Der Auslauf wurde zusätzlich durch zwei Zäune unterteilt, um die Wegstrecken zu erhöhen und eine ruhige Fortbewegung zu fördern. Jeder der Fressstände ist mit einem zeitgesteuerten Heu- und Kraftfutterdosierer versehen.

Das im Auslaufbereich anfallende Niederschlagswasser wird aus dem Boden segmentweise abgeleitet und in separaten Sickerwasserbehältern aufgefangen (Paddockaufbau als Großraumlysimeter).

Tierverhalten

Während des gesamten Versuchs wurde das Verhalten in allen Bereichen per Videoaufzeichnung festgehalten. Je Versuchsvariante wurden die Aufzeichnungen von drei Tagen ausgewertet. Im Rahmen dieser Versuchsanstellung wurde insbesondere das räumliche Ausscheidungsverhalten bestimmt. Pro Tag wurden 23 Stunden im Continuous-Recording-Verfahren ausgewertet. In der restlichen Tageszeit von einer Stunde wurden die Pferde in der Freilaufanlage bewegt, Stallarbeiten wie das Befüllen der Vorratsbehälter, Misten der Boxen und Absammeln des Pferdekotes durchgeführt.

Futteraufnahme

Die Rau- und Kraftfuttervorlage erfolgte in allen Varianten automatisch und zeitgleich. Drei Mal täglich (7:00 Uhr, 13:00 Uhr, 18:30 Uhr) wurde jeweils 0,8 kg Hafer je Pferd mit einem Kraftfutterdosierautomaten gefüttert. Die Heufütterung wurde dreimal täglich zeitversetzt (5:00 Uhr, 14:00 Uhr, 20:00 Uhr) mit je zwei Stunden Fresszeit durchgeführt. Die Kontrolle der Raufutteraufnahme erfolgte stichprobenartig durch Abwiegen der Tagesration und Rückwaage am folgenden Tag. In der Einzelhaltung ließ sich die Futteraufnahme tierindividuell bestimmen, in der Gruppenhaltung wurde aus dem Gesamtverbrauch die durchschnittliche Futteraufnahme pro Tier berechnet.

Mistmengen

Entsprechend guter fachlicher Praxis wurde der Pferdemist täglich entfernt. Die Mistmengen (inkl. Sand und Strohanteile) wurden nach Funktionsbereichen differenziert gewogen und dokumentiert.

Klimadaten
Relative Luftfeuchte und Temperatur wurden mittels Tinytags in Auslauf und Stall aufgezeichnet. Zusätzlich wurden die Tagesdaten des auf dem FAL-Gelände ansässigen Deutschen Wetterdienstes (Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer) ausgewertet.

Sickerwasser
Die umfangreichen Analysen wurden freundlicherweise vom Institut für Agrarökologie der FAL durchgeführt. Ammonium (NH_4), Nitrat (NO_3) und Phosphat (PO_4) werden fotometrisch mit dem „Segmented Flow Analyzer" bestimmt. Kalium (K) und Magnesium (Mg) werden mit dem Atomabsorptionsspektrometer mittels Flammentechnik gemessen.

Die Probennahme erfolgte direkt am Einlauf der Auffangbehälter (sechs Kompartimente: Auffangbehälter 1D bis 6D). Die ursprünglich geplante regelmäßige Probennahme musste aufgrund der Witterungsbedingungen variiert werden.

4 Versuchsdesign und –durchführung

Die Hannoveranerstuten wurden Ende Mai 2006 in der Versuchsanlage aufgestallt. In den ersten vier Wochen wurden sie an die neue Haltungsumgebung und das Stallpersonal gewöhnt. Auch das Führen am Halfter sowie das Laufen in der Freilaufanlage mussten die Pferde erst erlernen.

Ende Juni 2006 war Versuchsbeginn. Begonnen wurde die Untersuchung mit sechs Stuten in Zweierhaltung mit Auslauf (Variante I) sowie mit sechs Stuten in Gruppenhaltung (Variante IV, Referenzgruppe für die Diplomarbeit, erste Versuchsphase). Nach vier Wochen wurden die sechs Stuten der Zweierhaltung aufgeteilt. Je drei Stuten wurden nun für weitere vier Wochen in Einzelhaltung mit Auslauf (Variante II) und Einzelhaltung ohne Auslauf (Variante III) gehalten. Anschließend wurde zwischen diesen beiden Varianten gewechselt. Die praktischen Untersuchungen im Rahmen der Diplomarbeit endeten Mitte September. In der folgenden 2. Versuchsphase wurde mit der Gruppenhaltung getauscht und alle Varianten wiederholt (Cross-over).

5 Ausgewählte Ergebnisse der 1. Versuchsphase

Die Videoauswertung des räumlichen Ausscheidungsverhaltens zeigte, dass in der Zweierhaltung (Var. I) Abkotungen von 76 % im direkt am Stall anschließenden Auslauf zu beobachten waren, gefolgt von 13 % der Abkotungen in der Box und 7 % auf dem gepflasterten Bereich. Die Harnvorgänge wurden mit ca. 85 % in der eingestreuten Box und mit 13 % im ersten Drittel des Auslaufs festgestellt. Die Auswertung der Einzelhaltung mit Auslauf (Var. II) ergab betreffend der Harnvorgänge 90 % in der Box und 10 % im ersten Drittel des Auslaufs. Diese Ergebnisse decken sich mit einer im Jahre 2004 durchgeführten Untersuchung (vgl. KREIMEIER 2006). Das Harnen außerhalb des Stalles war häufig in Kombination mit der Rosse der Stuten zu beobachten, wenn diese Kontakt zu ihren Zaunnachbarinnen aufnahmen.

Die Raufutteraufnahme betrug durchschnittlich in der Zweierhaltung 9,0 kg, in der Einzelhaltung 8,7 kg und in der Gruppenhaltung 8,2 kg je Pferd und Tag.

Nach den durch den Deutschen Wetterdienst gemessenen Niederschlägen und der für leichten Sandboden errechneten Verdunstung, die hier als Referenz für den Paddockboden herangezogen wurde, ist in jedem Versuchsabschnitt eine negative Wasserbilanz zu verzeichnen, wobei diese bezogen auf den jeweiligen vierwöchigen Versuchszeitraum stark schwankt. Rein rechnerisch fiel für den Zeitraum, in der die Zweierhaltung sowie die Gruppenhaltung untersucht wurden, eine negative Bilanz von 142 l pro m² an. Während der Versuchsvarianten Einzelhaltung I bzw. II verringerte sich die negative Wasserbilanz auf 44 l bzw. 23 l pro m².

Auf Grund der andauernden Trockenheit im Versuchszeitraum der Variante I und II war zeitweise kein ausreichender Abfluss von Sickerwasser aus den Segmenten gegeben. Hieraus resultiert teils auch die große Variationsbreite der einzelnen Analyseergebnisse. In den Abbildungen 2 und 3 werden von drei aufeinander folgenden Tagen Probennahmen in der jeweils dritten Versuchswoche dargestellt.

Die Angabe der Niederschlagsmenge bezog sich auf die jeweils vorangegangenen drei Versuchswochen. Unter Berücksichtigung der Wasserbilanz, die über alle Varianten negativ verlief, d.h. die Verdunstung war höher als die Summe der Niederschläge, ist zu beobachten, dass tendenziell eine Erhöhung der Analysewerte einhergeht mit einer niedrigeren Verdunstung.

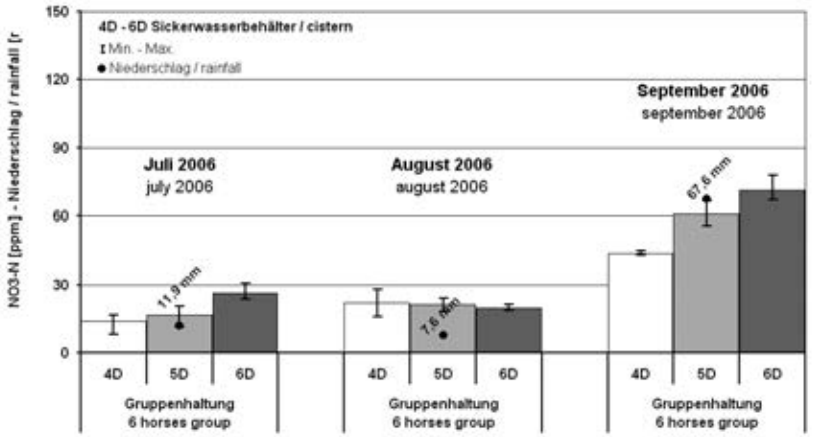


Abb. 2: Sickerwasserbelastung mit Nitrat-N in der Zweier- und Einzelhaltung mit Auslauf
Fig. 2: Leachate load with nitrate-N in the 2 horses group and single husbandry with close-by paddock

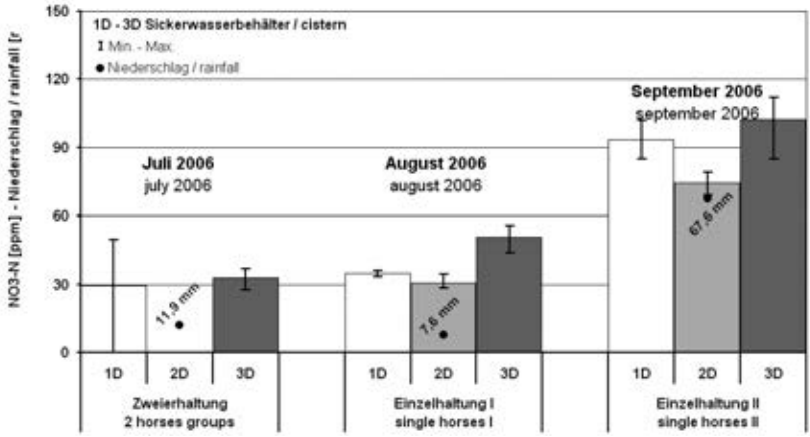


Abb. 3: Sickerwasserbelastung mit Nitrat-N in der Gruppenhaltung
Fig. 3: Leachate load with nitrate-N in the group husbandry

6 Schlussfolgerungen

Die bisherigen Ergebnisse lassen bedingt durch fehlende Wiederholungen keine abschließenden Schlussfolgerungen zu. Eventuelle mögliche Einflüsse durch das Haltungsverfahren wurden durch die extremen Witterungseinflüsse sowie technische Probleme überlagert. Dies wurde gerade im Vergleich zwischen der Zweierhaltung und der Einzelboxenhaltung deutlich, wo die Analysenwerte der Zweierhaltung niedriger ausfallen, obwohl der Auslauf von zwei Pferden genutzt wurde. Das Ausscheidungsverhalten der Tiere wurde durch das Angebot verschiedener Funktionsbereiche, insbesondere dem Fressbereich in der Mehrraum-Auslaufhaltung deutlich beeinflusst. Dieser Effekt spiegelte sich jedoch bislang nicht in den Analyseergebnissen wider.

Einer möglichen Kontamination des Sickerwassers kann durch einfache bauliche Maßnahmen in diesen Bereichen begegnet werden.

Literatur

Kreimeier, P. (2006): Bodengestaltung im Auslaufbereich, Landtechnik 61, S. 44–45

Messungen der Bewegungsaktivität und Stressbelastung bei Pferden zur Beurteilung verschiedener Haltungssysteme

Measurements of the Movement Activity and Stress Exposure of Horses for the Evaluation of Different Husbandry Systems

GUNDULA HOFFMANN[1], FRANZ-JOSEF BOCKISCH[1], PETER KREIMEIER[1], ULRICH BREHME[2]

[1] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

[2] Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam-Bornim

Schlüsselwörter: Pferdehaltung, Bewegungsaktivität, Herzfrequenzvariabilität, Verhalten
Keywords: horse husbandry, movement activity, heart rate variability, behaviour

Zusammenfassung

Bei der Beurteilung von Pferdehaltungssystemen spielt das Wohlbefinden und das Verhalten der Pferde eine große Rolle.

In einem Versuch wurde bei Pferden ein Einzel- und Gruppenauslaufhaltungssystem untersucht, wobei verschiedene Bewegungsangebote miteinander verglichen wurden. Die Stressbelastung, ermittelt aus Messungen der Herzfrequenzvariabilität und des fäkalen Gehaltes an Cortisolmetaboliten, war geringer in den Varianten mit zusätzlichen Bewegungsangeboten.

Anhand von Videoaufzeichnungen und mit ALT-Pedometern wurde zudem die Bewegungsaktivität der Pferde bestimmt. Die Bewegungsdauer pro Pferd und Tag lag zwischen 62 und 248 Minuten.

Summary

During the evaluation of horse husbandry systems the well-being and the behaviour of the horses play an important role.

In an investigation horses kept in single- and group-husbandry systems with close-by paddock were examined, whereby different movement offers were compared to one another. The value of the stress exposure determined by measuring the heart rate variability and the concentration of the cortisol metabolites in the excrements was smaller compared to the variants with additional movement offers.

Additionally the movement activity of the horses was examined based on video recordings and ALT-pedometer measurements. The movement duration per horse was 62 to 248 minutes a day.

1 Einleitung

Eine sinnvolle Beurteilung eines Haltungssystems sollte stets unter Berücksichtigung des Tierverhaltens geschehen, da sich Wohlbefinden und Gesundheit auf die Leistung eines Tieres auswirken können.

Als Ergänzung der Verhaltensbeobachtung gibt es mittlerweile nicht invasive Methoden zur Erfassung physiologischer Parameter. Zur Quantifizierung der Stressbelastung kommen schon sehr häufig die Messung der Herzfrequenzvariabilität und die Bestimmung der Cortisolmetaboliten in tierischen Ausscheidungsprodukten zum Einsatz.

Im Bereich der Pferdehaltung ist aber auch die tägliche Bewegung von Bedeutung, um Erkrankungen des Bewegungsapparates und Verhaltensstörungen vorzubeugen. Die Bewegungsaktivität kann bei Pferden beispielsweise mit Pedometern erfasst werden, welche am Pferdebein befestigt die Aktivität des Tieres aufzeichnen.

Haltungssysteme für Pferde sind mittlerweile in sehr vielen Ausführungen vorhanden, wobei man grundsätzlich unterscheiden kann zwischen Einzel- und Gruppenhaltungen sowie zwischen Ställen mit und ohne angrenzendem Auslauf.

Die am häufigsten anzutreffende Pferdehaltungsform ist heute noch die Unterbringung in Einzelboxen. Diese bieten den Tieren jedoch nur einen eingeschränkten Sozialkontakt zu Artgenossen, eine geringe Rückzugsmöglichkeit und wenig Wahlmöglichkeiten in Bezug auf den Aufenthaltsort. Die freie Bewegung ist eingeschränkt und Beschäftigung bieten nur Futter und Einstreu (Bachmann 1998). Pferdegerechter ist hingegen die Gruppenauslaufhaltung, da diese Haltungsform dem grundlegenden Wandel der Pferdenutzung vom regelmäßig genutzten Arbeitstier zum meist nur noch unregelmäßig beanspruchten Freizeitbegleiter am konsequentesten Rechnung trägt (Piotrowski und Kreimeier 1998).

Unter welchen Bedingungen die Haltung von Pferden in Auslaufhaltungen allerdings dem Bewegungsbedürfnis der Pferde gerecht wird, ist noch nicht ausreichend untersucht.

2 Zielsetzung

In der Untersuchung wurde erfasst, wie sich verschiedene Bewegungsangebote auf die Bewegungsaktivität und die Stressbelastung von Pferden in Auslaufhaltungen auswirken. Die Ermittlung der Parameter erfolgte in einer Einzel- und einer Gruppenhaltung, wobei die Gruppenhaltung durch drei unterschiedliche Zusatzbewegungsangebote (Weide, unbegrünter Auslauf, Freilauf-Führanlage) ergänzt wurde.

Folgende Fragestellungen wurden in der vorliegenden Untersuchung bearbeitet:

- Kann das Bewegungsbedürfnis von Pferden in einer Auslaufhaltung im jeweiligen Haltungssystem gedeckt werden?
- Welches zusätzliche Bewegungsangebot kann zu einer Steigerung der Bewegungsaktivität führen?
- Welche Auswirkungen haben Bewegungsform bzw. -intensität auf das Wohlbefinden der Tiere?

3 Material und Methoden

3.1 Tiere und Haltungsbedingungen

Die Untersuchungen wurden insgesamt mit 24 Hannoveraner-Stuten im Alter von zwei bis drei Jahren durchgeführt. Vier Pferdegruppen zu je 6 Tieren wurden in einem Versuchszeitraum von 13 Monaten beobachtet.

Es fanden Untersuchungen in einem Einzel- und Gruppenhaltungssystem für jeweils sechs Pferde statt. Die Unterbringung der Pferde erfolgte in dem Versuchsstall des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig. Bei der Gruppenhaltung handelt es sich um eine Mehrraum-Auslaufhaltung mit den Funktionsbereichen Stroh-Ruhebereich, überdachter Vorplatz, sechs Einzelfressstände und angrenzendem 270 m² großen Sandpaddock mit freiem Zugang. In demselben Stall befinden sich sechs Einzelboxen mit angrenzendem Sandpaddock (jeweils 45 m²/Pferd), wobei der Sandpaddock ebenfalls frei zugänglich ist. In beiden Haltungssystemen stehen den Pferden insgesamt je 66 m² zur freien Verfügung. In der Gruppenauslaufhaltung kommen durch die Fressstände pro Pferd noch 3,5 m² hinzu.

Die Versuchsrahmenbedingungen waren zudem durch ein computergesteuerte Futterbereitstellung und eine Beschränkung der Stallarbeiten auf den Vormittag standardisiert.

3.2 Untersuchungsmethoden und Auswertung

Die Bewegungsaktivität der Pferde und ihr Stressverhalten wurden in einer Gruppenauslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot bestimmt. Diese Haltungsform wurde verglichen mit Gruppenhaltungsvarianten, in denen den Pferden zusätzliche Bewegungsmöglichkeiten angeboten wurden und mit einer Einzelauslaufhaltung ohne zusätzliches Bewegungsangebot.

Bei den zusätzlichen Bewegungsangeboten handelte es sich um die tägliche Bewegung auf einer 0,5 ha großen Weide oder auf einem 0,25 ha großen unbegrünten Auslauf (jeweils zwei Stunden pro Tag) oder um die einstündige Bewegung in einer Freilauf-Führanlage. Die einzelnen Varianten wurden mit allen vier Pferdegruppen nacheinander durchgeführt und erstreckten sich über jeweils zwei Wochen, denen stets eine einwöchige Eingewöhnungszeit vorausging.

Zur Ermittlung der Bewegungsaktivität wurden Pedometer (eine Art Schrittzähler) an jeweils einem Hinterbein der Pferde befestigt. Anhand der Pedometerdaten ließ sich ablesen, wie viel Zeit das jeweilige Pferd pro Tag in Bewegung und im Liegen verbracht hat. Es handelt sich um ALT-Pedometer, wobei ALT die Abkürzung für Aktivität, Liegezeit und Temperatur ist. Die Messgröße sind Bewegungsimpulse am Hinterbein eines Pferdes, wobei pro Sekunde maximal zwei Impulse registriert werden. Anhand dieser Voreinstellungen ist eine Umrechnung der Bewegungsaktivität in Minuten pro Tag möglich.

Um Informationen über die Stressbelastung der Tiere zu gewinnen wurde die Herzfrequenzvariabilität (HRV) gemessen und die Konzentration der Cortisolmetaboliten im Kot der Pferde bestimmt. Die Messung der HRV erfolgte in den späten Abendstunden während der Liegephasen der Pferde, um den Einfluss von Störfaktoren weitestgehend gering zu halten. Pro Pferd und Variante wurden insgesamt zehn Messungen über jeweils zwei

bis drei Stunden mit Herzfrequenzmessgeräten der Firma Polar (Polar Equine Transmitter und Polar S810) durchgeführt. Pro Messung wurde ein 5-Minuten-Intervall bestimmt und mit der Software HRV Analysis, Version 1.1 hinsichtlich der stressrelevanten Frequenzbereiche untersucht und die Herzfrequenzvariabilität bestimmt.

Zur Bestimmung der Kortisolmetaboliten wurden pro Pferd und Variante vier Kotproben gesammelt und im Labor analysiert. Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit der Statistik-Software SPSS, Version 15.0.1.

4 Ergebnisse

Die Erfassung der Bewegungsaktivität ergab, dass die Bewegung pro Pferd und Tag in einem Bereich zwischen 62 und 248 Minuten lag. Dabei zeigten die Pferde in der Einzelauslaufhaltung (ohne zusätzliche Bewegung) mit durchschnittlich 102 Minuten Bewegung pro Tag die geringste Aktivität. Eine Steigerung der Bewegungsdauer wurde durch die Gruppenhaltungsvariante ohne zusätzliches Bewegungsangebot erzielt. Auch während dieser Variante verließen die Pferde das Haltungssystem nicht und bewegten sich im Schnitt 125 Minuten pro Tag. Die zusätzliche Bewegung auf einem unbegrünten Auslauf führte nur zu einem leichten Anstieg der Bewegungszeit auf 132 Minuten pro Tag. Ein zusätzliches Bewegungsangebot in Form von zweistündigem Weideaufenthalt ergab hingegen eine durchschnittliche Bewegungsaktivität von 150 Minuten pro Tag und durch die einstündige Bewegung in einer Freilauf-Führanlage konnte die durchschnittliche Bewegungszeit pro Pferd und Tag auf 175 Minuten gesteigert werden.

Bei der vierten Pferdegruppe fand über drei Wochen eine zusätzliche Variante statt, in der den Pferden in der Gruppenauslaufhaltung die doppelte Paddockgröße als frei zugängliche Fläche am Stall zur Verfügung stand. Die mit den Pedometern ermittelte Dauer der Bewegung betrug hierbei durchschnittlich 114 Minuten pro Tag. Diese Zeit lag nur eine Minute über der durchschnittlichen Bewegungszeit dieser Pferdegruppe in der Variante der alleinigen Gruppenauslaufhaltung ohne zusätzliche Bewegung (Hoffmann et al. 2006).

Hinsichtlich der Stressbelastung der Pferde hat die Auswertung der Herzfrequenzvariabilität (HRV) gezeigt, dass sich die 24 Versuchspferde zwei verschiedenen Ergebnismustern zuordnen lassen (Abb. 1). Bei 46 % der Pferde (n = 11) war die Stressbelastung in der Gruppenhaltung ohne Bewegungsangebot (Var. I) größer als in der Variante mit unbegrüntem Auslauf (Var. II) und am geringsten während der Variante mit Bewegung auf einer Weide (Var. III). Dargestellt ist dies anhand des High-frequency-Bereichs, ein Parameter der bei der Analyse der HRV der parasympathischen (entspannungsbezogenen) Aktivität des Nervensystems zugeordnet wird. Bei zunehmender Stressbelastung sinkt dieser Wert. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten sind dabei signifikant ($p < 0,05$) mit Ausnahme der beiden Bewegungsangebote unbegrünter Auslauf und Weide (Var. II und III).

Bei den übrigen Pferden (n = 13, 54 %) war die Stressbelastung in der Variante der Gruppenhaltung mit Bewegung auf unbegrüntem Auslauf (Var. II) größer als in den Varianten ohne Bewegungsangebot (Var. I) und Bewegung auf der Weide (Var. III). Dabei handelt

es sich um eine signifikante Differenz ($p < 0,05$) der Variante „unbegrünter Auslauf" gegenüber den beiden anderen Varianten, jedoch besteht keine Signifikanz hinsichtlich des HF-Bereiches zwischen der Gruppenhaltung ohne zusätzlichem Bewegungsangebot und Bewegung auf einer Weide (Var. I und III).

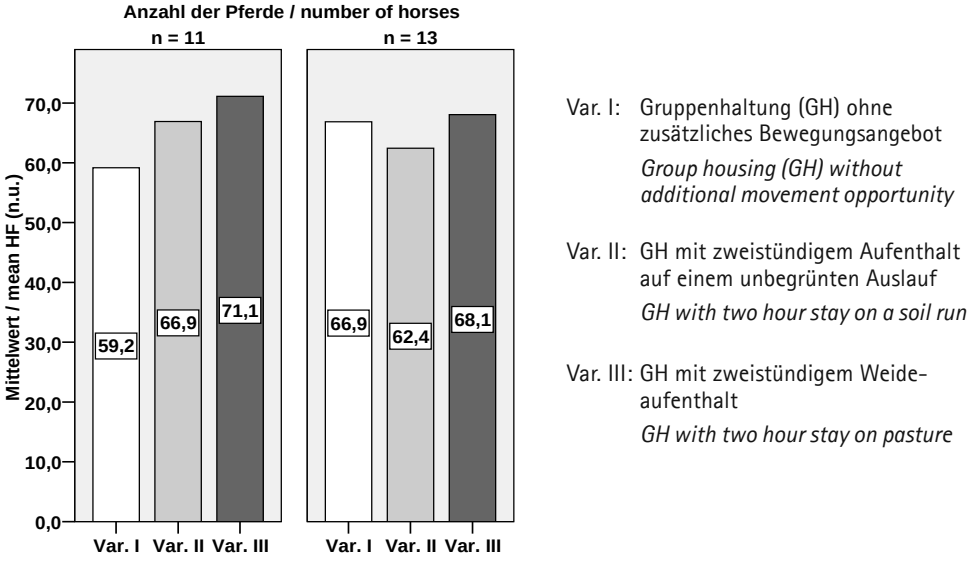


Abb. 1: HF-Power von 24 Pferden bei unterschiedlichen Bewegungsangeboten
Fig. 1: HF-Power of 24 horses with different movement opportunities

Beim Vergleich der Varianten Einzelhaltung und Gruppenhaltung jeweils ohne zusätzliches Bewegungsangebot zeigte der Großteil der Pferde (70 %) eine höhere Stressbelastung in der Einzelhaltung als in der Gruppenhaltung und bei 30 % der Pferde war es genau umgekehrt. Innerhalb dieser 30 %, die in der Gruppenhaltung gestresster reagierten, fanden sich vor allem die rangniedrigen Pferde und zwei der ranghohen Pferde wieder.

Ähnlich verhielt es sich bei der Betrachtung der beiden zusätzlichen Bewegungsangebote Weide und Führanlage. Im Vergleich zu den übrigen Versuchsvarianten hatten die Pferde bei diesen beiden Möglichkeiten der Zusatzbewegung die geringste Stressbelastung. 67 % der Pferde zeigte bei der Auswertung der Herzfrequenzvariabilität (High-frequency-Bereich) eine größere Abnahme der Stressbelastung während der Weide-Variante im Vergleich zur Freilauf-Führanlage. Bei den übrigen 33 % der Pferde war die Stressbelastung während der Variante mit einstündiger Bewegung in der Führanlage insgesamt am geringsten.

Die Auswertung der Cortisolmetaboliten-Konzentration unterstreicht die hier dargestellten Ergebnisse.

5 Schlussfolgerungen

Die Pferde in der Gruppenauslaufhaltung haben sich insgesamt mehr bewegt als in der Einzelauslaufhaltung, aber mit einer maximalen Bewegungsdauer von 248 Minuten pro Tag war der tägliche Anteil an Bewegung sehr viel geringer als beispielsweise bei Pferden in freier Wildbahn oder ganzjähriger Weidehaltung. Um eine Steigerung der Bewegungsaktivität zu erlangen, ist ein weiterer Anreiz für die Pferde zur Bewegung notwendig. Die Haltung von Pferden in Mehrraum-Gruppenauslaufhaltungen bietet zwar eine gewisse Anregung zur Bewegung ist aber mit dem natürlichen Bewegungsverhalten von Pferden nicht vergleichbar und deckt nicht ihren täglichen Bewegungsbedarf, wenn keine zusätzliche Bewegung angeboten wird.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung haben gezeigt, dass zusätzliche Bewegungsangebote in Form von unbegrüntem Auslauf, Führanlage und Weide die tägliche Bewegungsdauer steigern, wohingegen eine Vergrößerung des an den Stall angrenzenden Sandpaddocks keinen Effekt auf das Bewegungsverhalten der Pferde hat.

Hinsichtlich der Stressbelastung gab es unterschiedliche Einflüsse der zusätzlichen Bewegung, da auch die Rangordnung einen Einfluss auf das Wohlbefinden der Pferde hat. So hat bei den meisten Pferden die Haltung in einer Mehrraum-Auslaufhaltung im Vergleich zu einer Einzelauslaufhaltung die Stressbelastung verringert, jedoch haben 30 % der Pferde in der Gruppenhaltung mit einer zunehmenden Stressbelastung reagiert. Insgesamt hat eine zusätzliche Bewegung in Form von Weideauslauf oder Freilauf-Führanlage bei allen Pferden zu einer Abnahme der Stressbelastung geführt.

Literatur

Bachmann, I. (1998): So wohnen unsere Pferde. In: Pferde in der Steppe und im Stall, Zoologisches Museum der Universität Zürich (Hrsg.), Zürich, S. 50–56

Hoffmann, G.; Bockisch, F.-J.; Kreimeier, P.; Brehme, U. (2006): Einfluss verschiedener Bewegungs- und Platzangebote auf das Bewegungsverhalten bei Pferden. In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2006, KTBL-Schrift 448, KTBL-Schriften–Vertrieb im Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, S. 157–164

Piotrowski, J.; Kreimeier, P. (1998): Pferde-Auslaufhaltung. Bauen für die Landwirtschaft (Band 1), S. 8–12

Evaluierung der Einflussfaktoren auf die Generierung von Ammoniak in unterschiedlichen Einstreusubstraten für die Pferdehaltung

Evaluation of Influence Factors on the Generation of Ammonia in Different Bedding Substrates for Horse Keeping

KATHRIN FLEMING, ENGEL F. HESSEL, HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, D-49377 Vechta

Schlüsselwörter: Pferdehaltung, Einstreu, Ammoniak
Keywords: horse keeping, litter, ammonia

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, unterschiedliche Einstreumaterialien (Weizenstroh, Späne, Hanfschäben, Leinenschäben, Strohpellets und Papierschnitzel) hinsichtlich ihrer Eignung als Pferdestalleinstreu unter standardisierten Bedingungen in einem Technikumsversuch zu analysieren und miteinander zu vergleichen. In einer Gasanalyse wurde den Materialien über einen Dauer von jeweils 14 Tagen täglich eine bestimmte Menge an Pferdekot- und -uringemisch zugeführt. Das C/N-Verhältnis wurde dabei als konstante Größe festgesetzt. Es galt herauszufinden, welche Einstreuvarianten sich am besten für eine Reduzierung der Ammoniakkonzentrationen eignen könnten. Die NH_3-Konzentrationen waren bei den Strohpellets signifikant geringer als bei den restlichen Materialien.

Summary

Aim of the study was to analyse and compare different bedding materials (wheat straw, wood shavings, hemp, linen, straw pellets and paper cuttings) for horse keeping under standardised conditions. Over a period of 14 days, a defined portion of horse slurry was added daily to each material. Thereby the C/N ratio was determined as a fix factor. The main question was to find out, which bedding material could have the ability to improve the air quality in horse stables and to reduce ammonia emissions. The results showed that the NH_3 concentrations from straw pellets were significantly lower than the concentrations of the other materials. All in all the straw pellets seem to be suitable for horse keeping to support an optimal stable climate.

1 Einleitung und Zielsetzung

Für die Gesundheit des Pferdes spielt die Qualität der Stallluft, die im Wesentlichen durch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Gas- und Staubgehalt und die Intensität der Luftbewegung im Stall charakterisiert wird, eine wichtige Rolle, da der Atmungsapparat der Pferde besonders empfindlich auf Staub und Schadgase reagiert (Holcombe et al. 2001, Malikides und Hodgson 2003). Derzeit leben mehr als eine Million Pferde in Deutschland. Es wird angenommen, dass der größte Anteil, sowohl im Sport- als auch im Zucht- und Freizeitbereich, in Einzel-Innenboxen gehalten wird (Korries 2003, Petersen et al. 2004). Vor allem diese Haltungsform wird, bedingt durch suboptimale Luftverhältnisse, für viele Atemwegserkrankungen bei Pferden verantwortlich gemacht (Gerber et al. 2003).

Neben weiteren Faktoren hat die Einstreuart, durch materialspezifische Unterschiede hinsichtlich Schwebstaubentwicklung im Stall, Feuchtigkeitsaufnahme und Ammoniakbindung, einen großen Einfluss auf die klimatischen Haltungsbedingungen (Banhazi et al. 2000, Dunlea und Dodd 1999, Woods et al. 1993).

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, unterschiedliche Einstreumaterialien hinsichtlich ihrer Eignung als Pferdestalleinstreu unter standardisierten Bedingungen in einem Technikumsversuch zu analysieren und miteinander zu vergleichen. Es galt herauszufinden, welche Einstreuvarianten sich am besten für eine Reduzierung der Ammoniakkonzentrationen eignen könnten.

2 Material und Methode

Für die Untersuchungen wurden folgende Einstreumaterialien ausgewählt: Weizenstroh (ungehäckselt, Halmlänge ca. 20–30 cm), entstaubte Holzspäne, Hanf (Schäben), Leinen (Schäben), Strohpellets (aus Weizenstroh), Papierschnitzel (unbedrucktes Zeitungspapier, 1 cm x 6 cm). Zu Beginn der Untersuchungen wurde der C-Gehalt, der N-Gehalt, das C/N-Verhältnis, das Wasseraufnahmevermögen (Tab. 1), die Partikelgrößen und die Pilz- und Bakteriengehalte sowie die Gesamtkeimzahl der Ausgangsmaterialien bestimmt.

Die Materialen wurden hinsichtlich Ammoniakbindungspotenzial analysiert. Für die Gasanalyse wurden zwölf runde Kunststoffbehälter (500 l) in einem geschlossenen klimatisierten Versuchsraum aufgebaut. Die Behälter waren jeweils mit einem Deckel ausgestattet, jedoch nicht luftdicht verschlossen. In je zwei Behälter wurde das gleiche Einstreumaterial gefüllt, wobei die Füllmenge sich nach dem C-Gehalt (1 500 g/Behälter) des Materials richtete. Der Einstreu wurde über einen Zeitraum von zwei Wochen jeweils täglich eine bestimmte Menge Pferdekot/-uringemisch (220 g) zugeführt. Der Pferdekot und -urin wurde vor jedem Versuchsdurchgang an einem Tag gesammelt, vermischt und gekühlt gelagert. Der N- und C-Gehalt des Kot/Uringemisches wurde jeweils analysiert. Der mittlere N-Gehalt betrug 0,48 % ± 0,2 %. Die mittlere N- Gabe über alle Durchgänge betrug 1,1 g/Tag ± 0,4 g.

Tab. 1: Trockensubstanz (TS), Gesamtkohlenstoffkonzentration- (C), Gesamtstickstoffkonzentration (N) [%], C/N-Verhältnis sowie das Wasserbindungsvermögen [%] der Einstreumaterialien
Tab. 1: Dry matter, total carbon concentration (C), total nitrogen concentration (N) [%], C/N ratio and the water binding capacities [%] of all bedding materials

Einstreu *bedding*	TS *dry matter* [%] n = 2	Ges. – N *total N* [%] n = 2	Ges. – C *total C* [%] n = 2	C/N–Verh. *C/N ratio*	Wasserbindung *water binding* [%] n = 5
Weizenstroh *wheat straw*	87,18 ± 0,00	0,65 ± 0,00	40,69 ± 0,00	62,6/1	320,8 ± 12,4
Holzspäne *wood shavings*	89,75 ± 0,04	0,14 ± 0,04	45,32 ± 0,06	323,7/1	315,9 ± 18,5
Hanfstreu *hemp bedding*	89,98 ± 0,04	0,60 ± 0,01	43,51 ± 0,01	72,5/1	330,3 ± 10,9
Leinenstreu *linen bedding*	87,92 ± 0,01	0,33 ± 0,07	44,31 ± 0,01	134,3/1	356,2 ± 8,9
Strohpellets *straw pellets*	89,08 ± 0,05	0,70 ± 0,00	42,04 ± 0,03	60,1/1	419,1 ± 2,9
Papierschnitzel *paper cuttings*	92,70 ± 0,02	0,35 ± 0,01	45,30 ± 0,03	129,4/1	392,3 ± 17,2

Mit Hilfe des Multigasmonitors 1312 und des Multiplexers 1309 der Firma INNOVA (Dänemark) wurden die Konzentrationen von NH_3, CO_2, N_2O und H_2O quasi-kontinuierlich in den Behältern gemessen. Es wurde in jedem Behälter ein Messwert pro 110 Minuten ermittelt. Daraus ergab sich für jedes Einstreumaterial ca. ein Messwert pro Stunde. Außerdem waren in jedem Behälter drei Temperaturfühler (Therm 5500-3, Fa. Ahlborn) installiert. Die Temperatur wurde jeweils unten, an zwei Stellen im Material und oben, ca. 50 cm über dem Material, gemessen. Es wurden sechs Wiederholungen à 14 Tage durchgeführt.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programms SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Mit der Prozedur GLM wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Für die Auswertung wurden zunächst jeweils Tagesmittelwerte der Gasdaten ermittelt. Da diese Tagesmittelwerte voneinander abhängig waren, musste die Anweisung REPEATED angewandt werden.

Des Weiteren wurde das Verfahren der schrittweise linearen Regression angewendet, da mehr als zwei unabhängige Faktoren die abhängigen Größen NH_3, CO2, N_2O und H_2O beeinflussten. Während der Prozedur REG wurden die relevanten Faktoren nacheinander geprüft, bis die statistische Signifikanz ($p \leq 0,1$) und Zuwachs des Bestimmtheitsmaßes (R^2) erfüllt waren. Folgende Faktoren wurden geprüft: Temperatur im Substrat ($T_{Substrat}$), Temperatur in Kunststoffbehälter (T_{Tonne}), Raumtemperatur (T_{Raum}), Gesamt N-Gehalt im Behälter (GesN), Gesamt C-Gehalt im Behälter (GesC), C/N-Verhältnis im Behälter (C/N), Versuchstag (Tag).

3 Ergebnisse und Diskussion

Einen signifikanten Einfluss auf die NH_3-Bildung hatte zum einen das Material, zum anderen der Durchgang. Es wurden durchschnittliche Ammoniakkonzentrationen von 102,1 mg/m³ bei Stroh, von 89,2 mg/m³ bei Späne, von 84,8 mg/m³ bei Hanf, von 79 mg/m³ bei Leinen, von 34,9 mg/m³ bei Strohpellets und von 91,5 mg/m³ bei Papierschnitzeln festgestellt. Die Werte variierten jedoch im Verlauf eines Durchgangs von 14 Tagen deutlich.

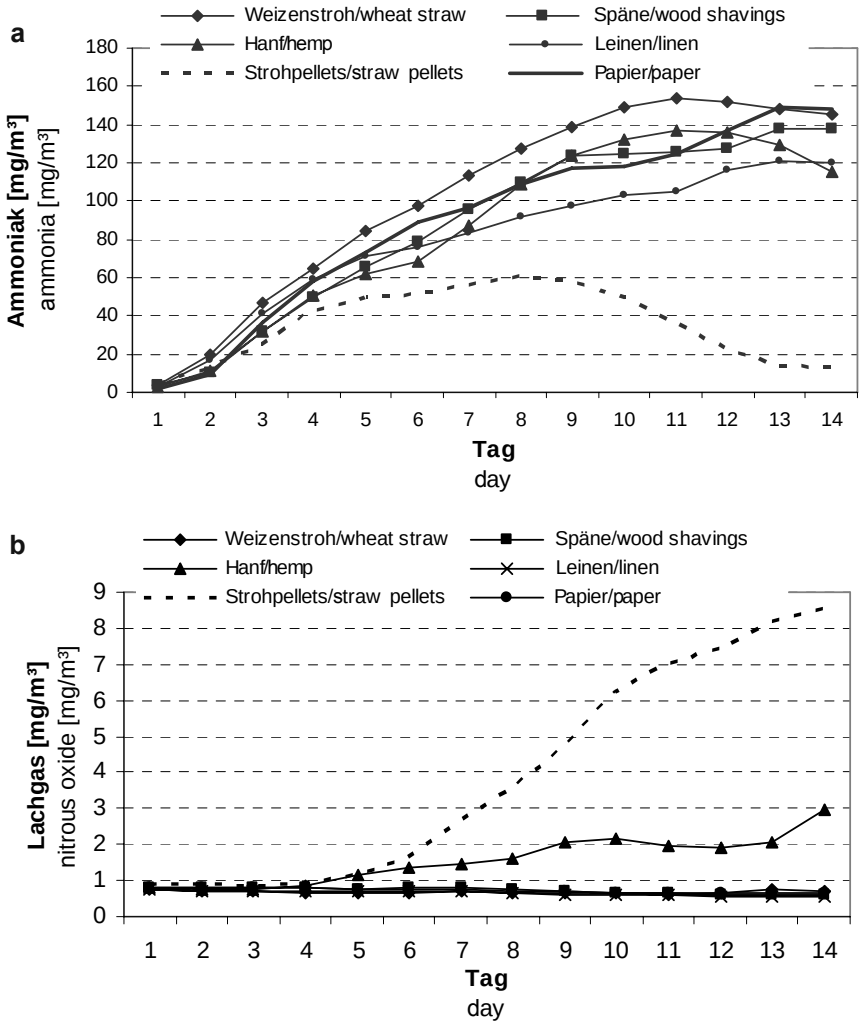


Abb. 1: Least Square Means der (a) NH_3-Konzentrationen und (b) N_2O-Konzentrationen im Verlauf von 14 Tagen in Abhängigkeit vom Einstreumaterial

Fig. 1: Least Square Means of the (a) NH_3 concentrations and (b) N_2O concentrations over a period of 14 days as a function of bedding material

Bei allen Materialien sind in den ersten Versuchstagen kontinuierlich ansteigende Ammoniakwerte ermittelt worden. Nach dem siebten Tag blieben die Werte von Strohpellets konstant und sanken ab dem neunten Tag, während die der anderen Materialien weiter anstiegen. Das Absinken der Konzentrationen wurde zudem bei Hanf nach dem zehnten Tag beobachtet (s. Abb. 1a).

Durch die mechanische Aufbereitung weisen die Pellets eine große mikrobiell angreifbare Fläche auf. Die mikrobielle C-Verfügbarkeit scheint hier wesentlich höher zu sein als bei den anderen Materialien. Es ist anzunehmen, dass die sinkenden gasförmigen NH_3-Konzentrationen in den mit Strohpellets befüllten Tonnen durch vermehrte Nitrifikationsprozesse verursacht werden. Bei der Nitrifikation wird Ammonium, das in Lösung mit Ammoniak in einem Dissoziationsgleichgewicht vorliegt, durch spezialisierte Bakteriengruppen über Zwischenstufen zu Nitrat oxidiert. Bei vorliegender Untersuchung wurden weitere Indikatoren festgestellt, die die These der erhöhten Nitrifikationsprozesse stützen. Ab dem Zeitpunkt, an dem sinkende NH_3-Konzentrationen in den Behälter mit Strohpellets festgestellt wurden, stiegen die CO_2- und H_2O-Werte stark an. Zudem war die Substrattemperatur mit Maximalwerten bis zu 38 °C am Ende eines Durchganges deutlich höher als bei den restlichen Materialien. Des Weiteren wurden im Mittel bei den Pellets im 14-tägigem Versuchsverlauf signifikant höhere N_2O-Werte gemessen als bei den restlichen Materialien (s. Abb. 1b). N_2O entsteht hauptsächlich bei unvollständig ablaufenden Denitrifikationsprozessen durch partielle O_2-Anwesenheit.

Die beiden Regressionsmodelle beschreiben den Verlauf der NH_3- Konzentrationen sehr genau, da die Spanne der Schätz- und Messwerte geringfügig ist. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) ist zudem mit 0,94 für Weizenstroh bzw. 0,81 für Strohpellets als sehr hoch bzw. hoch einzustufen.

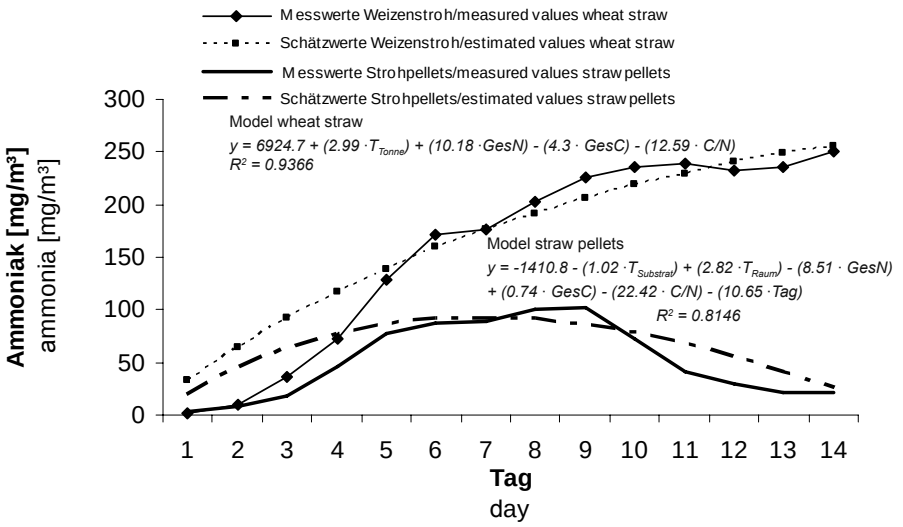


Abb. 2: Schätz- und Messwerte für NH_3 von Weizenstroh und Strohpellets am Beispiel des Durchgangs 1

Fig. 2: Estimated and measured values for NH_3 of wheat straw and straw pellets by the example of trial repetition 1

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Strohpellets sich dafür eignen könnten, Maßnahmen für ein optimales Stallklima hinsichtlich der Ammoniakbildung zu unterstützen. Jedoch sollten die hohen Substrattemperaturen der Pellets, die sich im Verlauf eines Durchganges entwickelt haben, hinsichtlich des Liegekomforts und der Tiergesundheit auch kritisch betrachtet werden. Diese Ergebnisse sind durch weiterführende Versuche unter praktischen Bedingungen zu untermauern.

Literatur

Banhazi, T.; Cargill, C.; Marr, G.; Kefford, A.; Moore, K.; Koch, S.; Payne, H.; Nicholls, N. (2000): Relating airborne pollution to housing and management factors. Final Report to the Pig Research and Development Corporation, Canberra, Australia

Dunlea, A.P.; Dodd, V.A. (1999): A mechanical ventilation system for horse stables to control respirable dust. Irish Veterinary Journal, 52 (5), 257–262

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 (5), 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 (3), 244–249

Korries, O.: Untersuchung pferdehaltender Betriebe in Niedersachsen. Bewertung unter dem Aspekt der Tiergerechtheit, bei Trennung in verschiedene Nutzungsgruppen und Beachtung haltungsbedingter Schäden. Dissertation Tierärztl. Hochsch. Hannover (2003)

Malikides, N.; Hodgson, J. (2003): Inflammatory Airway Disease in young thoroughbred Racehorses. Rural Industries Research and Development Corporation, Publication No 03/089. www.rirdc.gov.au (30.7.2004)

McGorum, B.C.; Ellison, J.; Cullen, R.T. (1998): Total and respirable airborne dust endotoxin concentrations in three equine management systems. Equine Veterinary Journal, 30 (5), 430–434

Petersen, S.; Tölle, K.H.; Blobel, K.J.; Krieter, J.: 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 (2004)

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 (3), 172–174

Auswirkungen des Flächenangebots auf das Verhalten, die Verschmutzung und die Leistung von Mastbullen in Buchten mit gummierten Spaltenböden

Effects of Space Allowance on the Behaviour, Cleanliness, and Performance of Finishing Bulls Kept in Pens with Fully Slatted Rubber-coated Floors

BEAT WECHSLER, REGULA SIEGWART, LORENZ GYGAX

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

Schlüsselwörter: Mastbullen, Flächenangebot, Vollspaltenbodenbucht, Bodenqualität
Keywords: Finishing bulls, Space allowance, Fully slatted floor, Floor quality

Zusammenfassung

Acht Gruppen zu sieben Mastbullen wurden in zwei Umtrieben in vier Buchten gehalten, deren Boden ganzflächig als gummierter Spaltenboden gestaltet war. Das Flächenangebot wurde alle vier Wochen verändert, wobei den Gruppen Flächen von 2,5, 3,0, 3,5 und 4,0 m²/Tier in einem randomisierten Blockdesign zugewiesen wurden. Zum Zeitpunkt der Flächenzuweisung wogen die Bullen ca. 360, 405, 450 und 500 kg.

Die Mastbullen verbrachten mit zunehmendem Flächenangebot mehr Zeit in Liegepositionen mit gestreckten Beinen, zeigten mehr Liegepositionswechsel und Liegeperioden und lagen in größerer Distanz zu anderen liegenden Bullen. Zudem traten sie seltener auf liegende Bullen, stiegen seltener über liegende Bullen und vermieden es, im Zentrum der Bucht zu liegen. Die Verschmutzung der Bullen nahm mit zunehmender Fläche ab. Die Tageszunahmen wurden durch die Erhöhung des Flächenangebots positiv beeinflusst.

Summary

Eight groups of seven finishing bulls each were kept in two consecutive blocks in four pens with rubber-coated slatted floors. Space allowance (2.5, 3.0, 3.5 and 4.0 m²/animal) was varied in a randomised-block design and changed every four weeks when bulls weighed about 360, 405, 450 and 500 kg.

With increasing space allowance, bulls lay for longer periods with outstretched legs, changed their lying posture more often, had more lying bouts and kept larger distances to other lying bulls. Moreover, they stepped less frequently on or over a lying animal and avoided the area in the centre of the pen while lying. When more space was provided, dirtiness of the bulls was reduced. Growth performance was enhanced with increasing space allowance.

1 Einleitung

Das Flächenangebot für Mastbullen in konventionellen Betonvollspaltenbuchten wird aus ökonomischen Gründen so weit wie möglich minimiert. Gemäss Schweizer Tierschutzverordnung dürfen Mastbullen in der Endmastphase (ab 400 kg bis ca. 540 kg) auf einem minimalen Flächenangebot von 2,5 m² pro Tier gehalten werden. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass verschiedene Indikatoren für das Wohlbefinden von Mastbullen in Abhängigkeit vom Flächenangebot variieren, und dass ein großzügigeres Flächenangebot angezeigt wäre (Ruis-Heutinck et al. 2000, Hickey et al. 2003, Gottardo et al. 2004). Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher zu überprüfen, wie sich eine Erhöhung des Flächenangebots von 2,5 m² auf 3,0, 3,5 und 4,0 m² pro Tier auf das Verhalten, die Verschmutzung und die Gewichtszunahme der Mastbullen auswirkt.

Um eine Verbesserung der Qualität der Liegefläche zu erreichen, dürfen für Mastbullen gemäss Schweizer Tierschutzverordnung seit 1997 bei Neu- und Umbauten nur noch Haltungssysteme eingerichtet werden, bei denen die Liegefläche entweder eingestreut oder mit einem weichen, verformbaren Material versehen ist. Im Rahmen des Prüf- und Bewilligungsverfahrens für serienmäßig hergestellte Stalleinrichtungen (Wechsler 2005) wurde vor diesem Hintergrund in den vergangenen Jahren ein gummierter Spaltenboden für Mastbullen geprüft und bewilligt (Mayer et al. 2007). Die vorliegende Untersuchung zum Einfluss des Flächenangebots auf das Wohlbefinden von Mastbullen wurde in Buchten durchgeführt, die mit diesem gummierten Spaltenboden versehen waren.

2 Tiere, Material und Methoden

Für den Versuch wurden in einem Versuchsstall der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART vier Mastbuchten eingerichtet, in denen je sieben Mastbullen bei einem Flächenangebot von 2,5, 3,0, 3,5 oder 4,0 m² pro Tier gehalten werden konnten. Das Experiment wurde mit insgesamt acht Versuchsgruppen in zwei Umtrieben durchgeführt. Die Versuchstiere (Kreuzungen verschiedener Milch- und Mastrassen) wurden bis zum Versuchsbeginn in Buchten mit eingestreuten Liegeflächen gehalten und mit einem Durchschnittsgewicht von 340 kg in die Versuchsbuchten eingestallt, deren Boden ganzflächig als gummierter Spaltenboden gestaltet war (Produktname LOSPA; Spaltenweite 35 mm). Zur Angewöhnung an das neue Haltungssystem wurden alle Gruppen zunächst für zwei Wochen bei einem Flächenangebot von 3,25 m² pro Tier gehalten. Anschließend erfolgte die erste Zuteilung der vier zu testenden Flächenangebote bei 360 kg. Im Laufe der verbleibenden Mastdauer (Schlachtgewicht ca. 540 kg) wurde das Flächenangebot in jeder Gruppe zu drei weiteren Zeitpunkten im Abstand von vier Wochen verändert (bei 405, 450, 500 kg). Jede Gruppe wurde somit auf jedem Flächenangebot für je vier Wochen gehalten (gekreuztes Design).

Die Datenaufnahme erfolgte jeweils in der letzten Woche einer vierwöchigen Periode mit einem bestimmten Flächenangebot. Das Verhalten der Mastbullen jeder Bucht wurde zu jedem der vier Erhebungszeitpunkte mittels Videotechnik kontinuierlich über 2 x 24 Stunden beobachtet (nachts mit minimalem Dämmerlicht). Alle Tiere waren individuell markiert.

Über Video wurde kontinuierlich die Dauer der Verhaltensweisen „Liegen“ und „Liegen in der Buchtmitte“ protokolliert. Beim „Liegen“ wurden verschiedene Liegepositionen mit mehr oder weniger stark ausgestreckten Gliedmaßen unterschieden. Für „Liegen in der Buchtenmitte“ wurden Tiere erfasst, deren Körper mehrheitlich auf dem im Zentrum liegenden Rechteck lag, wenn man die Bucht in neun gleich große Rechtecke unterteilte. Die Häufigkeit von „Abliegen“, „Auftreten“ auf ein liegendes Tier, „Übersteigen“ eines liegenden Tieres, „Hornen“ (Kopf gegen Kopf), „Aufspringen“ und „Verdrängen vom Liegeplatz“ wurde gezählt. Für die statistische Auswertung dieser Verhaltensweisen wurden Mittelwerte pro Tier und 24 h berechnet.

Anhand von Augenblickaufnahmen wurde einmal pro Stunde auf dem Videobild die Distanz jedes liegenden Tieres zu seinem nächsten liegenden Nachbarn geschätzt (von Nacken zu Nacken).

Die Verschmutzung und Vernässung der Tiere wurde an acht Körperstellen bonitiert (Fläche zwischen Schwanzansatzstelle, Sitzbeinhöckern und „Euteraufhängepunkt“; Unterschenkel; Bauchregion; Oberschenkel; Schulter; Unterschenkel; Brustbein; Carpus), wobei die Bonitierungswerte pro Körperstelle in fünf Stufen zwischen 0 (sauber) und 2 (stark verschmutzt) variieren konnten. Für die Auswertung wurde aus den Werten der acht Körperstellen ein Gesamtwert (aufsummierter Bonitierungswert) pro Tier und Beobachtungszeitpunkt berechnet. Es wurde damit gerechnet, dass das Ausmaß der Verschmutzung/Vernässung zu Beginn einer Beobachtungsperiode das Ausmaß der Verschmutzung/Vernässung am Ende der Periode beeinflussen würde, weshalb in die statistischen Analysen nicht die absoluten Bonitierungswerte, sondern die Differenzen in den Werten zwischen den Beobachtungszeitpunkten eingingen.

Für die Erhebung der Verschmutzung und Vernässung des Spaltenbodens wurde die Bucht in neun gleich große Rechtecke unterteilt und in der Mitte jedes Rechtecks ein Rahmen von 50 x 50 cm auf den Boden gelegt. Innerhalb dieses Rahmens wurde geschätzt, welcher Prozentsatz der Fläche mit Kot verschmutzt bzw. vernässt war. Zusätzlich wurde die Anzahl Kothaufen in der Bucht gezählt. Diese Erhebungen erfolgten an jeweils drei Tagen in der letzten Woche einer Beobachtungsperiode.

Die Tageszunahmen wurden für jedes Tier aus der Differenz der Wägungen am Anfang und Ende einer Beobachtungsperiode berechnet.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit generalisierten linearen gemischten Effekte-Modellen, welche die wiederholte Messung der Werte der Einzeltiere und deren hierarchische Schachtelung in den Gruppen sowie in den Umtrieben berücksichtigten. Damit die Annahmen der statistischen Modelle erfüllt waren, mussten die untersuchten Parameter teilweise wurzel- oder log-transformiert oder unter Berücksichtigung anderer Verteilungsfamilien (Poisson- oder Binomialverteilung) ausgewertet werden (GYGAX et al. in press).

3 Resultate

Die Gesamtdauer von „Liegen“ pro 24 h zeigte keine Unterschiede zwischen den Flächenangeboten ($p = 0{,}19$). Hingegen stieg sowohl die Häufigkeit der Liegeperioden ($p = 0{,}012$, Tab. 1) wie auch die Dauer von „breitem Liegen“ ($p < 0{,}001$) mit zunehmen-

dem Flächenangebot an. Die Zunahme beim „breiten Liegen“, welches die Summe der Dauer der beiden Liegepositionen „Bauchlage mit gestreckten Vorder- und Hintergliedmaßen“ und „Seitenlage“ darstellt, wies ab einer Fläche von 3,5 m² pro Tier eine Abflachung auf. Zudem traten mit zunehmendem Flächenangebot mehr „Positionswechsel beim Liegen“ auf ($p < 0{,}001$).

Tab. 1: Medianwerte über alle Tiere/Buchten von den Parametern, bei denen ein signifikanter Flächeneffekt nachgewiesen werden konnte
Tab. 1: Median values over all animals/pens of the parameters where a significant effect of space allowance was found

Parameter/*parameters*	**Platzangebot pro Tier/** *space allowance per animal*			
	2,5 m²	**3,0 m²**	**3,5 m²**	**4,0 m²**
Liegeperioden/*lying bouts* [number/d/animal]	13	13	14	13,5
Breites Liegen/*lying with outstreched legs* [min/d/animal]	27	35	46	47
Positionswechsel beim Liegen/*changes of lying posture* [number/d/animal]	26	31	30	38
Mittlere Distanz zwischen liegenden Tieren/*mean distance between lying animals* [cm]	110	121	147	156
Auftreten/*stepping on lying animals* [number/d/animal]	1,0	0,5	0	0
Übersteigen/*stepping over lying animals* [number/d/animal]	1,0	0,5	0	0
Liegen in der Buchtenmitte/*lying in the centre of the pen* [min/d/animal]	47	55	1	0
Differenz Verschmutzung der Tiere/*difference in dirtiness score of animals*	0,25	-1,0	-1,0	-1,0
Vernässung des Spaltenbodens/*wetness of floor* [%]	20	20	20	10
Anzahl Kothaufen/*number of dung heaps*	3	2	3	4
Tageszunahmen/*daily weight gain* [g]	1 450	1 586	1 630	1 621

Auch die mittlere Distanz zwischen liegenden Tieren nahm mit zunehmendem Flächenangebot zu ($p < 0{,}001$). Zwischen 3,0 und 3,5 m² pro Tier zeigen die Werte einen deutlichen Anstieg. Umgekehrt verhielt es sich mit dem Verlauf der Werte bei den Parametern „Auftreten“ ($p < 0{,}001$) und „Übersteigen“ ($p < 0{,}001$). Hier sanken die Medianwerte bei der Vergrößerung der Fläche von 3,0 und 3,5 m² pro Tier auf Null. Dies gilt auch für das „Liegen in der Buchtenmitte“ ($p < 0{,}001$). Ab einem Flächenangebot von 3,5 m² pro Tier wurde die Buchtenmitte zum Liegen deutlich gemieden.

Nicht durch das Flächenangebot beeinflusst waren die Häufigkeiten von „Hornen“ ($p = 0{,}74$), „Verdrängen vom Liegeplatz“ ($p = 0{,}51$) und „Aufspringen“ ($p = 0{,}20$). „Hornen“ und „Aufspringen“ tragen im Mittel nur 8-mal bzw. 1,5-mal pro Tier und Tag auf.

Die Verschmutzung der Mastbullen nahm mit zunehmendem Flächenangebot ab ($p < 0{,}002$), während bei der Vernässung der Tiere kein Flächeneffekt zu beobachten war ($p = 0{,}38$). Die Abnahme bei der Verschmutzung der Bullen war insbesondere bei der

Erhöhung des Flächenangebots von 2,5 auf 3,0 m² pro Tier zu verzeichnen. Die Mediane der Gesamtbonitierungswerte (Mittelwert über acht Körperstellen) für die Tierverschmutzung lagen zu den fünf Erhebungszeitpunkten bei 0,94 (1. Flächenzuweisung), 1,25, 0,88, 0,75 und 0,69 (Versuchsende) auf der Skala von 0 bis 2, was einem mittleren bis geringen Verschmutzungsgrad entspricht.

Die Verschmutzung des Spaltenbodens wurde durch das Flächenangebot nicht beeinflusst ($p = 0{,}55$), während die Vernässung des Bodens mit zunehmendem Flächenangebot abnahm ($p < 0{,}007$). Die Anzahl nicht durchgetretener Kothaufen nahm hingegen mit steigendem Flächenangebot zu ($p < 0{,}05$).

Die Tageszunahmen der Mastbullen nahmen mit steigendem Flächenangebot zu ($p = 0{,}037$), wobei insbesondere bei der Erhöhung des Flächenangebots von 2,5 auf 3,0 m² pro Tier ein Anstieg der Werte zu verzeichnen war.

4 Diskussion

Die Untersuchung zeigt, dass sich ein erhöhtes Flächenangebot positiv auf mehrere Aspekte des Liegeverhaltens der Bullen auswirkt. Sie macht zudem deutlich, dass ein Flächenangebot von 2,5 m² pro Tier in Buchten mit vollperforierten Böden die Tiere in der Mastendphase in ihrem Verhalten deutlich beeinträchtigt. Auch Hickey et al. (2003) verglichen das Verhalten und die Leistung von Mastbullen bei verschiedenen Flächenangeboten (1,5, 2,0, 3,0 und 4,0 m² pro Tier) und kamen zum Schluss, dass ein Flächenangebot von weniger als 3,0 m² pro Tier das Wohlbefinden der Tiere negativ beeinträchtigt. In dem im Jahr 2001 veröffentlichten Bericht der Europäischen Kommission wird eine minimale Buchtenfläche von 3,0 m² pro Tier für Mastbullen mit einem Schlachtgewicht von 500 kg empfohlen sowie zusätzliche 0,5 m² pro Tier pro zusätzliche 100 kg Lebendgewicht (Scientific Committee in Animal Health and Animal Welfare 2001).

Die Erhöhung des Flächenangebots führte in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Graf (1984) und Kirchner (1987) nicht dazu, dass die Mastbullen mehr „Hornen", „Aufspringen" oder „Verdrängen vom Liegeplatz" zeigten. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass unter den hier gewählten Versuchsbedingungen ein vergrößertes Platzangebot keine durch vermehrtes Sozialverhalten hervorgerufenen negativen Effekte für die Tiere hat. Auch die Befürchtung, dass es bei einer Erhöhung des Flächenangebots zu einer stärkeren Verschmutzung der Bullen kommen könnte, wurde nicht bestätigt.

Die Tageszunahmen wurden durch die Erhöhung des Flächenangebots positiv beeinflusst. Da die von den Tieren aufgenommene Futtermenge nicht quantifiziert wurde, kann jedoch keine Aussage über die Futterkonversion und somit auch keine abschließende Aussage über die Leistung der Tiere gemacht werden.

Im Rahmen der Revision der Schweizer Tierschutzverordnung wurde aufgrund der vorliegenden Ergebnisse vorgeschlagen, das minimale Flächenangebot für Mastbullen in Vollspaltenbuchten mit gummierten Spaltenböden bei 3,5 m²/Tier anzusetzen.

Literatur

Gottardo, F.; Ricci, R.; Preciso, S.; Ravarotto, L.; Cozzi, G. (2004): Effect of the manger space on welfare and meat quality of beef cattle, Livest. Prod. Sci. 89: 277–285

Graf, B. (1984): Der Einfluss unterschiedlicher Laufstallsysteme auf Verhaltensmerkmale von Mastochsen, Dissertation, ETH Zürich

Gygax, L.; Siegwart, R.; Wechsler, B. (in press): Effects of space allowance on the behaviour and cleanliness of finishing bulls kept in pens with fully slatted rubber coated flooring. Appl. Anim. Behav. Sci.

Hickey, M.C; Earley, B.; Fisher, A.D. (2003): The effect of floor type and space allowance on welfare indicators of finishing steers, Irish J. Agric. Food Res. 42: 89–100

Kirchner, M. (1987): Verhaltenskenndaten von Mastbullen in Vollspaltenbodenbuchten und Folgerungen für die Buchtengestaltung, Dissertation, Technische Universität München

Mayer, C.; Thio, T.; Schulze Westerath, H.; Ossent, P.; Gygax, L.; Wechsler, B.; Friedli, K. (2007): Vergleich von Betonspaltenböden, gummimodifizierten Spaltenböden und Buchten mit Einstreu in der Bullenmast unter dem Gesichtspunkt der Tiergerechtheit, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 303

Ruis-Heutinck, L.F.M.; Smits, M.C.J.; Smits, A.C.; Heeres, J.J. (2000): Effects of floor type and floor area on behaviour and carpal joint lesions in beef bulls. In: Blokhuis, H.J.; Ekkel, E.D.; Wechsler, B. (eds.): Improving health and welfare in animal production, EAAP publication No. 102: 29–36

Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare (2001): The welfare of cattle kept for beef production, European Commission (ed.) SANCO.C.2/AH/R22/2000

Wechsler, B. (2005): An authorisation procedure for mass-produced farm animal housing systems with regard to animal welfare, Livest. Prod. Sci. 94: 71–79

Restgaspotenzial landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Baden-Württemberg

Remaining Biogas Yield Potential of Biogas Plants Effluents in Baden-Württemberg

JOCHEN VOGTHERR, HANS OECHSNER, ANDREAS LEMMER, THOMAS JUNGBLUTH

Universität Hohenheim, Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen (740), Garbenstr. 9, D- 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Anaerobe Vergärung, Biogasanlagen, Abbaueffizienz, Energieproduktion
Keywords: anaerobic digestion, biogas plants, efficiency of degradation, energy production

Zusammenfassung

Bei allen gängigen Biogasanlagensystemen sind in den Gärresten unvollständig vergorene Substratanteile aufzufinden. Die Abbaueffizienz kann dabei in Abhängigkeit von den eingesetzten Substraten, der Betriebsweisen sowie der Anzahl vorhandener Prozessstufen (Anlagenkonzepte) zwischen einzelnen Anlagen sehr unterschiedlich sein. Bei der Bestimmung des Restgaspotenzials des ausgefaulten Substrates wurde festgestellt, dass bei früheren Biogasanlagen mit Verweilzeiten von 40 bis 60 Tagen in der Regel ca. 15 % des Biogaspotenzials ungenutzt bleiben. Bei neueren Anlagen werden etwas geringere Restgaspotenziale erreicht, allerdings sinkt das Potenzial bei hohen Anteilen von faserreichen Einsatzstoffen nicht unterhalb von ca. 4 % – selbst mit Nachgärstufen und Verweilzeiten von über 200 Tagen nicht.

Summary

In common semi-continuously fed biogas systems, the substrates are only partially digested, so that undigested substrate is found in the effluent. The digestion efficiencies vary broadly from biogas plant to biogas plant, according to the type of substrates, the modes of operation, the plant nature and existing process stages. In older plants having retention times between 40 and 60 days 15 % of the potential biogas production was wasted in the effluent. In general, modern plants reach less amounts of biogas from the residuals, however, regarding fibre-rich substrates, the residual biogas potential never decreased below 4 %, even by the use of a second digestion stage and retention times over 200 days.

1 Einleitung

Im Rahmen des von der FNR geförderten Forschungsprojektes „Bundesmessprogramm zur Bewertung neuartiger Biomassebiogasanlagen“ („BMP II“, 2005–2008) wurden von der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen der Universität Hohenheim Untersuchungen an Gärresten von landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Baden-Württemberg durchgeführt. Die neu erhobenen Daten werden mit Daten aus dem vorausgegangenen Bundesmessprogramm („BMP I“, 2001–2004) verglichen und hier vorgestellt. Im BMP II werden ausschließlich Anlagen untersucht, die mit hohen Anteilen an Energiepflanzen („NaWaRos“) betrieben werden.

Seit der Novellierung des EEG im August 2004 ist die Zahl und die Größe landwirtschaftlicher Biogasanlagen in Deutschland stetig und beachtlich gestiegen. Auf Grund der ökonomischen Bedeutung und der daraus folgenden Professionalisierung werden weiterhin Optimierungspotentiale sowohl auf Seiten der Gasproduktion als auch auf Seiten der Gasverwertung gesucht. Gerade auf Grund der steigenden Substratkosten gewinnen der Ausnutzungsgrad und die Gesamteffizienz einer Anlage an Bedeutung. Mit der Bestimmung des Restgaspotenzials wird die Gesamtabbaueffizienz der eingesetzten Stoffe in einer Anlage beschrieben. Eine Steigerung des Abbaugrades minimiert de facto die einzusetzenden Substratmengen. Mit Hilfe eines technischen Monitorings sollen die Haupteinflussgrößen im Betriebsmanagement auf das Restgaspotenzial bestimmt werden. Die Biogasanlagen werden in der Praxis mit unterschiedlicher Technik und einem weiten Spektrum an hydraulischen Substrat-Verweilzeiten betrieben. Lange Verweilzeiten erlauben den am Substratabbau beteiligten Mikroorganismen einen weitgehenden Abbau der Substrate. Sie verursachen aber auch höhere Kosten für Fermenterraum und Rührtechnik. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wäre daher eine mittlere Verweilzeit des Substrates im Fermenter anzustreben. Somit stehen bei einer hohen spezifischen Methanproduktion vertretbare Investitionskosten gegenüber. Unter den beobachteten landwirtschaftlichen Biogasanlagen sind unterschiedliche Bauweisen wie einstufige und zweistufige Anlagen (Anlagen mit Nachgärern) zu finden.

2 Laboruntersuchungen zur Bestimmung des Restgaspotenzials

Im Rahmen der beiden Bundesmessprogramme (BMP I + II) wurden an der Universität Hohenheim jeweils acht landwirtschaftliche Biogasanlagen mit kontinuierlicher Flüssigvergärung über mehrere Monate beobachtet und deren Verfahrenstechnik, Substratbeschickung und Biogasproduktion erfasst [1, 2]. Beprobt wurden an jeder Anlage der Auslauf in das Faulsubstratlager und bei sieben der zweistufigen Anlagen zusätzlich der Überlauf von der ersten in die zweite Stufe. Da Biogasanlagen selbst bei gleichmäßiger Beschickung keinen homogenen Fermenterauslauf haben, wurde von jeder Beprobungsstelle eine Mischprobe aus mindestens drei Einzelproben hergestellt. Die Einzelproben wurden auf Temperaturen unter 4 °C gekühlt und nach Abschluss der Probennahme zu einer Gesamtprobe vermischt. Diese wurden im Hohenheimer Biogaslabor nach grober Zerkleinerung der Strukturstoffe im Batch-Verfahren in jeweils drei Wiederholungen inkubiert. Diese Untersuchung wurde parallel bei 37 °C (mesophil) und 20 °C (psychro-

phil) Gärtemperatur durchgeführt Die mesophil vergorenen Substrate wurden bis zu 60 Tage lang, die psychrophil inkubierten bis zu 100 Tage lang ausgefault. Zur Bewertung des Biogaspotentials wurde die substratspezifische Menge an Normmethan je Kilogramm zugeführter organischer Trockensubstanz [Nl CH_4/kg oTS] bestimmt. Die bei 37 °C ermittelten Werte spiegeln die Bedingungen und das Methanbildungspotenzial im Fermenter wider, während Untersuchungen bei 20 °C das Verhalten bei der Lagerung simulieren können. Um die beim Gärtest im Labor ermittelte spezifischen Methanerträge bewerten zu können, wurden sie mit der täglich an der Biogasanlage gebildeten Methanmenge in Beziehung gesetzt. Dazu wurden die Outputmengen, die den jeweils beobachteten Fermenter täglich verlassen anhand der Futtermengen und des biologischen Abbaus bestimmt, und mit der Methanmenge aus dem Gärtest verrechnet. Aus dieser Beziehung ergeben sich maximale prozentuale Anteile an Methan, die durch Weitervergärung des Substratoutputs gewinnbar wären. Damit lässt sich abschätzen, wie sich der Ausbau einer weiteren Prozessstufe oder die Abdeckung des Gärrestlagers auf die Gesamtgasausbeute auswirken kann.

Tab.1: Spezifische Kennzahlen der untersuchten Biogasanlagen [2, 3]
Tab.1: Specific characteristics of inspected biogas plants

		Substrates	Digester volumes F/NG m³	Organic loading rate F/NG kg oDM/m³ · d	Retention Time d
BMP I	A	Flm, Fm, Gap, Fr	380	5,1	40
	B	Flm, GS, Gap	531	2,2	48
	C	Flm, Mm, Molke	520	2,0	65
	D	Flm, Schl, Salat	400	1,4	65
	E	Flm, MS, GS, Gap, SR	800/320	1,7/1,1	71/101
	F	Flm, MS, GS, GPS, Mkt	260/600	8,9/2,7	58
	G	Flm, GS, Hm, Gap, Ff	390/450	1,5/0,2	125/259
	H	Flm. Fm, GS	660/845	3,2/0,8	44/61
BMP II	1	Flm, Fm, MS, GPS, CCM	955	3,67	51
	2	Flm, Fm, MS, GS, GPS	1 100/1 100	1,98/0,99	106/212
	3	Flm, MS, GS	860/1060	3,97/1,78	57/127
	4	Flm, Fm, MS, GS, GPS	850/850	3,95/1,97	48/98
	5	MS, GS, GK	1 360/1 900	3,26/1,36	101/241
	6	Flm, Fm, MS, GS, GPS, GK	890/1 400	3,35/2,18	77/115
	7	Flm, Fm, MS, GS, GPS	950	2,4	91
	8	Flm, Fm, MS, GS, GK	1 490	2,8	77

Flm: Flüssigmist, Fm: Festmist, Hm: Hühnermist (*slurry/manure*), Gap: Getreideausputz, Fr: Futterreste, GS: Grassilage, MS: Maissilage, GPS: Ganzpflanzensilage, GK: Getreideschrot, (*diff. energy crops*) Mm: Maismehl, Schl: Schlempe, Mkt: Malzkaffeetreber, Salat: Salatabfall, SR: Speiseabfall, Ff: Flotatfett (*organic wastes*)

Insgesamt handelt es sich um 16 beobachtete Anlagen, von denen neun zweistufig betrieben werden. Je eine der zweistufigen und eine der einstufigen Anlagen vergärt bei

thermophiler, alle anderen bei mesophiler Temperatur. In Tabelle 1 sind die wesentlichen Kennzahlen der untersuchten Praxisbiogasanlagen zusammengestellt.

3 Vorläufige Ergebnisse

Das Methanbildungspotenzial der Ausläufe lag insgesamt zwischen 1 und 30 % des in der Biogasanlage genutzten Methans. Dabei zeigten die älteren Anlagen des BMPI die volle Spreizung in den Ergebnissen und mit 16,5 % ein deutlich höheres Restgaspotenzial in den einstufigen Anlagen als bei den mittlerweile viel gleichmäßiger gefütterten Anlagen des BMPII (9 %). In beiden Untersuchungen hat sich gezeigt, dass bei hydraulischen Verweilzeiten unterhalb von 80 Tagen des Gesamtsystems generell mit einem Restgaspotenzial von bis zu 10 % gerechnet werden muss (Abb. 1). Bei den zweistufigen Biogasanlagen wurde nach der zweiten Stufe ein sehr niedriges Restgaspotenzial von 1–6 % ermittelt. Diese Anlagen sind meist sehr großzügig dimensioniert und werden bei Gesamtverweilzeiten von mehr als 100 Tagen über beide Stufen und mit sehr geringen Raumbelastungen von bis 1 kg oTS/m³ FV · d betrieben.

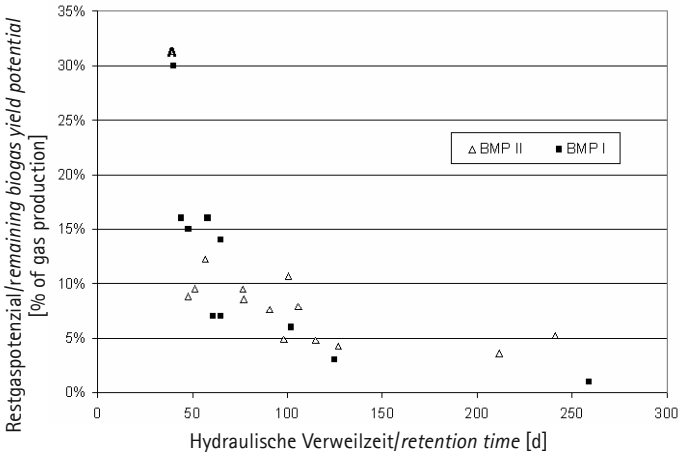


Abb. 1: Restgaspotential in Abhängigkeit der Verweilzeit
Fig. 1: Remaining biogas yield potential vs. retention time

Wie Abbildung 2 zeigt, besteht bei den gängigen Systemen neben einer Korrelation von Restgaspotenzial zur Verweilzeit gleichzeitig ein Zusammenhang zur Raumbelastung. Insgesamt haben Anlagen mit einer Raumbelastung von über 3,5 kg oTS/m³ · d und kurzen Verweilzeiten (<100 Tage) eine niedrigere Abbaueffizienz, bzw. ein hohes Restgaspotenzial.

Im Vergleich zum BMPI zeigen die neueren Anlagen grundsätzlich ein weniger extremes Verhalten und insgesamt geringere durchschnittliche Restmethanmengen im Gärrestsubstrat (Abb. 2). Dies erklärt sich vor allem an der mittlerweile gleichmäßigeren Substratmischung und häufigen Fütterungsintervallen (bis zu 48 Fütterungen pro Tag)

auf Grund verbesserter und häufiger eingesetzter automatisierter Einbringtechnik. Diese verhindert eine plötzliche Belastung des Abbauprozesses durch zu große Organikfrachten und verringert zudem Rührprobleme, was die Homogenität im Fermenter steigert.

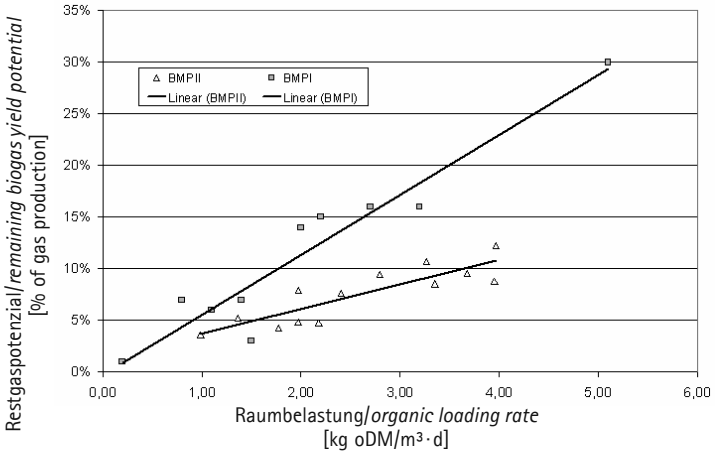


Abb. 2: Gasbildungspotential des Gärrestes von Anlagen unterschiedlicher Raumbelastung
Fig. 2: Remaining biogas yield potential with different organic loading rates

Die Hauptunterschiede in den Restgaspotenzialen können nicht mit den Substraten korreliert werden, da die meisten Biogasanlagen mit ähnlich strukturiertem Material arbeiten. Bei den hier gezeigten Extremwerten muss auf den Einzelfall eingegangen werden. Anlage A hat z. B. das höchste Restgaspotenzial von 30 %. Sie wurde mit einem hohen Anteil an Getreideausputz beschickt, der im Wesentlichen aus ganzen, kleinen Getreidekörnern besteht. Die hydraulische Verweilzeit ist mit 40 Tagen sehr kurz und es liegt eine hohe Raumbelastung von 5,1 kg oTS/m³ FV · d vor. Das Fermenterüberlaufrohr befindet sich direkt über der Fermentersohle, weshalb ein großer Teil der unzerkleinerten Getreidekörner auf Kurzschlusswegen unvergoren in das Faulsubstratlager gelangt. Mit einer zweiten Anlagenstufe würden die relativ niedrigen Abbaugrade der ersten Stufe durch den Nachgärer kompensiert und negative Effekte durch Kurzschlussströme verringert. Die Substrate in zweistufigen Verfahren durchlaufen eine längere Verweilzeit und konnten in dieser Untersuchung in den unbelasteten und meist unterversorgten Nachgären bis zu einem durchschnittlichen oTS-Gehalt von 4,5 % abgebaut werden.

Bei den Untersuchungen von Gärresten bei 20 °C zeigte sich ein Methanbildungsvermögen, das durchschnittlich nur halb so hoch war wie unter optimalen Gärbedingungen. Gärreste von zweistufigen Anlagen besitzen zudem ein um 40 % geringeres Bildungspotential als die von einstufigen Anlagen (Abb. 3).

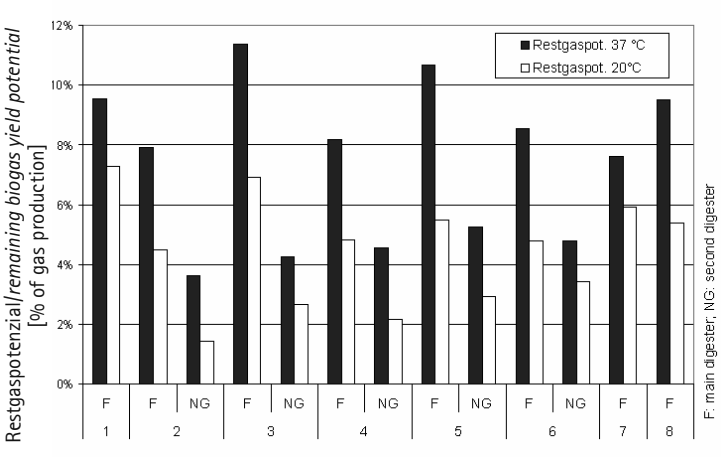


Abb. 3: Restgaspotenzial bei Inkubationstemperaturen von 37 °C und 20 °C und einer Gärdauer von jeweils 60 Tagen

Fig. 3: Remaining biogas yield potential with incubation temperature of 37 °C and 20 °C and with retention times of 60 days each

Bereits über die Hälfte der Anlagen in Baden-Württemberg besteht aus zwei oder mehr Fermenterstufen. Da ein hohes Restgaspotenzial im Überlauf der Biogasanlage Methanemissionen im offenen Gärrestlager begünstigt, ist es als sehr positiv zu bewerten, dass laut einer Umfrage unter Biogasanlagenbetreibern in Baden-Württemberg, bereits bei 20 % der Anlagen das Substratlager gasdicht abgedeckt ist – mit weiterhin steigender Tendenz [3].

Literatur

[1] Helffrich, D. (2004): Lagerung, Einbringung und Rühren Nachwachsender Rohstoffe zur Vergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Tagungsband der 13. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V., 2004: 64–67

[2] Vogtherr, J. (2007): Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Baden-Württemberg, Landtechnik 2/2007: 94–95

[3] Oechsner, H.; Helffrich, D.; Schmid, M. (2006): Bestimmung des Restgaspotenzials im Substratauslauf landwirtschaftlicher Biogasanlagen, Tagungsband KTBL-Tagung 2006 (Emissionen der Tierhaltung – Sektion Biogas, Kloster Banz)

Verwertung von Fusarium-infiziertem Getreide in landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Utilization of Fusarium–infected Cereals in Agricultural Biogas Plants

BETTINA FRAUZ, ULRIKA WEINMANN, HANS OECHSNER, THOMAS JUNGBLUTH

Universität Hohenheim, Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Anaerobe Fermentation, Biogas, Deoxynivalenol (DON), Fusarium, Inaktivierung
Keywords: anaerobic fermentation, biogas, deoxynivalenol (DON), Fusarium, inactivation

Zusammenfassung

Unzureichende Bodenbearbeitung, ungünstige Witterungsbedingungen und monotone Fruchtfolgen führen zu sog. Primärinfektionen mit Pilzen (hier: Fusarium head blight). Vielfach treten diese aber auch im Gefolge von Fraßinsekten auf (Sekundärbefall). Unter bestimmten Bedingungen setzen Fusarien giftige Stoffwechselprodukte frei.

Die Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO 2005) schätzt, dass bis zu 25 % der Weltproduktion von Nahrungsmitteln mit Mykotoxinen kontaminiert sind und pro Jahr etwa 1 000 Millionen Tonnen an Nahrungsmitteln auf Grund von Mykotoxinbelastungen als Nahrungs- und Futtermittel verloren gehen. In einem Kooperationsprojekt an der Universität Hohenheim wird eine praktikable, ökonomisch und ökologisch sinnvolle Entsorgungsmöglichkeit gesucht, bei der die Inaktivierung des Pilzes und die Reduktion seines Mykotoxins im Vordergrund stehen. Das Projekt wird von der FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) gefördert.

Summary

Insufficent cultivation, disadvantageous weather conditions and monotone crop rotation lead to so called primary infection with moulds (Fusarium head blight). In many cases these appear followed by plague. Under certain conditions Fusarium releases intermediate catabolic products, the so called mycotoxins. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO 2005) estimates that as much as 25 % of world food production is contaminated by mycotoxins and around 1 000 million tonnes of food are lost every year due to mycotoxin contamination. Due to this, the most feasible, environmentally compatible and economical option has to be revealed in order to get rid of the contaminated batches, which inspires current research at Hohenheim's State Institute of Farm Machinery and Farm Structures to create innovative routines of a save disposal. The project is founded by the Agency for Renewable Resources.

1 Einleitung

Fusarium (Getreide-Feld-Pilz auch Fusarium Head Blight) und seine toxischen Stoffwechselprodukte sind bekannt für ihre schädigende Wirkung. Sie können bei Menschen und Tieren bereits in niedrigen Konzentrationen eine toxische Wirkung hervorrufen. Diese intermediären Stoffwechselprodukte, so genannte Mykotoxine, werden unter bestimmten Bedingungen von Fusarien auf der Wirtspflanze und im Erntegut gebildet. Deoxynivalenol, kurz DON oder auch Vomitoxin genannt, ist ein Mykotoxin, das von verschiedensten Feldpilzen, hauptsächlich jedoch durch *Fusarium graminearum* und *Fusarium culmorum* produziert wird. DON ist vor allem in Getreide und Körnerfrüchten, insbesondere in Weizen, Gerste und Mais, vorzufinden. Häufig tritt DON zusammen mit anderen Fusariumtoxinen, wie beispielsweise Zearalenon, Nivalenol (und anderen Trichothecenen) sowie Toxinen der Fumonisingruppe, auf. Bei Nutztieren führt eine DON-Exposition zu Appetitverlust, Futterverweigerung und Erbrechen, bei gleichzeitiger Verringerung der täglichen Gewichtszunahmen. Schweine sind nachweislich die empfindlichste Tierart in Bezug auf die negativen Wirkungen von DON. Beim Menschen können diese je nach Beschaffenheit der Substanz akut oder chronisch toxisch wirken. Symptome von Vergiftungen sind Leber- und Nierenschädigungen, Beeinträchtigungen des Immunsystems, Haut- und Schleimhautschäden, oder hormonelle Wirkungen wie Fruchtbarkeitsstörungen (Vogelgsang 2007). Nach seiner Aufnahme mit dem Nahrungsmittel/Futter wird DON rasch durch Deepoxidation und Glukuronidierung in sein Derivat (Deepoxynivalenol) metabolisiert (Völkl et al. 2004). Dieses Abbauprodukt ist 24-fach weniger zelltoxisch als das Ausgangssubstrat. Der Übergang (carry-over) von DON und/oder seiner Metaboliten in essbare Gewebe, Milch und Eier, ist sehr gering, jedoch nicht auszuschließen (Hochsteiner et al. 2000).

2 Gesetzliche Grundlagen und Zielsetzungen des Projekts

Um die Aufnahme dieser Toxine in der menschlichen Nahrungskette zu vermeiden, hat die Europäische Gemeinschaft eine Änderung der Mykotoxinhöchstmengenverordunung erlassen (EC No 856/2005). Diese umfasst konkret die Mykotoxine Deoxynivalenol (DON), Zearalenon (ZON) und Fumonisine. Der Höchstgehalt soll für unverarbeitetes Getreide, das zur ersten Verarbeitungsstufe in Verkehr gebracht wird bei 1 250 µg/kg liegen. Zu diesem Zeitpunkt ist die geplante Verwendung (Lebensmittel, Futtermittel) bekannt. Dabei gelten Reinigen, Trocknen und Sortieren nicht als Verarbeitungsstufe. Die weitere Verordnung (EG) Nr. 1068/2005 hat unter anderem die Mitgliedstaaten verpflichtet, den Gehalt an Kontaminanten auf der Grundlage einer Risikoanalyse zu kontrollieren. Darin wurde auch bestimmt, dass zur Intervention angebotener Hart- und Weichweizen als Lebensmittel bzw. Gerste und Mais als Futtermittel einzuordnen sind und diesbezüglich DON als unerwünschte Substanz in Tierfuttermittel gilt, somit dem Verschneidungsverbot unterliegt. Folglich wird zum einen eine ökonomische wie auch reproduzierbare Analysemethode zur Mykotoxinbestimmung notwendig.

Handlungsbedarf besteht aber auch seitens der Verwertungsmöglichkeiten. Eine weiterführende Nutzung außerhalb der Nahrungskette in Richtung Ethanolherstellung ist

wegen der Anreicherung von DON im Nebenprodukt auszuschließen. Die Einarbeitung von Pilzbeständen ist nur bei nichtkonservierender Bodenbearbeitung sinnvoll, um eine Reinfektion zu vermeiden. Aus Mangel an Alternativen hat die „Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe“ sich für die Ausschreibung eines Projektes entschlossen, dass das Potenzial des anaeroben Fermentationsprozess hinsichtlich einer Inaktivierung der Pilze mit gleichzeitigem Abbau des Toxins während einer stabilen Prozessführung ermitteln soll.

3 Methode

Potentialermittlung mittels Systemvergleich

Seit Inkrafttreten des EEGs befindet sich die Biogasbranche im Umbruch. Während jahrzehntelang Gülle das alleinige zu vergärende Substrat war, tritt heutzutage die Feststofffermentation von Energiepflanzen in den Vordergrund. Kleinere Reaktorvolumina, niederere Prozessenergie, geringere Transportkosten und verminderte Emissionen stellen einige der Vorteile dar. Zugegeben unterliegt der Stand der Technik gewissen Restriktionen. Die Mischtechnik sowie die Ein- bzw. Austragstechnik sind nicht vergleichbar mit der Prozessführung in klassischen Nassvergärungsanlagen (Schäfer et al. 2005). Dieser Sachverhalt zwingt die angewandte Forschung und die Industrie, den Fokus auf spezielle Techniken mit Trockensubstanzgehalten von bis zu 50 % zu setzen. Die laufenden Versuche werden auf der Grundlage der Richtlinien VDI 4630 und DIN 38 414 durchgeführt. Das Biogaspotenzial in den unterschiedlichen Trockensubstanzbereichen sowie in der Prozessführung (kontinuierliches und diskontinuierliches System) soll auf mögliche Hemmungen untersucht werden. Gleichzeitig soll eine Überwachung und Risikoeinschätzung der im Gärrest verbliebenen Sporen durchgeführt werden.

Weiter wurde eine Analysemethode zur Überwachung der Toxingehalte während des ganzen Fermentationsprozesses entwickelt, um Aussagen über die zu erwartende Entgiftungskapazität der Mikrobiologie machen zu können, da eine Übertragung des Toxins auf den Pflanzenbestand nicht auszuschließen ist. Der Versuchsaufbau des Hohenheimer Biogasertragstests wurde bereits detailliert beschrieben (Hellfrisch und Oechsner 2003). Die Laboranlage zur Feststofffermentation spezieller Biomasse wurde 2004 eingerichtet (Kusch und Oechsner 2005) und bildet seit dem die Basis für Forschung im Bereich von Verfahren mit kontinuierlicher Feststoffperkolation im diskontinuierlichen Betrieb. Die zehn zylindrischen, doppelwandigen Reaktoren sind aus Edelstahl und besitzen ein Fassungsvermögen von je 60 Liter. Die Temperatur von 37 °C wird durch den Anschluss an zwei in Reihe geschaltete Wasserbäder gewährleistet und kontinuierlich anhand eines pt100 ermittelt. Um unerwünschte Wärmeabgabe zu vermeiden, sind die doppelwandigen Zylinder mit Polystyrol ummantelt sowie alle Anschlüsse und Schläuche gedämmt.

Das Prozesswasser wird im Zylinderboden gesammelt und von dort aus zweimal täglich mit einer Elektropumpe abgepumpt, um es 15 Minuten lang über das Gärsubstrat zu perkolieren. Gleichzeitig können hier Proben der Flüssigkeit entnommen werden. Als Substrat diente, wie auch in den vorhergegangenen Versuchen verpilztes Getreide aus einem Versuchsanbau. Die Toxinkonzentration betrug im Mittel 20 000 µg/kg Substrat und die Infektionsrate der Getreidekörner wurde auf 100 % Fusarienbefall getestet.

4 Ergebnisse

4.1 Fermentation von kontaminiertem Getreide im Hinblick auf den Methanertrag

Weder die Fermentation der Feststoffvergärung noch die Flüssigfermentation zeigten im Vergleich zur unbelasteten Variante eine Hemmung des biologischen Abbauprozesses etwa durch einen Einbruch in der Gasbildung oder des Methanertrags beim Einsatz von kontaminiertem Material. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen aus dem HBT kann Folgendes festgestellt werden: Zu Beginn des Fermentationsversuchs adaptiert sich die Mikrobiologie an den Substratabbau.

Bis zum vierten Tag ist diese Anpassungsphase abgeschlossen und man erhält hier die höchsten Methangehalte. Im Vergleich zum Referenzmaterial (unbelastet) kann man einen geminderten Methangehalt sowohl bei der Feststoff- als auch bei der Flüssigfermentation erkennen.

Zurückzuführen ist dies auf die durch die Pilzbelastung geminderte Konzentration der Inhaltstoffe der energiereichen Fraktionen Stärke und Zucker. Durch Zellatmung werden diese Nährstofffraktionen vom Pilz selber während des Aufwuchses bzw. auch noch nach der Ernte metabolisiert und sind somit für die anaeroben Mikroorganismen nicht mehr verwertbar.

4.2 Mikrobiologische Untersuchung

Im Rahmen der Feststellung der Vitalität und des Sporenbildungsvermögens wird eine etablierte Pilzbestimmungsmethode nach Petrini (2002) anhand der Optimalversorgung der ausgestrichenen Proben (in diesem Fall Getreidekörner) angewendet. Durch die Vorteile des HBT (Prozessvarianz und hohe Untersuchungskapaziät), konnten hier die meisten Untersuchungsergebnisse ermittelt werden. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 1 aufgezeigt.

Dabei stellte sich heraus, dass auch beim Einsatz von isolierten Fusariensporen (d. h. künstlich hergestellte Lösung mit einer Sporenkonzentration von 106 Kolonie bildende Einheiten/ml) bereits eine Verweildauer von 3,5 h ausreicht, um die Keimungsfähigkeit der Fusariensporen zu deaktivieren. Der Variationsparameter Prozesstemperatur zeigte keinen Einfluss auf die Abtötung. Die Versuche zur Feststofffermentation wiesen diesen Sachverhalt auch beim ersten Entnahmetermin nach 12 h Fermentationsdauer auf.

Tab. 1: Mikrobiologische Ergebnisse zur Inaktivierung der Fusariumsporen
Tab. 1: Microbiological results of the inactivation of Fusarium spores

Verfahren *operation*	Betriebs-temperatur *operation temperature*	Substrat *substrate*	Inokulations-form *arrangement of Inoculation*	Fermentations-dauer *duration of fermentation*	Vollständige Inaktivierung *complete inactivation*
Batch, Flüssig-vergärung *batch-liquid-fermentation*	mesophil *mesophile* (37 °C)	unbelastetes Getreide *mould-free material*	isolierte Sporen *isolated spores*	0–96 h	3,5 h
Batch, Flüssig-vergärung *batch-liquid-fermentation*	mesophil *mesophile* (37°C)	belastetes Getreide *moulded material*	natürlich infi-ziertes Getreide *naturally infected cereals*	12 h–35 d	12 h
Batch, Flüssig-vergärung *batch-liquid-fermentation*	thermophil *thermophile* (53°C)	belastetes Getreide *moulded material*	natürlich infi-ziertes Getreide *naturally infected cereals*	12 h–35 d	12 h
Batch, Feststoff-vergärung *batch-solid phase-digestion*	mesophil *mesophile* (37°C)	belastetes Getreide *moulded material*	natürlich infi-ziertes Getreide *naturally infected cereals*	12 h–35 d	12 h

4.3 Toxinmonitoring

Die entwickelte Methode zur DON Bestimmung in Gülle zeigte sehr gute Wiederfindungsraten (SCHOLLENBERGER et al. 2006) Die Untersuchungsergebnisse der Fermentationsversuche zeigten, dass ein Toxinabbau erfolgt. Anzunehmen ist, dass das Toxin durch decarboxylierende Enzyme aus der Gülle bzw. Mikroorganismen abgebaut wird. Hierzu stehen die Ergebnisse der laufenden Versuche vor der Auswertung.

5 Ausblick

Jährlich werden in Deutschland etwa 3,8 Mio. t durch Pilzbefall kontaminierter Getreidechargen verzeichnet. Nach den Versuchsergebnissen könnte dieses Substrat der Kofermentation zugeführt werden. Durch die Verwendung von den für Lebensmittel/ Futtermittel gesperrten Getreidechargen ergeben sich zwei wesentliche Vorteile. Erstens entstehen aus ihrer Nutzung keine ethischen Konflikte zwischen der Nahrungsmittelproduktion und der Energiebereitstellung, zweitens können BGA-Betreiber trotz der Verminderung des Biogaspotenzials (bis zu 25 %) ökonomische Vorteile durch geringere Aufwendungen für das Substrat erzielen.

Literatur

COMMISSION REGULATION (EC) No 856/2005 amending Regulation (EC) No 466/2001 as regards Fusarium toxins. Official Journal of the European Union: 4

DIN 38 414/8 (1985): DEV Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Gruppe S-Schlamm und Sedimente, Bestimmung des Faulverhaltens

FAO Request No. EFSA-Q-2003-040 „Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in Food Chain on a request from the Commission related to fumonisins as undesirable substances in animal feed" (Scientific evaluations) 13 July 2005

Hochsteiner, W.; Schuh, M.; Luger, K.; Baumgartner, W. (2000): Einfluss von mykotoxinkontaminiertem Futter auf Leistungsparameter beim Milchrind. BER. MÜNCH. TIERÄRZTL. WSCHR. 113: 14–22

Petrini, L.E.; Petrini, O. (2002): Schimmelpilze und deren Bestimmung Bibliotheca Mycologica 194 VII: 147 S.: Ill.

Schäfer, W.; Evers, L.; Letho, M.; Sorvala, S.; Teye, F.; Granstedt, A. (2005): Two phase continous digestion of solid manure on-farm: plant design, mass, energy, and nutrient balance Proceeding: The future of Biogas for sustainable energy production in Europe 7th FAO/SREN Workshop

Schollenberger, M.; Rüfle, M.; Suchy, S.; Dejanovic, D.; Frauz, B.; Oechsner, H.; Drochner, W. (2007): Determination of DON and Deepoxy-DON in liquid manure of biogas production. In Proceeding 28th Mykotoxinworkshop 2006, Bydgoszcz, Polen

VDI Richtlinie 4630 (2006): Fermentation of organic materials, characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation test

Völkl, A.; Vogler, B.; Schollenberger, M.; Karlovsky, P. (2004): Microbial detoxification of mycotoxin deoxynivalenol. J. Basic Microbiol. 147–156 DOI: 10.1002/jobm.200310353

Vogelgsang, S. (2007): Forschungsbericht Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Biogastechnologie für wasserwirtschaftlich sensible Gebiete – Aspekte der Hygiene

Biogas Technology for Sensible Water Management Areas – Aspects of Hygiene

MICHAEL LEBUHN[1,2], MATHIAS EFFENBERGER[1], GABRIELA GARCÉS[2], PETER WILDERER[2], ANDREAS GRONAUER[1]

[1] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising

[2] Technische Universität München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, Am Coulombwall, D-85748 Garching

Schlüsselwörter: Biogas, Hygiene-Indikatoren, intestinale Enterokokken, wasserwirtschaftlich sensible Gebiete
Keywords: biogas, hygiene indicators, intestinal enterococci, sensible water management areas

Zusammenfassung

Künftige EU-Verordnungen werden auf eine Reduktion der Nährstoff- und Keimbelastung durch die Landwirtschaft besonders in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten abzielen. Die Ausbringung von Gärrest im Zuge mesophiler Biogasproduktion kann die Keimbelastung von Badegewässern reduzieren, zu einer Ausbringung in sehr sensiblen Gebieten wie der Wasserschutzzone II kommt aber nur ≥ 55 °C, >4 h, behandelter Wirtschaftsdünger in Frage. Eine Ausbringung dort sollte den vorgeschlagenen Maßgaben (Standortprüfung, Baumusterprüfung, Prozess-, Substrat- und Endproduktkontrolle, Maßnahmen bei Betriebsänderungen) unterliegen. Intestinale Enterokokken (iE) sind geeignete Indikatoren zur Verfolgung der Hygienisierung. Schwellen-/Höchstwerte für E. coli können nicht mit denen für iE gleichgesetzt werden

Summary

Forthcoming EU ordinances will aim at reducing agricultural nutrient and pathogen loads particularly in sensitive water management areas. Fertilization upstream by the digestate of mesophilic biogas production can reduce germ loads to bathing water. Only digestate produced at ≥55 °C, >4 h is suitable for fertilization in very sensitive areas such as water protection zone II. Application here should obey the given specified criteria (check of site and plant design, controls of process, substrate and product, measures of management change). Intestinal enterococci are suitable indicators for demonstrating hygienization. Threshold/maximum values for E. coli cannot be set equal to those for intestinal enterococci.

1 Hintergrund und Ziele

Ein Ziel der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität der Badegewässer 2002/0254 (COD) ist es, die diffuse Verschmutzung und Eutrophierung von Gewässern zu reduzieren. Über umzusetzende Bestimmungen der Wasserrahmenrichtlinie, soll bei allen Gewässern ein „guter ökologischer Zustand" erreicht werden. Verordnungen der EU werden daher auf eine Reduktion der Nährstoff- und Keimbelastung durch die Landwirtschaft besonders in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten abzielen. Dabei wird die Reduzierung diffuser Verunreinigung aus der Landwirtschaft erhebliche Kosten verursachen und oft nicht allein durch Anwendung der guten landwirtschaftlichen Praxis im Einklang mit den geltenden Rechtsvorschriften zu erreichen sein.

Für landwirtschaftliche Betriebe z. B. in Wasserschutzzonen oder im Zustrombereich von Badegewässern kann dies bedeuten, dass sie dort künftig nur noch hygienisierte bzw. keimreduzierte Gülle ausbringen dürfen. Für Gärreste mit tierischen Nebenprodukten sehen geltende Verordnungen (TierNebV, EG 1774/2002 Annex 6) bereits Schwellen- bzw. Höchstwerte vor. Verschärfte Kriterien auch für Wirtschaftsdünger wie Gülle anzulegen, ist immer wieder in der Diskussion. Hier kann der Betrieb einer Biogasanlage zur Wahrung der kommerziellen Interessen sinnvoll sein und gleichzeitig ökologischen Kriterien sowie wegen der Keimreduktion hygienischen Maßgaben genügen. In diesem Zusammenhang gibt es auch immer mehr Anfragen von landwirtschaftlicher Seite, ob im Rahmen von Biogastechnologie behandelter Wirtschaftsdünger geeignet sind, in der Wasserschutzzone II ausgebracht zu werden.

Der vorliegende Artikel beschreibt auf Grundlage von Ergebnissen einer 3-jährigen wissenschaftlichen Untersuchung (Lebuhn und Wilderer 2006), welche Verfahrensführung für welche Art von wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten geeignet ist, eine effektive Keimreduktion zu bewirken.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an einer hinsichtlich Hygienisierungsleistung optimierten 3-stufigen (mesophil-thermophil-mesophil, abgeschlossenes Endlager) Pilot-Biogasanlage (Berbling, Obb.) sowie in einer 1 : 6 verkleinerten Modellanlage mit Hilfe von Diffusions-Keimträgern durchgeführt. Verwertet wurde ausschließlich Milchviehgülle. Im thermophilen Fermenter F2 (liegend, tubulär, Paddelrührwerk, Schikanen) betrug die hydraulische Verweilzeit (HRT) 8 d und die minimale gesicherte Verweilzeit (MGRT) 8,5 h. Getestet wurde der Betrieb bei 48–55 °C sowie ≥55 °C. F1 und F3 waren mesophile Rührkessel-Fermenter, Beschickungsintervalle waren 1- und 2-stündlich. Detaillierte technische Angaben (Biogas-, Methan-Produktion; Prozessstabilität, -effizienz; Substratabbau; MGRT u. a.) finden sich bei Effenberger et al. (2006).

Im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchungen wurde in den einzelnen Kompartimenten (Vorgrube, F1-F3, Endlager (nur Berbling)) eine Reihe relevanter pathogener Organismen und Fäkalindikatoren quantifiziert (Fäkalcoliforme, Coliforme, Gesamt- und intestinale Enterokokken, *Yersinia enterocolitica*, thermophile *Campylobacter*; *Bacillus*-

cereus-Gruppe, *Clostridium perfringens*; *Cryptosporidium parvum/hominis* (Gesamtzahl, Infektiosität); *Enterovirus* sp., *Norovirus* sp., Rotaviren). Neben den Lebendkeimzahlen (KBE: Koloniebildende Einheiten, MPN: Most probable number) bzw. Aktivitätsparametern (für *C. parvum/hominis*) wurde die Anzahl der jeweils entsprechenden spezifischen Genome über Quantitative Real-Time PCR (qPCR) ermittelt. Detailliertere Angaben zur mikro- und molekularbiologischen Analytik finden sich in LEBUHN und WILDERER (2006).

3 Ergebnisse

Die Anzahl der Zielorganismen ließ sich über qPCR in Verbindung mit einer optimierten Nukleinsäure-Extraktion sehr genau bestimmen, allerdings werden dabei teils auch die durch die Behandlung abgetöteten Zielorganismen erfasst (LEBUHN und WILDERER 2006). Daher sind hier nur Ergebnisse aus der Analytik von Aktivitätsparametern dargestellt. Zur Bestimmung vitaler Einheiten kann allerdings eine MPN-qPCR verwendet werden (LEBUHN und WILDERER 2006), wenn ein (selektiver) Anreicherungsschritt vorgeschaltet ist. Weiterhin ist hierfür die Messung der Induzierbarkeit der Bildung von Boten-RNA (mRNA) vielversprechend (GARCÉS et al. 2006). Entscheidend für sehr gute Hygienisierung im Gärrest ohne Rückverkeimung Fäkalcoliformer im Endlager war der Betrieb des F2 bei ≥55 °C. Dagegen fand bei suboptimalem Betrieb (48–55 °C) im Endlager eine Rückverkeimung statt (Abb. 1). Als Hygienisierungs-Indikator eigneten sich die intestinalen Enterokokken am besten, da sie außer den getesteten bakteriellen Sporenbildnern, die weder zu- noch abnahmen, alle relevanten mikrobiellen Parameter abdeckten (Tab. 1). Dabei waren auch alle relevanten viralen Tierseuchenerreger thermophil empfindlicher als die intestinalen Enterokokken (HOFERER 2001).

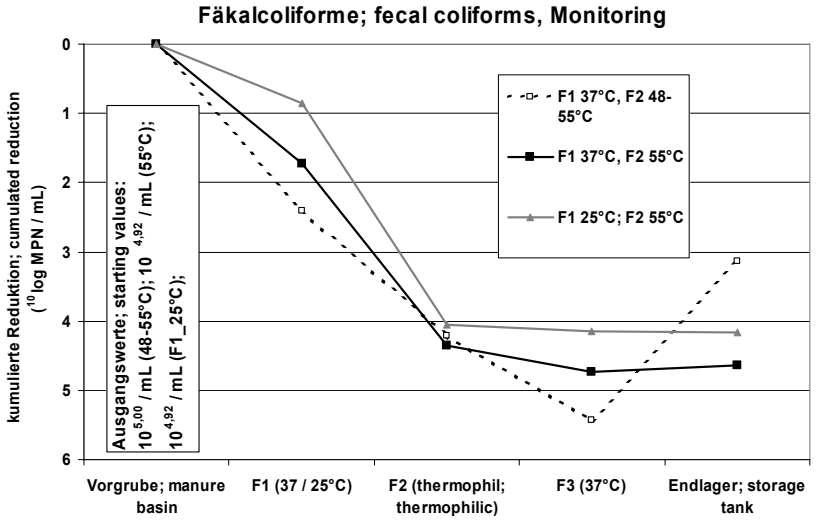


Abb. 1: Fäkalcoliforme: kumulierte Reduktion in der Pilotanlage
Fig. 1: Fecal coliforms: cumulated reduction in the pilot biogas plant

Tab. 1: Reduktion mikrobieller Parameter, Dauer der Reduktion um 4 ^{10}log-Stufen
Tab. 1: Reduction of microbial parameters, time for reduction by 4 ^{10}log units

Parameter	Reduktion (^{10}log); reduction (^{10}log) Berbling (8–9h 55°C)	$T_{99'99}$ (h) thermophil; $T_{99'99}$ (h) thermophilic Berbling/Literatur*; literature*	Bewertung; evaluation
Fäkalcoliforme fecal coliforms	4,8–6,0 (< Badegew.-Richtlinie)	0,12 (-1,6?)	<Indikator; <indicator
Enterovirus sp.	nicht nachweisbar; not detected	0,12–0,36	<Indikator; <indicator
Thermophile *Campylobacter* thermophilic *Campylobacter*	>1 (3 → <0,3 KBE/mL)	0,04–0,15	<Indikator; <indicator
Yersinia enterocolitica	>2 (100 → <1 KBE/mL)	0,27 (-2,04?)	<Indikator; <indicator
Rotaviren rotaviruses	nicht nachweisbar; not detected	0,48–1,2	<Indikator; <indicator
Norovirus (Gg1+2)	nicht nachweisbar; not detected	(ca. 4?)	<Indikator; <indicator ?
Coliforme/coliforms *Serratia marcescens*	3,5–5,6 (≤ Badegew.-Richtlinie)	0,52	<Indikator; <indicator
Cryptosporidium parvum/hominis	>5	<0,8 ~~[8,9–121,3]~~	<Indikator; <indicator
Intestinale Enterokokken intestinal enterococci	>2,5–3,0	4–6,8 (1. Phase; 1. phase)	Indikator; indicator
Bacillus cereus	0	3 298–400 000	kein Effekt; no effect
Clostridium perfringens	0–-0,5	10 629–400 000	kein Effekt; no effect

* Daten aus Hoferer (2001) sowie Lebuhn und Wilderer (2006) und anderen, darin zitierten Autoren/data from Hoferer (2001) and Lebuhn und Wilderer (2006) and other authors cited therein
$T_{99,99}$: Zeit zur Reduktion um 4 ^{10}log-Stufen/time for reduction by 4 ^{10}log units

Um eine sehr gute Hygienisierung bzw. Reduktion intestinaler Enterokokken um 4 ^{10}log-Stufen zu erzielen, war eine >4 bzw. ca. 5-stündige Behandlung bei gesicherten 55 °C erforderlich. F1 trug dazu kaum, F3 allenfalls marginal bei (Abb. 2). Zum Erreichen des Schwellenwerts der TierNebV von 10^3 *Escherichia coli* (entspricht in etwa Fäkalcoliformen)/mL Gärrest war mesophil (37 °C) theoretisch eine Verweilzeit im F1 von etwa 5,5 d nötig. In der Pilot-Biogasanlage wurde der Schwellenwert bei der gegebenen HRT im F1 von 9 d annähernd erreicht (Abb. 2). Zum Erreichen des Schwellenwerts von 10^3 *Enterococcaceae* (entspricht in Rindergülle in etwa intestinalen Enterokokken)/mL Gärrest war mesophil theoretisch eine HRT im F1 von etwa 7,8 d nötig, er wurde im F1 der Pilot-Biogasanlage aber nie erreicht (Abb. 2).

4 Diskussion

Da *Enterococcus faecium* und *E. faecalis* (entsprechen in Rindergülle in etwa intestinalen Enterokokken) bei 37 °C eine etwa 2-fach und bei 55 °C eine etwa 20-fach längere dezimale Reduktionszeit haben als *E. coli* und auch im Praxisbetrieb keine Reduktion auf ein gleiches Niveau erzielt wurde, wird die Gleichwertigkeit der Parameter *E. coli* und *Enterococcaceae* in der TierNebV in Frage gestellt und eine Überarbeitung angeraten.

Zur Verbesserung der Badegewässerqualität kann bereits die Ausbringung mesophil vergorenen Wirtschaftsdüngers im Zustrombereich wesentlich beitragen.

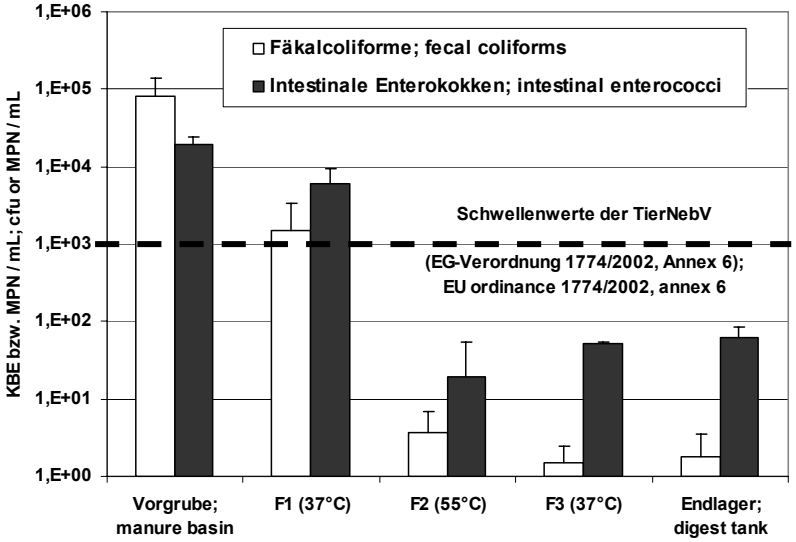


Abb. 2: Fäkalcoliforme und intestinale Enterokokken im Monitoring über 3 Jahre
Fig. 2: Fecal coliforms and intestinal enterococci in 3-years monitoring

Entsprechende Überlegungen sollten in der Landwirtschaft nicht nur angesichts zu erwartender gesetzlicher Novellierungen vorausschauend stattfinden. Zum Einsatz in wasserwirtschaftlich sehr sensiblen Gebieten (z. B. Wasserschutzzone II) kann nur eine Betriebsweise bei gesicherten 55 °C, >4 h oder eine adäquate Behandlung sehr gute Hygienisierung des Gärrests gewährleisten. Hier sollten folgende Vorgaben greifen:

Standortprüfung: Die hydrogeologische Situation sollte einen Kurzschluss zum Grundwasserstrom ausschließen: Keine Ausbringung z. B. über Karst, Kies oder Grobsand mit direktem Grundwasseranschluss. Bei Böden mit typischerweise ausreichender Überdeckung und Filtereigenschaft sollten bodenart- und witterungsbedingte Ausschlussfälle im Rahmen von standortbezogenen Hinweisen zur Gärrestapplikation differenziert definiert werden. Gärrest sollte z. B. nicht auf tonreichem Boden nach längerer Trockenheit (Schwundrissbildung) ausgebracht werden.

Baumusterprüfung: Das Verfahren sollte bei thermophil anaerober Vergärung eine minimale gesicherte Verweilzeit (MGRT) von >4 h bei gesicherten 55 °C im thermophilen Fermenter beinhalten (um einen Toleranzspielraum freizuhalten wären 8–9 h MGRT oder eine höhere Temperatur wünschenswert), alternativ eine Pasteurisierung oder einen adäquaten Schritt. Vorgeschlagene Technologien sollten im Rahmen einer Baumusterprüfung die geforderte MGRT nachweisen (in Rührkessel-Fermentern bestimmt das Beschickungs-Intervall die MGRT). Kurzschlüsse während des Prozesses sind auszuschließen. Nach der thermophilen (oder adäquaten) Hygienisierungs-Stufe muss Schwarz-Weiß-Trennung gegeben sein.

Prozesskontrolle: Die Prozesstemperatur von 55 °C sollte im Betrieb online verfolgt und dokumentiert werden (indirekte Prozesskontrolle). Eine zumindest einmalig nach Inbetriebnahme (steady-state Betrieb) exemplarisch vorgenommene direkte Prozesskontrolle sollte die Reduktion intestinaler Enterokokken um >4 ^{10}log-Stufen demonstrieren.

Die Reduktion kann ggf. mit Hilfe in den Fermenterinhalt eingebrachter Keimträger mit 10^6–10^7 KBE *Enterococcus faecium*/mL nachgewiesen werden, wobei die für den Betrieb vorgesehene MGRT (>4 h) als Verweilzeit dient.

Substrat-, Endproduktkontrolle: Substrat ist Rindergülle aus gesundem Bestand, ggf. in Mischung mit unbefallenen nachwachsenden Rohstoffen. Nach Inbetriebnahme (steady-state Betrieb) sollte eine etwa 2 Wochen vor Ausbringung vorgenommene Produktprüfung (Endlagerprobe) dem Gärrest folgende Qualitäten bestätigen: <150 intestinale Enterokokken/mL (Membranfilter, Kultivierung auf Äsculin-Galle-Agar nach Slanetz-Bartley-Agar), <5 Fäkalcoliforme/mL und/oder <100 Coliforme/mL (z. B. Fluorocult®-System); [optional bei unklarer Herkunft des Gärguts (Inputmaterial), v. a. bei nicht ausgeschlossener Kontamination mit Kot von Fleischfressern <3 000 C*lostridium perfringens*/mL (z. B. TSCF-Plattenguss)]. Die Endproduktprüfung sollte bei gleichbleibender Prozessführung in der Anlage 1 x jährlich wiederholt werden, insbesondere nach der Winterpause vor der ersten Frühjahrsdüngung.

Betriebsänderungen: Ein unter neuen Bedingungen produzierter Gärrest sollte erst nach Bestätigung des hygienisch einwandfreien Zustands durch Prozess- und Endproduktkontrollen ausgebracht werden.

Literatur

Effenberger, M.; Bachmaier, J.; Gronauer, A. (2006): „Biogastechnologie zur umweltverträglichen Flüssigmistverwertung und Energiegewinnung in Wasserschutzgebieten". Abschlussbericht der Arbeitsgruppe Reststoffmanagement, Arbeitsbereich Umwelttechnik in der Landnutzung, Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik (ILT) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). In: LfL-Schriftenreihe 23/2006, ISSN 1611-4159: 1–151

Garcés, G.; Effenberger, M.; Najdrowski, M.; Wackwitz, C.; Gronauer, A.; Wilderer, P. A.; Lebuhn, M. (2006): Quantification of *Cryptosporidium parvum* in anaerobic digesters treating manure by (reverse-transcription) quantitative real-time PCR, infectivity and excystation tests. Water Sci. Tech. 53/8: 195–202

Hoferer, M. (2001): Seuchenhygienische Untersuchungen zur Inaktivierung ausgewählter Bakterien und Viren bei der mesophilen und thermophilen anaeroben alkalischen Faulung von Bio- und Küchenabfällen sowie anderen Rest- und Abfallstoffen tierischer Herkunft. Inaugural Dissertation beim Fachbereich Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin, Journal-Nr. 2528: 1–211

Lebuhn, M.; Wilderer, P. (2006): Abschlussbericht des StMUGV-Projekts "Biogastechnologie zur umweltverträglichen Flüssigmistverwertung und Energiegewinnung in Wasserschutzgebieten: wasserwirtschaftliche und hygienische Begleituntersuchung, Berichtsteil TUM: Mikrobiologische, parasitologische und virologische Untersuchungen". In: LfL-Schriftenreihe 23/2006, ISSN 1611-4159: 151–242 (http://www.wga.bv.tum.de/component/option,com_docman/task,cat_view/gid,63/Itemid,46/lang,de/)

Ökobilanz der energetischen Nutzung von Biogas aus Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen

Lifecycle Analysis of Energy Recovery from Biogas Produced from Animal Manure and Renewable Primary Materials

JOHANNES BACHMAIER, MATHIAS EFFENBERGER, ANDREAS GRONAUER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising

Schlüsselwörter: Biogas, Nachwachsende Rohstoffe, Elektrizität, Wärme, Ökobilanz
Keywords: biogas, renewable primary materials, eectricity, heat energy, lifecycle analysis

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Ökobilanzmethode wurden die Treibhausgasemissionen der Elektrizitätserzeugung aus Biogas anhand der Praxisdaten von fünf landwirtschaftlichen Biogasanlagen ermittelt. Bilanzierungsrahmen war die Verfahrenskette vom Anbau der nachwachsenden Rohstoffe bis zur Ausbringung der Gärreste auf den Feldern.

Für die betrachteten Anlagen ergaben sich Treibhausgasemissionen zwischen +161 und -144 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$. Das hauptsächliche Potenzial zur Verbesserung der Treibhausgasbilanz landwirtschaftlicher Biogasanlagen liegt demnach in der Maximierung des Anteils von Wirtschaftsdüngern an der Futterration und der Wärmenutzung außerhalb der Biogasanlage sowie in der Minimierung direkter Methanemissionen (Überdrucksicherung, Gärrestlager). Basierend auf einer Betreiberumfrage ergab sich durch den neuen Betriebszweig Biogas eine deutliche Reduzierung der Umweltbelastung in den Bereichen Eutrophierung, Ressourcenverbrauch und Ökotoxizität.

Summary

Greenhouse gas (GHG) emissions of electricity generation from biogas were determined for five agricultural biogas plants in practice, using the method of lifecycle analysis. The analyses covered the process chain from the production of renewable primary materials to the application of the digestate to the fields.

Calculated GHG emissions of the investigated plants ranged from +161 to -144 g CO_2-equ. · $kWh_{el.}^{-1}$. GHG emissions can be reduced mainly by: maximizing the share of animal manure in the input; maximizing external utilization of heat energy; and minimizing direct release of methane (e.g., due to overpressure and during storage of digestate). Based on a survey among the farmers, operation of the biogas plant reduced the environmental impacts of the agricultural operations with respect to eutrophication, consumption of resources, and ecotoxicity.

1 Problemstellung

Die Biogastechnik ermöglicht die Erzeugung von Strom und Wärme aus organischen Reststoffen sowie eigens angebauter Biomasse (nachwachsende Rohstoffe). Die vorliegenden Bilanzierungsstudien belegen, dass die Umweltwirkungen von Biogasanlagen je nach getroffenen Annahmen stark variieren (SCHOLWIN et al. 2006, WUPPERTAL INSTITUT 2006). Diese theoretischen Ansätze werden in der vorliegenden Arbeit an fünf Praxisanlagen überprüft.

2 Material und Methode

Die Bilanzierung wurde nach der Ökobilanzmethode durchgeführt. Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung der wesentlichen Umweltwirkungen der Stromproduktion aus Biogas. Hierfür wurden die Stoff- und Energieströme auf fünf landwirtschaftlichen Biogasanlagen erfasst (Abb. 1; Tab. 1). Als Bilanzierungsrahmen wurde die Verfahrenskette vom Anbau der nachwachsenden Rohstoffe bis zur Ausbringung des Gärrestes auf den Feldern festgelegt. Andere Betriebszweige des landwirtschaftlichen Betriebs wurden ausgeklammert. Die Sachbilanz wurde aus Betriebstagebüchern, Einzelmessungen und Ergänzungen aus der Literatur erstellt.

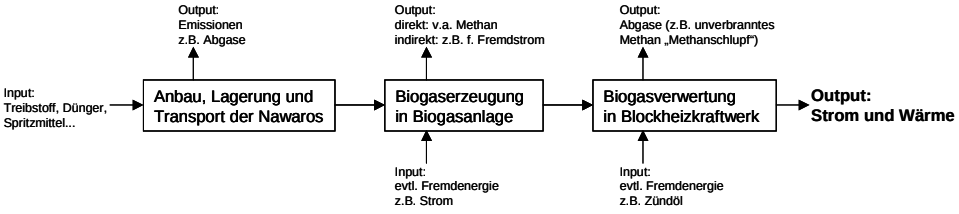


Abb. 1: Stoff- und Energieströme bei der Energieerzeugung aus Biogas
Fig. 1: Material and energy flows of energy production from biogas

Tab. 1: Charakterisierung der untersuchten Biogasbetriebe
Tab. 1: Characteristics of investigated biogas plants

ID	Einsatzstoffe	Motortyp	Wärmenutzung	Gärrestlager
1	Maissilage, Hähnchenmist	Gas-Otto	anteilig	Gaserfassung
2	Mais-/Grassilage, Getreide-GPS, Getreidekörner	Gas-Otto	vollständig	Gaserfassung
3	Mais-/Grassilage, Getreide-GPS, Rindergülle	Zündstrahl	keine	Gaserfassung
4	Maissilage, Getreide-GPS	Zündstrahl	anteilig	offen
5	Mais-/Grassilage, Getreide-GPS, Getreidekörner, Schweinegülle	Zündstrahl	anteilig	Gaserfassung

Als funktionelle Einheit wurde eine Kilowattstunde Strom (1 $kWh_{el.}$) gewählt, da die Erzeugung elektrischer Energie den wirtschaftlichen Motor der Biogasproduktion darstellt. Als Vergleichsszenario wurde die Stromproduktion in konventionellen deutschen Kraftwerken herangezogen.

Da sämtliche Umweltbelastungen der Stromproduktion zugerechnet wurden, wurde für die außerhalb der Biogasanlage genutzte Abwärme des Blockheizkraftwerks (BHKW) eine Gutschrift entsprechend der Menge an CO_2-Äquivalenten errechnet, die im deutschen Wärmemix nach GEMIS 4.3 emittiert wird (326 g · $kWh_{thermisch}^{-1}$).

Um weitere Umweltauswirkungen des neuen Betriebszweiges Biogas in den Wirkungskategorien Eutrophierung, Ökotoxikologie und Ressourcenverbrauch abzuschätzen, wurden die Betreiber befragt, wie sich durch den neuen Betriebszweig Biogas der Betriebsmitteleinsatz, die Bewirtschaftungsintensität und das Transportaufkommen im Vergleich zur Betriebssituation vorher verändert haben.

3 Ergebnisse und Diskussion

Vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion um die Klimaerwärmung wird in der vorliegenden Arbeit der Schwerpunkt auf die Treibhausgasemissionen der Energiebereitstellung aus Biogas gelegt. Die oben genannten weiteren Umweltwirkungen werden übergreifend diskutiert.

3.1 Treibhausgasemissionen der Stromproduktion aus Biogas

Treibhausgasemissionen wurden für die Prozessschritte Feldbewirtschaftung, Transport und Lagerung der nachwachsenden Rohstoffe, Bau und Betrieb der Biogasanlage sowie direkte Methanemissionen (Methanschlupf, Emissionen aus dem Gärrestlager und diffuse Methanemissionen) berücksichtigt (Abb. 1). Gutschriften (negative Treibhausgasemissionen) wurden angerechnet für die Vergärung von Wirtschaftsdüngern und für die Wärmenutzung.

Bereitstellung der nachwachsenden Rohstoffe[1]

Besteht die eingesetzte Biomasse hauptsächlich aus eigens angebauten Pflanzen (Anlage 2 bis 5), werden für den Anbau durchschnittlich 116 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$ freigesetzt (Abb. 2). Je nach Pflanzenart schwanken die direkten und indirekten Emissionen bei Anbau und Ernte (KTBL 2005, 2006). Der ökologische Rucksack der Substrate wird durch den Einsatz größerer Mengen an tierischen Exkrementen im Durchschnitt kleiner, da diese nicht extra angebaut und geerntet, sondern nur transportiert werden müssen (Anlage 1).

[1] Hierzu werden die angebaute Pflanzenmasse und tierische Exkremente gezählt.

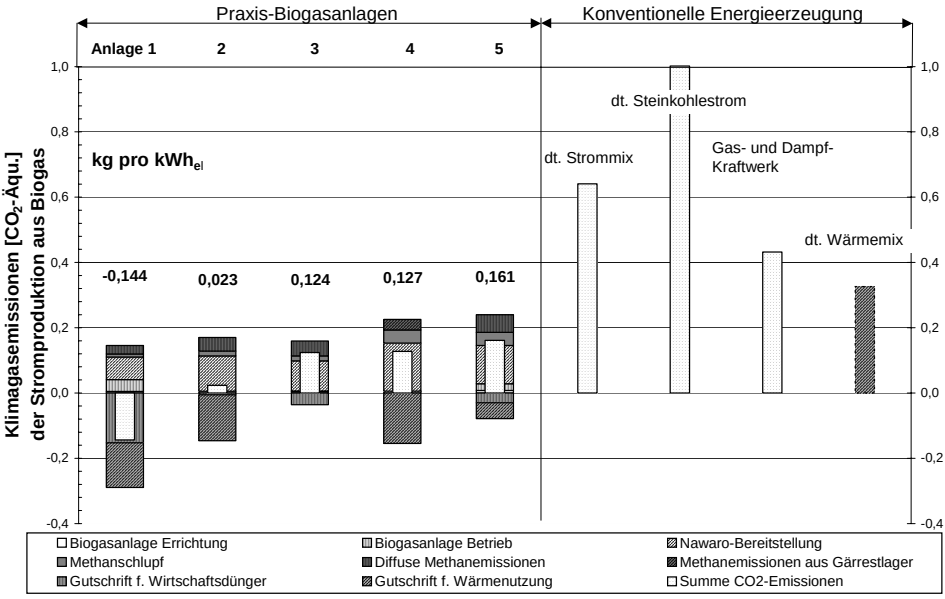


Abb. 2: Vergleich der Treibhausgasemissionen der Stromproduktion in den untersuchten Praxis-Biogasanlagen und in konventionellen Kraftwerken

Fig. 2: Comparison of greenhouse gas emissions from electricity production in the investigated biogas plants and in conventional power stations

Errichtung der Biogasanlage

Die Klimabilanz der Errichtung der Biogasanlagen wurde über den ökologischen Rucksack der verwendeten Baustoffe abgeschätzt. Durch die „Abschreibung" dieser Emissionen über die technische Lebensdauer der Anlagen (20 a) ergeben sich Emissionen von unter 10 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$.

Betrieb der Biogasanlage

Die Anlagen 1 und 5 beziehen die elektrische Energie für den Betrieb der Biogasanlage aus dem Stromnetz, Anlage 2 nutzt hierfür einen Teil des eigenen Biogas-Stroms. Der Strombedarf der Anlagen 3 und 4 wird größtenteils über Kleinwasserkraftwerke abgedeckt. Daraus resultieren sehr unterschiedliche Treibhausgasemissionen für den Eigenstromverbrauch der Biogasanlagen zwischen 0 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$ und 36 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$.

Direkte Methanemissionen

Der Methanschlupf (unverbranntes Methan im Abgas) ist abhängig vom Motortyp. Basierend auf Einzelmessungen an baugleichen BHKW wurden Werte zwischen 10 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$und 40 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$ angesetzt.

Die Treibhausgasemissionen aus offenen Gärrestlagern können teilweise erheblich sein. Im vorliegenden Fall besitzt nur die Anlage 4 ein offenes Gärrestlager, für das Methanemissionen in Höhe von etwas mehr als 30 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$ angesetzt

wurden. Die diffusen Methanemissionen (z.B. durch Foliendach, Überdrucksicherung) können nicht gemessen werden und wurden für alle Anlagen pauschal mit 1 % der Methanproduktion angenommen.

Gutschriften

Je nach Umfang der Wärmenutzung ergeben sich bei den betrachteten Anlagen Gutschriften zwischen 0 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$ und –140 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$. Die Gutschrift für die Vergärung von Wirtschaftsdüngern ergibt sich aus den vermiedenen Methanemissionen, die ansonsten bei der Lagerung tierischer Exkremente über längere Zeiträume anfallen würden. Die Gutschrift wurde nach den Regeln des IPCC (UMWELTBUNDESAMT 2006) berechnet und beläuft sich je nach Wirtschaftsdüngeranteil auf Werte zwischen 0 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$ und -150 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$.

Bilanz

Aus der Summe der Emissionen und Gutschriften ergibt sich die Treibhausgasbilanz der jeweiligen Anlage. Die betrachteten Anlagen emittieren zwischen +161 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$ und -144 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$. Anlage 5 mit der ungünstigsten Klimabilanz erreicht damit ca. ein Viertel der spezifischen Treibhausgasemissionen im deutschen Strommix (641 g CO_2-Äqu. · $kWh_{el.}^{-1}$). Anlage 1 mit der günstigsten Klimabilanz weist aufgrund von Gutschriften negative Klimagasemissionen auf.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich eine gute Klimabilanz landwirtschaftlicher Biogasanlagen vor allem durch folgende Maßnahmen erzielen lässt:

- Maximierung des Anteils von Wirtschaftsdüngern an der Futterration[1]
- Maximierung der Wärmenutzung außerhalb der Biogasanlage
- Minimierung direkter Methanemissionen (Überdrucksicherung, Gärrestlager)

3.2 Andere Umweltwirkungen

Durch den neuen Betriebszweig Biogas ergeben sich mehr oder weniger tiefgreifende Änderungen der gesamten Struktur der untersuchten landwirtschaftlichen Betriebe. In einem Fall wurde die Tierhaltung aufgegeben, in drei anderen Fällen waren schon vor Inbetriebnahme der Biogasanlage keine Tiere vorhanden. Ein Betrieb führt die Tierhaltung weiter und verwertet die anfallende Gülle komplett in der Biogasanlage. In allen Fällen hat die Produktion von Energiepflanzen für die Biogasgewinnung Auswirkungen auf die Feldwirtschaft.

Vier von fünf Betreibern gaben an, deutlich (50–60 %) weniger Stickstoff-Mineraldünger einzusetzen, da dieser durch den Gärrest substituiert werden kann. Praktisch dasselbe Bild ergab sich für den Einsatz von Phosphat- und Kali-Mineraldünger.

Durch Umstellungen in der Fruchtfolge ging der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln tendenziell deutlich zurück. Hierbei wirkte sich die Einstellung des Rapsanbaus, eine Vergrößerung der Maisanbauflächen und die herbizid- und insektizidfreie Produktion

[1] In diesem Zusammenhang ist der aktuelle Trockenfermentationsbonus hinderlich, da er die Zugabe von Flüssigmist verhindert.

von Roggen und Sudangras vor allem auf den Insektizid- und Fungizidverbrauch (-30 bis -60 %) sowie in etwas geringerem Maße auf den Herbizidverbrauch aus.

Der Treibstoffeinsatz hat sich auf allen untersuchten Betrieben durch die Biogasanlage deutlich erhöht (+20 bis +70 %). Dies ist vor allem durch die gestiegenen Transportaufwendungen sowie durch eine aufwändigere Erntekette begründet. Während durch die Einschränkungen beim Pflanzenschutz Arbeitsgänge eingespart werden konnten, stieg der Arbeitsaufwand auf einem Teil der Flächen durch den Anbau einer Zweitfrucht.

Auswirkung auf Umweltwirkungen

Vor dem Hintergrund der Angaben der befragten Betreiber erscheint die Biogaserzeugung auch im Hinblick auf die Wirkungskategorien Eutrophierung, Ökotoxikologie und Ressourcenverbrauch in einem überwiegend positiven Licht. Durch die Substitution von Mineraldünger wird der Ressourcenverbrauch reduziert und die Nährstoffkreisläufe werden entlastet. Der Rückgang des Spritzmitteleinsatzes wirkt sich vor allem in der Wirkkategorie Ökotoxizität positiv aus.

Literatur

GEMIS 4.3: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.3. Institut für angewandte Ökologie e. V (Öko-Institut) Freiburg. Freie Software. http://www.oeko.de/service/gemis/ 15.09.2005

KTBL (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt

KTBL (2006): Energiepflanzen, KTBL-Datensammlung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) und Leibniz Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Darmstadt, Potsdam

Scholwin, F.; Michel, J.; Schröder, G.; Kalies, M. (2006): Ökologische Analyse einer Biogasnutzung aus nachwachsenden Rohstoffen, Endbericht, FKZ: 22014303 (03NR143), Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig

Umweltbundesamt (2006): Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausinventar 1990 - 2006, Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, Berlin

Wuppertal Institut (2006): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse, Untersuchung im Auftrag von BGW und DVGW; Band 1: Gesamtergebnisse uns Schlussfolgerungen, Wuppertal, Leipzig, Oberhausen, Essen

Untersuchungen zum Leistungs- und Emissionsverhalten biogasbetriebener Blockheizkraftwerke an Praxis-Biogasanlagen

Investigations of Exhaust Emissions and Performance of Biogas-driven Combined-heat-and-power Plants in Practice

VOLKER ASCHMANN, RAINER KISSEL, ANDREAS GRONAUER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising-Weihenstephan

Schlüsselwörter: BHKW, Wartung, NO_x, Emissionen, Wirkungsgrad
Keywords: CHPU, maintenance, NO_x, emissions, efficiency

Zusammenfassung

Die Leistungsfähigkeit eines BHKW in der Praxis ist die entscheidende Komponente einer Biogasanlage, wenn es um die Verstromung des produzierten Biogases geht. Bei der Wartung und Einstellung des BHKW sollten jedoch auch die entstehenden Emissionsfrachten berücksichtigt werden.

Untersuchungen an verschiedenen in der Praxis befindlichen Biogas-BHKW ergaben zum Teil erhebliche Grenzwertüberschreitungen beim NO_x-Gehalt im Abgas im ungewarteten Betriebszustand. Eine Einhaltung der Grenzwerte durch eine Wartung und Neueinstellung konnte nur unter Inkaufnahme von Wirkungsgrad- bzw. Leistungseinbußen erzielt werden.

Summary

The electrical power output of combined-heat-and-power unit (CHPU) is prioritised when biogas is used for electricity production. However, emissions from the CHPU should also be taken into consideration during servicing and adjusting of engines. Investigations at several biogas driven CHPU prior to maintenance revealed NO_x-levels in the exhaust gas that were in part considerably in excess of respective limit values. The limit values could be met by servicing and adjusting the engine, but this resulted in decreased electrical efficiency and power output.

1 Einleitung und Problemstellung

Seit Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in 2004 kam es zu einer erheblichen Steigerung der Inbetriebnahme neuer Biogasanlagen. Dieser Nachfrageboom hatte aber auch eine starke Kostenerhöhung für die Errichtung einer Biogasanlage zur Folge. Um so wichtiger ist daher die Leistungsfähigkeit eines BHKW einzuschätzen, da der Wirkungsgrad des BHKW mit ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes ist. Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen und umweltschonenden Energieproduktion sollte dabei der Ausstoß an schadrelevanten Gasen minimiert werden.

Die in diesem Projekt untersuchten Biogas-BHKW weisen sehr unterschiedliche Wartungskonzepte auf. Dabei reicht die Spanne von einer alleinigen Wartung durch den Anlagenbetreiber, d. h. der BHKW-Hersteller bietet keine Servicewartung an, bis zum Vollwartungsvertrag des Herstellers mit garantierter Leistung und Laufzeit. Die Einhaltung des nach der TA-Luft erforderlichen Grenzwertes für NO_x garantieren mittlerweile alle BHKW-Hersteller. In der Praxis herrschen jedoch nicht immer optimale Verbrennungsbedingungen und auch die Einstellung der Motoren verläuft nicht immer unter Berücksichtigung der Emissionswerte, sondern richtet sich eher nach der Leistungsabgabe des BHKW. Ziel dieses Vorhabens ist die Optimierung der Leistungs- und Emissionswerte neuer stationärer biogasbetriebener BHKW im Praxiseinsatz.

2 Material und Methoden

Für die Beantwortung der im Projekt definierten Fragestellungen wurden drei Zündstrahl- (110 $kW_{el.}$, 250 $kW_{el.}$, 265 $kW_{el.}$) und drei Gas-BHKW (190 $kW_{el.}$, 324 $kW_{el.}$, 526 $kW_{el.}$) für die Messungen ausgesucht.

Zur Erfassung der Stoff- und Energieströme der BHKW wurden folgende Messungen vorgenommen: Gasvolumen, -temperatur, -druck, -feuchte und -zusammensetzung in der Gasstrecke; das Volumen der Verbrennungsluftzufuhr; die Zündölmenge und die abgegebene elektrische Leistung. Die dem Motor zugeführte Energiemenge wurde als Summe des Brennwertes des Normgasvolumens und der zugeführten Zündölmenge berechnet. Aus diesen Werten und der vom Generator abgegebenen Strommenge wurde gemäß der Vorgaben der DIN 3046-1 der elektrische Wirkungsgrad des BHKW bestimmt. Das Volumen der Verbrennungszuluft diente zur Berechnung des Abgasvolumenstromes und der Luftüberschusszahl Lambda λ.

Abgasseitig wurden die Komponenten NO_x und CO sowie die Menge der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (C_nH_m) erfasst. Anhand der gemessenen Werte können Angaben über den Einfluss der Wartung auf die Einhaltung der Grenzwerte der TA-Luft (Technische Anleitung Luft) gemacht werden. Auch besteht die Möglichkeit, über die Abgasmenge und deren Zusammensetzung Schadstofffrachten zu bestimmen und diese in Beziehung zu den durchschnittlichen Emissionen aus dem deutschen Kraftwerksmix zu setzen. Das gesamte Messprogramm ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Komponenten und eingesetzte Messtechnik
Tab. 1: Measured variables and measuring equipment

Komponenten	Messgeräte	Einheiten
Gaszusammensetzung (CH_4, CO_2, O_2, H_2, H_2S)	AWITE	%, ppm
Gasdruck, -feuchte und -temperatur	Druck- u. Feuchtesensor, PT 100	mbar, %, °C
Luftvolumen	testovent 410, Messimpeller	m^3
Zündölverbrauch	Wägezelle	kg
Gesamtheit der Kohlenwasserstoffe	FID	mg/m^3
Abgaszusammensetzung (NO_x, CO, CO_2, O_2, Temperatur)	Testo 350	mg/m^3, %, °C
Strommenge	KBR Multimess	kWh

In Abbildung 1 ist der messtechnische Aufbau in der Praxis dargestellt. Zu sehen sind das Gasanalysegerät, der Messimpeller zur Messung des Luftvolumens für die Verbrennung, die Datenaufzeichnungseinheit mit angeschlossenem Laptop sowie die Stromzangen zur Erfassung der produzierten Strommenge. Nicht zu sehen ist der Gaszähler und die Messtechnik für die Messung der Abgase, die sich außerhalb des BHKW-Raumes befindet.

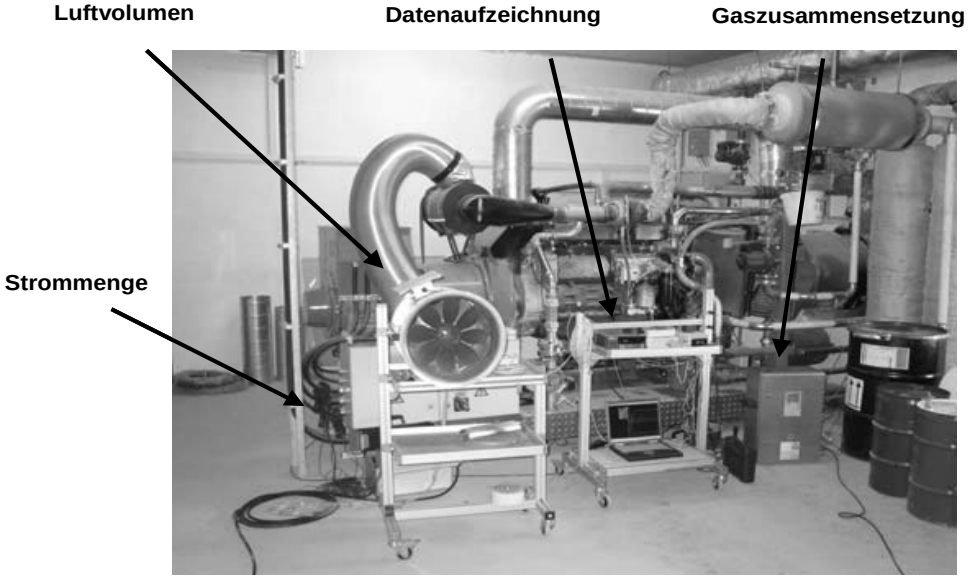


Abb. 1: Messtechnischer Aufbau in der Praxis (250 $kW_{el.}$ BHKW)
Fig. 1: Measurement setup in practice (250 $kW_{el.}$ CHPU)

3 Ergebnisse und Diskussion

Bereits bei den ersten Messungen konnte ein deutlicher Einfluss der Wartung auf das Abgasverhalten der einzelnen BHKW beobachtet werden (Abb. 2). Es zeigte sich, dass kein BHKW die erforderlichen Grenzwerte im ungewarteten Zustand unterschritt. Die Grenzwertüberschreitungen lagen zwischen 10 % und 500 %. Nach der Wartung durch den BHKW-Service des Herstellers konnten die Grenzwerte für NO_x bis auf ein BHKW erreicht werden. Nur das 190 $kW_{el.}$ Gas-BHKW mit alleiniger Wartung des Anlagenbetreibers lagen auch nach der Wartung weit oberhalb des Grenzwertes (Abb. 2).

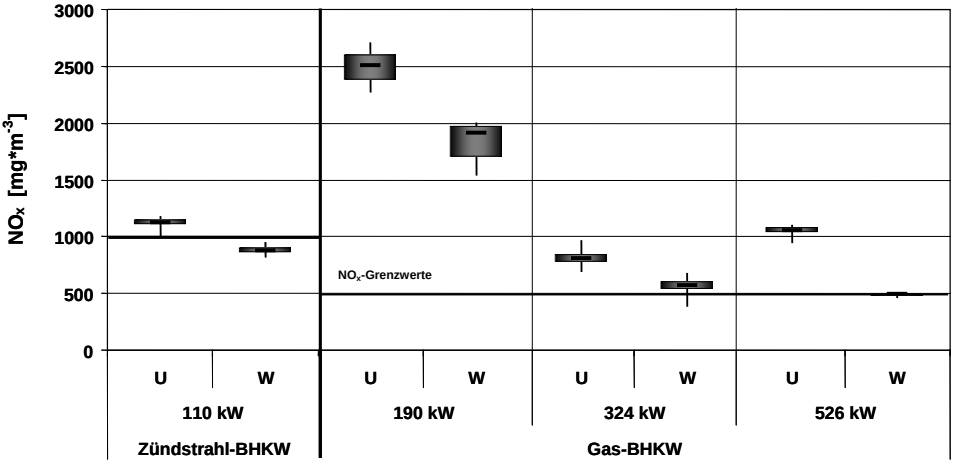


Abb. 2: Box-Plots der gemessenen NO_x-Gehalte im Abgas einzelner BHKW vor und nach der Wartung
Fig. 2: NO_x-contents in the exhaust of several CHPU prior to and after servicing shown in Box-Plots

Die Reduzierung der NOx-Gehalte im Abgas erfolgt in der Regel durch eine Erhöhung der Luftüberschusszahl Lambda λ. Dies hat jedoch zur Folge, dass durch einen höheren Luftgehalt im Verbrennungsgas (magere Verbrennung) auch der darin enthaltene Energiegehalt sinkt und damit die Leistung beeinträchtigt.

Die Konzepte einiger Hersteller gehen in die Richtung, den Luftüberschuss so weit zu reduzieren, bis die geforderte Leistung gerade noch erbracht werden kann, ohne die Verbrennung negativ zu beeinträchtigen.

Welchen Einfluss die Wartung auf das Abgasverhalten, die elektrische Leistung und den elektrischen Wirkungsgrad der untersuchten BHKW hat, zeigt die Abbildung 3.

In dieser Grafik ist der Einfluss der Wartung auf die Abgaskonzentrationen NO_x und CO, sowie auf die elektrische Leistung und den elektrischen Wirkungsgrad gegenübergestellt.

Im Gegensatz zum positiven Effekt der Wartung auf den NO_x-Gehalt im Abgas, ist im Bezug auf den CO-Gehalt nur eine geringe Änderung zu sehen, wobei die Grenzwerte der TA-Luft bezüglich CO von keinem der untersuchten BHKW überschritten werden. Es zeigt sich jedoch deutlich ein Zusammenhang zwischen der Reduzierung des NO_x-Wertes

durch die Erhöhung des Luftüberschusses und der vom BHKW abgegebenen elektrischen Leistung bzw. Wirkungsgrades. Bei den 110 kW, 324 kW und 526 kW BHKW ist ein Rückgang des elektrischen Wirkungsgrades zwischen 0,3 % und 1,6 %-punkte festgestellt worden. Die Verringerung der elektrischen Leistung der untersuchten BHKW lag zwischen 1 kW und 3 kW (Abb. 3).

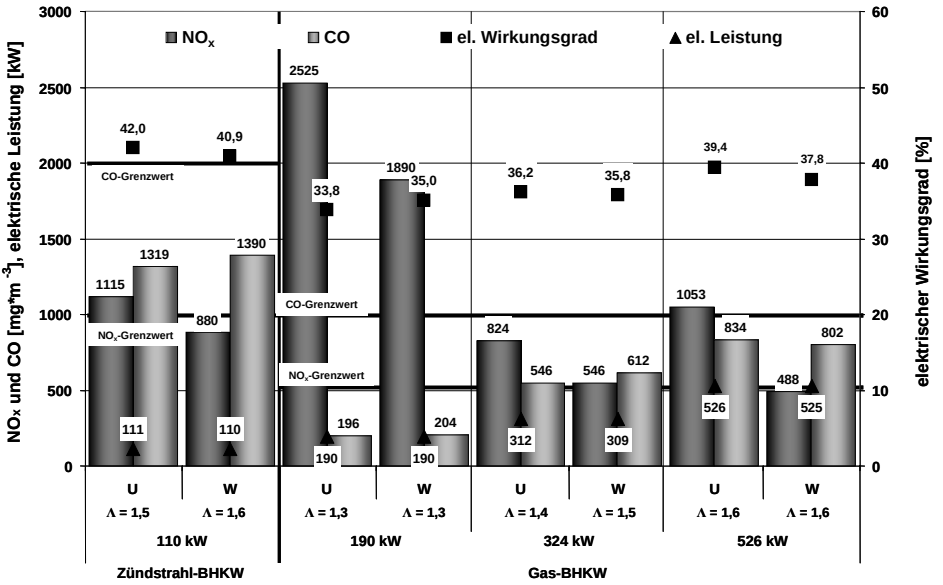


Abb. 3: Einfluss der Wartung auf Abgasemissionen, elektrische Leistung und Wirkungsgrad
Fig. 3: The Influence of maintenance to exhaust emissions, electrical power and efficiency

Beim 190 kW BHKW ist aufgrund des geringen Lambda-Wertes, die Reduktion des NO_x-Gehaltes nur durch eine Erneuerung technischer Komponenten bedingt (z. B. Ölwechsel, Luftfilterwechsel, Zündkerzeneinstellungen, etc.). Ansonsten wird das 190 kW BHKW nur nach Kriterien der Leistungsfähigkeit eingestellt.

Anhand der Berechnung des Abgasvolumens können Aussagen über die Schadstofffrachten der einzelnen BHKW gemacht werden. Zum Vergleich untereinander und mit anderen Stromproduktionsverfahren hat sich die Umrechnung der Emissionswerte in CO_2-Äquivalente bewährt. NO_x ist jedoch kein direkt treibhausbildendes Gas, wie etwa Methan, sondern gilt als versauernd und eutrophierend und ist bei der Entstehung bodennahen Ozons beteiligt. Es wird in SO_2-Äquivalenten angegeben. Abbildung 4 zeigt die Menge an SO_2-Äquivalenten, die für die Produktion einer Kilowattstunde Strom emittiert wird.

Hier wird zum einen der deutlich überhöhte Ausstoß des 190 kW BHKW gegenüber den anderen untersuchten BHKW und zum anderen die im Vergleich zum deutschen Strommix relativ hohen Emissionsraten aller BHKW erkennbar. Durch eine Einstellung des BHKW nach Leistungs- und Emissionskriterien bei der Wartung können diese Emissionen minimiert werden.

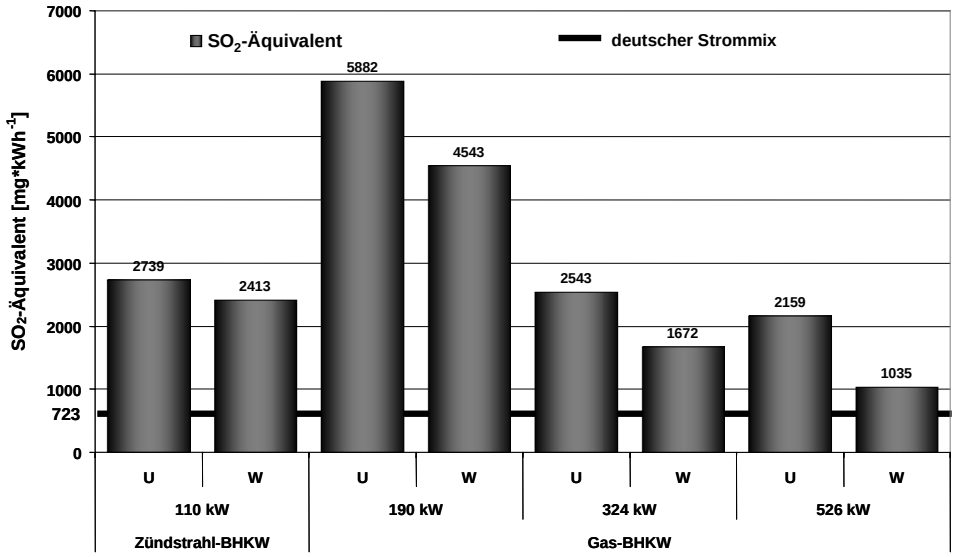


Abb. 4: Schadstofffrachten (SO_2-Äquivalente) einzelner BHKW im Vergleich zum deutschen Strommix
Fig. 4: Freights of pollution (SO_2-equivalents) of individual CHPU compared to the German electric current mix

Güllefreie Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen?

Anaerobic Digestion of Energy Crops Without Manure Addition?

DANIEL PREISSLER, ANDREAS LEMMER, HANS OECHSNER, THOMAS JUNGBLUTH

Landesanstalt für Landwirtschafliches Maschinen- und Bauwesen Baden-Württemberg (740),
Universität Hohenheim, D-70593 Stuttgart

Schlüsselwörter: Biogas, Methan, Maissilage, güllefreie Vergärung, Spurenelemente
Keywords: biogas, methane, forage maize silage, anaerobic digestion without liquid manure, trace elements

Zusammenfassung

Gegenwärtig werden vermehrt Prozessstörungen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen beobachtet, sofern keine oder nur wenig Gülle bei der Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt wird. Die hier vorgestellte Untersuchung beschreibt die Unterschiede zwischen güllefrei betriebenen Biogasanlagen und Kofermentationsanlagen und nennt die Vor- und Nachteile der jeweiligen Betriebsweise. Anhand einer Beispielanlage wird auf die Auswirkungen eines Spurenelementmangels eingegangen und dargelegt, wie sich eine dem Bedarf der methanogenen Mikroorganismen angepasste Spurenelementgabe auf die Leistungsfähigkeit der Fermenterbiologie auswirkt.

Summary

Presently process disturbances are observed increasingly during the anaerobic digestion of energy crops in agricultural biogas plants, provided that none or only little manure is used. The investigation hereby presented describes the differences between manure free and co-fermentation biogas plants and points out the advantages and disadvantages of respective process modes. Based on a specific case of a full scale biogas plant, the effects of the trace elements' deficiency as well as the process efficiency (when the trace elements in the digester are adjusted to the needs of methanogenic microorganisms) are shown.

1 Warum sollte man Biogas güllefrei erzeugen?

Seit der Gesetzesnovelle des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) im Jahre 2004 erhalten Biogasanlagen (BGAs), welche nur nachwachsende Rohstoffe (NawaRos) und Gülle als Inputsubstrate einsetzen, eine um bis zu 6 €-Cent je Kilowattstunde (kWh_{el}) erhöhte Stromvergütung. Liegt der durchschnittliche Trockensubstanzgehalt der Inputsubstrate oberhalb von 30 % und handelt es sich um stapelbare nicht pumpfähige Substrate, so wird zusätzlich ein Innovationsbonus in Höhe von zwei Cent je kWh_{el} für die so genannte „Trockenfermentation" gewährt, sofern gleichzeitig weitere damit verbundene Auflagen erfüllt werden. Biogasanlagen, welche Gülle einsetzen, sind hiervon jedoch ausgeschlossen.

In jüngster Zeit werden Anlagen zur güllefreien Vergärung von NawaRos auch auf Betrieben geplant und betrieben, denen eigene Gülle in unmittelbarer Nähe zur Verfügung stünde. Ursächlich hierfür ist nicht zuletzt der „Trockenfermentationsbonus", welcher die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage verbessern kann. Unberücksichtigt bleiben hierbei jedoch häufig die Vorteile die sich aus einer Güllevergärung ergeben. Sowohl klimatisch als auch wirtschaftlich relevant ist, dass unkontrollierte Methanemissionen bei der Lagerung von Gülle durch die Anaerobbehandlung massiv reduziert werden. Nach der Vergärung liegt der Stickstoff in überwiegend mineralisierter, pflanzenverfügbarer Form (bei gleichzeitig engerem und somit besserem C/N-Verhältnis) vor. Insgesamt ist die Gülle nach der Vergärung homogener, fließfähiger und weist zudem eine geringere Ätzwirkung auf oberirdischen Pflanzenteilen auf. Innerhalb des Gärprozesses werden des Weiteren Krankheitserreger und Unkrautsamen weitestgehend abgetötet und es erfolgt eine deutliche Reduktion der für Geruchsemissionen relevanten Inhaltsstoffe (BIOGASFACHVERBAND 2003).

Eine Vergärung von NawaRos ohne Zugabe tierischer Exkremente erwies sich in der Vergangenheit als nicht unproblematisch. Seit dem Jahr 2005 häufen sich an der Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen und Bauwesen Baden-Württemberg Anfragen von Biogasanlagenbetreibern, welche über Prozessstörungen bei güllefreier Betriebsweise klagen. Zunächst war meist in den ersten Monaten nach Inbetriebnahme (die auf der Basis eines mit Flüssigmist gefüllten Fermenters erfolgte) ein störungsfreier Betrieb mit Faulraumbelastungen von bis zu 4 kg oTS pro m^3 Faulraumvolumen und Tag möglich. Trotz unveränderter Fütterung zeigten sich nach sechs bis zwölf Monaten bei mehreren Anlagen stark ansteigende Fettsäurekonzentrationen im Gärsubstrat bei einer gleichzeitigen Verschiebung des Säuremusters hin zur Propionsäure. Als Ursache für die sich erst spät aufbauende Destabilisierung des Prozesses kommen sowohl ein sich verstärkender Mangel, als auch eine Anreicherung von Hemmstoffen in Frage. Ein Gleichgewicht innerhalb des Prozesses stellt sich abhängig von den zugeführten Substraten erst nach drei bis fünf Verweilzeiten ein (VDI 4630). Da die Verweilzeiten bei kontinuierlich beschickten Anlagen teilweise bei über 100 Tagen liegen und während der Anfahrphase nur wenig Gärsubstrat aus den Fermentern ausgeschleust wird, dauert es sehr lange, bis mehr als 95 % des Ausgangsmaterials aus dem Prozess verdrängt worden ist (siehe Abb. 1). Reste des zum Start eingesetzten Flüssigmistes, welcher stabilisierend auf den Prozess wirken kann, befinden sich dann immer noch im Fermenter. Entsprechend treten Störungen der Prozessbiologie bei Praxisanlagen mit langer Verweilzeit

daher teilweise erst nach über einem Jahr auf. Durch eine bei güllefreien BGAs zudem häufig durchgeführte Rezirkulation des Gärsubstrates zwischen Hauptfermenter und Nachgärer, wird die tatsächliche Verweilzeit des Ausgangsmaterials im Hauptfermenter abermals verlängert.

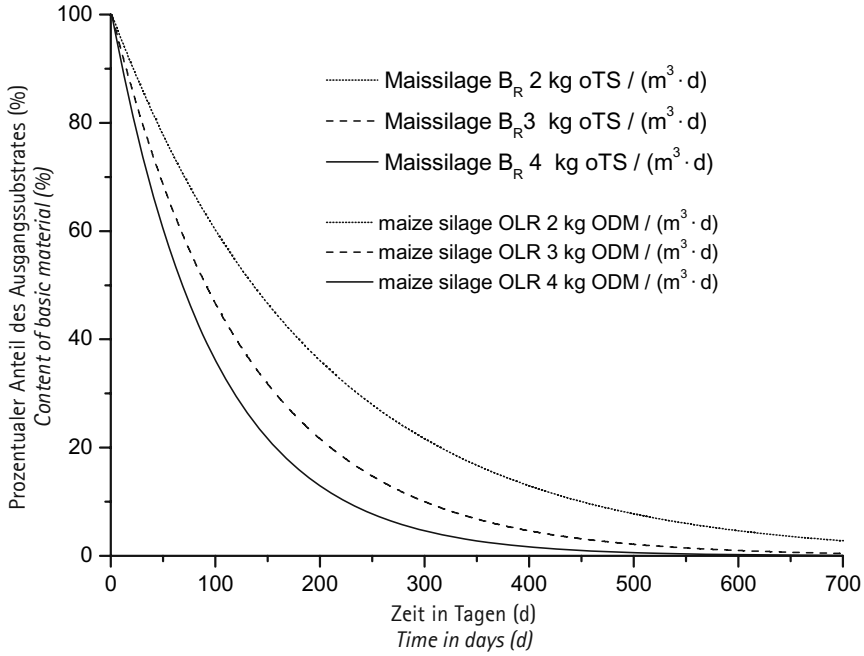


Abb. 1: Verdrängung des Ausgangsmaterials aus dem Fermenter in Abhängig von der Faulraumbelastung ohne Rezirkulation

Fig. 1: Displacement of the basic material within the digester depending on the organic loading rate

2 Laboruntersuchungen

In Laborversuchen zur güllefreien Vergärung von NawaRos konnte im Hohenheimer Biogaslabor nachgewiesen werden, dass eine der möglichen Ursachen für die in der Praxis bei alleiniger Vergärung von Maissilage oftmals beobachteten Prozesshemmungen in einem Spurenelementmangel begründet sein können (PREISSLER et al. 2007). Nach Anfahren des Fermenters mit Gülle reicht die Spurenelementkonzentration im Fermenter zunächst noch aus. Kommen in der Folge nur Substrate mit geringen Spurenelementgehalten in die BGA, so reduziert sich allmählich die Konzentration der für die methanogenen Mikroorganismen essenziellen Spurenelemente. Der hierdurch entstehende Mangel wirkt sich direkt auf die Leistungsfähigkeit der Methanbildner aus und führt zu einer allmählichen Versäuerung des Prozesses, sofern der Mangel nicht ausgeglichen, bzw. die Faulraumbelastung reduziert wird.

Die häufige Aussage der Praxis, dass die geringere Leistungsfähigkeit güllefreier NawaRo-BGAs auf dem Fehlen der puffernden Substanzen der Gülle und einer daraus resultierenden geringeren Pufferkapazität güllefreier Gärsubstrate beruhe, konnte hingegen nicht beobachtet werden.

3 Praxiserhebung

Ein ähnliches Bild wie bei den Laborversuchen lieferte eine Datenerhebung an güllefrei betriebenen BGAs und Kofermentationsanlagen. Im Durchschnitt wiesen die güllefreien BGAs höhere Pufferkapazitäten auf, als vergleichbare Kofermentationsanlagen. Die Konzentrationen der für die methanogenen Mikroorganismen essenziellen Spurenelemente waren bei den güllefreien Biogasanlagen im Durchschnitt geringfügig niedriger. Kofermentationsanlagen, welche zum Teil genauso niedrige Spurenelementkonzentrationen aufwiesen wie die güllefreien BGAs mit den niedrigsten Konzentrationen, zeigten in der Regel ebenfalls eine geringere Belastbarkeit, d. h. in diesen ließen sich nur geringe Faulraumbelastungen realisieren, ohne dass Prozessstörungen auftraten.

Einen Extremfall hierfür stellt die in Abbildung 2 dargestellte Kofermentationsanlage dar, der neben Maissilage, Sudangrassilage und Weizenkörnern auch die Rindergülle von 180 GV zugeführt wird. Trotz der erheblichen Gülleeinbringung wiesen die Spurenelementkonzentrationen dieser BGA im Vergleich zu den in Laborversuchen ermittelten Sollwerten einen deutlichen Mangel auf. Aufgrund eines Propionsäureanstiegs mussten die Leistung von 500 kW_{el} auf 250–300 kW_{el} reduziert werden. Eine erneute ver-

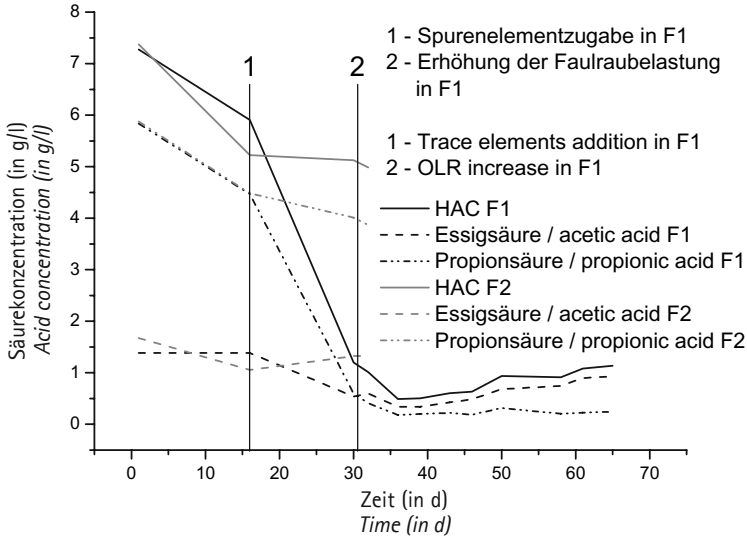


Abb. 2: Entwicklung der Säurekonzentrationen einer durch Spurenelementmangel gehemmten Biogasanlage mit/ohne Spurenelementzugabe

Fig. 2: Development of acid concentrations of a trace elements' deficient biogas plant with/without trace elements addition

suchsweise Erhöhung der Faulraumbelastung auf mehr als 2 kg oTS/(m³ · d) führte zu einem starken Anstieg der Propionsäurekonzentration (siehe Abb. 2). Eine Prozessbeeinträchtigung durch Hemmstoffe konnte als Ursache ausgeschlossen werden.

Da diese BGA über zwei identisch aufgebaute und gleich beschickte Fermenter mit jeweils 1 500 m³ verfügt, wurde ein Fermenter mit einer der BGA angepassten Spurenelementgabe behandelt (F1), während der zweite Fermenter (F2) als Kontrolle ohne Spurenelementzufuhr weiterbetrieben wurde (siehe Abb. 2). Aufgrund der erheblichen Leistungssteigerung des behandelten Fermenters (F1) wurde in der Folge auch der zweite Fermenter behandelt (nicht grafisch dargestellt), wodurch die elektrische Leistung der BGA inzwischen um mehr als 100 % auf 620 kW_{el} (ohne abermalige Säurenreicherung) gesteigert werden konnte.

Vorläufiges Fazit der Datenerhebung

Insgesamt hat die Datenerhebung an Praxisanlagen gezeigt, dass es sich bei Prozessstörungen aufgrund von Spurenelementmängeln nicht um ein alleiniges Problem von güllefrei betriebenen BGAs handelt, sondern dass auch zahlreiche Kofermentationsanlagen betroffen sind. Zu begründen ist dies dadurch, dass die methanogenen Mikroorganismen andere Ansprüche an die Spurenelementzusammensetzung und -konzentration des Futters haben als Rinder und Schweine und die in der Tierhaltung verwendeten Futtermittel den Spurenelementbedarf der Fermenterbiologie nur zum Teil abdecken. Sinkende Spurenelementgehalte des Gärsubstrates führen so zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit der methanbildenden Mikroorganismen. Häufig wirkt sich dies jedoch nur wenig oder gar nicht auf den Biogasprozess aus. Sofern die angestrebte Faulraumbelastung gering ist, funktioniert der Prozess störungsfrei. Werden jedoch Faulraumbelastungen von über 3,5 kg oTS/(m³ · d) angestrebt, so werden höhere Spurenelementkonzentrationen im Fermenter benötigt, andernfalls tritt eine Überlastung des Prozesses mit stark ansteigenden Säurekonzentrationen auf, was in der Folge bis zu einem völligen Zusammenbruch der Methanbildung führen kann. Bei extrem niedrigen Spurenelementkonzentrationen wie bei der zuvor beschriebenen BGA sind sogar nur maximale Faulraumbelastungen von 2 kg oTS/(m³ · d) erzielbar, sofern der Mangel nicht ausgeglichen wird.

Zusammenfassend lässt sich auf Basis der bisherigen Daten sagen, dass ein Spurenelementmangel bei Kofermentationsanlagen seltener auftritt, es sich hierbei jedoch nicht um ein alleiniges Problem von güllefreien BGAs handelt.

4 Weitere Unterschiede zwischen der güllefreien Vergärung und der Kofermentation

Deutliche Nachteile der güllefrei betriebenen „Trockenfermentationsanlagen“ offenbaren sich bezüglich der hohen Trockensubstanzgehalte der Gärsubstrate. Mit TS-Gehalten von oft über 10 % wird eine aufwendigere Pump- und Rührtechnik notwendig. Durch Zugabe von Wasser kann diese Problematik teilweise umgangen werden, jedoch ist dies in BGAs, denen der Innovationsbonus aufgrund der „Trockenfermentation“ gewährt wurde, nicht möglich. Ein weiterer Nachteil dieser BGAs beruht darin, dass es zu einer Aufkonzentration von Störstoffen kommen kann. Treten beispielsweise durch

eine eiweißreiche Fütterung sehr hohe und damit hemmende Ammonium/Ammoniak-Konzentrationen auf, so ist eine Verdünnung mittels Gülle nicht zulässig. Insgesamt ist Gülle zur Abschwächung von Prozessstörungen besser geeignet als Wasser, dennoch kann Wasser, sofern keine Gülle zur Verfügung steht, zur Minderung von Prozesshemmungen eingesetzt werden.

Insgesamt sprechen die einfachere technische Handhabbarkeit, der mögliche Energiegewinn durch die Vergärung der Gülle, die Verbesserung der Gülleeigenschaften und die teils höhere Leistungsfähigkeit der Fermenterbiologie aufgrund einer besseren Spurenelementversorgung für einen Einsatz von Gülle. Dem gegenüber steht die erhöhte Einspeisevergütung, sofern man den Innovationsbonus für die Feststofffermentation erhält, was seit Anfang 2007 durch die „Auslegungshilfe: Trockenfermentation für kontinuierliche Biogasverfahren“ (BUNDESUMWELTMINISTERIUM 2007) deutlich erschwert wurde, die erhöhteStandortunabhängigkeit und vor allem die Unabhängigkeit von Gülletransporten.

Literatur

Biogasfachverband (2003): Novellierungsbedarf des EEG, 18 Fragen zur EEG Novelle und ihre Antworten

Bundesumweltministerium (2007): Auslegungshilfe: Trockenfermentation für kontinuierliche Biogasverfahren

EEG (2004): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich, Jahrgang 2004 Teil I Nr. 40, ausgegeben zu Bonn am 31. Juli 2004

FNR (2006): Handreichung – Biogasgewinnung und -nutzung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Preißler, D.; Lemmer, A.; Oechsner, H. (2007): Anaerobic digestion of energy crops without manure addition, 35. Symposium “Actual Tasks on Agricultural Engineering”, Opatija, Croatia: 363–370

VDI 4630: Vergärung organischer Stoffe, Substratcharakterisierung, Probennahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche. VDI Verlag, Düsseldorf, 2006

Auslaufverhalten von Legehennen – automatisierte Erfassung und Auswertung über Bildanalyse

Ranging Behaviour of Laying Hens – Automatic Image Capture and Analysing by Image Analysis

RUDOLF PEIS, BERNHARD HAIDN

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

Schlüsselwörter: Auslaufverhalten, Legehennen, Bildanalyse, Support Vektor Maschine
Keywords: ranging behaviour, laying hens, image analysing system, support vector machine

Zusammenfassung

Durch die Entwicklung von automatischen Bilderfassungs- und Auswertungsmethoden ist es möglich, Ergebnisse zum Tierverhalten auch über längere Zeiträume mit vertretbarem personellen Einsatz zu gewinnen.

An der Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft wurde basierend auf dem Softwarepaket „Common Vision Blox"® ein solches System entwickelt und in einem Praxisbetrieb eingesetzt. Das Programm arbeitet mit Algorithmen, die auf Neuronalen Netzen basieren, und maschinelles Lernen ermöglichen.

Im Forschungsprojekt wurde die Wirkung von Strukturelementen auf das Auslaufverhalten anhand von zwei Gruppen von Hühnern (je 450 Tiere) untersucht.

Die Ergebnisse zeigten keine wesentlichen Unterschiede im Auslaufverhalten der beiden Gruppen. Es konnte jedoch ein Zusammenhang (r = -0,5) der Intensität der Nutzung des Grünauslaufs und der Witterungseinflüsse (Temperatur und Globalstrahlung) festgestellt werden.

Summary

Progress of automatic image capture and analysing methods enables to gain results, regarding animal behaviour during longer periods with maintainable human resources.

At the Bavarian State Research Center for Agriculture such a system based on the software package "Common vision Blox"® was developed and tested in a free-range for laying hens Algorithms are used by the program, which are based on neural nets, and make machine learning possible.

In the research project the effect of structural elements in the free range area on the ranging behaviour was evaluated by two groups of hens (each 450 animals).

The results did not show substantial differences in the ranging behaviour of the two groups. However, a correlation (r = -0,5) between the intensity of free range use and the weather conditions (temperature and global radiation) could be determined.

1 Einleitung und Zielstellung

Die gesetzlichen Anforderungen an Haltungssysteme für Legehennen veränderten sich in den letzten Jahren sehr stark. War bis vor kurzem noch die Käfighaltung als Standard anzusehen, so ist diese Form der Haltung heute nicht mehr genehmigungsfähig. An deren Stelle treten Haltungsformen, die sich mehr und mehr am Tierschutz für die Hühner orientieren. Als weiterer Gesichtspunkt der Veränderung sind die Anforderungen der Hühnerhaltung im Ökolandbau anzusehen, bei dem ein Grünauslauf zwingend vorgeschrieben ist. Die zunehmende Orientierung am Wohl des Tieres ist nicht ohne Einflüsse auf die Umgebung der Hennen. Um Änderungen in Haltungsverfahren vornehmen zu können, sind Informationen über das Auslaufverhalten und die Nutzung von Teilflächen erforderlich.

Ziel eines vom Bayerischen Staatsministerium für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz finanziell unterstützten dreijährigen Forschungsprojektes war es, effektive Auswertungsmethoden von Langzeitbeobachtungen zu entwickeln. Dies sollte durch Automatisierung des Auswertevorgangs über digitale Bildanalyse erfolgen.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden auf einem Versuchsbetrieb der TU-München-Weihenstephan statt. Während der Untersuchungsphase wurde die Herde in zwei Gruppen getrennt. Jede der beiden Gruppen konnte jeweils zusätzlich zum Stall einen Kaltscharrraum und einen Grünauslauf (je 30 x 60 m) nutzen.

Die Bilddaten wurden mittels vier hochauflösender digitaler Spiegelreflexkameras (6 Megapixel) erfasst. Diese waren auf einem Aluminiummasten in einer Höhe von zehn Metern in einem Wetterschutzgehäuse angebracht. Die Bedienung der Kameras erfolgte über einen PC, der über USB mit den Kameras verbunden war und auf dem die aufgenommenen Bilder gespeichert wurden. Das festgelegte Intervall zwischen den einzelnen Aufnahmen betrug eine Minute. Die Darstellung in Abbildung 1 zeigt schematisch die Kameraanordnung um den Auslauf herum, sowie deren Aufzeichnungsbereich.

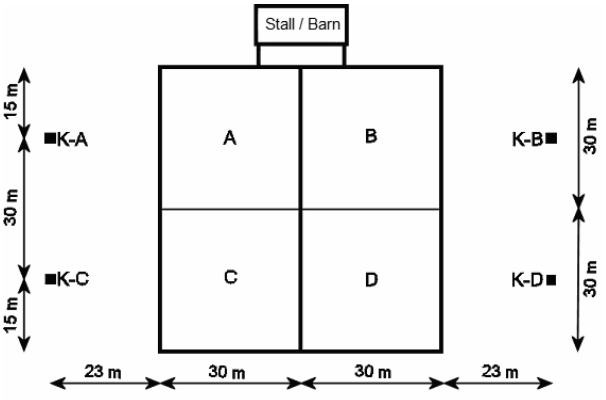


Abb. 1: Kameraanordnung (K-A bis K-D) und deren Aufzeichnungsbereiche (A bis D)
Fig. 1: Camera positions (K-A to K-D) and there recording ranges (A to D)

Für die Bildauswertung wurde das Bildanalysesoftwarepaket „Common Vision Blox"® der Firma Stemmer Imaging verwendet. Diese Software lieferte in Vorversuchen die besten Ergebnisse. Bei „Common Vision Blox"® handelt es sich

um ein modulares Softwarepaket, aus dem der Benutzer eine auf seine Fragestellung zugeschnittene Anwendung erstellen kann. Alle gängigen Programmiersprachen können auf die Funktionen und Objekte der einzelnen Module problemlos zugreifen. Für die vorliegende Aufgabe wurden neben dem Basismodul die Module Filter (Bilder aufbereiten) und Manto (Objekterkennung) benötigt.

Die erfassten Bilder variierten sehr stark in ihrer Helligkeit und Farbintensität. Außerdem veränderte sich während der Untersuchungsphase sowohl der Zustand des Federkleides der Tiere als auch der der Grasnarbe. Um diese Variationen so weit wie möglich kompensieren zu können, wurden die Bilder mit Hilfe verschiedener Filteralgorithmen vor der eigentlichen Analyse aufbereitet.

Die Objekterkennung läuft in zwei Schritten ab. Zunächst durchsucht der "Non-linear Multiresolution Filter (MRF)" das auszuwertende Bild nach relevanten Bildausschnitten und übergibt diese Informationen in Vektorform an die "Support Vektor Maschine", von der die Objekte im Anschluss klassifiziert werden. Hierzu wird ein sogenannter Classifer benötigt, der vor der Auswertung während eines Anlernprozesses erstellt wird. Während dieses „Trainingsvorgangs" wird eine repräsentative Auswahl an Bildern manuell ausgewertet. Aus diesem Grund können mit diesem Classifer nur Bilder ausgewertet werden, die denen im Trainingsvorgang verwendeten ähneln. Deshalb sollten möglichst viele Bilder vorher manuell ausgewertet werden, um den Erkennungsfehler zu minimieren.

Mit Hilfe eines eigens erstellten Auswertungsprogramms wurden die Bilder in einem ersten Schritt von einem Normalisierungsfilter bearbeitet. Diese so aufbereiteten Bilder wurden in einem zweiten Schritt der Anlernsoftware Manto Teach® zugeführt. Mit diesem Programm konnten die benötigten Classifier auf die gegebene Situation eingestellt werden. Für diesen Vorgang wurden auf jedem 50zigsten Bild alle Hühner markiert und so der Software gezeigt, welche Objekte von Interesse sind.

Bei der eigentlichen Auswertung der Bilder wurde mit Hilfe der selbsterstellten Analysesoftware auf den zuvor erzeugten Classifier zurückgegriffen. Mit den darin enthaltenen Definitionen und Beschreibungen der gesuchten Objekte (Hühner) wurde nun jedes Bild durchsucht. Die gefundenen Objekte wurden in einer Textdatei oder MySQL Datenbank abgelegt und für die spätere statistische Bearbeitung zur Verfügung gestellt. In diesem Auswertungsprogramm war die Möglichkeit zur Nachkontrolle der automatisch gefunden Objekte integriert. Somit konnte die Erkennungsgenauigkeit während der Auswertung ermittelt und kontrolliert werden.

Die Ergebnisse der Standortauswertung der Tiere anhand der Koordinaten der Einzeltiere lässt sich im zeitlichen Verlauf nur schwer anschaulich darstellen. Aus diesem Grund wurde der Auslauf in unterschiedlich große Abschnitte eingeteilt und die Tierzahlen hierfür ermittelt, (Abb. 3). Folgende Gruppierungen wurden dabei vorgenommen:

- Gesamter Auslauf: alle Tiere beider Herden im Auslauf
- Herdenunterteilung: Tiere je Herde im Auslauf
- 6 Rechtecke: Tiere je Herde unterteilt nach Stallabstand: nah (0–20 m), mittel (20–40 m) und fern (40–60 m)
- 36 Felder: Tiere je Teilfläche (Feld) à 10 m x 10 m

3 Ergebnisse

Die ermittelte Erkennungsgenauigkeit hing, wie Abbildung 2 zeigt, sehr stark von der Anzahl der Beobachtungen (Tierzahl) im Bild ab. Gründe hierfür liegen darin, dass eine falsche Entscheidung bei sehr wenigen Tieren einen viel größeren Einfluss auf die Fehlerquote hat als bei vielen Tieren. In den meisten Bildern gab es Elemente, die sich kaum von Hühnern unterscheiden ließen und deshalb vom Programm als Huhn erkannt wurden. Befand sich nur ein Huhn in einem Bild, so hatte diese Fehlentscheidung dasselbe Gewicht wie das richtig erkannte Huhn.

Der Durchschnitt der Erkennungsgenauigkeit lag an den untersuchten Tagen im Frühjahr bei 86 % und im Herbst bei 89 %. Im Sommer wurden hingegen nur 62 % erreicht. Die Erklärung hierfür liegt in der durchschnittlichen Tierzahl pro Bild. Im Frühjahr (123 Tiere) und Herbst (189 Tiere) befanden sich deutlich mehr Tiere im Auslauf als im Sommer (36 Tiere).

Das Auslaufverhalten bzw. die Nutzung von Teilflächen im Auslauf wurde anhand der Ergebnisse aller Bilder (Bildabstand eine Minute) und aller Tiere im gesamten Auslauf ermittelt. Es zeigten sich hierbei statistisch keine Unterschiede zwischen den einzelnen Tagen der gleichen Jahreszeit, weshalb diese zusammengefasst werden konnten. Der Gruppe 1 standen Unterstände zur Verfügung, der Gruppe 2 nicht.

Einen Überblick über die durchschnittliche Flächennutzung des Grünauslaufes über alle Jahres- und Tageszeiten aller ausgewerteten Tage gibt Abbildung 3. Der erste Blick zeigt keine großen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Mit 49 bzw. 50 Hühnern hielten sich im Durchschnitt der möglichen Auslaufzeit nur etwa 11 % außerhalb des Stalles bzw. Kaltscharrraumes auf. In der Tendenz wurden in Gruppe 2 die mittlere und die vom Stall am weitesten entfernte Rechteckfläche mit durchschnittlich 13 bzw. 4 Hühnern häufiger und/oder länger aufgesucht als dies bei Gruppe 1 der Fall war.

Die Dauer der Auslaufmöglichkeit war je nach **Jahreszeit** unterschiedlich. Der Median der Anzahl Hühner im Grünauslauf ist im Herbst am höchsten und im Sommer am geringsten (Abb. 4). Der Boxplot gibt weiter einen Eindruck von der Streuung der Werte. Im Herbst waren in 50 % der Zeit 13–28 % der Hühner im Auslauf. Im Frühjahr lagen die Werte nur bei 10–18 % und im Sommer gar nur bei 1–3 %.

Wird die Gesamtzahl aller Hühner auf allen Bildern pro Tag gebildet, so verdeutlichen die daraus resultierenden Summenwer-

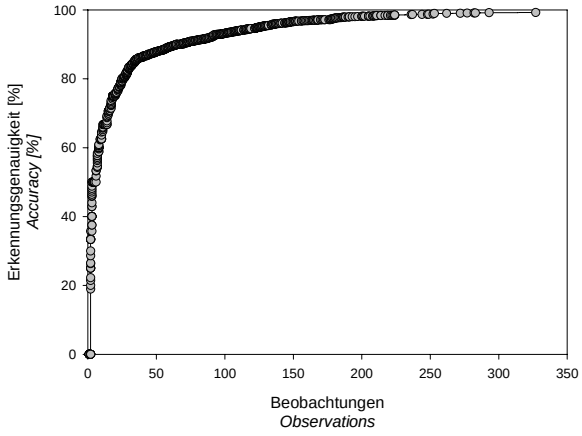


Abb. 2: Abhängigkeit der Erkennungsgenauigkeit von der Gesamtzahl der im Bild gefundenen Hühner (Beobachtungen). Anzahl Bilder: n=884

Fig. 2: Correlation between the accuracy and the number of identified hens in an image (observations). Number of images: n=884

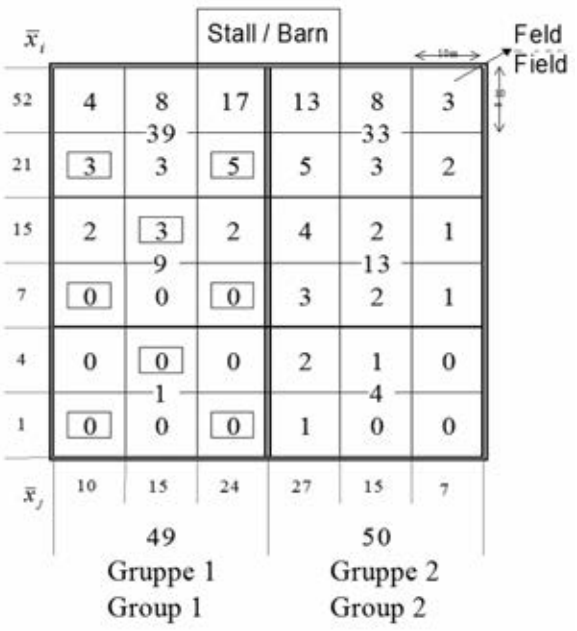


Abb. 3: Durchschnittliche Anzahl Hühner im Auslauf über alle Jahres- und Tageszeiten für die einzelnen Teilflächen. Anzahl Bilder: n=3913

Fig. 3: Average number of hens in the free range during all seasons and daytimes for the fields. Number of images: n=3913

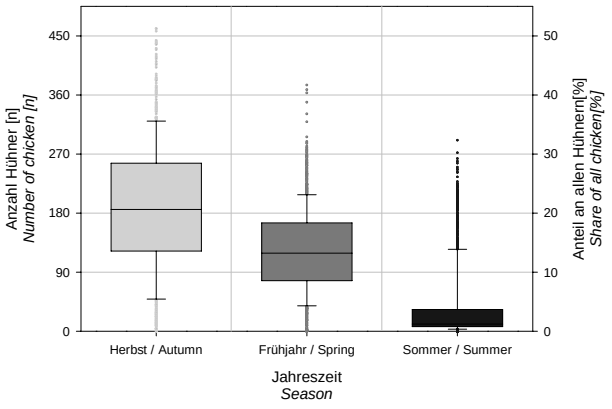


Abb. 4: Durchschnittswerte der Anzahl Tiere im Auslauf mit den Streuwerten

Anzahl Bilder: Frühjahr n=1426, Sommer n=1681, Herbst n=806

Fig. 4: Average number of hens in the free range and their variation

Number of images: spring=1426, summer n=1681, autumn=806

te, dass im Herbst mit 76 114 insgesamt ca. 2,5 mal und im Frühjahr mit 58 244 etwa doppelt so viele Hühner als im Sommer mit 30 545 gezählt wurden. Zwischen den Gruppen sind dabei keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Im durchschnittlichen Stallabstand der Hühner ergeben sich deshalb über das ganze Jahr verteilt keine Unterschiede. Dieser beträgt für die Gruppe 1 18 m und für die Gruppe 2 18,5 m. Werden dagegen die einzelnen Jahreszeiten betrachtet, so lässt sich eine Veränderung der Werte im Verhältnis der Gruppen feststellen. Tiere der Gruppe ohne Unterstand nutzten am Anfang der Legeperiode weiter entfernte Bereiche intensiver als die Tiere der Gruppe mit Schutzelemente. Gleiches gilt für die Tage im Frühjahr. In dieser Jahreszeit ist der Stallabstand in beiden Gruppen am größten. Im Sommer nimmt er wegen höherer Temperaturen und Sonneneinstrahlung wieder ab, (Abb. 5).

4 Diskussion

Objekterkennungssysteme sind in aller Regel auf den Einsatz unter standardisierten Bedingungen (z. B. gleichbleibende Beleuchtung und Objektabstand) ausgelegt. Durch den Einsatz der Support Vektor Maschinen und die Einbindungsmöglichkeiten in eigene Objekterkennungssysteme sind

in aller Regel auf den Einsatz unter standardisierten Bedingungen (z.B. gleichbleibende Beleuchtung und Objektabstand) ausgelegt. Durch den Einsatz der Support Vektor Maschinen und die Einbindungsmöglichkeiten in eigene Programme ist eine Anpassung an die Aufgabenstellung sehr gut möglich. Common Vision Blox - Manto ist für derartige Einsatzbereiche gut geeignet.

Die Untersuchungen zeigten keine wesentlichen Unterschiede der beiden Gruppen im Bezug auf das Auslaufverhalten. Die Ausführung der Unterstände in Gruppe 1 hatte keine führende Wirkung. Die Hühner konnten sie nur als Inseln zum Weitergehen aufsuchen. Der Sichtschutzzaun zwischen den beiden Gruppen erfüllte dagegen eine führende Wirkung, die besonders in der Gruppe 2 (ohne Unterstände) deutlich wurde.

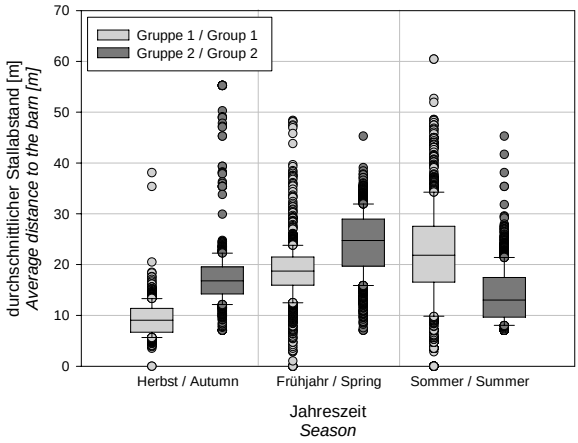


Abb. 5: Boxplot zum durchschnittlichen Stallabstand nach Gruppen und Jahreszeit. Anzahl Bilder: Frühjahr n=1426, Sommer n=1681, Herbst n=806

Fig. 5: Boxplot of the average distance to the barn for groups and seasons. Number of images: spring=1426, summer n=1681, autumn=806

Die Jahreszeit hatte Einfluss auf die Auslaufnutzung. Das Auslaufverhalten wurde ab 20 m Stallentfernung relativ stark durch die Witterung beeinflusst. An den ausgewerteten Tagen gab es keine Niederschläge. Jedoch war der Zusammenhang zwischen einzelnen Wetterfaktoren (Globalstrahlung, Boden- und Lufttemperatur, Blattfeuchte) sehr hoch. Aus diesem Grund lag der Korrelationskoeffizient zwischen dem Auslaufverhalten (Anzahl Hühner im Auslauf) und den einzelnen Faktoren jeweils in einer Höhe von etwa –0,5. Die Ergebnisse verdeutlichten aber auch, dass die Tiere Tageszeiten mit hoher Sonneneinstrahlung (Nachmittagsstunden im Sommer) mieden und erst mit Beginn der Dämmerung größere Bereiche des Auslaufs nutzten. Ähnliche Beobachtungen wurden bereits von Hughes und Dun (1982) beschrieben. Nach Banzer (2005) besteht eine Korrelation zwischen dem Auslaufverhalten und der Temperatur bzw. der Windgeschwindigkeit. Diese Aussage bestätigten die eigenen Untersuchungen. An Wintertagen mit Auslaufmöglichkeit konnte beobachtet werden, dass die Hühner nur die schneefreien Bereiche spärlich und kurzzeitig nutzten.

Literatur

Banzer, D. (2005): Einfluss einer Auslaufstrukturierung auf das Verhalten, den Gesundheitszustand und die Leistung von Legehennen in Freilandhaltung. Dissertation an der LMU München

Hughes, B.O.; Dun, P. (1982): A comparison of two laying strains: housed intensively in cages and outside on free range. Research and Development Publication, West of Scotland Agricultural College. 1982. No. 16, 20 pp. (British Reports, Translations and Theses 83-07-02-016)

Automatische Erfassung der Legeleistung und des Legeverhaltens von Legehennen in Gruppenhaltungssystemen – Optimierung der Legenester und Einfluss der Besatzdichte

Automatic Registration of Laying Performance and Behaviour of Laying Hens in Group Housing Systems – Improvement of the Nest Boxes and Influence of the Stocking Rate

STEFAN THURNER, GEORG WENDL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising-Weihenstephan

Schlüsselwörter: Legeverhalten, Legehennen, RFID, Transponder, Weihenstephaner Muldennest
Keywords: laying behaviour, laying hens, RFID, transponder, Funnel Nest Box

Zusammenfassung

Das Weihenstephaner Muldennest (WMN) wurde für die automatische Erfassung der Legeleistung und des Legeverhaltens von Hennen in Gruppenhaltung entwickelt und in mehreren Durchgängen mit verschiedenen Herkünften getestet. Da Doppelbelegungen des Nests nicht auszuschließen waren, wurde versucht, diese durch unterschiedliche Besatzdichten sowie eine Verengung des Nesteingangs zu verringern.

Es zeigte sich, dass in Abhängigkeit von der Herkunft der Hennen und deren Legeverhalten unterschiedliche maximale Besatzdichten empfehlenswert sind. Weiterhin konnte der Anteil an Doppelbelegungen mit einer Verengung des Nesteingangs verringert werden, wodurch jedoch häufig höhere Anteile an Bodeneiern auftraten. Um die Erfassung der Legeleistung zu optimieren, sollte daher ein weiterer Sensor, der die Doppelbelegungen zuverlässig registriert, verwendet werden.

Summary

The Funnel Nest Box (FNB) was developed for the automatic registration of the laying performance and behaviour of laying hens in group housing systems and tested repeatedly with different breeds. Since double nest occupancies could not be completely eliminated, it was tested whether they can be decreased with varying stocking rates as well as with reducing the width of the nest entrance.

It could be shown that different stocking rates should be chosen, depending on the breed and the laying behaviour of the hens. The rate of double nest occupancies could be decreased with a narrower nest entrance, but in some cases the amount of floor eggs was increased. To optimise the reliability of the laying performance registration an additional sensor, that is able to register all double nest occupancies, should be implemented.

1 Einleitung und Problemstellung

Das Weihenstephaner Muldennest (WMN) wurde für die automatische Erfassung des Legeverhaltens und der Legeleistung von Hennen in Gruppenhaltungssystemen entwickelt. Erstmals konnten mit dem WMN über längere Zeiträume Daten von jeder einzelnen Henne aus der Herde erfasst und bezüglich verschiedener Verhaltens-, Leistungs- und Ei-Qualitätsparameter ausgewertet werden (Icken et al. 2006, Thurner et al. 2005, Thurner et al. 2006, Thurner und Wendl 2006). Die Feldtests mit dem WMN zeigten jedoch, das abhängig von der Herde, der Herkunft und der Besatzdichte, Probleme mit Nestdoppelbelegungen auftraten, wodurch die Erfassung der Legeleistung erschwert wird.

2 Zielstellung

Ziel der Untersuchung war es daher, den Einfluss der Besatzdichte (Nest-Hennen-Verhältnis) und der Herkunft der Hennen auf die Doppelbelegungsrate zu untersuchen. Zusätzlich sollte durch die Optimierung der Vereinzelungsvorrichtung am Nesteingang der Anteil an Doppelbelegungen reduziert werden.

3 Material und Methode

An der Versuchsstation Thalhausen (Technische Universität München) stand eine Pilotanlage mit 48 WMN in einem Abteil mit Voliere und Scharrräumen zur Verfügung. Eine detaillierte Beschreibung des WMN ist bei Thurner et al. (2005) zu finden. Für die Auswertungen wurden Daten von drei Herden verwendet: Herde 14 mit einem Anfangsbestand von 323 Lohmann Silver (LS) und 30 Lohmann Selected Leghorn (LSL) Hennen, Herde 15 mit 256 LS und 10 LSL Hennen sowie Herde 16 mit 283 LSL und 10 LS Hennen. Weitere Untersuchungen wurden an 40 LS Hennen aus Herde 14 in einem Versuchsabteil mit 4 WMN durchgeführt. Die Aufzeichnung und Auswertung der Daten des WMN erfolgte mit speziell entwickelten Softwarepaketen.

Um das Legeverhalten bei verschiedenen Besatzdichten zu erfassen, wurde das Nester-Hennen-Verhältnis bei Herde 14 nach rund zwei Monaten von 1 : 7,4 auf 1 : 5,3 (Herde 14R) und bei Herde 16 nach knapp einem Monat von 1 : 6,1 auf 1 : 4,4 (Herde 16R) reduziert. Dabei wurden gezielt die Hennen mit den meisten Beteiligungen an registrierten Doppelbelegungen aus den Herden entfernt. Ausgewertet wurde für die entsprechenden Zeiträume die Anzahl und Dauer der täglichen Nestbesuche, die Nestauslastung sowie der Anteil an Nestdoppelbelegungen. Eine Nestdoppel- beziehungsweise -mehrfachbelegung im WMN wurde dann registriert, wenn zwei Hennen mindestens zweimal abwechselnd innerhalb eines voreingestellten Zeitraums (bei allen Herden 30 min) in einem Nest erfasst wurden. Videoaufzeichnungen mit vier digitalen CCD Kameras (Panasonic, Typ WV-BP510/WV-BP550) und einem digitalen Langzeitrekorder (Dallmeier, Typ DLS 6 S1-edition) sowie manuelle Aufzeichnungen mit Hilfe von PDAs und einer speziell programmierten Software wurden zur Überprüfung der mit dem WMN registrierten Doppelbelegungen verwendet.

Um Doppelbelegungen zusätzlich technisch zu verringern, wurde der Nesteingang mit einer ursprünglichen Breite von 20 cm zunächst im Versuchsabteil, später auch im Pilotabteil, mit verschiedenen Vorrichtungen verengt. Dazu wurden neben einer fest installierten Verengung mit Holzklötzen auf 14 cm (Verengung auf 14 cm durchgehend über eine Tiefe von 8 cm) auch variabel einstellbare Flügeltüren verwendet. Bei den Flügeltüren konnte im Gegensatz zu den Holzklötzen der Eingangsbereich jedes Nests nur an einem Punkt, dort wo die Enden der beiden Flügeltüren sich gegenüber standen, maximal verengt werden. Nach diesem Punkt weitete sich der Eingangsbereich wieder bis zur ursprünglichen Breite von 20 cm.

3 Ergebnisse

Bei Herde 14 wurde bei der anfänglichen Besatzdichte (Nester-Hennen-Verhältnis von 1 : 7,4) ein mittlerer Anteil von 2,8 % Doppelbelegungen, bezogen auf die Summe aller Nestbesuche, registriert (n = 56 Tage). Nach Reduzierung der Besatzdichte (Nester-Hennen-Verhältnis von 1 : 5,3), bei der gezielt die Hennen mit den meisten Doppelbelegungen aus der Herde entnommen wurden, lag der mittlere Anteil an registrierten Doppelbelegungen bei 0,4 % (n = 70 Tage; Abb. 1).

Videoauswertungen bei Herde 14 zeigten ein ähnliches Ergebnis. Bei der hohen Besatzdichte wurden 10,5 % Doppelbelegungen (n = 7 Tage) und bei der niedrigen Besatzdichte wurden 0,0 % Doppelbelegungen (n = 8 Tage) ermittelt. Eine zusätzliche Direktbeobachtung an 5 Tagen bei der niedrigen Besatzdichte ergab eine Doppelbelegungsrate von 3,5 %. Beide Untersuchungen zeigten auch, dass mit Hilfe der automatisch erfassten Daten des WMN teilweise weniger als die Hälfte der Doppelbelegungen detektiert werden konnten.

Die Verengung der Nesteingänge im Versuchsstall (4 WMN mit 40 LS Hennen) mit Holzklötzen ergab, dass der Anteil an Doppelbelegungen von 16,7 % auf 4,5 % reduziert werden konnte. Entgegen den Erwartungen führte die schrittweise zunehmende Verengung des Nesteingangs mit variabel einstellbaren Flügeltüren nicht zu einem kontinuierlichen Rückgang der Doppelbelegungsraten. Die geringste Doppelbelegungsrate konnte mit 3,7 % bei einer Nesteingangsbreite von 14 cm (an der engsten Stelle) erzielt werden, bei einer weiteren oder engeren Einstellung war der Anteil an Doppelbelegungen höher.

Bei Herde 15 wurden aufgrund der Ergebnisse vom Versuchsabteil an alle 48 WMNs Holzklötze montiert, so dass jeder Nesteingang auf 14 cm verengt war. Die mittlere Doppelbelegungsrate lag bei einem Nester-Hennen-Verhältnis von 1 : 5,5 über die gesamte Legezeit bei 0,6 % (n = 128 Tage). Die Verengung der Nesteingänge von Anfang an hatte jedoch eine sehr hohe Anzahl verlegter Eier (29,9 % über die gesamte Legezeit) zur Folge. Im Gegensatz dazu wurden bei Herde 14 vor der Reduzierung im Mittel 2,6 % der Eier verlegt, nach der Reduzierung waren es 1,3 %.

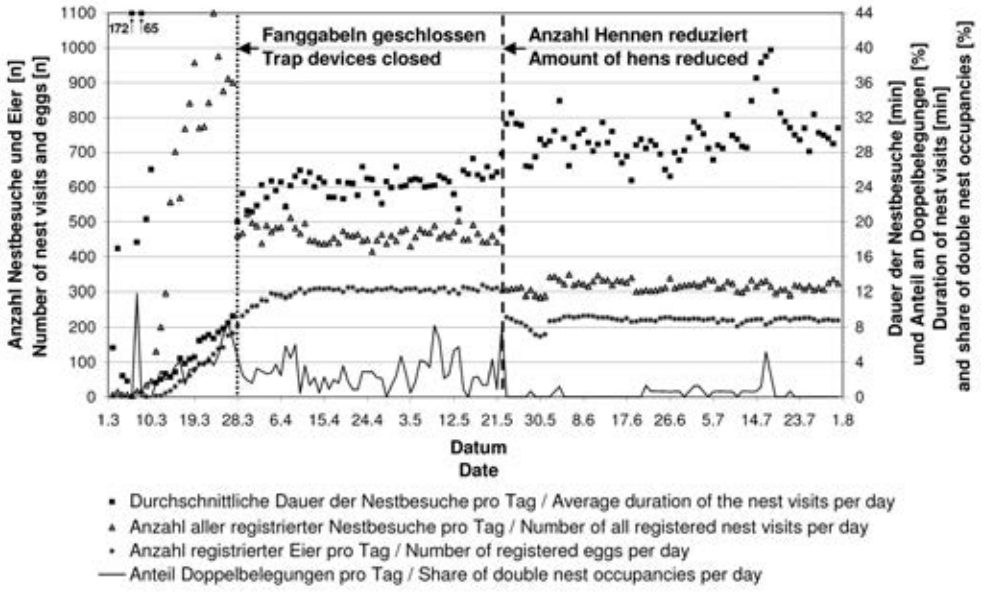


Abb. 1: Legeverhalten und Anteil an Doppelbelegungen bei Herde 14
Fig. 1: Laying behaviour and share of double nest occupancies for flock 14

Bei Herde 16 wurden zur Verengung des Nesteingangs Flügeltüren verwendet, die den Nesteingang an der engsten Stelle zunächst auf 14 cm und dann auf 11 cm verengten. Beide Einstellungen hatten bei Herde 16 keinen nachhaltigen Effekt auf die Doppelbelegungsrate. Diese konnte nur durch die gezielte Reduzierung der Besatzdichte etwas verringert werden. Vor der Reduzierung lag der Anteil an Doppelbelegungen bei 7,8 % (n = 18 Tage) und nach der Reduzierung bei 3,7 % (n = 41 Tage). Trotz der niedrigeren Besatzdichte lag die Doppelbelegungsrate immer noch auf einem sehr hohen, für eine sichere Erfassung der Legeleistung mit dem WMN nicht geeigneten Niveau. Auch der Anteil verlegter Eier war mit 18,9 % vor der Reduzierung der Besatzdichte bzw. mit 15,7 % nach der Reduzierung relativ hoch.

Eine Ursache für die hohen Doppelbelegungsraten bei Herde 16 war die relativ kurze Dauer der Hauptlegezeit. Nestauslastungen von mehr als 20 % wurden bei Herde 14R im Mittel um rund eine Stunde länger als bei Herde 16R erfasst. Im Gegensatz zu den LS Hennen (Herde 14R) war die maximale Nestauslastung bei der vergleichsweise niedrigen Besatzdichte bei den LSL Hennen (Herde 16R) sehr hoch. Im Zeitraum kurz vor Erreichen der maximalen Nestauslastung bis zum Ende der Hauptlegezeit wurden bei beiden Herden Doppelbelegungen registriert. Während der Anteil an doppelt belegten Nestern in diesem Zeitraum bei Herde 14R meist unter 2 % lag und nur für kurze Zeit auf 2–3 % anstieg, lag der Anteil an doppelt belegten Nestern bei Herde 16R meist über 3 % (Abb. 2).

Durch die Reduzierung der Besatzdichte änderte sich auch das Legeverhalten der Hennen in Herde 14 und 16. Die durchschnittliche Anzahl Nestbesuche pro Ei nahm ab und

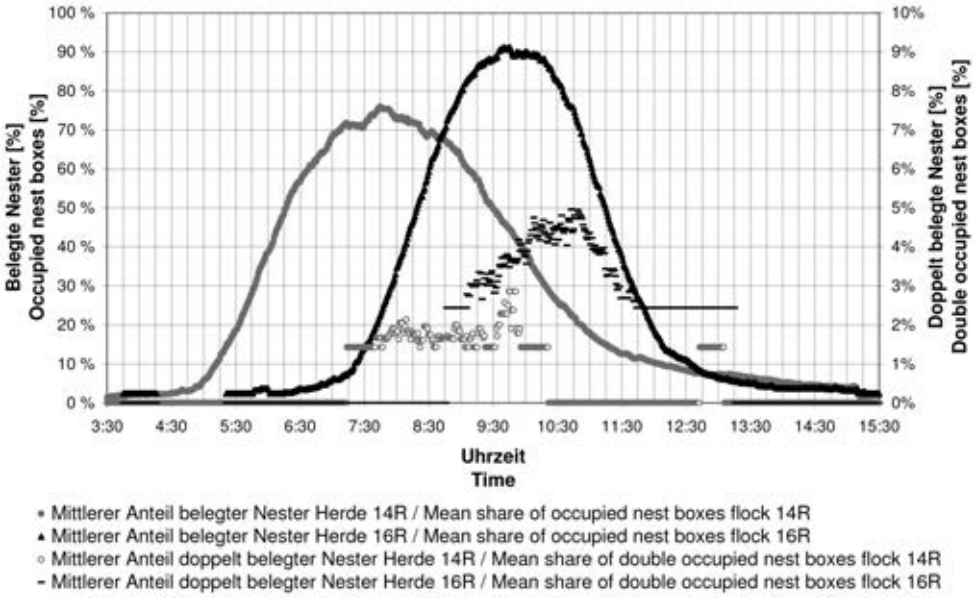


Abb. 2: Anteil belegter und doppelt belegter Nester bei Herde 14R und 16R
Fig. 2: Share of occupied and double occupied nest boxes for flock 14R and 16R

die durchschnittliche Dauer eines Nestbesuchs nahm zu (Herde 14: 1,6 Besuche pro Ei mit 24,3 min und Herde 16: 2,0 Besuche pro Ei mit 24,0 min vs. Herde 14R: 1,4 Besuche pro Ei mit 30,0 min und Herde 16R: 1,5 Besuche pro Ei mit 35,3 min).

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Bei früheren Untersuchungen mit LS Hennen und einem sehr hohen Nester-Hennen-Verhältnis von 1 : 7,6 waren weder Probleme mit Doppelbelegungen noch mit verlegten Eiern zu verzeichnen (THURNER et al. 2005). Trotz derselben Herkunft traten bei Herde 14 mit einer vergleichbaren Belegungsdichte sehr viele Doppelbelegungen auf. Nach einer Reduzierung der Belegungsdichte konnten bei Herde 14R die aufgetretenen Probleme weitgehend beseitigt werden. Die Reduzierung der Hennenzahl führte auch bei Herde 16R zu einer Verbesserung der Situation, wenn auch aufgrund der kürzeren Hauptlegezeit der Druck auf die Nester immer noch sehr hoch war. Daher scheint generell das nach der Legehennenhaltungsverordnung (N.N. 1999) erlaubte maximale Nester-Hennen-Verhältnis von 1 : 7 für das WMN im Hinblick auf eine sichere Erfassung der Legeleistung als nicht geeignet. Für das WMN sollten daher niedrigere Nester-Hennen-Verhältnisse gewählt werden, die zusätzlich je nach Herkunft bzw. Dauer der Hauptlegezeit nach unten korrigiert werden müssen.

Für LS Hennen erscheint ein Nest-Hennen-Verhältnis von max. 1 : 6 vertretbar, wohingegen für LSL Hennen ein Nest-Hennen-Verhältnis von max. 1 : 4 empfehlens-

wert ist. Die Verringerung der Besatzdichte kann jedoch, wie bei den Herden 14 und 16 beobachtet, zu einem veränderten Legeverhalten (weniger Nestbesuche pro gelegtem Ei sowie eine längere mittlere Nestbesuchsdauer) führen.

Die Verengung des Nesteingangs mit Flügeltüren hat bei der Herkunft LSL nicht zu der gewünschten Reduzierung der Doppelbelegungsrate geführt, im Gegensatz zur Verengung mit Holzklötzen bei den LS Hennen. Eine mögliche Ursache könnte die mit Flügeltüren nur an einem Punkt realisierbare maximale Verengung des Nesteingangs sein. Daher sollten weitere Untersuchungen mit LSL Hennen klären, ob mit einer Verengung mit Holzklötzen wie bei den LS Hennen eine zuverlässige Reduzierung der Doppelbelegungsrate möglich ist. Aufgrund der sehr hohen Anzahl verlegter Eier bei einer Verengung der Nesteingänge sollte jedoch auch die Verengung auf einer Tiefe von 8 cm so konzipiert werden, dass sie flexibel, je nach Bedarf und Herkunft eingestellt werden kann. Dadurch kann es zu Beginn der Legetätigkeit möglicherweise gelingen, potenzielle Bodenleger nicht vom Legen im Nest abzuhalten. Die bisherigen Ergebnisse zeigten keinen Einfluss der Nesteingangsverengung auf das Legeverhalten.

Um eine sicherere Zuordnung der Eier zur einzelnen Henne im WMN zu erhalten, sollte ein zusätzlicher Sensor, der verlässlich die Doppelbelegungen registriert, integriert werden. Dazu geeignet wäre eine Wiegezelle, die das Gewicht des Muldenbodens erfasst. Beim Auftreten einer Doppel- oder Mehrfachbelegung könnte so die Anzahl der Hennen im Nest sicher detektiert werden und die während der Doppel- oder Mehrfachbelegung gelegten Eier entsprechend indiziert werden.

Literatur

Icken, W.; Schmutz, M.; Fries, R.; Thurner, S.; Wendl, G.; Preisinger, R. (2006): Genetic Parameters for egg production and nesting behaviour in a non-cage environment, XII European Poultry Conference, Verona, World's Poultry Science Journal, Volume 62 Supplement: 611–612

N.N. (1999): Richtlinie 1999/74/EG des Rates zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Leghennen, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, L 203: 53–57

Thurner, S.; Wendl, G. (2006): Nestauslastung automatischer Einzellegenester bei Legehennen in Gruppenhaltung, Landtechnik 61, 3/2006: 164–165

Thurner, S.; Wendl, G.; Preisinger, R. (2006): Funnel nest box: a system for automatic recording of individual performance and behaviour of laying hens in floor management, XII European Poultry Conference, Verona, World's Poultry Science Journal, Volume 62 Supplement: 610–611

Thurner, S.; Wendl, G.; Preisinger, R.; Fröhlich, G.; Böck, S.; Weinfurtner, R. (2005): Individuelle und automatische Erfassung von Legeleistung und -verhalten – Weihenstephaner Muldennest für Legehennen in Gruppenhaltung, Landtechnik 60, 5/2005: 280–281

Neue Mast- und Vermarktungsstrukturen in der Schweinehaltung mit Hilfe der Bildverarbeitung

New Management and Marketing Patterns for Fattening Pigs Derived from Picture Recognition System

PETER LEUSCHNER

Fa. Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG, Siemensstr. 15, D-48488 Emsbüren

Schlüsselwörter: Videobildanalyse, Typisierung von Schweinen, Großgruppenhaltung
Keywords: picture recognition, image analysis, fatteners clustering, large group fattening

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren hat sich die Großgruppenhaltung von Mastschweinen mit bis zu 400 Tieren pro Stallgruppe mit Hilfe von Sortierschleusen etabliert.

Mit Hilfe einer Bildanalyse (System optiSORT der Firma Hölscher + Leuschner) werden die Schweine nicht nur nach Ihrem Lebendgewicht unterschieden, sondern auch Aussagen über die Mast- und Vermarktungsqualität jedes einzelnen Tieres getroffen.

Ziel der Untersuchung ist die Untergliederung von Mastschweinen nach Typen.

Um eine Aussage über die künftige Mast- und spätere Vermarktungsqualität zu treffen, sollen schon im frühen Maststadium mit Hilfe der Bildanalyse Gruppen mit ähnlichen Merkmalen herausgefiltert werden, die als spezifische Typen zu definieren sind.

Die Versuche der Definition und der Validierung einer Typenmast mit Hilfe der optiSORT-Bildverarbeitung haben gezeigt, dass unter Praxisbedingungen die Schweinemast weiter optimiert werden kann.

Summary

Fattening of pigs in large groups of up to 400 animals by the use of a sorting system is getting more and more common in Germany.

With the help of a picture recognition system in combination with the sophisticated data analysis the system generates the individual weight of the pig. In addition it's able to give answers on individual qualities of the pigs. The intention of the conducted trials was to cluster the herd early in the fattening period with the help of the optoanalytic system. Specific types should be derived by clustering the individual patterns.

The conducted trials to cluster the herd and to validate these clusters revealed unrealized potential for further optimization of managing and feeding fattening pigs.

1 Einleitung

Aus arbeitswirtschaftlichen und ethologischen Gründen werden heute Schweine in der Mast in größeren Gruppen gehalten. Man unterscheidet Gruppengrößen zwischen 40 bis 60 Tieren oder Großgruppen bis 400 Tieren pro Abteil.

Die Haltung in Großgruppen bietet den Schweinen viele Vorteile, da sie eine selbstständige individuell beeinflusste Strukturierung und Einteilung der Liegeflächen und Kotflächen ermöglicht. Die relativ freien Räume werden als Aktivitätszonen und Liegezonen von den Tieren selbst bestimmt, wodurch sich eine geringere Verschmutzung der Spaltenflächen ergibt und durch abgegrenzte Kotflächen die Tiere sauberer sind. Dies reduziert die Umweltbelastungen durch geringere Ammoniak- und Geruchsbelastungen.

Durch die große Tierzahl ergeben sich in Gruppen neue Verhaltensparameter und völlig andere ethologische Lebensbedingungen. Das Halten der Tiere in Großgruppen erfordert ein Umdenken beim gesamten Stallkonzept und der erforderlichen Technik.



Abb. 1: optiSORT-Schleuse der Firma Hölscher + Leuschner
Fig. 1: optiSORT sorting system made by Hoelscher + Leuschner

Eine Sortierschleuse trennt den Liegebereich von zwei unterschiedlichen Fressbereichen, die sowohl als Trocken- oder Flüssigfütterung konzipiert werden können. Die Tiere passieren mehrmals täglich die Schleuse, um zum Futterbereich zu gelangen und werden in der Schleuse durch das Bildverarbeitungssystem optiSORT analysiert. Anhand der über die Bildanalyse erfassten Parameter sortiert das System die Schweine alternativ in den rechten oder linken Fressbereich, der über verschiedene Futterstrategien gesteuert werden kann (Abb. 1).

Erfolgt die Vermarktung von Schweinen, vergrößert man eine der Fütterungsbereiche zur Vermarktungsbucht und sperrt den Ausgang der Rückführtür zum Liegebereich.

Das optiSORT-System wählt die vermarktungsfähigen Tiere nach bestimmten Vermarktungskriterien selbstständig aus.

2 Zielsetzung

Zwei Parameter bestimmen heute im Wesentlichen eine erfolgreiche Schweinemast:

1. eine angepasste Fütterung
2. eine optimale Vermarktungsstrategie

Um dem Landwirt eine praktische Managementhilfe zu geben, soll mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems eine typenspezifische Beurteilung des Mastschweinebestandes erfolgen.

Das Ziel der Untersuchung stellt eine Untergliederung der Mastschweine in unterschiedliche Gruppen dar. Ein neuer Ansatz zur Bewertung von Schweinen ist die Untergliederung nach Typen.

Um über den spezifischen Schweinetyp eine Aussage über die künftige Mast- und spätere Vermarktungsqualität zu treffen, soll schon im Ferkelstadium eine Beurteilung mit Hilfe der Bildverarbeitung erfolgen. Dazu bedarf es der Definition von Typenkriterien, die im frühen Maststadium herausgefiltert werden, um zu einer Aussage über Wachstumseigenschaften und Fleischqualität zu gelangen. Alle Untersuchungen wurden in einem Maststall unter Praxisbedingungen mit Hilfe des optiSORT-Sytsems durchgeführt.

In der Typenforschung gliedert man Tiere in Gruppen, eben in Typen, durch eine Bestimmung von Ähnlichkeiten bei lebenden Schweinen, die durch eine Reihe von Merkmalen charakterisiert sind, oder man fasst Schweine zusammen, die sich durch die Betrachtung von auffällig fehlenden Eigenschaften gleichen.

Zur Beschreibung eines Typs sind weitgehend unabhängige Parameter zu eliminieren, die sich als variable, individuelle Merkmale abzeichnen.

Um nicht nur die optimale Schlachtung zu betrachten, sondern den gesamten Mastablauf vom eingestallten Ferkel bis zum schlachtreifen Schwein, wurde die Typisierung mit Hilfe des optiSORT-Systems der Großgruppenhaltung in folgenden Typengruppen unterteilt:

1. nach Wachstumsparametern
2. nach Verhaltensparametern
3. nach Vermarktungsparametern
4. sowie eine zusätzliche Betrachtung nach Geschlechtstyp

Betrachtet man die unterschiedlichen Ansätze im Zusammenhang, so erfasst man das Lebewesen in seiner Gesamtheit und kann unterschiedliche Eigenarten besser miteinander vergleichen. Die sich ergebenen Partialkorrelationen in den Verhaltensparametern ermöglichen die Identifikationsmerkmale für die drei vorgesehenen Typen. Eine Waage wäre für die Bestimmung von Typen ungeeignet, da sie nur einen Parameter – das Gewicht – beitragen würde, der alleine keine Aussage für eine Typisierung von Schweinen hergäbe. Bei der Korrelation der angenommenen Typen empfiehlt sich eine Kausalinterpretation, mit der Betrachtung, wie sich die Variablen untereinander bedingen. Als diagnostisches Hilfsmittel zur Aufdeckung tierischer Typenmerkmale werden mit Hilfe einer digitalen Kamera die biometrischen Daten von jedem Schwein täglich mehrmals erfasst und gewichtet. Die Messwertanalyse erfolgt mit speziellen mathematischen und statistischen Programmen.

Jedes Schwein hat seine individuellen Daten für Gewicht, Lebendgewicht und Schlachtgewicht, Höhe, Länge, Breite und die für die Vermarktung erforderlichen wichtigen qualifizierten Teilstücke Schinken, Lachs, Schulter, Bauch und Magerfleischbauch.

Aus diesen Daten und aus zusätzlichen Formparametern wird der entsprechende Schweinetyp von jedem Tier ermittelt.

3 Methoden

Für die Untersuchung stand ein Schweinemaststall für 1 200 Mastplätze mit Flüssigfütterung zur Verfügung. Der Stall ist in vier Abteile mit je 300 Mastschweinen unterteilt und verfügt über vier optiSORT-Schleusensysteme. Der Stall wird im Rein-Raus-Verfahren betrieben, um einen besseren Vergleich der einzelnen Mastgruppen zu erhalten.

Alle Schweine erhalten zusätzlich eine elektronische Ohrmarke zur Einzeltiererkennung, die vom optiSORT-System identifiziert werden kann.

Jede Schleuse ist zur zusätzlichen Kontrolle mit einer mechanischen Tierwaage ausgestattet. Alle Versuche sind unter normalen Praxisbedingungen durchgeführt worden. Das Geschlecht der Schweine wurde bei der Aufstallung bestimmt und zur Identnummer abgespeichert. Die Sicherung aller Daten von jedem Durchlauf erfolgt kontinuierlich.

4 Fütterung nach Typen

Schweine werden nach Lebendgewicht oder Masttag dosiert oder ad libitum flüssig oder trocken gefüttert.

Das Fütterungsmanagement bei Mastschweinen basiert heute üblicherweise auf einer Phasenfütterung mit unterschiedlichen Futterzusammensetzungen für vorgegebene Gewichtsabschnitte. Dabei bleiben die tierspezifischen Eigenarten, wie z. B. Geschlecht, Masse, Wachstums- und Verhaltenseigenschaften unberücksichtigt.

Untersuchungen haben aber gezeigt, dass andere Einflussfaktoren wie Geschlecht und Typ erheblich höhere Auswirkungen auf eine angepasste Fütterung ergeben wie der Gewichtsabschnitt oder Masttag. Futteraufnahmen und tägliche Zunahme sind bei Börgen höher und die Futterverwertung erwartungsgemäß schlechter als bei Sauen. Dadurch ergibt sich eine längere Mastzeit der Sauen im Vergleich zu den Börgen. Eine angepasste Fütterung in der Futterzusammensetzung und Futtermenge auf das jeweilige Geschlecht ergibt neben einer Verbesserung der biologischen Leistung auch eine Verbesserung der Fleischqualität, die zu höheren Schlachterlösen führt. Genaue Untersuchungen haben ergeben, dass das biologische Geschlecht männlich oder weiblich nicht ein eindeutiges Kriterium als Grundlage für eine optimale Fütterung und Vermarktung liefert. Ein Teil der weiblichen Tiere verhält sich wie männliche Tiere und umgekehrt. Ebenso gibt es neutrale Tiere, die kein eindeutiges Geschlechtsverhalten für den Mastablauf zeigen.

Aus dieser Erkenntnis ergab sich ein neuer Ansatz zur Bewertung von Schweinen in einer Untergliederung nach Geschlechtstyp, dem sogenannten „physiologischem Geschlecht“ und nicht nach dem biologischen Geschlecht.

Schweine zeigen über Ihre Form Ihren Typ. Mit Hilfe der Bildanalyse lässt sich über ein aufwändiges mathematisches Analyseverfahren der Geschlechtstyp jedes Tieres bei jedem Durchgang durch das optiSORT-System bestimmen. Drei verschiedene Geschlechtstypen wurden definiert:

1. männlicher Typ
2. neutraler Typ
3. weiblicher Typ

Somit sind durch die zwei verschiedenen Futterbereiche eine typenangepasste Fütterung während des gesamten Mastdurchganges zu erreichen.
Ein weiterer Ansatz ist eine Typisierung nach Wachstumsart, die sich wie folgt gliedert:
4. vorwüchsig
5. normal wüchsig
6. schwach wüchsig

Eine Kombination zwischen Geschlechtstyp und Wachstumstyp ergibt eine differenziertere Abstimmungsmöglichkeit für eine angepasste Fütterung. Die ideale Futteranpassung wird nicht mehr nach Gewichtsgruppen durchgeführt, sondern unterscheidet sich in Gruppen der unterschiedlichen Typenkombinationen.

5 Vermarktung nach Typen

Ist die Mast erfolgreich durchgeführt, muss eine richtige Vermarktung erfolgen, die zu höchstmöglichen Erlösen für den gemästeten Bestand führt. Jedes Schwein hat seinen idealen Vermarktungszeitpunkt bezogen auf die Fleischqualität, den Abrechnungsmodus und dem derzeitigen Marktpreis in Relation zu den noch anfallenden Kosten für eine eventuelle Weitermast.

Die Bestimmung des richtigen Vermarktungszeitpunktes für jedes einzelne Schwein aus der zu vermarktenden Herde erfordert hohe qualitative Anforderungen an den Schweinemäster. Auch hier soll mit Hilfe der Typenanalyse eine Optimierung jedes einzelnen Schweines zur Bestimmung des Vermarktungszeitpunktes automatisch durchgeführt werden.

Es gibt zwei verschiedene Vermarktungssysteme in Deutschland:
1. die FOM-Vermarktung
2. die AutoFOM-Vermarktung

Die beiden Vermarktungsarten unterscheiden sich im Wesentlichen durch unterschiedliche Bewertungskriterien und damit Bezahlung des geschlachteten Schweines. Bei der FOM-Vermarktung erfolgt die Bezahlung nach der Höhe des Schlachtgewichtes und nach der Höhe des Muskelfleischanteiles, der aus dem Speckmaß und dem Fleischmaß errechnet wird. Bei der AutoFOM-Vermarktung erfolgt die Beurteilung des Schlachtkörpers nach den sogenannten qualitativen Teilstücken Schinken, Schulter, Lachs, Bauch und Magerfleischbauchanteil.

Die Bewertungskriterien werden für jeden Schlachthof nach einer sogenannten Schlachtmaske definiert. Die Schwierigkeit für den Mäster besteht darin, jedes einzelne Tier so zu bewerten, dass es nach der vorgegebenen Maske des Schlachthofes einen maximalen Erlös erzielt.

Da das Lebendgewicht bei dieser Beurteilung keine direkte Bewertung mehr ergibt, ist es für den Mäster sehr schwierig mit dem bloßen Auge eine objektive und gewinnmaximierende Bewertungsselektion durchzuführen. Um den richtigen Vermarktungszeitpunkt zu definieren, ist nicht nur die derzeitige Situation des Schweinekörpers zu beurteilen, sondern auch die zukünftige Entwicklung, d.h. ob und wann bei welchem Schweinetyp eine eventuelle Verfettung und damit eine Reduzierung des Schlachterlöses eintritt. Ebenfalls ist darauf zu achten, dass gewisse Gewichtsgrenzen, die durch die

Maske vorgegeben sind, nicht überschritten werden, damit möglichst keine sogenannten Maskenabzüge erfolgen.

Auch hier bietet sich für die Bestimmung des optimalen Vermarktungszeitpunktes eine Typenbetrachtung der Schweine an.

Drei Schweinetypen für die Vermarktung sind neu definiert worden (Abb. 2):

1. Das Schinkenschwein/Qualitätsschwein – fleischreich
2. Das Durchschnittsschwein/Normalschwein mit durchschnittlichem Fleischanteil
3. Das Bauchschwein/Minderschwein – fleischarm

Die Typenbetrachtung ist mit unterschiedlicher Gewichtung sowohl für FOM- als auch für die AutoFOM-Vermarktung anzusetzen. Eine Vermarktungsstrategie unter Berücksichtigung der Typeneigenschaft führt zu erheblich höheren Schlachterlösen und zu geringeren Maskenabzügen.

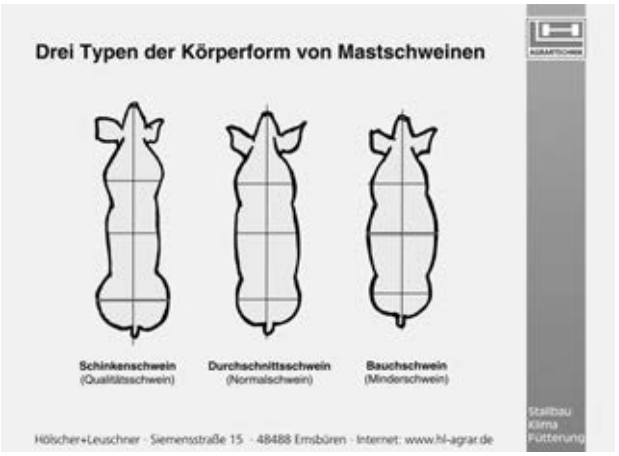


Abb. 2: Typen der Körperform von Mastschweinen
Fig. 2: Types of body patterns of fattening pigs

6 Schlussfolgerungen

Mit Hilfe der biometrischen Vermessung von Schweinen durch eine Bildanalyse und anschließende Typisierung nach unterschiedlichen Kriterien ergibt sich ein neuer Ansatz für die Optimierung der Schweinehaltung und Vermarktung. Die Großgruppenhaltung mit Hilfe der optiSORT-Bildverarbeitung ist einsatzfähig, um unterschiedliche Applikationsstrategien einer Typenmast zu realisieren.

Eine große Möglichkeit liegt derzeit noch in der Erfassung und Auswertung von verhaltenstypischen Parametern, die als Ergänzung zu den bereits bestimmten Typen einer Erweiterung aus ethologischer Sicht ergeben.

Für die Wissenschaft und für die praktische Anwendung ergeben sich noch viele Möglichkeiten zur besseren Erkenntnis der Tierhaltung über die Verarbeitung der gewonnenen Daten aus einer Bildverarbeitung.

Frequentierung und Wiegegenauigkeit einer optoelektronischen Sortierschleuse in Großgruppenhaltung von Mastschweinen

Number of Passages and Weighing Accuracy of an Opto-electronic Sorting Lock in a Large Group of Fattening Pigs

ENGEL F. HESSEL, CHRISTOPH BÖGING, HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredlungswirtschaft Weser-Ems der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, D-49377 Vechta

Schlüsselwörter: Sortierschleuse, Mastschwein, Großgruppe
Keywords: sorting lock, fatting pig, large group

Zusammenfassung

In einer Großgruppe (222 Mastschweine) mit optoelektronischer Sortierschleuse wurde die Frequentierung der Schleuse, die Dauer der Besuche des Fressbereichs sowie die Motivation der Schweine, diesen aufzusuchen, erfasst. Hierfür wurden 10 Tiere individuell markiert und an 10 Beobachtungstagen (Gewichtsabschnitt: 60–120 kg) über einen Zeitraum von jeweils 24 Stunden beobachtet. Durchschnittlich wurde die Sortierschleuse 5,4-mal pro Schwein und Tag passiert, um in den Fressbereich zu gelangen. Dort verbrachten die Tiere im Mittel 6,8 Stunden am Tag. Des Weiteren wurde an drei verschiedenen Masttagen die optoelektronische Gewichtsschätzung mit den tatsächlichen Tiergewichten verglichen. Die Differenz zwischen dem optoelektronischen und dem mechanischen Gewicht betrug durchschnittlich 2,2 %.

Summary

In a large group of fattening pigs (222 animals) housed with an opto-electronic sorting lock the number of lock passages, the duration of feeding area visits and the motivation to frequent this area was recorded. Therefore, 10 animals were individually marked and observed on 10 days over a 24-hour period. Averagely, pigs passed the sorting lock 5.4 times a day to get into the feeding area and stayed there averagely 6.8 hours a day. Furthermore, the opto-electronic weight approximation was compared with the actual weight. The deviation between the opto-electronic and the mechanical weight was 2.2 %.

1 Einleitung

Die Haltung von Mastschweinen in Großgruppen mit mehr als 100 Schweinen stellt hohe Anforderungen an das Management, insbesondere bei der Beobachtung der Gewichtsentwicklung der Tiere sowie bei der Terminierung des optimalen Vermarktungszeitpunktes. Durch den Einsatz einer optoelektronischen Sortierschleuse, die den Liege- und Aktivitätsbereich vom Fressbereich trennt, kann die Gewichtsentwicklung der Tiere im Maststall kontinuierlich erfasst werden. Hierbei werden die Körpermaße der einzelnen Tiere bei jedem Durchtritt durch die Schleuse digital erfasst und mit Hilfe eines Rechenprogramms das Gewicht der Tiere geschätzt.

Ziel dieser Untersuchungen war es, die Frequentierung der Schleuse und die Motivation der Schweine den Fressbereich auszusuchen als auch die Genauigkeit der Gewichtsermittlung durch die Sortierschleuse zu erfassen.

2 Material und Tiere

Für diesen Versuch stand eine Großgruppe mit 220 Mastschweinen (PIC), die mit einer optoelektronischen Sortierschleuse ausgestattet war, zur Verfügung. Die Tiere wurden in einem Außenklimastall auf ca. 30 cm Sägemehleinstreu gehalten. Die eingebaute Sortierschleuse (Fa. Hölscher und Leuschner, Emsbüren), die bei jedem Durchtritt eines Schweins das Lebendgewicht des Tieres optoelektronisch schätzt, trennte den Aufenthaltsbereich (380,6 m²) von den 2 Fressbereichen (à 30,6 m²). Im Bereich der Sortierschleuse wurden die Mastschweine ab dem 65. Masttag wöchentlich an 10 Beobachtungstagen (Gewichtsabschnitt: 60–120 kg) über einen Zeitraum von 24 Stunden beobachtet. Hierfür wurden im Schleusenbereich vier Videokameras installiert, mit denen die Tiere vor und in der Schleuse sowie in den Fressbereichen aufgezeichnet wurden (Abb. 1). Anhand von zehn individuell markierten Fokustieren wurde die Anzahl und die Dauer der Besuche des Fressbereiches sowie die Motivation der Schweine diesen aufzusuchen erfasst. Die verschiedenen Motivationen werden in Tabelle 1 definiert.

Tab. 1: Definition der Motivationen der Schweine den Fressbereich aufzusuchen
Tab. 1: Definition of the pigs' motivation to visit the feeding area

Motivation	Definition
Fressen	Schweine gehen zum Fressen/Trinken in die Fresszonen, sie legen sich dort nicht hin.
Feeding	*Pigs visit the feeding area for feeding/drinking; they do not lie down.*
Fressen & Liegen	Schweine gehen zum Fressen/Trinken und Liegen in die Fresszonen.
Feeding & Lying	*Pigs visit the feeding area for feeding/drinking and lying.*
Umschauen	Schweine kommen in die Fresszonen ohne am Futterautomaten zu fressen/trinken oder sich hinzulegen.
Looking	*Pigs visit the feeding area without feeding/drinking or lying.*
Liegen	*Schweine suchen den Fressbereich nur zum Liegen auf, ohne am Futterautomaten zu fressen/trinken.*
Lying	*Pigs visit the feeding area only for lying without feeding/drinking.*

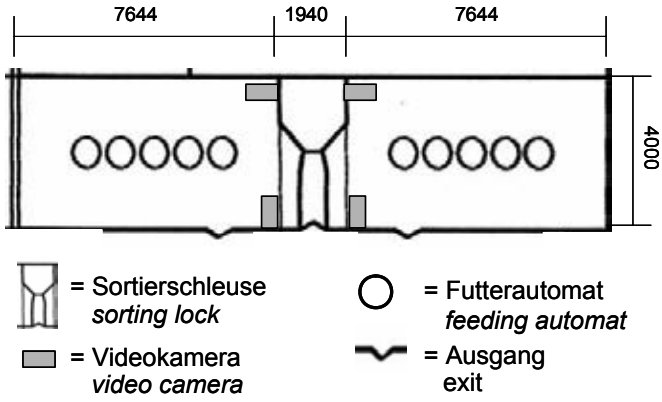


Abb. 1: Schematische Darstellung des Fressbereichs (Abmessungen in mm)
Fig. 1: Schematic view of the feeding area (dimensions in mm)

Die Anzahl und die Dauer der einzelnen Schleusendurchtritte der Fokustiere wurden mit Hilfe von Videoauswertungen ermittelt. Zur Überprüfung der Genauigkeit der Gewichtserfassung wurden am 92., 106. und 120. Masttag von jeweils 38 bzw. 36 zufällig ausgewählten Schweinen das Gewicht optoelektronisch geschätzt und direkt danach mechanisch mit Hilfe einer Plattformwaage erfasst. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem SAS-Programm mit Hilfe der Prozedur GLM.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Durchtrittdauer eines Schweins durch die Sortierschleuse wird bestimmt von der Zeit, die benötigt wird, um ein verwertbares Bild von dem Tier aufzunehmen. Die durchschnittliche Schleusendurchtrittsdauer beträgt 20,8 Sekunden (± 10,88) und variiert zwischen 10 Sekunden (Minimum) und 64 Sekunden (Maximum). Unterschiede in der Schleusendurchtrittsdauer können zwischen den einzelnen Beobachtungstagen festgestellt werden (Tab. 2). Die minimale Durchtrittsdauer steigt im Laufe der Mast kontinuierlich an. Zu Beginn der Untersuchung verbringen die Schweine minimal 10 Sekunden in der Schleuse. Am letzten Beobachtungstag steigt die minimale Durchtrittsdauer auf zwanzig Sekunden an.

Die Anzahl der durchschnittlichen täglichen Schleusendurchtritte sowie die tägliche Aufenthaltsdauer im Fressbereich je Schwein sind in Abbildung 2 dargestellt. Durchschnittlich betritt jedes Focustier 5,4-mal am Tag den Fressbereich, wobei sich Schwein 9 mit 10 Durchtritten pro Tag signifikant von den anderen Schweinen unterscheidet. Die durchschnittliche tägliche Aufenthaltsdauer der Schweine in den Fresszonen beträgt 408 Minuten (6,8 Stunden); auch hier sind individuelle Unterschiede zwischen den Schweinen festzustellen. So verbringt Schwein 10 z. B. durchschnittlich 1 054 Minuten (17,6 Stunden) in der Fresszone.

Tab. 2: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Dauer der Schleusendurchtritte in Abhängigkeit vom Masttag
Tab. 2: Mean, standard deviation, minimum and maximum of the time needed to pass the sorting lock

Masttag *Fattening day*	Mittelwert [sec] *Mean [sec]*	Stdabw [sec] *SD [sec]*	Minimum [sec] *Minimum [sec]*	Maximum [sec] *Maximum [sec]*
65	16,8	7,2	10	24
72	18,4	7,8	11	27
79	20,4	8,8	12	30
86	22,0	9,9	12	33
93	24,4	12,0	13	37
100	35,0	23,1	13	64
107	14,7	0,5	14	16
114	16,3	0,4	16	17
121	18,3	1,0	17	20
128	21,4	0,8	20	23

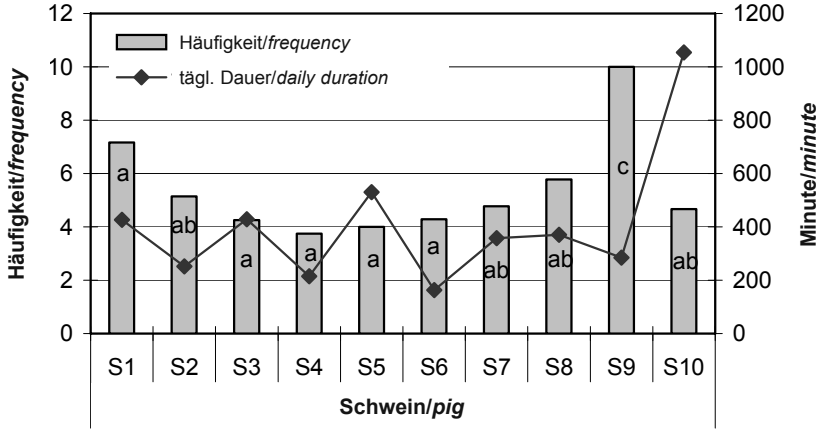


Abb. 2: Tägliche mittlere Häufigkeiten und Dauer der Besuche des Fressbereiches in Abhängigkeit vom Fokusschwein
Fig. 2: Daily mean frequency and duration of visit of the feeding area as a function of the focal pig

Von den im Mittel 5,4 Fressbereichsbesuchen pro Schwein und Tag werden durchschnittlich 3,0 Aufenthalte nur zum Fressen genutzt, bei 1,8 Aufenthalten wird die Motivation zu Fressen mit dem Liegen im Fressbereich verbunden (Tab. 3). Durchschnittlich 0,5 Besuche pro Tag und Schweine sind weder mit der Motivation Fressen noch mit dem Liegen verbunden; 0,1-mal pro Tag und Schwein wird der Fressbereich nur zum Liegen aufgesucht.

De Haer et al. (1993) berichten, dass Schweine in Gruppenhaltung 16-mal am Tag den Trog besuchen. Laut Jeroch et al. (1999) nehmen Schweine 5 bis 15 Mahlzeiten am Tag zu sich. In dieser Untersuchung werden deutlich weniger Besuche des Fressbereichs

registriert, jedoch ist aufgrund der langen Aufenthaltsdauer im Fressbereich davon auszugehen, dass auch mehrere Mahlzeiten pro Besuch eingenommen werden. PORZIG et al. (1991) berichten, dass Schweine nach der Futteraufnahme längere Ruhephasen einlegen. Die Tiere in dieser Studie verlassen oft nach der Nahrungsaufnahme den Fressbereich nicht, sondern legen sich hin. Nach einer gewissen Zeit stehen sie wieder auf und nehmen die nächste Mahlzeit zu sich. Die hohe Anzahl und Dauer der Aufenthalte, die mit der Motivation Fressen und Liegen im Fressbereich verbunden ist, lässt vermuten, dass den Schweinen im Fressbereich zu viel Platz zur Verfügung steht bzw. der Fressbereich für die Schweine aufgrund der Trennwände und des Einstreumaterials zu attraktiv gestaltet ist und die Tiere zum Hinlegen einlädt. Durch eine Verkleinerung bzw. Umstrukturierung des Fressbereichs könnte der Anteil liegender Tiere möglicherweise reduzieren werden.

Tab. 3: Tagesmittelwerte und Standardabweichungen der Häufigkeit und Dauer der Besuche des Fressbereiches der Fokustiere
Tab. 3: Daily means and standard deviation of frequency and duration of visits of the feeding area of focal pigs

	Motivation/*Motivation*			
	Fressen *Feeding*	**Fressen & Liegen** *Feeding & Lying*	**Umschauen** *Looking*	**Liegen** *Lying*
Häufigkeit *Frequency*	3,01 ± 1,52	1,78 ± 0,60	0,51 ± 0,53	0,08 ± 0,09
Dauer [min] *Duration [min]*	107,31 ± 28,38	259,48 ± 212,16	5,18 ± 4,32	74,40 ± 74,62

Hinsichtlich der Genauigkeit der Gewichtsermittlung konnten Unterschiede zwischen den beiden Messverfahren festgestellt werden. An den Masttagen 92 und 106 lag das mechanisch erfasste Gewicht über dem Niveau des optoelektronischen Gewichts. Bei 38 Schweinen konnte insgesamt eine Abweichung von 78,0 kg bzw. 95,5 kg zugunsten der mechanischen Wiegung festgestellt werden. Am 120. Masttag mit durchschnittlichen Tiergewichten von 110 kg ermittelte die optoelektronische Wiegung schwerere Gewichte als die mechanische Wiegung. Die prozentuelle Differenz zwischen beiden Gewichten beträgt durchschnittlich 2,2 % und liegt etwas über den Abweichungen, die MINAGAWA et al. (2001) und RYDBERG (2005) mit ihren optoelektronischen Messsystemen erreicht haben. An den ersten beiden Wiegeterminen ist das optoelektronische Gewicht niedriger als das mechanisch erfasste Gewicht. Am dritten Wiegetermin ist es umgekehrt. Die dem System zugrunde liegende Regressionsgleichung zur Schätzung des Lebendgewichtes scheint nicht deckungsgleich mit der tatsächlichen Entwicklung des Lebendgewichtes zu sein.

Tab. 4: Mechanisches und optoelektronisches Gewicht sowie die Abweichung zwischen beiden in Abhängigkeit vom Masttag
Tab. 4: Mechanical and opto-electronic weight and the deviation between both as a function of fattening day

Masttag *Fattening day*	**Anzahl Tiere** *Number of animals*	**Mech. Gewicht** *Mech. weight* **kg**	**Optoelektr. Gewicht** *Opto-elektr. weight* **kg**	**Abweichungen** *Deviation* **kg**
92	38	96,1	94,0	-2,11
106	38	101,2	98,6	-2,58
120	36	110,2	112,0	1,78

Literatur

De Haer, L.C.M.; De Vries, A.G. (1993): Feed intake Patterns of and feed digestibility in growing pigs housed individually or in groups. Livestock Production 33: 277–292

Jeroch, H.; Drochner, W.; Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer Verlag, Stuttgart

Porzig, E.; Sambraus, H.H. (1991): Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

Minagawa, H.; Murakami, T. (2001): A Hands-off Method to estimate pig weight by light projection an image analysis. In: Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th international Symposium (21–23 Mai 2001, Louisville, Kentucky, USA): 72–79

Rydberg, A.; Gilbertson, M. (2005): Monitoring live pig weight with a mobile imaging system. In: Cox, S. (Ed.): Precision Livestock Farming 2005, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands: 257–263

Modellierung des Präferenzverhaltens von Mastschweinen gegenüber unterschiedlichen Fußböden

Modelling of the Preference Behaviour of Fattened Pigs Compared with Different Flooring Systems

BJÖRN BÖRGERMANN, MIHAIELA RUS*, OTTO KAUFMANN

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet Tierhaltungssysteme, Philipsstr. 13, D-10115 Berlin
* erhält ein Stipendium der Hans Wilhelm Schaumann Stiftung

Schlüsselwörter: Schweine, Präferenzverhalten, Fußböden, Modellierung
Keywords: pigs, preference behaviour, floor systems, modelling

Zusammenfassung

Ziel des Forschungsprojektes war die Analyse und Bewertung des Präferenzverhaltens von Mastschweinen hinsichtlich unterschiedlich gestalteter Fußböden. Das Verhalten von 22 Schweinen gegenüber den Angeboten in ihrer Haltungsumwelt wurde kontinuierlich über die gesamte Mastdauer über ein sensorgestütztes System erfasst.

Der gewählte Forschungsansatz geht davon aus, dass die Präferenz gegenüber verschiedenen Haltungsbereichen als eine Funktion der Zeit mittels Frequenz von Besuchen und Aufenthaltsdauer dargestellt werden kann. Die Modellierung dieser Parameter kann die Aussage zum Präferenzverhalten der Schweine zwischen den Angeboten noch eindeutiger stützen. Es zeigte sich, dass sowohl eine zunehmende Verschmutzung der Einstreu als auch der Einsatz einer Wühlmatte als Beschäftigung im Bereich des Spaltenbodens zu einer Verschiebung der Präferenz bei den Schweinen führt.

Summary

The aim of this project was to analyse and evaluate the preference of fattened pigs concerning differently designed floor systems. A sensor based system was used to monitor the behaviour of 22 pigs by several offerings in the keeping environment throughout the whole fattening period.

The basic approach assumes that the preference can be calculated as a function of time via the frequency of visits and duration of stay in accessible areas. The modelling of these parameters can support the conclusion to the preference behaviour of the pigs between the choices. It appeared, an increasing pollution of the litter as well as the use of a nuzzle mat for environmental enrichment in the area with slatted floor led to a shift of preference of the pigs.

1 Einleitung und Zielstellung

Der Fußboden in der Mastschweinehaltung hat eine wichtige Funktion hinsichtlich des Wohlbefindens der Tiere. Er muss den Ansprüchen in den verschiedenen Funktionskreisen möglichst genügen und keine Krankheiten und Verletzungen hervorrufen. Das Ziel dieser Versuchsreihe war die vergleichende Analyse und Bewertung des Präferenzverhaltens von Mastschweinen gegenüber praxisüblichen Fußböden: vollperforiert, teilperforiert, planbefestigt und eingestreut. Durch die eingesetzte sensorbasierte Tieridentifikation war es möglich, kontinuierlich über einen langen Zeitraum die Tierbewegungen und somit das Präferenzverhalten der Schweine objektiv zu erfassen.

Für die Bewertung von Präferenzen können die Häufigkeit und die Nutzungsdauer der Inanspruchnahme eines Angebotes herangezogen werden. Die Frage ist, welche Bedeutung den beiden Parametern hinsichtlich der Beschreibung der wahren Präferenz zukommt. So kann ein Schwein z. B. sehr häufig einen bestimmten Angebotsraum innerhalb eines Tages aufsuchen, aber sich dort jeweils nur sehr kurze Zeit aufhalten. Dagegen kann sich ein anders Tier völlig anders verhalten: Die Besuchshäufigkeiten sind geringer, die Aufenthaltsdauer an ein und demselben Ort aber deutlich länger. Beide Schweine zeigen ihre Präferenz auf sehr unterschiedliche Art. Mit Hilfe eines Modells zur Bewertung der Präferenz sollen Frequenz und Dauer von Aufenthalten zusammengeführt werden. Das Ziel besteht darin, die Präferenz mit Hilfe eines Indexes zu bestimmen.

2 Material und Methoden

In der als Wahlversuch aufgebauten Versuchsanstellung standen 22 wachsenden Schweinen (25–110 kg Lebendgewicht) für die gesamte Haltungsperiode drei abgegrenzte Aufenthaltsbereiche mit unterschiedlichem Angebot zur Verfügung (Bereich A bis C). Die einzelnen Bereiche ließen sich dabei durch ihre flexible Gestaltung in Ausstattung und Struktur für verschiedenste Untersuchungsreihen verändern. Neben dem Bereich zur Nahrungsaufnahme (A) wurde den Schweinen in dem hier beschriebenen Versuch ein eingestreuter, nichtklimatisierter Bereich (B) und ein klimatisierter Ruhebereiche mit Vollspaltenboden (C) aus Kunststoff angeboten (Tab. 1). Zur detaillierten Analyse der Präferenz bei Veränderungen in der Haltungs-umwelt wurde aus dem gesamten Untersuchungszeitraum ein Zeitraum von 18 Tagen in drei Abschnitten von je sechs Tagen ausgewählt. Im ersten Abschnitt kam es zu einer zunehmenden Verschmutzung des Einstreubereiches (B). Das wurde im folgenden zweiten Abschnitt unterbunden. Im dritten Abschnitt wurde der Spaltenbodenbereich zusätzlich mit einer neuartigen Wühlmatte als Beschäftigungsobjekt ausgestattet.

Die sensorgestützte Erfassung des Tieraufenthaltes wurde durch vier nur in eine Richtung zu passierende Durchgangstore, zwei Futterautomaten und zwei Tränken realisiert. Alle diese Elemente waren jeweils mit einer Tiererkennung versehen. Die individuelle elektronische Identifizierung der Schweine ist über Ohr-Responder erreicht worden.

Tab. 1: Ausstattungen der einzelnen Aufenthaltsbereiche in den Perioden 1-3
Tab. 1: Settings of the areas during section 1-3

Abschnitt *section*	Bereich A *area A*	Bereich B *area B*	Bereich C *area C*
1	Nahrungsaufnahme *ingestion*	Einstreu, verschmutzt *litter, polluted*	Vollspaltenboden (VS) *slatted floor (VS)*
2	Nahrungsaufnahme *ingestion*	Einstreu, sauber *litter, clean*	Vollspaltenboden *slatted floor*
3	Nahrungsaufnahme *ingestion*	Einstreu *litter*	VS + Wühlmatte *VS + nuzzle mat*

Mit Hilfe der Durchgangstore ließen sich die drei Aufenthaltsbereiche voneinander abgrenzen. Bei jedem Eintritt und jedem Verlassen wurden die Tiere identifiziert. Jeder Kontakt mit einer Tiererkennung bei einem Wechsel zwischen den Aufenthaltsbereichen oder auch den Futterautomaten und Tränken ist über eine Datenleitung zu einem PC übermittelt und gespeichert worden. So konnte eine präzise Erfassung von Aufenthaltsort, -dauer und -frequenz von jedem einzelnen Schwein in seiner Haltungsumwelt über den gesamten Haltungszeitraum gewährleistet werden.

3 Auswertung und Modellansatz

Für eine zielgerichtete Verarbeitung der über 6000 Datensätze je Tier und Versuch wurden die Werte in einer standardisierten Vorgehensweise aufbereitet, formatiert und in eine Datenbank mit komplexen Auswertungsstrukturen eingefügt.

Die Datenbank diente durch ihren flexibel zu extrahierenden Datenpool weiterhin als Grundlage in der Entwicklung und Bereitstellung des im Folgenden dargestellten Modells zum Präferenzverhalten bei Schweinen. Das Modell für die Bewertung der Präferenz ergibt sich aus folgendem Zusammenhang:

Dabei ist der Präsenzwert (W)* die Basis für das Modell zur Beschreibung der Präferenz. Er ist das Produkt der Summe der Aufenthaltsfrequenz c und der Summe der Aufenthaltszeit t eines jeden Einzeltieres für ein Angebot. Der Präsenzwert gilt per Definition für ein Tier a_j und für ein Angebot x_i in einem Zeitraum p_k. Er ist die Grundlage für die anschließende Berechnung der Präferenz.

Die Präferenz (P_{ajxipk}) eines Tieres ist der Vorzug eines Angebotes gegenüber einem anderen in einer definierten Zeitperiode. Sie ist der Quotient aus zwei Präsenzwerten (W) eines Tieres für ein Angebot x_1 im Vergleich zu einem anderen x_2.

$$P_{a_j x_i p_k} = \frac{\left(\sum_{a_j} c_{a_j x_i p_k}\right)\left(\sum_{a_j} t_{a_j x_i p_k}\right)^*}{\left(\sum_{a_j} c_{a_j x_i p_k}\right)\left(\sum_{a_j} t_{a_j x_i p_k}\right)^*}$$

p	Präferenz
a_j	Tier (1–22)
x_i	Bereich (A–C)
p_k	Abschnitt (1-3)
c	Besuchsfrequenz des Bereiches
t	Aufenhaltszeit im Bereich

Ein Wert P > 1 zeigt nach Definition eine Präferenz für das im Zähler genannte Angebot. Wenn der Quotient zwischen 0 und 1 liegt, wird zur Anpassung der Präferenzdimension der Quotient des negativen Kehrwerts gebildet. So weist nun ein Wert <-1 dem Angebot im Nenner des ursprünglichen Quotienten eine höhere Wertigkeit zu. Der Bereich –1 bis 1 ist für Einzeltierwerte somit nicht definiert.

Wenn die Bildung des Mittelwertes mehrerer P-Werte einer Angebotskombination ein Ergebnis zwischen –1 und 1 ergibt, so deutet dies auf eine inhomogene Ausbildung der Präferenz zwischen den zwei Angeboten innerhalb der Tiergruppe hin.

4 Ergebnisse

Im Verlauf des ersten Abschnitts kam es zu einer zunehmenden Verschmutzung des eingestreuten Bereiches. Analog zur Verschmutzung reagierten die ca. 30 kg schweren Schweine. Sie präferierten als Ruheort nun den klimatisierten Bereich Spaltenboden (B) sowohl in der Frequenz als auch in der Aufenthaltsdauer. Im Mittel unterschieden sich die zwei Bereiche in beiden Parametern in dieser Periode nur geringfügig (Differenzen: Besuche (n) = 0,9; Aufenthaltsdauer 0:36 h:mm) (Abb. 1).

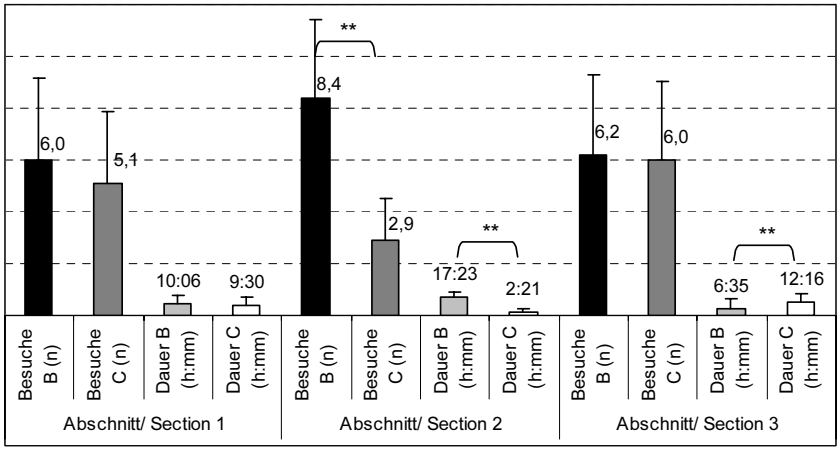


Abb. 1: Mittlere Anzahl Besuche (n) und Aufenthaltsdauer (h:mm) je Tier und Tag zwischen den Wahlmöglichkeiten Einstreu (B) und Spaltenboden (C) während der Abschnitte 1–3 (+SD; Wilcoxon)
Fig. 1: Average number of visits (n) and duration of stay (h:mm) per animal and day between the alternatives litter (B) and slatted floor (C), section 1–3 (+SD; Wilcoxon)

Im darauf folgenden Abschnitt war die Verschmutzung behoben und die Tiere fanden im Bereich C frisches, trockenes Stroh vor. Im Verhalten der Tiere äußerte sich dies in einer signifikant höheren Besuchsfrequenz des Bereiches B (n = 8,4) und einer signifikant höheren Aufenthaltsdauer (17:23 h:mm) gegenüber dem Bereich C Vollspalten (n = 2,9; 2:21 h:mm). Im Abschnitt 3 wurde der zuvor nur wenig genutzte Spaltenboden durch eine Wühlmatte aufgewertet.

Die Schweine reagierten auf dieses neue Angebot mit einer gesteigerten Besuchshäufigkeit. Das Niveau ist annähernd gleich wie im Bereich Einstreu (B:n = 6,2; C:n = 6,0). Die mittlere Aufenthaltsdauer im Bereich C (12:16 h:mm) war signifikant länger als im Bereich Einstreu (6:35 h:mm).

Die modellierte Analyse der individuellen Präferenz des Einzeltieres zu diesen zwei Bereichen B und C zeigt im Streudiagramm folgenden Sachverhalt (Abb. 2).

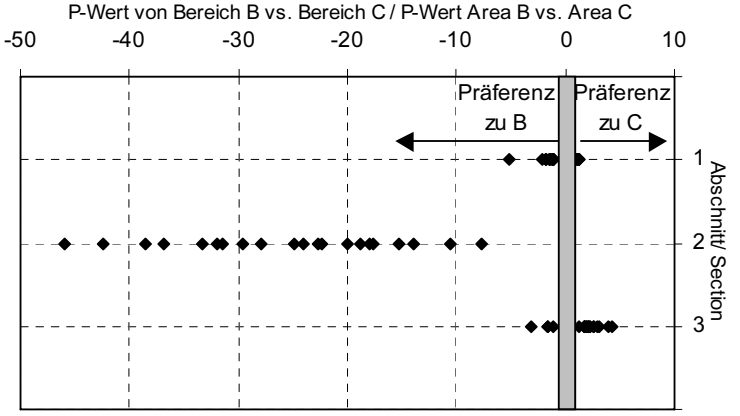


Abb. 2: Präferenzwert P je Tier für das Angebot Einstreu (B) zu Vollspaltenboden (C) in den Abschnitten 1-3

Fig. 2: Value of preference P per animal for the offer litter (B) to slatted floor (D) in section 1-3

Im Abschnitt 1 (y-Achse) ordnet sich die überwiegende Anzahl der P-Werte (x-Achse) nahe der Definitionsgrenze von <-1 an. Wenige P-Werte liegen oberhalb der positiven Grenze von >1 und verdeutlichen damit die geringfügig höhere Präferenz der Tiere für den Bereich Einstreu trotz der Verschmutzung. Diese ambivalente Präferenzsituation drückt sich außerdem in einen Mittelwert von P = -0,84 aus (Tab. 2).

Tab. 2: Mittel der P-Werte je Tier für das Angebot B zu C in den Abschnitten 1-3

Tab. 2 Medial of the P-values per animal for the offer B to D in section 1-3

	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3
x	–0,84	–25,42	1,56

Im zweiten Abschnitt bei sauberer Einstreu liegen alle Werte im negativen Bereich von P = –7 bis –46 und zeigen eine eindeutige Präferenz für den Bereich Stroh (B). Die große Streuung der P-Werte verdeutlicht hier die Individualität der Einzeltiere in der Ausbildung ihrer Präferenz.

Der Einsatz der Wühlmatte im Bereich C im dritten Abschnitt verändert auch das Verhalten der Schweine. Die Mehrzahl der Tiere zeigt einen P-Wert >1 und damit eine höhere Präferenz zum Spaltenbodenbereich mit Wühlmatte gegenüber der Einstreu.

Reflektiert wird dies auch in einem Mittelwert von P = 1,56. Dieser hebt zum einen die eindeutige Richtung zum anderen aber auch den geringen Vorteil in der Präferenz der Wühlmatte gegenüber Stroh hervor. Insgesamt zeigt sich eine starke Zentrierung nahe der Grenzen +1 und -1.

Alle drei Abschnitte unterscheiden sich in ihren P-Werten signifikant ($p \leq 0{,}01$).

5 Diskussion und Schlussfolgerung

Die Versuchsanlage ermöglicht sensorgestützt das Verhalten der Schweine in ihrer Haltungsumwelt über einen langen Zeitraum kontinuierlich und detailliert zu erfassen.

Im Vergleich der zwei Fußböden eingestreut und perforiert zeigen die Schweine eine deutliche Präferenz für den Faktor Stroh. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass Stroh den Anforderungen bzgl. verschiedener Funktionskreise wie Ausruhverhalten und Erkundung/Wühlen weitgehend entspricht (Tuyttens 2005). Wichtiger als eine weiche Unterlage ist den Schweinen jedoch eine trockene und zugfreie Liegefläche, so dass bei zunehmender Verschmutzung und abnehmendem Wärmehaltungsvermögen der Einstreu sich eine zunehmende Präferenz des klimatisierten Spaltenbodenbereiches entwickelt (Von Zerboni et al. 1984). Da nach Van Putten (1978) Schweine wenig Abneigung vor arteigenen Exkrementen entwickeln, scheint hier besonders der Faktor Temperatur zu gelten. Der Einsatz der Wühlmatte führt im betrachteten Zeitraum zu einer deutlichen Aufwertung des Spaltenbodens. Die Schweine stoßen in dieser Matte ähnlich wie beim natürlichen Wühlen mit dem Rüsselscheibenrand auf Widerstände und können weiterhin an den Bestandteilen kauen und beißen. Das Wühlen gilt als wichtiges Verhalten, das ersatzweise nur in Streu möglich ist und anders als in diesem Versuch meist nicht durch Objekte kompensiert werden kann (Weber 2003).

Das entworfene Modell zum Verhalten der Schweine beschreibt umfassend und doch einfach die komplexe Präferenzsituation in den verschiedenen Abschnitten. Die zuvor statistisch, quantitativ bewerteten Zeit- und Häufigkeitssummen werden in eine qualitative und dimensionslose Maßzahl überführt, die in keinem Widerspruch zu den statistischen Ergebnisse steht. Gleichzeitig wird mit diesem Modell ein methodischer Ansatz gezeigt, sowohl umfangreiche sensorbasierte Datensätze als auch mit anderen Methoden erfasstes Tierverhalten auf der Basis Frequenz und Dauer zu bewerten und in eine übersichtliche und vergleichbare (Index-)Form zu bringen.

Literatur

Tuyttens, F.A.M. (2005): The importance of straw for pig and cattle welfare: A review, Applied Animal Behaviour Science 92, 261–282

Van Putten, G.; Sambraus, H.H. (1978): Schwein, In: Nutztierethologie, Parey, Berlin

Von Zerboni, H.N.; Grauvogl, A. (1984): Schwein, In: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere, Ulmer, Stuttgart

Weber, R. (2003): Wohlbefinden von Mastschweinen in verschiedenen Haltungssystemen unter besonderer Berücksichtigung ethologischer Merkmale, Diss., Stuttgart

Evaluierung prozesstechnischer Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme von früh abgesetzten Ferkeln mit Hilfe einer simultanen Einzeltiererkennung am Fressplatz

Evaluation of Different Factors Affecting the Feed Consumption of Early Weaned Piglets with the Aid of High-frequency Transponders

KERSTIN REINERS[1], ENGEL F. HESSEL[1], ALEXANDER HEGGER[1], STEFAN BÖCK[2], STEFAN THURNER[2], GEORG WENDL[2], HERMAN VAN DEN WEGHE[1]

[1] Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Georg- August-Universität Göttingen in Vechta, Driverstr. 22, D-49377 Vechta

[2] Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising

Schlüsselwörter: Ferkel, Fressverhalten, High-Frequency-Transponder
Keywords: piglets, feeding behaviour, high-frequency transponder

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, zwei verschiedene Fütterungssysteme mit Hilfe einer simultanen Einzeltiererkennung am Fressplatz im Hinblick auf die Futteraufnahme von abgesetzten Ferkeln zu untersuchen. Zu diesem Zweck werden HF-Antennen in die Rundtröge der Futterautomaten integriert. Für die Untersuchungen werden HF-Transponder verwendet, die an den Ohrmarken der Tiere befestigt sind. Da es sich bei der verwendeten Technik um ein innovatives System handelt, werden zunächst die von der Einzeltiererkennung registrierten Trogbesuche mit Hilfe von Videoaufnahmen validiert. Mit Erkennungsraten von durchschnittlich 96,3 % bzw. 97,1 % stellt das untersuchte System ein sinnvolles Hilfsmittel dar, um verschiedene Fütterungssysteme im Hinblick auf das Fressverhalten von Ferkeln miteinander zu vergleichen.

Summary

Aim of the study is to compare two different feeding systems concerning the feed consumption of weaner pigs. For this purpose an animal identification, using a HF- antenna in the round feeding trough and HF-transponders tagged on the earmarks of the pigs, is used. Since this technology is an innovative system, the identification rate of the system is examined by video recordings at first. With identification rates of 96,3 %, 97,1 % average respectively, the examined system represents a meaningful aid, in order to compare different feeding systems regarding the feed consumption of weaned pigs.

1 Einleitung und Zielsetzung

Das hohe Wachstumspotenzial von abgesetzten Ferkeln kann in der Regel nicht ausgeschöpft werden, da die Tiere beim Absetzen einer Reihe von Stressfaktoren ausgesetzt werden, die die Futteraufnahme und somit die Gewichtsentwicklung der Ferkel negativ beeinflussen (Whittemore und Green 2001). 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 (Mormède und Hay 2003).

In laufenden Untersuchungen am Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft der Georg-August-Universität-Göttingen in Vechta werden wichtige Einflussfaktoren auf die Leistung und das Verhalten von früh abgesetzten Ferkeln evaluiert. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Gestaltung der Fütterungssysteme.

Um das Futteraufnahmeverhalten von Ferkeln mit Hilfe einer Anwesenheitskontrolle am Rundtrog untersuchen zu können, werden zwei verschiedene Fütterungssysteme mit einer Einzeltiererkennung versehen. Im Bereich der Tierkennzeichnung werden üblicherweise Low-Frequency-Transponder (LF-Transponder, 134,2 kHz) eingesetzt, die sich nach den internationalen Standards richten (ISO 11784 und ISO 11785). Der Nachteil der LF-Transponder liegt jedoch darin, dass sie im Empfangsfeld nur jeweils einzeln ausgelesen werden können (Kern 2006). Um die einzelnen Trogbesuche der Ferkel in der hier vorgestellten Untersuchung simultan registrieren zu können, werden so genannte High-Frequency-Transponder (HF-Transponder, 13,56 MHz) eingesetzt, die simultan registriert werden können. HF-Transponder werden in industriellen und logistischen Applikationen bereits vielfach eingesetzt.

Da es sich bei der hier verwendeten Technik um ein innovatives System handelt, ist es nötig, zunächst die Erkennungsrate der Einzeltiererkennung zu überprüfen, bevor die verschiedenen Fütterungssysteme mit Hilfe der Einzeltiererkennung miteinander verglichen werden können. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, die Einzeltiererkennung mit Hilfe von Videoaufnahmen ausgewählter Fokustiere auf ihre Aussagefähigkeit zu überprüfen.

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen werden in einem zwangsbelüfteten, klimatisierten Versuchsstall durchgeführt. Der Stall verfügt über vier identische, jeweils 8,3 m² große Buchten, die mit Teilspaltenböden ausgestattet sind. Die einzelnen Buchten sind durch Trennwände voneinander getrennt. Pro Bucht werden je 20 Ferkel mit einem Absetzalter von drei Wochen eingestallt. Das Geschlechterverhältnis der Ferkel ist ausgeglichen. Zwei der Buchten sind mit einem füllstandsgesteuerten Futterautomaten (PreMixer, Euro Feed System GbR) ausgestattet. Der Vorratsbehälter des PreMixers ist aus Edelstahl gefertigt und hat ein Fassungsvermögen von 30 l. Pro Minute werden 27 g Futter über eine Schnecke in Richtung Trogschale transportiert und kurz vor dem Auslauf mit angewärmtem Wasser vermischt.

Die Konsistenz des Futters ist durch einen stufenlos regelbaren Wasserzufluss variabel einstellbar. In die Trogschale ragt ein Sensor, der als Überlaufschutz dient.

In den anderen beiden Buchten ist jeweils ein konventioneller Rohrbreiautomat (Lean Machine, Big Dutchman) als Fütterungssystem installiert. Der Vorratsbehälter der Lean Machine hat ein Fassungsvermögen von 80 l und ist aus Kunststoff gefertigt. Das Futter muss hier aktiv von den Ferkeln durch die Bewegung zweier horizontal angeordneter Dosierbügel in die Trogschale dosiert werden. Die Tiere vermengen das Futter in der Trogschale mit Wasser aus den Trogsprühnippeln zu Brei. Die Fütterung erfolgt bei beiden Fütterungssystemen ad libitum.

Um die beiden Fütterungssysteme miteinander vergleichen zu können, sind je ein PreMixer und eine Lean Machine mit einer simultanen Einzeltiererkennung ausgestattet. Diese Technik soll die einzelnen Ferkel am Rundtrog simultan individuell registrieren. Neben der Onlineerfassung der Tiernummer wird auch der Zeitpunkt des Betretens des Trogbereiches, sowie der Aufenthalt bis zum Verlassen des Troges erfasst.



Abb. 1: HF-Transponder (Sokymat), auf Allflex- Ohrmarke aufgesteckt
Fig. 1: HF-transponder (Sokymat), plugged on eartag (Allflex)

Zu diesem Zweck werden eine selbstgebaute zirkuläre HF-Antenne und ein hoch frequentierter Long Range Reader (LR 200, Feig Electronics) in den Rundtrog der Automaten integriert. Für die Untersuchungen werden HF-Transponder verwendet (13,56 MHz, IN TAG 300 I-Code SLI, Sokymat), die an den Ohrmarken (Allflex) der Tiere befestigt sind (Abb. 1).

Die von der Einzeltiererkennung erfassten Tierbesuche werden unter Verwendung einer speziellen Software in ASCII- Dateien gespeichert und zur weiteren Bearbeitung nach Microsoft Access exportiert.

Um die Erkennungsrate der Ferkel mittels Videoüberwachung überprüfen zu können, wird das Verhalten der Ferkel am Trog kontinuierlich mit Hilfe von Videokameras erfasst. Das tierindividuelle Verhalten wird mit Hilfe von drei Fokustieren je Bucht zur Verifizierung der gewonnenen Daten der Einzeltiererkennung an ausgewählten Tagen ausgewertet, wobei jeweils ein Fokustier aus der leichten, mittleren und hohen Gewichtsklasse stammt. Die Verhaltensauswertung der Fokustiere erfolgt am ersten, zweiten, 13. und 20. Tag nach dem Absetzen. Die Trogbesuche werden jeweils von 9 Uhr bis 16 Uhr ausgewertet.

Ein Trogbesuch wird bei der Auswertung registriert, sobald ein Ferkel sich mit dem Rüssel in der Trogschale befindet. Bei der Auswertung der Daten der Einzeltiererkennung mittels Microsoft Access werden nach aufeinanderfolgende Trogbesuche eines Tieres als durchgängiger Fressvorgang gewertet, wenn die Pause zwischen den einzelnen registrierten Trogbesuchen einen Zeitwert von 30 s nicht überschreitet. Bei nah aufeinanderfolgenden Trogbesuchen, die einen Zeitwert von 30 s unterschreiten, wird angenommen, dass die Ferkel den Fressvorgang nicht unterbrechen, sondern die Transponder sich lediglich während des Abschluckens des Futters oder einem Positionswechsel am Trog nicht im Empfangsfeld der Antenne befinden.

3 Ergebnisse, Diskussion und Ausblick

Über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg wurden 1 183 Trogbesuche der Ferkel am PreMixer und 703 Besuche der Ferkel am Trog der Lean Machine untersucht und zur Verifizierung der Daten der Einzeltiererkennungen herangezogen.

Im Mittel aller Beobachtungstage und Fokustiere konnte bei der Lean Machine eine Erkennungsrate von 97,19 % ± 1,65 erzielt werden. Beim PreMixer wurden 96,24 % ± 4,75 der Trogbesuche von der Einzeltiererkennung registriert.

Die Erkennungsrate der Systeme änderte sich im Verlauf der vier Beobachtungstage. Abbildung 2 zeigt die Erkennungsrate in Abhängigkeit des Fütterungssystems und des Beobachtungstages.

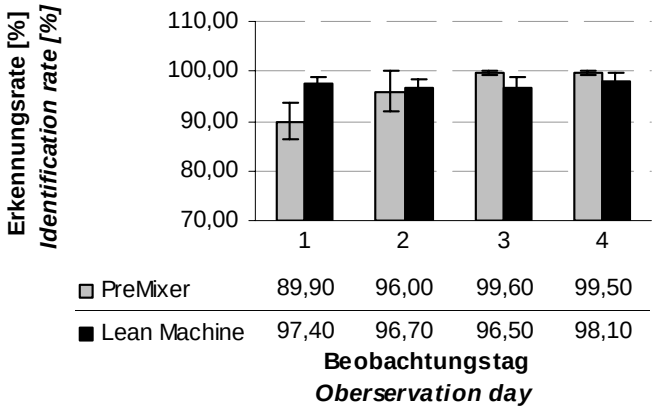


Abb. 2: Erkennungsrate der Einzeltiererkennung [%] in Abhängigkeit des Fütterungssystems und des Beobachtungstages
Beobachtungstag 1: 1. Tag nach dem Absetzen; Beobachtungstag 2: 2. Tag nach dem Absetzen; Beobachtungstag 3: 13. Tag nach dem Absetzen; Beobachtungstag 4: 20. Tag nach dem Absetzen
Fig. 2: Identification rate of the system [%] depending on feeding system and day of observation
Observation day 1: 1st day after weaning; observation day 2: 2nd day after weaning; observation day 3: 13th day after weaning; observation day 4: 20th day after weaning

Aus Abbildung 2 wird ersichtlich, dass die Erkennungsrate der Einzeltiererkennung an beiden Fütterungssystemen vom ersten bis zum dritten Beobachtungstag deutlich zugenommen hat. Zwischen dem dritten und dem vierten Beobachtungstag war kein Anstieg der Erkennungsrate zu beobachten. Bei einem Vergleich der beiden Erkennungssysteme fällt auf, dass die Erkennungsrate der in der Lean Machine installierten Einzeltiererkennung in den ersten beiden Beobachtungstagen höher war als die des PreMixers. Am dritten und vierten Beobachtungstag war die Erkennungsrate mit durchschnittlich 99,60 % bzw. 99,50 % beim PreMixer jedoch höher als bei der Lean Machine mit durchschnittlich 96,50 % bzw. 98,10 %.

Bei der Auswertung der Daten zeigten sich neben dem Einfluss des Fütterungssystems und des Beobachtungstages auch tierindividuelle Unterschiede bezüglich der Erkennungsrate der Einzeltiererkennungen (Tab. 1). Es ist jedoch noch nicht abschließend geklärt, wodurch diese tierindividuellen Unterschiede zustande kommen.

Tab. 1: Tierindividuelle Unterschiede bei der Erkennungsrate der Einzeltiererkennung [%] in Abhängigkeit des Fütterungssystems und des Beobachtungstages
Tab. 1: Identification rates [%] of the different focus animals as a function of feeding system and observation day

Fütterungssystem *feeding system*	**Fokustier** *focus animal*	**Beobachtungstag** *observation day*			
		1	2	3	4
PreMixer	schwer/*heavy*	90,30	97,60	99,50	99,10
	mittel/medium	93,30	91,40	99,30	100
	leicht/*light*	86,00	99,00	100	99,40
Lean Machine	schwer/*heavy*	96,70	95,12	98,90	97,50
	mittel/*medium*	96,70	98,70	96,30	96,70
	leicht/*light*	98,90	96,30	94,50	100

Beobachungstag 1: 1. Tag nach dem Absetzen; Beobachtungstag 2: 2. Tag nach dem Absetzen; Beobachtungstag 3: 13. Tag nach dem Absetzen; Beobachtungstag 4: 20. Tag nach dem Absetzen
Observation day 1: 1st day after weaning; observation day 2: 2nd day after weaning; observation day 3: 13th day after weaning; observation day 4: 20th day after weaning

In einer vorangegangenen Untersuchungen wurden bei der Lean Machine 82,40 % und beim PreMixer 77,90 % der Trogbesuche von der Einzeltiererkennung registriert (THURNER et al. 2007). In diesen Erhebungen wurden jedoch nur 138 (Lean Machine) bzw. 99 (PreMixer) Trogbesuche der Ferkel über eine Zeitspanne von 305 Minuten (Lean Machine) bzw. 194 Minuten untersucht. Mit 97,10 % (Lean Machine) und 96,30 % (PreMixer) waren die Erkennungsraten des Systems in der hier vorgestellten Untersuchung deutlich höher. Es ist zu vermuten, dass die Unterschiede sich durch die abweichende Anzahl untersuchter Trogbesuche bzw. durch die unterschiedlich langen Beobachtungszeiten begründen lassen. Eine weitere mögliche Erklärung für die abweichenden Untersuchungsergebnisse könnte die Anzahl der Tiere, die sich zur Beobachtungszeit am Futtertrog befunden haben, sein. Da in den bisherigen Untersuchungen nicht berücksichtigt wurde, ob die Erkennungsrate sich in Abschnitten, in denen der Futtertrog von den Ferkeln hoch frequentiert wird, verschlechtert, sind weiterführende Untersuchungen nötig, in denen der Einfluss der Anzahl der sich am Trog befindlichen Ferkel auf die Identifizierungssicherheit der Einzeltiererkennung analysiert wird.

Unter Berücksichtigung der bisher vorliegenden Ergebnisse stellt das vorgestellte System jedoch ein sinnvolles Hilfsmittel dar, verschiedene Fütterungssysteme in Hinblick auf das Fressverhalten von Ferkeln miteinander zu vergleichen.

Literatur

Kern, C. (2006): Anwendung von RFID-Systemen, 1. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag

Morméde, P.; Hay, M. (2003): Behavioural changes and adaptions associated with weaning. In: Weaning the pig, Pluske, J.R.; Le Dividich, J.; Verstegen, M.W.A. (eds.): Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 53–57

Thurner, S.; Wendl, G.; Böck, S.; Hessel, E.F.; Reiners, K.; Van den Weghe, H.F.A. (2007): Reading performance of high frequency transponders under laboratory conditions and in feed suppliers for weaned piglets. In: Precision Livestock Farming 07, Wageningen Publishers, 3rd European Conference on Precision Livestock Farming, Skiathos, Greece, in press

Whittemore, C.T.; Green, D.M. (2001): Growth of the young weaned pig. In: The weaner pig: Nutrition and Management, Varley, M.A.; Wiseman, J. (eds.): CAB International, Oxon, Great Britain, 1–15

Einfluss von periodisch eingesetztem Licht auf das Futteraufnahmeverhalten und die Wachstumsleistung bei Ferkeln im Abferkel- und Flatdeck-Bereich

Influence of Periodically Lightning at the Hopper on Feed intake Behaviour and Growth Rate of Piglets in the Farrowing and Flatdeck Compartment

MICHAEL KLINDTWORTH, DIRK GIESENKAMP

Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur,
Am Krümpel 31, D-49090 Osnabrück

Schlüsselwörter: Ferkelaufzucht, Licht, Futteraufnahme, Verhalten, Bildanalyse
Keywords: rearing of piglets, light, feeding behaviour, automatic image analyses

Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Studie sollte geprüft werden, ob durch den Einsatz von periodisch eingesetztem Licht am Trog das Fressverhalten von Ferkeln im Abferkel- und im Flatdeck-Bereich beeinflusst werden kann. Dazu wurde unmittelbar über den Futtertrögen der Versuchsgruppe eine Lichtleiste installiert, die jeweils zu Beginn einer Stunde für 10 Minuten blinkend angeschaltet wurde. Der Versuch umfasste drei Wiederholungen mit je vier Sauen für die Versuchs- und Kontrollgruppe (225 Ferkel). Die Ferkel wurden in definierten Abschnitten gewogen und das Verhalten der Ferkel am Trog im Abferkel- und Flatdeck-Bereich digital aufgezeichnet.

Die höheren Wachstumsleistungen der Versuchsgruppe können beim derzeitigen Stand der statistischen Auswertungen nicht eindeutig dem Faktor Licht zugeordnet werden. Eine detaillierte Betrachtung des Tierverhaltens unmittelbar nach dem Absetzen zeigt jedoch in zwei von drei Wiederholungen, dass sich die Ferkel der Versuchsgruppe früher mit einer höheren Aktivität am Trog aufhalten.

Summary

Weaning of piglets is usually related to a change of housing and feeding-conditions for the young animals. In consequence feed intake can be reduced temporarily. The present investigations were carried out on a total of 225 piglets to check the influence of periodically used light above the hopper on growth rate and feed intake behaviour.

The higher growth rate of the piglets of the experimental group (with light) could not be proved within the still running statistical analyses till now. After weaning and transfer of the piglets to a new pen, the animal behaviour varied slightly. In relation to the reference group the animals of the experimental group showed an earlier and higher activity at the trough in two of three repetitions of the trial.

1 Einleitung

Das Absetzen der Ferkel von der Sau ist in der Regel mit Veränderungen des Haltungs- und Fütterungssystems verbunden. In Folge dieser Veränderungen kommt es häufig vorübergehend zu einer reduzierten Futteraufnahme. Diese wird anschließend durch die erhöhte Futteraufnahme kompensiert, was jedoch zu Verdauungsproblemen führen kann (Hoy et al. 2006, Meyer 2007).

Mit der vorliegenden Untersuchung sollte geklärt werden, ob durch den Einsatz von periodisch eingesetztem Licht am Trog im Abferkelstall und die anschließende weitere Verwendung des gleichen Lichtes im Flatdeck-Bereich ein früheres und eventuell häufigeres Aufsuchen des Troges erreicht werden kann, um so die oben beschriebenen negativen Effekte des Absetzens zu reduzieren.

2 Material und Methode

Die Durchführung der Studie erfolgte auf einem Praxisbetrieb mit einer Bestandsgröße von 220 PIC-Hybridsauen, die mit Piétrain-Ebern angepaart wurden. In den Abferkelabteilen waren zwei mal vier Buchten vorhanden, die durch einen Kontrollgang voneinander getrennt waren. In allen Abferkelbuchten eines Abteils wurden praxisüblich etwa 10 Tage vor dem Absetzen Zusatztröge zur ergänzenden Anfütterung der Ferkel eingebaut. In vier Buchten erfolgte die Montage einer Lichtleiste über den Trögen, die vier übrigen Buchten des gleichen Abteils dienten als Kontrollvariante. Der Flatdeck-Bereich wurde so modifiziert, dass für jeweils einen Wurf eine Bucht zur Verfügung stand. Analog zum Abferkelstall erfolgte auch hier in vier von acht Buchten die Beleuchtung von Trögen, die baugleich zu denen des Abferkelstalles waren. Als Lichtquelle wurden Prototypen spezieller Stableuchten mit weißem LED-Licht über den Trögen eingesetzt. Beleuchtet wurde mit einer Taktung von 30 Sekunden „an“ und 30 Sekunden „aus“ jeweils in den ersten 10 Minuten einer vollen Stunde von morgens 5 Uhr bis abends 23 Uhr.

Um den Effekt des Lichtes zu erfassen, wurden tierindividuelle Beobachtungen (Kennzeichnung der Ferkel mit Nummern auf dem Rücken) mit Hilfe von Webcams (Fa. AXIS, Model 206) durchgeführt. Die Kameras waren so installiert, dass sie jeweils die Tröge von zwei Abferkelbuchten und im späteren Verlauf zwei Flatdeck-Buchten im Bildausschnitt erfassen konnten. Alle Kameras waren mit einem PC zur Datenaufzeichnung vernetzt. Zur Aufzeichnung diente die Software go1984™, d. h. eine Videoüberwachungssoftware, die es ermöglicht, dass nur dann aufgezeichnet wird, wenn sich Ferkel in einem vorab definierten Bereich um den Futterautomaten aufhalten bzw. bewegen. Die Auswertung erfolgte am Tag vor dem Absetzen für die Zeit von 8 Uhr bis 20 Uhr (12 Stunden) und nach dem Absetzen bzw. Umstallen für einen Zeitraum von 24 Stunden. Das Tierverhalten am Trog mit und ohne Licht wurde durch die Anzahl Besuche der einzelnen Tiere am Trog ermittelt. Als Besuch wurde gewertet, wenn ein Ferkel offensichtliches Interesse an der Futteraufnahme bekundete (Kopf in/über Trogschale; Berührung der Trogschale; Verdrängen anderer Ferkel am Futtertrog).

Ergänzend wurden Kontrollwiegungen bei den Ferkeln durchgeführt. Die Wiegungen erfolgten am 1. Lebenstag (Wurfgewicht) und danach mit tierindividueller Zuordnung am Tag des Absetzens sowie 16 Tage nach dem Absetzen.

Der Versuch wurde in dreifacher Wiederholung mit insgesamt 113 Ferkeln in den Versuchsgruppen und 112 Ferkeln in den Kontrollgruppen durchgeführt.

3 Ausgewählte Ergebnisse

Die Ferkel der Versuchs- und Kontrollgruppen entwickelten sich ohne besondere Auffälligkeiten. Abbildung 1 zeigt, dass die 113 Ferkel der Versuchsgruppen (mit Licht) sowohl im Abferkel- als auch im Flatdeck-Stall höhere Lebendgewichte hatten als die 112 Ferkel der Kontrollgruppe (ohne Licht). So wiesen die Gruppen mit Licht beim Absetzen ein um 10 % höheres Gewicht auf als die Kontrollgruppen. Am Tag 16 nach dem Absetzen wogen sie im Durchschnitt bereits 13,4 kg im Vergleich zu 11,8 kg in den Kontrollgruppen und hatten damit ein um 13,5 % höheres Gewicht. Die Abbildung zeigt aber auch, dass die Würfe der Versuchsgruppen bereits bei der Geburt zufällig schwerer waren. Sie wogen mit 1,7 kg im Vergleich zu 1,48 kg im Durchschnitt 0,22 kg (14,8 %) mehr. Beim jetzigen Stand der statischen Auswertungen konnten die beschriebenen Unterschiede bisher nicht abgesichert werden.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse zeigen die Besuchshäufigkeit der Ferkel am Trog im Abferkel- und im Flatdeck- Bereich. Dabei sind die Werte der ersten 10 Minuten, in denen bei den Versuchsgruppen Licht am Trog eingeschaltet war, und die Werte der anschließenden 50 Minuten zusammenfassend dargestellt.

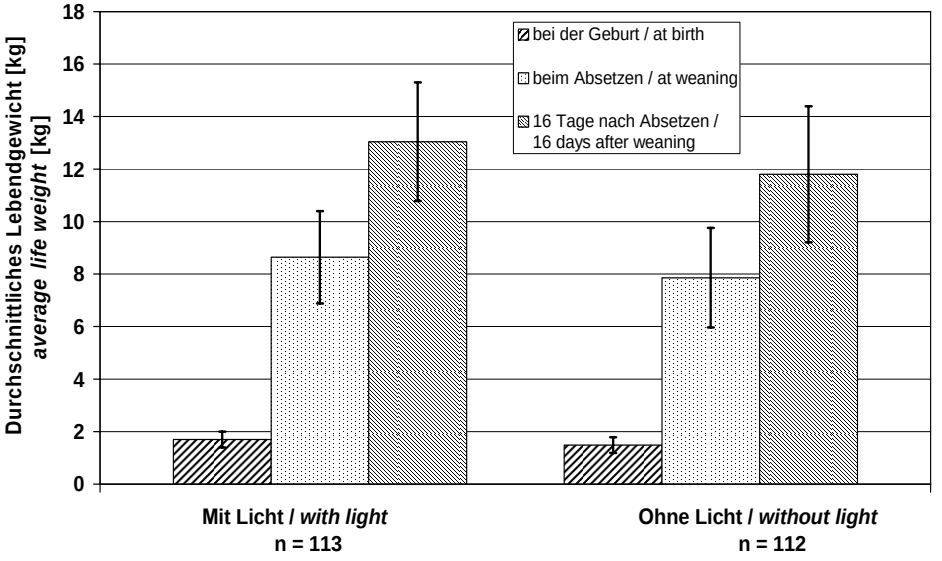


Abb. 1: Durchschnittliche Lebendgewichte der Ferkel aus den Versuchs- und Kontrollgruppen
Fig. 1: Average life weight of piglets of the experimental and the reference groups

Insgesamt zeigten die Ferkel im Abferkelbereich am letzten Tag vorm Absetzen über die zwölf Stunden Beobachtungsdauer eine niedrige Besuchshäufigkeit am Automaten von etwa einem Besuch pro Ferkel und Stunde. In der Versuchsvariante lag die Besuchsrate dabei geringfügig über der Kontrollgruppe (Tab. 1).

Die Einzeltierauswertung zeigt, dass 7 der 225 Ferkel den Automaten im Beobachtungszeitraum nicht aufsuchten. Von diesen kamen 2 aus den Versuchsgruppen und 5 aus den Kontrollgruppen.

Tab. 1: Durchschnittliche Anzahl Besuche am Trog pro Ferkel und Stunde in der Abferkelbucht (Beobachtungsdauer 12 Stunden am Tag vor dem Absetzen)
Tab. 1: Average of visits per piglet and hour at the hopper in the farrowing pen (observationperiod of 12 hours at the day before weaning)

	1. Wiederholung *1st repetition*	2. Wiederholung *2nd repetition*	3. Wiederholung *3rd repetition*	Gesamt *total*
Versuchsvariante *experimental group*	0,81	1,27	1,65	1,23
Kontrollvariante *reference group*	0,48	1,24	1,49	1,04

Abbildung 2 zeigt die Besuchswerte am Trog pro Ferkel und Stunde nach der Umstallung in den Flatdeck-Stall. Die Besuchswerte der Ferkel beider Gruppen zeigen einen vergleichbaren Verlauf in den ersten 24 Stunden nach dem Absetzen. Unmittelbar nach dem Umstallen waren die Ferkel der Versuchsgruppe etwas häufiger am Trog. Die Besu-

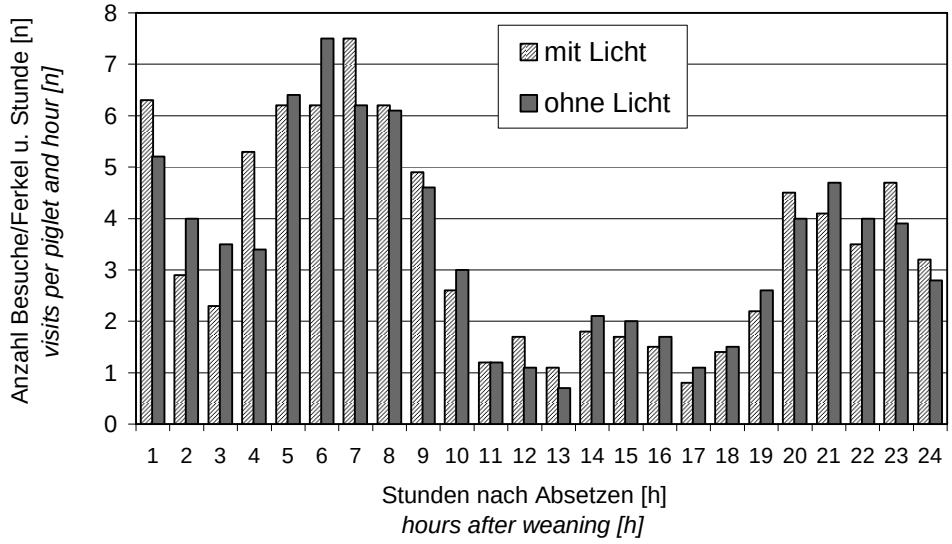


Abb. 2: Durchschnittliche Anzahl Besuche pro Ferkel und Stunde am Futtertrog in einem Zeitraum von 24 Stunden nach dem Absetzen
Fig. 2: Average of visits at the hopper per piglet and hour for a period of 24 hours after weaning of piglets

che fallen danach jedoch steiler ab, als bei der Kontrollgruppe. Wird berücksichtigt, dass die Ferkel der ersten Wiederholung betriebsbedingt gegen 19:00 Uhr und die Ferkel der zweiten und dritten Wiederholung gegen Mittag abgesetzt wurden, dann liegt die Hauptaktivität der Tiere am frühen sowie am späten Nachmittag. Danach folgt eine Nachtruhe und ein Anstieg der Trogbesuche in den Morgenstunden.

Eine tierindividuelle Betrachtung der Daten ergab in der vorliegenden Studie nicht den erwarteten Einfluss des Tiergewichtes auf die Besuchshäufigkeit am Trog. Eine willkürliche Sortierung der Daten nach den 30 schwersten und den 30 leichtesten Tieren zeigte für beide im Durchschnitt jeweils 3,4 Besuche pro Ferkel pro Stunde. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern war ebenfalls gering. Die männlichen Ferkel besuchten den Trog im Durchschnitt 3,2-mal die weiblichen 3,6-mal.

4 Einordnung und Ausblick

Die vorgestellten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die eingangs formulierte Fragestellung insgesamt positiv beantwortet werden kann, wenn die Gewichtsentwicklung der Tiere als Maßstab herangezogen wird. So wiesen die Ferkel der Versuchsgruppen im Vergleich zu den Kontrollgruppen am Tag 16 nach dem Absetzen eine 13,5 % höhere Lebendmasse auf. Beeinflusst wurde dieses positive Ergebnis jedoch eventuell auch durch Zufallseffekte wie Geburtsgewicht, Geschlecht, Wurfnummer, Wurfgröße etc., die in diesem Praxisversuch nicht umfassend standardisiert werden konnten.

Die Videoauswertungen zum Tierverhalten wiesen bei Betrachtung der Durchschnittswerte weder im Abferkel- noch im Flatdeck-Stall die erwarteten Unterschiede zwischen den Versuchs- und Kontrollgruppen auf. Im Abferkelbereich lag die Besuchshäufigkeit der beiden Gruppen auf niedrigem Niveau. Im Flatdeck-Stall ergab sich in allen drei Wiederholungen in der Versuchs- und Kontrollvariante eine hohe Besuchshäufigkeit am Automaten in den Nachmittagsstunden gegen 13:00 Uhr und gegen 17:00 Uhr. Dies entspricht den Angaben der Literatur (BAETTIE et al. 1995), wonach die höchste Aktivität bei Schweinen aller Altersstufen im Tagesverlauf zwischen 13:00 Uhr und 18:00 Uhr liegt.

Es ist nicht auszuschließen, dass die Aktivität der Versuchsgruppe die Aktivität der Kontrollgruppe mit beeinflusst hat. Auch wenn das Licht der Versuchsgruppe für die Kontrollgruppe nicht unmittelbar sichtbar war, könnten Lautäußerung der Ferkel und der Sau während des Säugevorgangs die Ferkel der Kontrollgruppe „animiert“ haben.

Die Beobachtung der Ferkel lässt unabhängig vom eingesetzten Licht den Schluss zu, dass ein Absetzen kurz vor Mittag anzustreben ist, da so die notwendige Erkundung der Umgebung einschließlich der Suche nach einer Futterstelle mit der Hauptaktivitätsphase im Tagesverlauf zusammenfällt.

Zur Absicherung der erarbeiteten Ergebnisse wären Studien an einer einheitlicheren Stichprobe Ferkel wünschenswert. Neben einer quantitativen Erfassung der Besuchshäufigkeit sollten zukünftig eventuell auch die Besuchsdauer und die Fressdauer sowie die aufgenommene Futtermenge erfasst werden. Dies erfordert jedoch im Vergleich zu der hier vorgestellten Methode einen deutlich höheren technischen Aufwand, da entsprechende Sensorik (z. B. eine elektronische Tiererkennung, Wiegetechnik etc.) unmittelbar im/am Trog installiert sein muss.

Literatur

Beattie V.E.; Walker, N.; Sneddon, I.A. (1995): Effects of environmental enrichment on behaviour and productivity of growing pigs. Animal Welfare 4: 207–220

Giesenkamp, D. (2007): Untersuchungen zum Einfluss von periodisch eingesetztem Licht auf die Gewichtsentwicklung und das Tierverhalten von Ferkeln. Diplomarbeit Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften u. Landschaftsarchitektur

Hoy, S.; Gauly, M.; Krieter, J. (2006): Nutztierhaltung und Hygiene, Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag

Meyer, E. (2007): Die Zunahmen in der Säugeperiode sind kein Zufall – Einflussgrößen auf die Höhe der Säugezunahme. http://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/10310.htm. Download vom 02.05.2007

Danksagung

Die Studien wurden mit freundlicher Unterstützung der Fa. B. Mannebeck Landtechnik GmbH auf dem elterlichen Betrieb von Hr. Giesenkamp durchgeführt. Erste statistische Auswertungen erfolgten von Dr. H. Schön (Fachhochschule Osnabrück) in Abstimmung mit Prof. Dr. J. Spilke (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg). Allen Beteiligten sei herzlich gedankt.

Anforderungen der Milchkühe an sommertaugliche Außenklimaställe – Untersuchungen zur Thermoregulation, Stallklimatisierung und Bauweise

Requirements of the Dairy Cows for Outdoor Climate Stables Suited for Summer – Examinations to the Thermoregulation, Stable Climate Control and Construction Method

STEFFEN PACHE[1], SYLVIA RÖSSNER[2], OTTFRIED HÖRIG[1], UWE BERGFELD[1]

[1] Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierische Erzeugung, Am Park 3, D-04886 Köllitsch

[2] Hochschule für Technik und Wirtschaft, Fachbereich Landbau/Landespflege, Pillnitzer Platz 2, D-01326 Dresden

Schlüsselwörter: Hochleistungskühe, Thermoregulation, Außenklimastall, Hitzestress
Keywords: high performance cows, thermoregulation, outdoor climate stable, heat stress

Zusammenfassung

Um das Wärmeentsorgungsproblem der Milchkuh zu minimieren, wurden Außenklimaställe in leichter Bauweise empfohlen. Trotz verbesserten Luftwechselraten kommt es in diesen Ställen zum Hitzestress bei Hochleistungskühen. Dieses Problem wurde vergleichend in einem Leichtbaustall (A) und einem Massivstalles (B) anhand der Radiation, Körperkerntemperatur und Atemfrequenz untersucht.

Der Wärmeeintrag in Leichtbauställe durch die Globalstrahlung ist erheblich. Bei Strahlungstemperaturen über 36 °C kommt die Radiation zum Erliegen, die Atemfrequenz verdoppelt sich, die Rektaltemperatur steigt individuell über 40 °C und die Kuh kann nur noch über Evaporation die metabolische Wärme abführen.

Es wird empfohlen, beim Stallbau auf die Verringerung der Strahlungstemperatur durch ein wärmegedämmtes Dach zu achten.

Summary

To minimise the warmth disposal problem of dairy cows, outdoor climate stables in a lightweight construction were recommended. Despite far improved air change rates it comes to heat stress in these stables among high performance cows. This problem was analysed in a light construction stable (A) and in a massif stable (B) by means of radiation, rectal temperature and breath rate.

The warmth entry into light construction stables by the global radiation is considerable. At radiation temperatures above 36 °C the radiation comes to a standstill, the cows breath rate doubles, the rectal temperature increases individually over 40 °C; the cow can only lead the metabolic warmth away trough evaporation.

To reduce the radiation temperature, an insulated roof ist recommended.

1 Problemsicht

Der genetische Fortschritt sowie neue Haltungs- und Fütterungstechnologien in der Milchrindhaltung ermöglichten in den vergangenen Jahren einen rasanten Anstieg der Milchleistungen auf über 10000 l je Tier und Jahr. Dies erfordert in der Hochlaktation eine Synthese von über 50 l Milch je Tier und Tag. Energetisch betrachtet ist für diese Tagesleistung ein Input von >300 MJ umsetzbare Energie erforderlich. Gut 2/5 wird während des Stoffwechsels in Wärme umgewandelt, die von der Hochleistungskuh an die Umgebung abgeführt werden muss. Um das Wärmeentsorgungsproblem der Milchkuh zu minimieren, wurden in den letzten Jahren wieder verstärkt Außenklimaställe ohne Wärme gedämmten Wand- und Dachflächen in leichter Bauweise propagiert.

Trotz der verbesserten Sommerluftwechselraten durch den Einbau von Ventilatoren kommt es in diesen Außenklimaställen an warmen Sommertagen zu Belastungssituationen der Hochleistungskuh (Futterverweigerung, kein Widerkauen, kurzatmiges Stehen in der Liegebox oder an den Stallöffnungen), die eine Verringerung der Milchleistung sowie der Gesundheitsstabilität zur Folge haben.

In einer vergleichenden Studie wurde das Thermoregulationsverhalten von Hochleistungskühen in einem Außenklima- und einem geöffneten Massivstalles unter Berücksichtigung der Strahlungstemperatur (t_r) untersucht. Anhand der physiologischen Reaktionen (Radiation, Körperkerntemperatur und Atemfrequenz) wurden die individuellen Belastungssituationen aufgezeichnet und im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Stallbauweisen diskutiert.

2 Material und Methode

Eine genaue Analyse der Wirkung des Umgebungsklimas eines Stallgebäudes auf die Wärmebelastung eines homeothermen Organismus setzt die Kenntnis der Klimagrunddaten – Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und absolute Luftfeuchte – und deren Dynamik voraus. Die Strahlungstemperatur gewinnt im Zusammenhang mit der Stallbauweise zur Beurteilung der thermischen Behaglichkeit an Bedeutung. In Anlehnung an die Normen zur Messung und Bewertung von warmen Umgebungsklima auf die thermische Behaglichkeit des Menschen (ISO 7730) wurde die dort beschriebene Methode für den Tierhaltungsbereich adaptiert.

Für die Untersuchung wurden zwei Stallanlagen ausgewählt, die dem Typ des Leichtbau- und des Massivstalles entsprechen (Tab. 1). Die Gebäude befinden sich in einer vergleichbaren Klimaregion und haben eine Nord-Süd-Ausrichtung der Firstlinie. Die Außenklimadaten (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung) wurden an jedem Standort mit einer agrarmeteorologischen Wetterstation aufgezeichnet.

In beiden Boxenlaufställen wurden jeweils eine Station zur Behaglichkeitsmessung nach ISO 7730 in einer zentralen Liegebox installiert und die Momentanwerte in 10-Minuten-Intervallen über die Untersuchungsperiode vom April bis September 2005 aufgezeichnet.

Tab. 1: Charakteristik der Stallanlagen und Stichproben
Tab. 1: Characteristic for stable constructions and random samples

	Leichtbau-Stall (A)	Massivstall (B)
Bautyp/Jahr	Außenklimastall, 1998	wärmegedämmter L203, 1968 Umbau zum Boxenlaufstall 1996
Stalltyp	2 x 2-reihiger Boxenlaufstall für 126 Kühe, Trauf-First- und Querlüftung, Breite: 25 m; Länge: 62 m	3 + 1-reihiger Boxenlaufstall für 178 Kühe mit Schacht- und Querlüftung, Breite: 21 m Länge: 74 m
Fussboden	Betonspaltenboden, Hochliegeboxen mit Komfortgummimatten	Betonlaufflächen mit Faltschieber, Hochliegeboxen mit Komfortgummimatten
Wände	Stallwand bis auf 1,70 m verbrettert, bis zur Traufhöhe 3,20 m offen Nordgiebel: Spaceboard, Südgiebel: gemauert	Süd-, West und Nordwand aus Beton- schlackesteinen, Westwand: offenes Fensterband, Ostwand: vollflächig geöffnet
Dach	rote Faserzementplatten mit integrierten Lichtbändern und Lichtkuppelfirst	rote Faserzementplatten auf Brettbinder- konstruktion mit isolierter Zwischendecke
Stichprobe	25 Hochleistungskühe, im Mittel 43,7 kg Milch bei 59,4 Laktationstagen	25 Hochleistungskühe, im Mittel 49,4 kg Milch bei 65,7 Laktationstagen

Die Berechnung der Strahlungstemperatur (t_r) erfolgte nach der Gleichung [1] unter Berücksichtigung der Konvektion.

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + 2.5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0.6} \cdot (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \qquad [1]$$

t_r = mittlere Strahlungstemperatur in °C nach ISO 7726
t_g = Globe- oder Schwarzkugel-Temperatur in °C
t_a = Trockentemperatur in °C
v_a = Windgeschwindigkeit in m/s

Aggregiert zu mittleren Stundenwerten wurden die Stallklimagrößen den jeweiligen Außenklimadaten zugeordnet. Für die Auswertung konnten 1824 vollständige Datensätze für 76 Untersuchungstage genutzt werden.

Zur Quantifizierung des Umgebungsklimas auf die Hochleistungskuh wurden in jeder Herde 25 Probanden ausgewählt und mit einer Infrarotbildkamera die individuelle Radiation nach der bei RÖSSNER (2005) beschriebenen Methode an ausgewählten Tagen in fünf Warmperioden (mind. drei aufeinanderfolgende Tage mit Tagestemperaturen >25 °C) vermessen. Gleichzeitig wurden die Körperkerntemperatur (Rektaltemperatur) sowie die Atemfrequenz der Probanden ermittelt.

3 Ergebnisse

Die Außenklimadaten an den beiden Standorten zeigten in den ausgewerteten Warmperioden bis auf die Windgeschwindigkeit (Δ0,53 ±0,96 m/s) keine signifikanten Unterschiede. Am Standort A wehte der Wind etwa doppelt so stark als am Stall B.

Trotzdem wurden im Leichtbaustall (A) signifikant höhere Luft- und Strahlungstemperaturen sowie auch die höhere Windgeschwindigkeiten gemessen. Die relative Luftfeuchte lag in den beiden Ställen auf vergleichbarem Niveau (Tab. 2).

Tab. 2: Stall- und Außenklimadaten für den Leichtbau- (A) und für den Massivstall (B)
Tab. 2: Indoor and outdoor climate data for the light construction stable (A) and for the massif stable (B)

		Leichtbaustall (A)		Massivstall (B)	
		Tages-		Tages-	
	Einheit	Summen	Mittel	Summen	Mittel
		Stallklimagrößen			
Lufttemperatur (t_a)	°C	**415,0** (±107,9)	**17,29** (±4,50)	**392,5** (±105,9)	**16,35** (±4,41)
Strahlungstemperatur (t_r)	°C	**474,2** (±101,6)	**19,76** (±4,23)	**421,1** (±99,3)	**17,55** (±4,14)
Windgeschwindigkeit (v_a)	m/s	**26,7** (± 5,74)	**1,07** (±0,17)	**12,5** (± 3,99)	**0,52** (±0,17)
Relative Luftfeuchte (RH)	%		**69,44** (±7,09)		**72,67** (±7,96)
		Außenklimagrößen			
Lufttemperatur (t_a)	°C	**351,2** (±112,1)	**14,63** (±4,57)	**347,8** (±113,2)	**14,49** (±4,72)
Globalstrahlung (R_g)	W/m²	**5 406,9** (±1796)		**5 255,3** (±1619)	
Windgeschwindigkeit (v_a)	m/s	**57,2** (±22,93)	**2,38** (±0,96)	**43,1** (±14,39)	**1,80** (±0,60)
Relative Luftfeuchte (RH)	%		**70,67** (±7,83)		**73,41** (±9,38)

Beim Vergleich einzelner Wetterperioden wurde deutlich, dass trotz höherer Globalstrahlung am Standort des Massivstalles die mittleren Tagestemperaturen (t_a und t_r) im Leichtbaustall signifikant höher waren.

An Beispiel eines heißen Sommertages (Tageshöchsttemperatur ~30 °C) aus einer mindesten 3-tägigen Warmperiode wurden die Auswirkungen der Globalstrahlung auf den Wärmehaushalt des Stallgebäudes, auf die Stallklimagrößen sowie auf die Wärmeabstrahlung, die Körperkerntemperatur bzw. die Atemfrequenz der Hochleistungskühe dargestellt.

Im Leichtbaustall stieg die Lufttemperatur von 17,2 °C auf 33,8 °C und die Strahlungstemperatur auf 38,7 °C an. Über sieben Stunden wurden Lufttemperaturen deutlich über den kritischen Wert von 32 °C im Stall gemessen. Für die auf der Haut der Tiere

wirksam werdende Strahlungstemperatur von über 32 °C hielt die Belastung zehn Stunden an (Abb. 1).

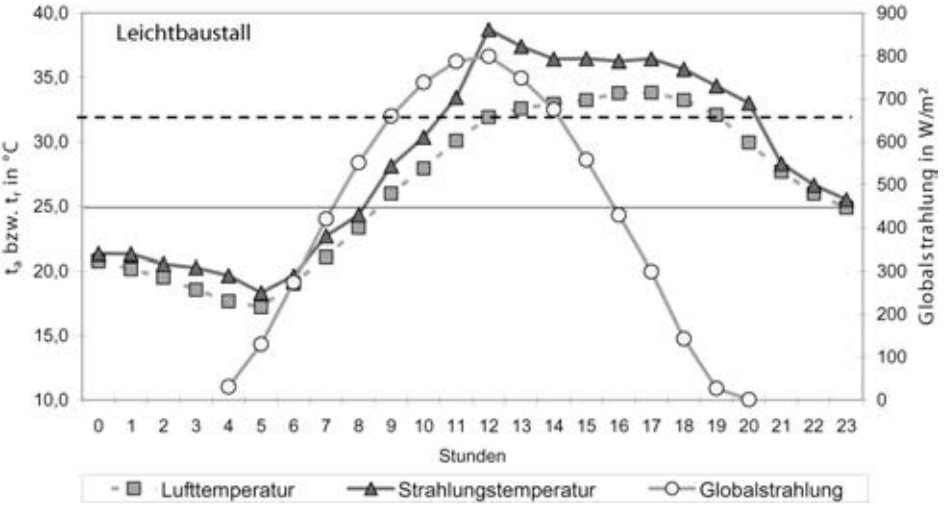


Abb. 1: Tagesgang der Globalstrahlung sowie der Luft- und Strahlungstemperatur an einem Warmtag (28.05.05) im Leichtbaustall

Fig. 1: Daily course of the global radiation as well as the air temperature and radiation temperature during one warm day (28.05.05) in light construction stable

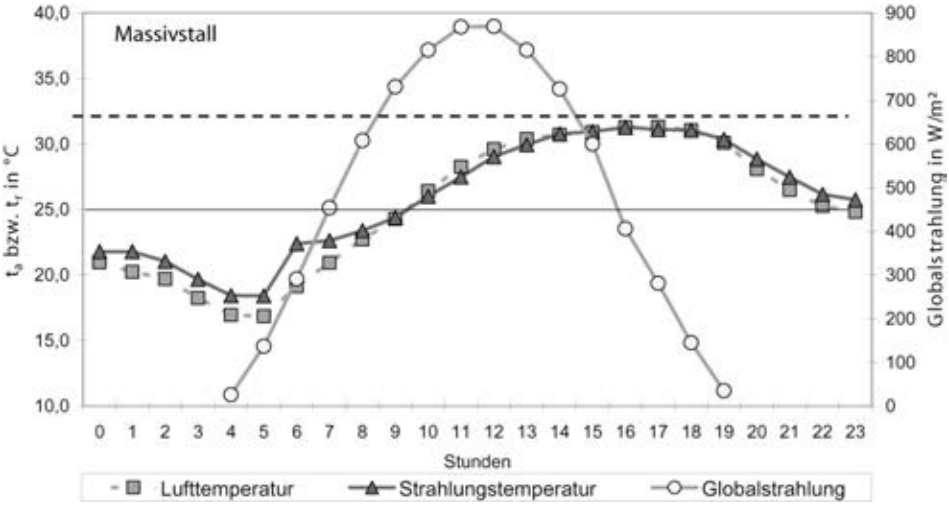


Abb. 2: Tagesgang der Globalstrahlung sowie der Luft- und Strahlungstemperatur an einem Warmtag (28.05.05) im Massivstall

Fig. 2: Daily course of the global radiation as well as the air temperature and radiation temperature during one warm day (28.05.05) in massif stable

Die Kühe verdoppelten bis in die Abendstunden ihre Atemfrequenz (68,2 ± 9,7 Züge/min), die Körperkerntemperatur stieg an (39,7 ± 0,74 °C) und die Möglichkeit der Wärmeabstrahlung ging deutlich zurück.

Die Temperaturverläufe im Massivstall waren dagegen flacher und erreichten nur Spitzenwerte von 31,3 °C, obwohl höhere Globalstrahlungsspitzenwerte gemessen wurden (Abb. 2). Erwartungsgemäß verblieb die Strahlungstemperatur auf dem Niveau der Lufttemperatur, lag jedoch in den Nachtstunden leicht darüber, ein Indiz für die Wärmeabgabe der umschließenden Bauelemente in den Stallraum.

Ebenso wurde nur geringe Anstiege der Atemfrequenz, jedoch kein Anstieg der Rektaltemperatur bei den Hochleistungskühen im Massivstall beobachtet. Auch war die Wärmestrahlungsintensität der Probanden im Massivstall signifikant höher als in der Vergleichsgruppe im Außenklimastall.

4 Fazit

Wie bereits von Haake (2002) dargestellt, ist der Wärmeeintrag in Stallgebäude durch die Globalstrahlung an Sommertagen erheblich. Bei Leichtbauställen führt dies umso mehr zur Belastung der Thermoregulationsmechanismen von hochleistenden Kühen. Bei Strahlungstemperaturen über 36 °C im Stall kommt die Radiation zum Erliegen, die Atemfrequenz verdoppelt sich, die Rektaltemperatur steigt individuell über 40 °C und die Kuh kann nur noch über eine erhöhte Verdunstungsrate die metabolische Wärme abführen.

Bei künftigen Neu- oder Umbauten von modernen Milchviehlaufställen wird empfohlen, auf die Verringerung der Strahlungstemperatur zu achten, z. B. durch ein wärmegedämmtes Dach, dem Einsatz von Berieslungsanlagen zur Tierkühlung und Kälte speichernden Bauelementen.

Literatur

Haake, K.-W. (2002): Erwärmung von Stallgebäuden durch Sonneneinstrahlung.- Landtechnik [57]: 288–289

ISO 7726 (2001): Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities

ISO 7730 (2003): Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort

Rössner, S. (2005): Untersuchungen zur Thermoregulation von Milchkühen.- Diplomarbeit an der HTW Dresden (FH), FB Landbau/Landespflege

Investitionsbedarf für innovative Milchviehställe mit größeren Beständen

Investment Costs for Innovative Dairy Barns with Greater Stocks

JOCHEN SIMON, ANTON BEIBL, JOHANNES ZAHNER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,
Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising

Schlüsselwörter: Milchviehställe, Investitionsbedarf, ein/mehrhäusige Bauweise
Keywords: dairy barns, investment costs, single house barns, cow-kennels

Zusammenfassung

Die Baukosten sind eine bedeutende Größe in der Milchproduktion, die aus Wettbewerbsgründen zu reduzieren sind. Im Hinblick darauf ist es notwendig, unterschiedliche Bau- und Konstruktionsweisen auf mögliche Einsparpotenziale hin zu untersuchen. Dafür wurden Modellkalkulationen auf der Basis einer einheitlichen Planung durchgeführt.

Mehrhäusige Gebäudelösungen verursachen insgesamt um bis zu 37 % geringere Baukosten. Darüber hinaus werden wesentliche Einsparungen durch die Wahl der Tragkonstruktion erzielt. Neben den reinen Baukosten sind bei der Bewertung der einzelnen Stallbauweisen auch noch andere Faktoren wie der mögliche Umfang an Eigenleistungen oder eine spätere Umnutzung zu berücksichtigen.

Die Anordnung des Melkhauses im Stall hat erhebliche Auswirkungen auf die Funktionalität. Für diese Kostenuntersuchung wurde eine separate Anordnung gewählt, da sich daraus die größte Flexibilität und Funktionalität ergibt.

Summary

Building costs are a significant item in milk production. To be competitive for the future, they have to been reduced. Therefore it is necessary to examine which types could reduce the investment costs. For this examination model stables have been planed and calculated.

Cow-kennels reduce the construction costs about 37 % to single house barns. Generally the most significant cost saving factor is the construction. However it is necessary to considerate a lot of other questions, e. g. the share of self-made achievement or modifications and other uses of the stables in the future.

The arrangement between milking-house and stable is an important factor of functionality. For this analysis a separate milking-house has been selected as showing the best usability and functionality.

1 Einleitung und Zielsetzung

Der allgemeine Strukturwandel in der Landwirtschaft hat auch in der Milchviehwirtschaft zur Folge, dass die Zahl der Betriebe weiterhin deutlich abnehmen wird. Dieser Konzentrationsprozess stellt viele Landwirte vor die Frage, vorhandene Ställe zu erweitern bzw. neue Gebäude zu errichten, um auch in der Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben.

Auf Grund des erheblichen finanziellen Aufwands für Baumaßnahmen und durch die geringen Gewinnspannen in der Milchproduktion muss es Ziel sein, bei anstehenden Projekten auf kostengünstige Lösungen zurückzugreifen bzw. diese weiterzuentwickeln. Über die Baukosten hinaus sollen diese eine arbeitswirtschaftlich effiziente Milchproduktion ermöglichen und dabei den artgemäßen Bedürfnissen der Kühe entsprechen.

Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des Investitionsbedarfs und die Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit unterschiedlicher Bauweisen von Milchviehställen (mehrhäusig/einhäusig). Da sich aus der Analyse von realisierten Projekten keine belastbaren Daten gewinnen ließen, wurden standardisierte Modellplanungen erstellt, die sich an der Praxis orientieren. Über Angebote von bauausführenden Firmen und eine eigene Kostenberechnung ist damit ein objektiverer Vergleich möglich.

Der Begriff Baukosten, wie er in der DIN 276 definiert wird, bezeichnet dabei alle baulichen Aufwendungen, die zur Realisierung eines Projektes notwendig sind. Aus landwirtschaftlicher Sicht ist dies dem Investitionsbedarf gleichzusetzen.

2 Planungsgrundlagen für die Modellplanungen

Die Modellplanungen basieren auf dem Grundriss eines Laufstalls mit 2 x 3-reihiger Liegeboxenanordnung für ca. 159 Plätze (= ca. 190 GV) und mittigem Futtertisch. Mit dem Selektions-, Trockensteher- und Transitbereich werden für diese Anzahl an Tierplätzen neun Binderachsen benötigt (Abb. 1). Die Liegehalle wird in unterschiedlichen Bauweisen (ein- bzw. mehrhäusig) ausgeführt und mit unterschiedlichen konstruktiven Lösungen für das Tragwerk überdacht. Da über Vergleichsuntersuchungen gezeigt werden konnte, dass zwischen den unterschiedlichen Anordnungsweisen von Melkhäusern beim Investitionsbedarf kein Unterschied besteht (Simon 2006), wurde im Hinblick auf eine größtmögliche Flexibilität und Erweiterbarkeit der Gesamtanlage für das Melkhaus eine separate Anordnung gewählt. Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen sind die über das reine Melken hinaus arbeits- und betreuungsintensiven Funktionsbereiche für Abkalben, Krankenbucht und Behandlungsraum dem Melkhaus zugeordnet. Die hier zur Verfügung stehenden Flächen entsprechen der Literatur (ALB 2006). Die Selektion mit anschließendem Trockensteher- und Transitbereich erfolgt nach dem Rücklauf im Stall. Der Platzbedarf ist auf 7 % der Herde ausgelegt. Die gewählte Lage gewährleistet eine hohe Flexibilität in der Aufteilung der Plätze, eine optimale Bewirtschaftung, da der Selektionsbereich weiterhin in die Hauptachsen für die Fütterung und Entmistung integriert ist und mindert den Stress für die Tiere durch die gleiche Gestaltung und Ausstattung wie im übrigen Stall.

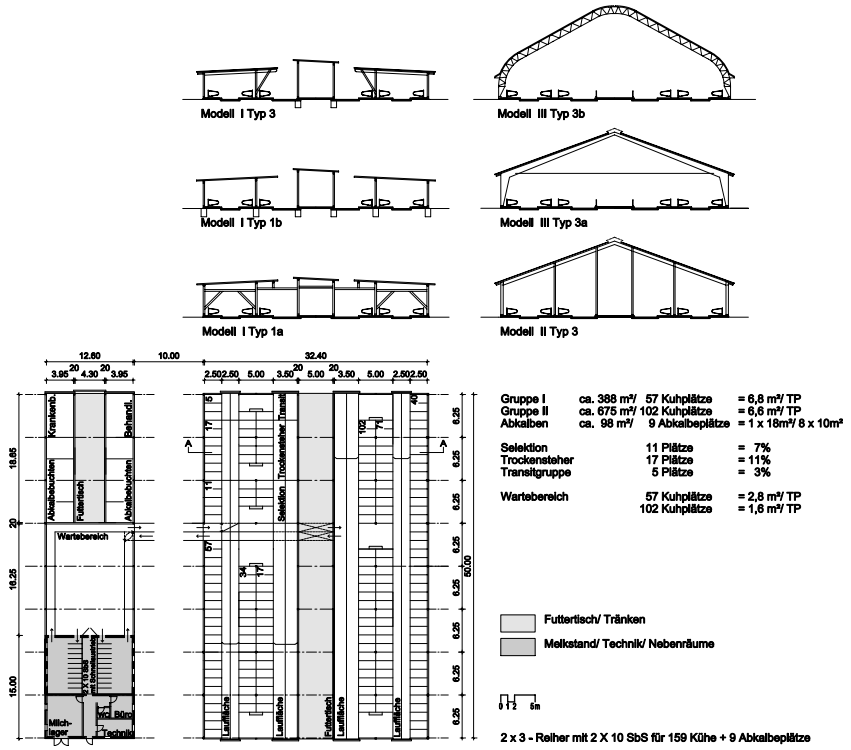


Abb. 1: Grundriss und Schnittvarianten für den Modellstall (159 Plätze, separates Melkhaus)
Fig. 1: Ground-floor plan and variations of sectional views for the model-stable (159 places, separate milking house)

3 Bauweisen und Ausstattung der Liegehallen

Für die Kostenermittlung wurden als Überdachung der einhäusigen Anlagen Konstruktionen mit Stützen und Bindern oder Rahmen (Modell II/3) zu Grunde gelegt, die mit zusätzlichen Stützen im Stall ausgestattet sind. Im Stall stützenfrei sind freitragende Rahmenkonstruktionen (Modell III/3a) und die in der Landwirtschaft relativ neuen Bogenkonstruktionen in Stahlleichtbauweise mit Folieneindeckung (Modell III/3b). Bei den mehrhäusigen Anlagen werden Stützenkonstruktionen mit Pfetten (Modelle I/1a und 1b) oder Bindern bzw. Rahmen (Modell I/3) angenommen. Dabei ist Modell I/1a als Rundholzkonstruktion konzipiert. Mit Ausnahme der Modelle I/1b und I/3 mit eingespannten Stützen für die Liegehallen- bzw. Futtertischüberdachung sind alle Tragwerke auf eine Flächengründung mit Frostschutzkies (gem. DIN EN 13285) ausgelegt. Darüber hinaus sind in den Kosten für die Liegehallen holzverschalte Giebelwände mit Toren und eine Eindeckung mit Trapezblech (ohne Unterdach/ Dämmung) enthalten. Curtains oder ein Lichtfirst sowie die gesamte Kostengruppe (KGR) 400 (gem. DIN 276) „Bauwerk

– Technische Anlagen“ (Grundleitungen, Abwasser- und Wasseranlagen, Elektroinstallation sowie Entmistungstechnik und Stalleinrichtung) sind nicht mit eingerechnet.

4 Ausstattung des Melkhauses

In Milchviehställen nimmt der Melkstand mit Nebenräumen (Milchlagerraum, Technikraum, Büro, WC) eine zentrale Stellung ein. Ausstattung und Flächen für Melkstände und Nebenräume entsprechen auch hier den Beratungsempfehlungen (ALB 2005 a, 2005 b). Für eine gute Melkleistung wird bei dieser Herdengröße ein 2 x 10er Side-by-Side-Melkstand angenommen. Die Fläche, die für ein Melkhaus dieser Größenordnung benötigt wird, liegt bei ca. 190 m². Der Investitionsbedarf wurde gleichfalls nur für die KGR 300 „Bauwerk – Baukonstruktion“ ermittelt. Melk- und Lagertechnik sowie sonstige Installationen sind nicht enthalten.

Vom überdachten Wartebereich mit ca. 1,5 m²/ Tier werden die Tiere direkt in den Melkstand eingetrieben. Nach dem Melken verlassen die Tiere den Melkstand über den Schnellaustrieb und beiderseitigen Rücklauf. In Verbindung mit einem ansteigenden Wartebereich ist somit ein ebenerdiger Zugang zum Melkstand möglich.

5 Methodik der Kostenberechnungen

Für die Tragwerke wurden Angebote bei ausführenden Zimmerei- bzw. Stallbaufirmen eingeholt. Die Massen für Gründung und Bodenplatte wurden über eine Vordimensionierung durch ein Statikbüro ermittelt. Die Kosten aus den Angeboten der beteiligten Firmen sowie der eigenen Kostenberechnung fließen als gemittelte Werte ohne Mehrwertsteuer in die Darstellung ein. Bei der Ausführung wird von einer reinen Fremdleistung ausgegangen. Stand der Kostenermittlung ist März 2007.

6 Ergebnisse der Kostenberechnungen

Die Ergebnisse der Kostenberechnungen sind in Abbildung 2 zusammengestellt. Je Modell werden die Kosten für die Liegehalle (LH) mit Selektions-, Trockensteher- und Transitbereich unterschieden. Die Einzelpositionen untergliedern sich in Nebenkosten, Aushub, Gründung, Bodenplatte, Tragwerk und eine Gesamtsumme für den Abkalbebereich, da dieser trotz der Anordnung beim Melkhaus von der Funktion her zur Liegehalle gehört.

Bei der Kostensäule für das Melkhaus (MH) werden die Rohbaukosten (inkl. Aushub und Gründung), Ausbaukosten (Fenster, Türen, Putz, Fliesen etc.) und Dach (mit Eindeckung, Dämmung) unterschieden. Hinzu kommt die Bodenplatte für den überdachten Wartebereich (ca. 204 m² inkl. Laufflächen für Zu- und Rücktrieb).

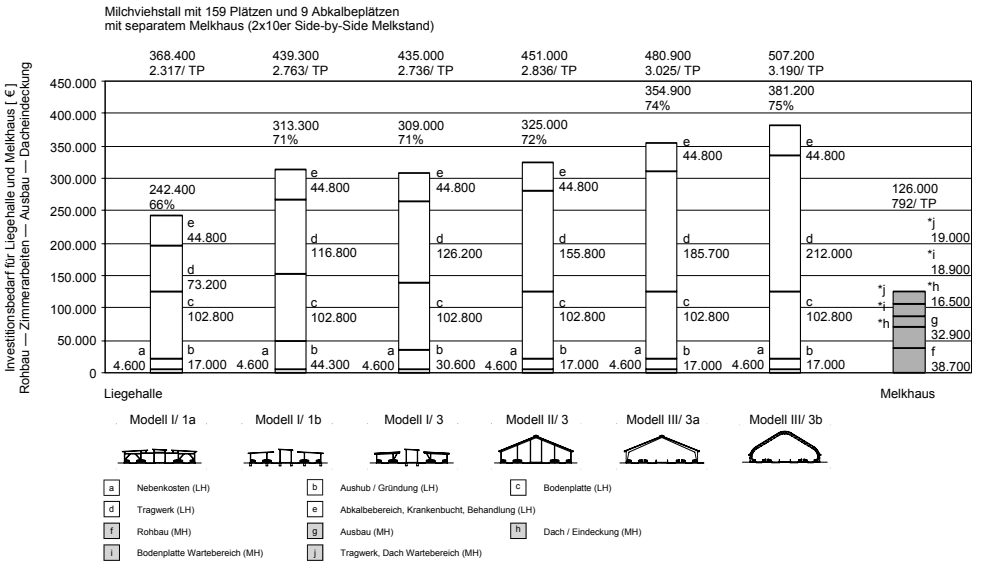


Abb. 2: Investitionsbedarf für die Stallmodelle (159 Plätze, separates Melkhaus)
Fig. 2: Investment costs for the model-stables (159 places, seperate milking house)

In den Kostensäulen für die Liegehallen ist zunächst jeweils eine Pauschalposition für Nebenkosten mit ca. 4.600 € (statische Berechnung, gesonderte Statikprüfung o. Ä.) vorgesehen. Bei der Position Aushub und Gründung zeigen die Modelle I/1a, II/3, III/3a und III/3b mit 17.000 € jeweils die gleichen Kosten. Dies liegt am gleichen Aufwand für Aushub und Erstellung des Unterbaus (Frostschutzkies). Für Modell I/1b und I/3 liegen die Kosten für diese Position jeweils höher. Dies ergibt sich aus der Gründung der eingespannten Stützen für die Futtertischüberdachung und bei Modell I/1b zusätzlich aus der Gründung der eingespannten Stützen für die Überdachung der Liegehalle. Die Kosten für die Bodenplatte fallen ebenfalls für alle Modelle gleich aus. Durch eine festgelegte Rissbreitenbegrenzung ist die Menge der Bewehrung so hoch, dass sich eine Verringerung der Lasten durch ein unterschiedlich dimensioniertes Tragwerk nicht auf die Bewehrung in der Bodenplatte auswirkt.

Die günstigste konstruktive Lösung ist das mehrhäusige Modell I/1a in Rundholzbauweise, die teuersten Konstruktionen sind die stützenfreien Tragwerke (Modell III/3a bzw. Modell III/3b). Der Kostenunterschied zwischen Modell I/1a und III/3b beträgt ca. 138.800 € oder 37 %. Obwohl die gleiche Nutzbarkeit bei den Modellen I und II gegeben ist, liegen die Baukosten von Modell II/3 gegenüber I/3 um ca. 16.000 € oder 5 % höher. Das günstigere Abschneiden der mehrhäusigen gegenüber den einhäusigen Lösungen ergibt sich vor allem aus dem geringeren Materialaufwand für die Tragkonstruktionen sowie den kleineren Flächen der Giebelwände und Dacheindeckung. Zudem verringert sich durch die kleineren Dimensionen der Tragwerksteile der Aufwand für den Transport und die Kosten für Kräne und Hebezeug auf der Baustelle.

Der Investitionsbedarf für das Melkhaus liegt bei reiner Fremdleistung bei etwa 126.000 € (ca. 666 €/m² bzw. ca. 792 €/TP). Darin enthalten sind Kosten für die Überdachung des Wartebereichs in Höhe von ca. 19.000 €.

7 Abschließende Bewertung der Stallmodelle

Neben dem reinen Investitionsbedarf sind noch weitere Kriterien bei der Entscheidung für ein bestimmtes Baukonzept wichtig. Neben der möglichen Erweiterbarkeit der Anlage ist die Querlüftung als wichtiger Faktor für das Stallklima entscheidend. Diese kann bei den großen einhäusigen Lösungen mit einer Breite von 32,40 m zum Erliegen kommen. Für den notwendigen Luftaustausch kann dann vor allem im Sommer bei geringen Luftgeschwindigkeiten nur eine mechanische Lüftung sorgen. Durch die großzügigen Öffnungen in den Dachflächen sind hier die mehrhäusigen Bauweisen von Vorteil. Darüber hinaus kann eine mögliche Umnutzung entscheidend sein. Werden weiterhin Tiere gehalten, dann bieten sowohl mehr- als auch einhäusigen Bauweisen gleich gute Vorraussetzungen. Bei anderweitiger Nutzung eignen sich stützenfreie Konstruktionen am besten, da hier die größte Flexibilität gegeben ist. Insgesamt sollten jedoch für die Tierhaltung mehrhäusige Lösungen wegen des besseren Stallklimas und der günstigeren Baukosten in Zukunft vermehrt umgesetzt werden.

Literatur

ALB Bayern e. V. (2005 a): Arbeitsblatt Melkstände (02.14.03). ALB Bayern e. V., Freising

ALB Bayern e. V. (2005 b): Arbeitsblatt Milchräume – Einrichtung und Zuordnung (02.15.01). ALB Bayern e. V., Freising

ALB Bayern e. V. (2006): Arbeitsblatt Anordnungsweisen von Melkhäusern (02.03.20). ALB Bayern e. V., Freising

DIN 276 (1993): Kosten im Hochbau. DIN – Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

DIN EN 13285 (2003): Ungebundene Gemische. DIN – Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

Simon, J.; Lingenfelser, P.; Beibl, A; Kränsel, E. (2006): Stallsysteme und Baukosten für Milchviehställe. In: Artgerechte, umweltverträgliche und wettbewerbsfähige Tierhaltungsverfahren, Tagungsband der LfL – Jahrestagung am 24. Mai 2006 in Freising, Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik

Untersuchungen zur Wärmeleitung und -speicherfähigkeit von Wandbaustoffen

Investigations on the Conduction and Storage Capability of Wall Materials

FRANZ-JOSEF BOCKISCH, MARWAN GEORGES, KARL-WILHELM HAAKE, HANSJÖRG WIELAND

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Sommerlicher Wärmeschutz, Wärmeeintrag, Wärmespeicherung, Stallgebäude
Keywords: summerly heat protection, heat input, heat storage, stable

Zusammenfassung

Bei vielen Stallgebäuden kommt es in den Sommermonaten zu sehr hohen und für die Tiere belastenden Innentemperaturen. Das gilt in besonderem Maße für die Länder des Nahen Ostens, die ariden und semiariden Gebiete. Da Stallgebäude aus Kostengründen nicht klimatisiert, d. h. gekühlt werden, gilt es den Wärmeeintrag über die Hüllflächen zu minimieren. Wie die Ergebnisse aus drei Versuchsanstellungen zeigen, können die Auswahl der Baustoffe und eine entsprechende Konstruktion der Hüllflächen hierzu einen wichtigen Beitrag leisten. So ist es bei der Verwendung von massiven Baustoffen möglich, den Wärmeübergang von der Oberfläche der Gebäudehülle in das Stallinnere bis in die kälteren Abend- und Nachtstunden zu verzögern. Diese Phasenverschiebung bietet dem Planer unter lüftungstechnischen Aspekten betrachtet – insbesondere bei großen Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht – sehr interessante und wirkungsvolle Möglichkeiten.

Summary

In the summer months in many stables it comes to too high temperatures for the animals. That applies especially for countries in the Near East, the arid and semiarid areas. Because for cost reasons stable building have no air-condition, i. e. to be cooled, it is necessary to minimise the heat entry over the outside surfaces. As the results from three attempts show that the selection of the building materials and an appropriate construction of the outside surfaces can have an important contribution. This way it is possible when using solid building materials to retard the heat transfer of the surface of the building cover into the stable inside into the colder evening and night hours. This phase shift offers – particular at high temperature differences between day and night – very interesting and effective possibilities to the planner under the aspects of ventilation.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Der sommerliche Wärmeschutz gewinnt nicht nur durch Richtlinien des Gesetzgebers (allerdings bezogen auf allgemeine Hochbaumaßnahmen), sondern auch wegen der Belastungen der Tiere durch Hitzestress (und der immer mal wieder auftretenden Todesfälle in Tierställen), zunehmend an Bedeutung. Dabei stellt sich die Frage, ob es möglich ist, durch entsprechende Materialwahl und Außenwandkonstruktionen den Wärmeeintrag durch Sonneneinstrahlung in das Gebäude zu minimieren und durch Wärme speichernde Eigenschaften die Energiebilanz in den Wintermonaten positiv zu beeinflussen. Diese Versuche wurden im Zusammenhang mit einer Doktorarbeit zum Thema Stallgebäude für die Milchviehhaltung in ariden und semiariden Gebieten durchgeführt, um Kenntnisse für die regionale Bauplanung zu erhalten.

2 Durchführung der Versuche und Ergebnisse

2.1 Wärmespeicherung unterschiedlicher Baustoffe

In einer Versuchsanstellung in der Klimakammer wurden unterschiedliche – im landwirtschaftlichen Bauwesen gebräuchliche – Baustoffe im Hinblick auf ihre Erwärmung, das Abkühlverhalten und ihr Speichervermögen untersucht (Abb. 1). In mehreren Durchgängen wurden u. a. die Temperaturkurven simuliert, die denen in ariden und semiariden Gebieten der Monate Oktober und Januar entsprechen. Der hier dargestellte Temperaturverlauf ist beispielhaft für Syrien in den Monaten Juli und August mit den höchsten Tagestemperaturen von ca. 40 °C und den tiefsten Nachttemperaturen von ca. 15 °C.

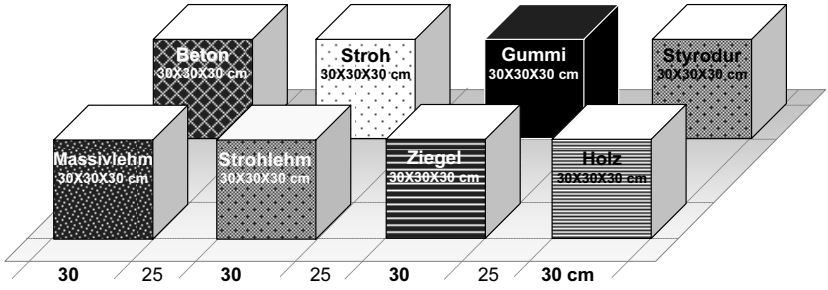


Abb. 1: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus in der Klimakammer
Fig. 1: Schematic presentation of the experimental setup in the climate chamber

Im Mittelpunkt der 30/30/30 cm großen Blöcke waren Temperatursensoren installiert, um so Aufschluss über die Zeitdauer zu erhalten, in der sich die Materialien bei wechselnden Umgebungstemperaturen erwärmen resp. abkühlen (Abb. 2). Dabei beschreibt die Temperatur von Hartgummi z. B. eine sehr flache Sinuskurve mit Höchsttemperaturen bei 30 °C und Tiefsttemperaturen im Bereich von 20 °C. Er erfährt die geringste Erwärmung und kühlt nicht so stark aus wie die anderen geprüften Stoffe. Auch

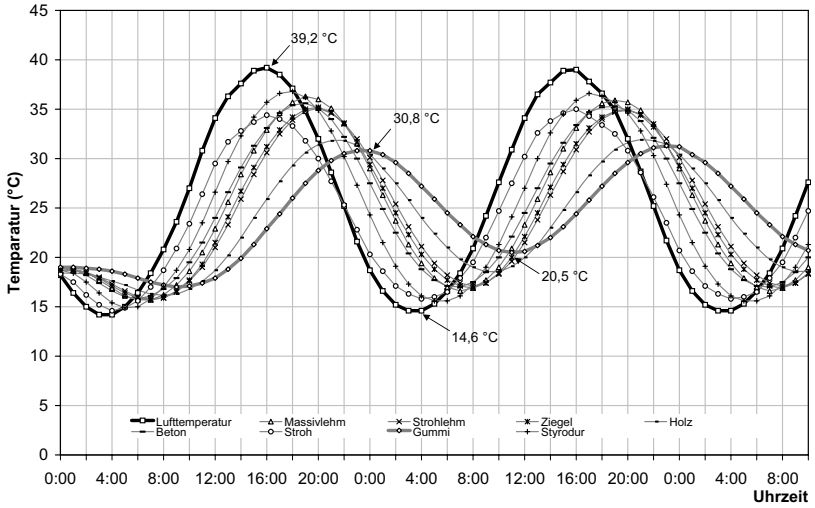


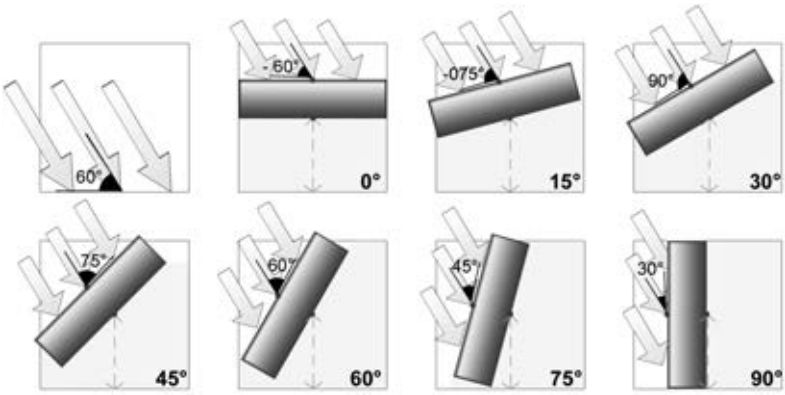
Abb. 2: Grafische Darstellung des Temperaturverlaufs über die Zeitachse
Fig. 2: Diagram of the temperature gradient over time

Holz verfügt über ein bemerkenswert gutes Speichervermögen. Die größten Schwankungen mit den extremsten Temperaturwerten wurden erwartungsgemäß bei Polystyrol gemessen, gefolgt von Stroh.

2.2 Erwärmung geneigter Flächen durch Sonneneinstrahlung

Die zweite Versuchsanstellung sollte Aufschluss über die Auswirkung des Neigungswinkels einer Oberfläche zum Stand der Sonne (Strahlungswinkel) geben (Abb. 3). Sieben Schwerbetonplatten mit den Abmessungen 30/30/8 cm wurden – exakt nach Süden ausgerichtet – in unterschiedlichen Neigungen (in 15° Schritten) von 0°–90° positioniert. Die Oberfläche der Platten wurde mit weißer, matt glänzender Farbe beschichtet, um die aus anderen Untersuchungen bekannten Aufheizungseffekte, z. B. bei dunkelbrauner, schwarzer oder dunkelblauer Farbe, auszuschließen.

Wenn man nun – in Anlehnung an die Empfehlungen für die Aufstellung von Solarkollektoren und Photovoltaikanlagen – folgert, dass bei einem Neigungswinkel von 45° resp. der rechtwinkligen Ausrichtung zur Sonnenstrahlung deutlich „bessere Werte“ zu erreichen sind, dass der Auftreffwinkel der Sonnenstahlen von besonderer Bedeutung ist, so hat sich diese Hypothese im Laufe der Versuchsanstellung (Zeitraum 28. Juni bis 8. August 2005) nicht bestätigt. Die Temperaturunterschiede, die zur gleichen Zeit und bei gleicher Sonnenstrahlung an den unterschiedlich geneigten Betonplatten gemessenen wurden, sind marginal; sie variieren im Durchschnitt um 1,5 K, selten mal um 2 K. Aus einer anderen Versuchsanstellung ist bekannt, dass z. B. die Oberflächentemperatur bei zementgrauen Platten i. M. um 10–15 K höher liegt als bei einer weiß beschichteten Oberfläche.



Temperaturmessungen am 12. Juli 2005 um 15:30 Uhr
Lufttemperatur 34,5°C Sonnenstand 59,5°

1. Oberflächenneigung	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
2. Einstrahlungswinkel der Sonne	-60°	-75°	90°	75°	60°	45°	30°
3. Oberflächentemperatur [°C]	36,2	36,8	37,4	38,1	37,9	37,7	38,9
4. Temperatur d. Unterseite [°C]	33,6	33,7	33,7	33,9	34,0	33,5	32,3

Abb. 3: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus und beispielhaft die am 12. Juli 2005 gemessenen Temperaturen
Fig. 3: Schematic presentation of the experimental setup and exemplary the tempera-tures measured at the 12th of June

2.3 Wärmedurchgang bei Massivwänden in Abhängigkeit von der Konstruktionsdicke – Amplitudenverschiebung

Für diesen Versuch wurde im Freigelände ein Quader mit ca. 1,00 m Kantenlänge aus 252 Massivbetonwürfeln zusammengefügt und mit Temperaturfühlern versehen. Die Messstellen wurden an den nach Norden, Osten, Süden und Westen ausgerichteten Oberflächen, an der oberen Abschlussfläche sowie innen in einem Abstand von 25 cm zu den fünf Außenmesspunkten und im Mittelpunkt montiert. Um den Wärmedurchgang an extrem warmen Tagen zu dokumentieren wurden die Messungen im August und September 2005 durchgeführt. Zu dieser Zeit herrschten in Braunschweig tagsüber Lufttemperaturen von ca. 35 °C, die nachts auf Werte von ca. 15 °C abgesunken sind. Damit sind diese Ergebnisse auch auf die Situation in ariden und semiariden Gebieten übertragbar (Abb. 4).

Die Auswertung der Messdaten ergibt eine zeitliche Verzögerung (Amplitudenverschiebung) der Tageshöchsttemperaturen bei 25 cm Wanddicke von gut sechs Stunden. Dabei wird (in dem hier dargestellten Beispiel) die Temperatur von 42 °C auf 28 °C gemindert. Nach weiteren sechs Stunden ist mit einem Wert von 26 °C die maximale Temperatur im Mittelpunkt des Quaders erreicht. Die Verdoppelung der Wanddicke von 25 cm auf 50 cm bringt also nur noch einen äußerst geringen Effekt.

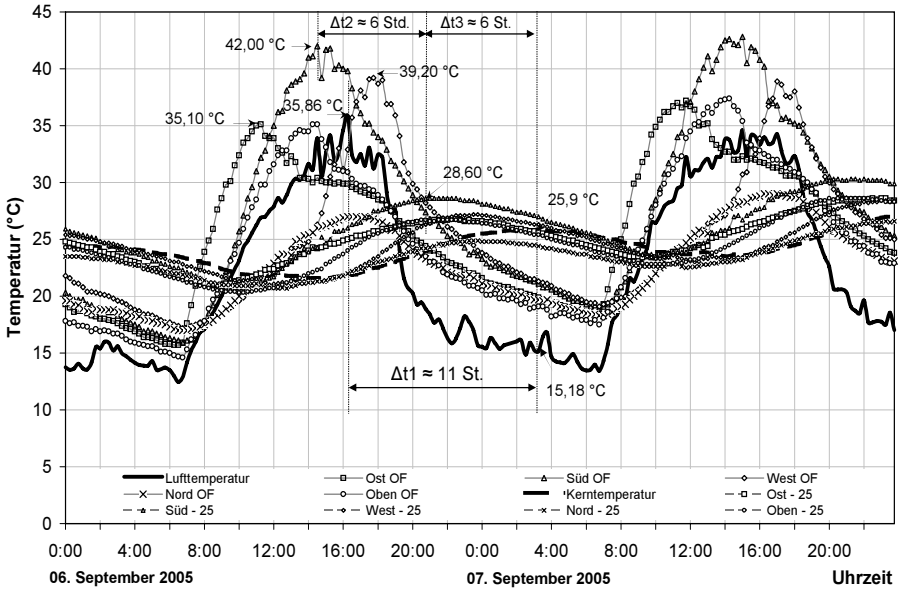


Abb. 4: Grafische Darstellung des zeitbezogenen Wärmedurchgangs, dargestellt an zwei repräsentativen Tagen im September 2005

Fig. 4: Diagram of the time-related heat transfer, represented on two representative days in September 2005

Dabei stellt der Messwert im Kern zwar die Resultierende aller Strahlungswinkel dar, darf aber trotzdem als realistische Größe genommen werden, zumal die Temperatur bei Betrachtung des Wärmeflusses nur einer Himmelsrichtung logischerweise noch unterhalb dieses Messwertes liegt. Ein interessanter Aspekt ist auch bei dieser Versuchsanstellung die zeitliche Verzögerung des Temperaturdurchgangs. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die in der gleichen Zeit abgesunkenen Außenlufttemperaturen. Die Außenluft kann dann nachts verstärkt zur Abkühlung des sich (erst zu diesem Zeitpunkt) durch Transmissionswärme „aufheizenden" Stallinnenraumes genutzt werden.

3 Diskussion und Schlussfolgerung

Sinn und Zweck der Versuche war es,

- erstens den Wärmetransport, d.h. die Zeitdauer für die Temperaturanpassung eines Baustoffes an die Umgebungstemperatur,
- zweitens die Wärme- oder auch Kältespeicherung eines Materials und
- drittens den Einfluss des Strahlungs-/Auftreffwinkels der Sonne auf die Oberflächentemperatur eines Gebäudes zu untersuchen.

Dämmstoffe mit „guten Wärmeleitzahlen" (schlechter Wärmeleitung!) können ihre positiven Eigenschaften nur dann ausspielen, wenn permanent Wärme oder auch Kälte

nachgeliefert werden. Materialien mit relativ dichtem Gefüge, z. B. Hartgummi „federn Temperaturschwankungen gut ab".

Bereits frühere Versuche hatten gezeigt, dass die Verwendung von massiven Baustoffen bei der Außenwandkonstruktion zu einer deutlichen – und wie wir meinen für das Lüftungsverhalten äußerst interessanten – Verzögerung des Wärmedurchgangs einer, durch Sonnenstrahlung auf Temperaturen von mehr als 50 °C „aufgeheizten" Außenwandoberfläche führt. Ein Faktor, der insbesondere für die Milchviehhaltung in ariden und semiariden Gebieten, mit großen Temperaturunterschieden (bis zu 25 K) zwischen Tag und Nacht, von Bedeutung ist, können so bei relativ geringen Herstellungskosten die Unterhaltskosten für Lüftung und Kühlung auf ein Minimum reduziert werden. Diese grundlegenden Erkenntnisse können auch für die Ausführung von Stallgebäuden in Deutschland und Europa genutzt werden.

Der Neigungswinkel von Gebäudehüllflächen zum Strahlungswinkel der Sonne kann – zumindest bei hellen Gebäudeoberflächen – vernachlässigt werden. Die Temperaturdifferenzen bei unterschiedlicher Neigung sind marginal.

Literatur

Alex, M. (1985): Klimadaten ausgewählter Stationen des Vorderen Orients. Dr. Ludwig Reichert Verlag, Wiesbaden

Bockisch, F.-J. (1991): Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlagen zur Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen

Borchert, K.-L.; Hillendahl, W. (1966): Bauliche und technische Grundlagen zur Planung geschossener Ställe mit optimalen Raumklima, ALB – Schriftenreihe 27, Frankfurt a. M.

Brehme, G; Krause, K-H. (2000): Compartmental airflow simulation in stables with natural ventilation, The XIV CIGR World Congress, 28.Nov.-1.Dec., Tsukuba, Japan

Georges, M.; Haake, K.-W.; Bockisch, F.-J (2006): Temperaturgestaltung in Milchviehställen, Landtechnik 5, H 12772, S. 278–279

Syrian Statistical Abstract (2005). Damascus

Verfahrensbewertung der Feuchtgetreidekonservierung im Folienschlauch

Evaluation of High-moisture Grain Preservation in Plastic Tubes

MOMME MATTHIESEN, ANDREA WAGNER, WOLFGANG BÜSCHER, CHRISTIAN MAACK

Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

Schlüsselwörter: Feuchtgetreide, Folienschlauch, Verfahrensbewertung
Keywords: high moisture grain, plastic tube, crimper-bagger technique

Zusammenfassung

Zur Konservierung von erntefrischem Getreide stellt das Folienschlauchverfahren bezüglich der Futterqualität unabhängig vom Feuchtegehalt des eingelagerten Getreides eine technische Alternative zu konventionellen Konservierungssmethoden dar.

Bei Einlagerungsfeuchten ab etwa 25 % beginnt eine Fermentation mit geringen Milchsäuregehalten. Getreideart und Einlagerungsfeuchte haben zudem deutlichen Einfluss auf die Qualitätserhaltung von Feuchtgetreidekonservaten unter aeroben Bedingungen. Bei Gerste führt eine Zunahme der Erntefeuchte zwar zu einer Erhöhung der Lagerungsdichte, eine negative Beeinflussung der Zerkleinerung bedingt jedoch eine unzureichende Stabilität unter Lufteinfluss. Bei Weizen sind negative Effekte bezüglich der Zerkleinerung bei Zunahme der Erntefeuchte gering. Es ist möglich Lagerungsdichten zu erreichen, die per se zu hohen Stabilitäten führen können.

Der Einsatz eines chemischen Zusatzes ist für die Qualitätserhaltung aller Feuchtgetreidearten zu empfehlen.

Aufgrund tendenziell steigender Energiekosten kann die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bereits ab Feuchtegehalten über 16 % gewährleistet sein.

Summary

The crimper-bagger technique offers a functional technical alternative to conventional storage systems, irrespective of the moisture content of the stored grain.

Fermentation with low lactic acid contents starts at moisture contents of 25 %. Type of corn and moisture content influence the quality of high-moisture grain under aerobic conditions. Increasing moisture contents lead to higher densities in plastic tubes which might cause sufficient aerobic stabilities particularly in wheat. In barley the reduction of particle size is influenced negatively which leads to an insufficient aerobic stability.

For reducing the risk of deterioration the use of a chemical additive can be recommended. Increasing energy costs induce that the economic efficiency of the crimper-bagger technology is given at moisture contents above 16 %.

1 Hintergrund

In Deutschland wird regelmäßig 50–85 % des Getreides in nicht lagerfähigem Zustand mit Feuchten über 14 % gedroschen. In der Praxis wird überwiegend das Verfahren der Warmlufttrocknung bis zu einem lagerstabilen Feuchtegehalt des Getreides von weniger als 14 % eingesetzt (ECKL 2005).

Tab. 1: Trocknungskosten für Getreide in den Jahren 2001 und 2006 (VR 2006)
Tab. 1: Drying costs for grain in 2001 and 2006 (VR 2006)

Feuchte *moisture* %	Trocknungskosten für Getreide *drying costs for grain* €/t 2001	2006
16	8,44	10,20
18	14,57	17,60
20	20,71	25,00
22	26,84	32,40
24	32,98	39,80

Eine Steigerung der Betriebskosten um mehr als 20 % seit 2001 (Tab. 1) stellt dieses Verfahren jedoch bei höheren Feuchtegehalten des Erntematerials in Frage. Eine Einlagerung von Futtergetreide mit einem Feuchtegehalt >14 % birgt ein hohes Risiko für mikrobiellen Verderb und erfordert daher bei unverdichteter Lagerung einen hohen Aufwand an Konservierungszusätzen, um einen mikrobiellen Verderb zu verhindern (MATTHIAS 2002).

Die Einlagerung von gequetschtem Futtergetreide in Folienschläuchen mit einer Schlauchpresse mit integrierter Getreidequetsche (Crimper-Bagger) stellt eine Alternative zu konventionellen Konservierungsmethoden dar, indem erntefrisches Getreide mit hohen Feuchtegehalten in einem Arbeitsgang gequetscht, mit Konservierungsmittel behandelt und eingelagert werden kann (MATTHIESEN et al. 2006).

Ziel der Forschungsarbeiten ist die Bewertung des Folienschlauchverfahrens für die Konservierung von Futtergetreide.

2 Material und Methoden

Durch Versuche mit Weizen und Gerste in klein- und großtechnischem Maßstab wurde der Einfluss von unterschiedlichen Feuchtegehalten und Konservierungsmittelaufwandmengen auf verschiedene Qualitätsparameter des Futters untersucht. Dazu wurden neben Untersuchungen an Folienschläuchen auch standardisierte Versuche mit Siliergläsern durchgeführt (DLG 2000).

Weizen und Gerste wurde in 2006 mit Feuchtegehalten von etwa 30 % und 20 % geerntet und mit einem Crimper-Bagger (Murska 2000 S 2 x 2, Walzenabstand 0,1 mm) in Folienschläuche eingelagert, wobei neben einer unbehandelten Kontrolle der Inhalt

jeweils eines Schlauches jeder Getreidevariante mit einem Konservierungszusatz behandelt wurde.

Der Zusatz enthält Natriumbenzoat, Propionsäure und Natriumpropionat und wurde mit einer Aufwandmenge von 4 Liter je Tonne Frischmasse eingesetzt.

Zur Ermittlung der Gärqualität, der Gärverluste sowie des Temperaturverlaufs innerhalb der Schläuche während der Lagerdauer wurden über Klappen im Tunnel des Crimper-Baggers Bilanznetze mit Temperaturloggern eingelegt.

Alle Varianten wurden parallel in Siliergläser eingelagert, um die Gärqualität und die aerobe Stabilität nach unterschiedlicher Lagerdauer zu bestimmen.

Die Folienschläuche wurden nach einer Lagerdauer von 58–76 Tagen Ende September 2006 gleichzeitig geöffnet und anschließend bei einem wöchentlichen Vorschub von 1 m mit einem Siloblockschneider entnommen. Dabei wurden Untersuchungen zur Gärqualität, zur Nacherwärmung sowie zur Verdichtung durchgeführt.

3 Ergebnisse

Tab. 2: Gärproduktgehalte und pH-Werte verschiedener Feuchtgetreidevarianten (n=8)
Tab. 2: Fermentation products and pH-values of different high-moisture grains (n=8)

Getreide/*grain*	**Einheit**	**Gerste/***barley*				**Weizen/***wheat*			
Anaerobe Lagerdauer *anaerobic storage*	**Tage** *days*	**76**		**71**		**64**		**58**	
Trockenmasse *dry matter*	g/kg	685,5	689,6	826,2	831,6	733,5	727,0	789,3	793,6
Feuchte *moisture*	%	31,4	31,0	17,4	16,8	26,6	27,3	21,1	20,6
Silierzusatz *additive*	l/t FM	0	4	0	4	0	4	0	4
pH-Wert *pH-value*		5,2	5,7	6,1	5,8	4,6	5,1	6,1	6,2
Essigsäure *acetic acid*	g/kg TM g/kg DM	0,8	0,4	0,3	0,3	1,6	0,3	0,1	0,2
Propionsäure *propionic acid*	g/kg TM g/kg DM	0,2	3,1	0,1	1,3	0,1	1,3	0,1	0,9
Milchsäure *lactic acid*	g/kg TM g/kg DM	2,1	0,2	0,1	0,1	6,9	1,1	0,2	0,1
Ethanol *ethanol*	g/kg TM g/kg DM	3,0	1,4	0,4	0,6	1,6	1,4	0,4	1,0
NH_4-N	mg/kg TM mg/kg DM	378,7	281,1	88,4	55,9	249,8	103,7	59,1	55,4

Untersuchungen zur Gärqualität (Tab. 2) bestätigen die in der Literatur angegebenen Werte (BUCHANAN-SMITH et al. 2003). Es konnten nur sehr geringe Gärproduktgehalte nachgewiesen werden. Die Milchsäuregehalte bei Weizen (27 % Feuchte) lagen unter

1 %, Essigsäure bei 0,2 %. In Gerste (31 % Feuchte) sind diese Gehalte mit 0,2 % und 0,1 % noch deutlich niedriger.

Auch wird der niedrige pH-Wert, der bei feuchtem Weizen bis auf 4,1 zurückgeht, mit Werten von 5,5 bei der Gerste nicht erreicht. Die in den Folienschläuchen ermittelten Werte konnten durch die Ergebnisse aus den Siliergläsern bestätigt werden.

Um eine Milchsäuregärung zu erreichen, muss das Getreide entweder sehr frühreif geerntet oder eine nachträgliche Anfeuchtung vorgenommen werden. Letzteres erfordert jedoch einen erhöhten verfahrenstechnischen Aufwand. Die Erntefeuchten im Getreide können um bis zu 5 % über den Tag schwanken. Um eine ausreichende Wasseraktivität gewährleisten zu können, wird in der Regel eine Anfeuchtung um mindestens 10 % notwendig sein. Dies bedeutet, dass mehr als 140 l Wasser je Tonne Getreide zugefügt und gleichmäßig verteilt werden müssten, um Getreide von 20 % auf 30 % Feuchtegehalt anzufeuchten.

Während der Lagerung entstand keine Buttersäure und auch die Ethanolgehalte lagen nur geringfügig über der Nachweisgrenze von 0,1 % in der TM. Der Einsatz des chemischen Konservierungszusatzes bewirkt eine Reduzierung der Ethanolgehalte, aber auch eine Verminderung der Fermentation. Eine stabile Konservierung unter Luftabschluss kann mit dem Folienschlauchverfahren gewährleistet werden. Voraussetzung ist, dass ausreichende Schutzmaßnahmen zur Vermeidung der Beschädigung des Folienschlauches durch Vögel und Nagetiere gewährleistet sind.

Die Untersuchungen zur aeroben Stabilität von Feuchtgetreide ergaben ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit von Getreideart und Einlagerungsfeuchte. Temperaturmessungen innerhalb der Schläuche und an der Anschnittsfläche dokumentierten den einsetzenden Verderbsprozess. Abbildung 1 zeigt Thermografieaufnahmen, die 19 Tage nach Schlauchöffnung von Gerste mit einem Feuchtegehalt von 31 % erstellt wurden.

Ohne einen chemischen Konservierungszusatz setzt bei feuchter Gerste ein intensiver Verderb ein, der im Randbereich zu Temperaturen >40 °C führt.

Ähnliche Ergebnisse wurden bei Weizen mit 21 % Feuchte im Folienschlauch ermittelt. Mit einem chemischen Zusatz von 4 Liter je Tonne Frischmasse konnte bei allen Getreide- und Feuchtevarianten die Nacherwärmung im Untersuchungszeitraum von 18 Tagen unterdrückt werden. Bei unbehandeltem Weizen mit 28 % Einlagerungsfeuchte war hin-

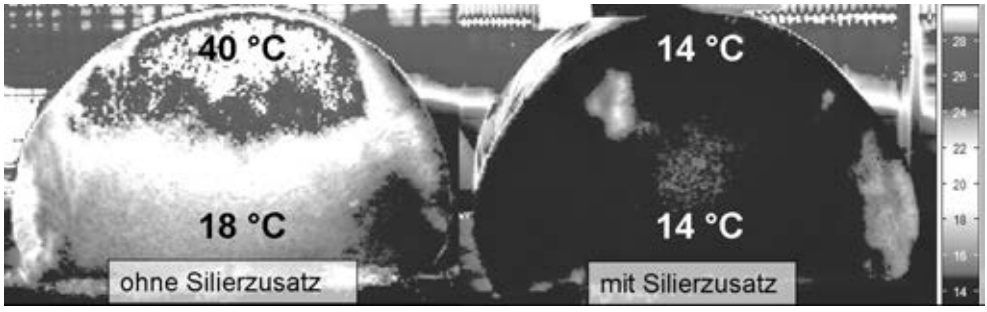


Abb. 1: Erfassung der Nacherwärmung im Folienschlauch mit einer Thermokamera am Beispiel von Gerste (Feuchte 31 %), links unbehandelt, rechts mit chemischem Zusatz
Fig.1: Barley (31 % moisture content) in a plastic tube. Pictures taken by a thermography camera. Left: Intensive reheat of the control variant, right: Reheat can be decelerated with a chemical additive

gegen keine deutliche Nacherwärmung über den Untersuchungszeitraum zu erkennen. Auch bei Feuchtegehalten zwischen 15–18 % ist eine Nacherwärmung nicht eingetreten. Die Ermittlung von Keimgehalten (Hefen, Schimmelpilze) zeigte jedoch, dass alle Varianten ohne einen chemischen Zusatz Werte aufweisen, die geforderte Höchstwerte für Hefen von 10^5 kolonienbildenden Einheiten je Gramm Frischmasse (KBE/ g FM) bzw. für Schimmel 10^4 KBE/ g FM teilweise deutlich überschritten.

Aus den beschriebenen Ergebnissen zur aeroben Stabilität geht hervor, dass sowohl die Getreideart als auch der Feuchtegehalt die Nacherwärmung beeinflussen. Dies kann durch Betrachtung der Lagerungsdichte (Abb. 2) erklärt werden. Durch das Erreichen hoher Lagerungsdichten wird das Porenvolumen reduziert.

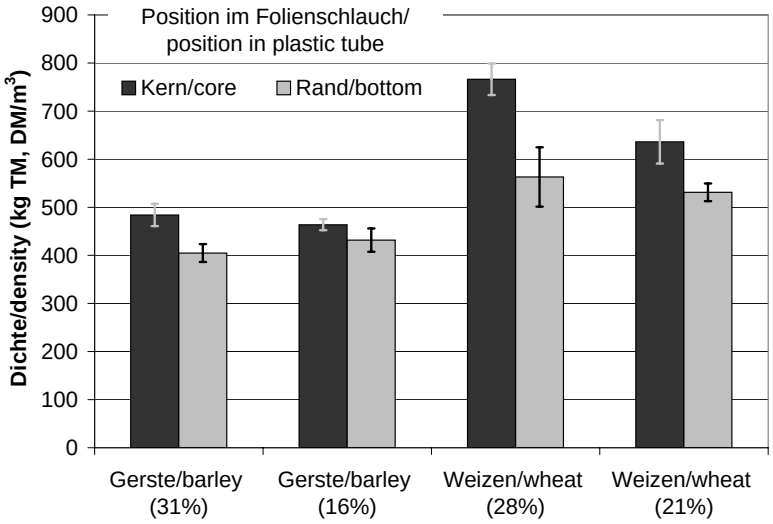


Abb. 2: Lagerungsdichte von gequetschter Gerste und Weizen unterschiedlicher Feuchtegehalte an verschiedenen Positionen im Folienschlauch

Fig. 2: Density of crimped barley and wheat with different moisture contents at varied positions of a plastic tube

Bei Weizen kann eine Zunahme des Feuchtegehaltes die erreichbare Lagerungsdichte gegenüber Gerste deutlich erhöhen.

Ein Grund dafür liegt im Aufbau der Getreidekörner. Die Spelzen der Gerste hemmen bei steigendem Feuchtegehalt die Zerkleinerung der Körner durch Quetschwalzen. Außerdem bedingen sie eine Rückfederung des verdichteten Materials. Diese Effekte sind beim Weizen deutlich schwächer ausgeprägt.

Aufgrund der geringeren Verdichtbarkeit ist das Porenvolumen in gequetschter Gerste gegenüber Weizen deutlich größer. Dadurch ist der Gasaustausch bei Luftkontakt erhöht und ein Verderb setzt früher ein.

Bei Weizen ist die hemmende Wirkung des Feuchtegehaltes auf die Partikelzerkleinerung geringer. Kleinere Partikel lassen sich besser verdichten; das Porenvolumen sinkt. Bei steigendem Wassergehalt kommt es zu einer "Verkleisterung" der stärkehaltigen

Weizenkörner, wodurch der Gasaustausch reduziert werden kann. Feuchtegehalte über 25 % führen allerdings bei Weizen zu Verklumpungen, deren Auflösung bei der weiteren Verwertung mit erhöhtem Arbeitsaufwand verbunden sein kann.

Beim Einsatz eines Crimper-Baggers mit einem Tunneldurchmesser von 1,65 m beträgt die Breite der Folienschläuche etwa 2 m, die Höhe etwa 1,10 m. Je laufendem Meter beinhaltet ein Folienschlauch abhängig von Getreideart und -feuchte zwischen 1,5 und 2 t Frischmasse. Die Untersuchungen ergaben, dass beim Einsatz eines chemischen Zusatzes von 4 l/t FM bei allen behandelten Getreidevarianten ein Entnahmevorschub von 1 m/Woche ausreichend ist. Die Folienschlauchtechnologie kann für die Feuchtgetreidekonservierung daher bereits bei einem täglichen Futterbedarf von 200–300 kg Feuchtgetreide eine technische Alternative zu konventionellen Konservierungsmethoden darstellen.

Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist bereits bei geringen Feuchtegehalten gegeben, da die Trocknungskosten (Tab. 1) bereits bei einem Feuchtegehalt von 18 % die Kosten des Folienschlauchverfahrens inklusive Konservierungszusatz überschreiten.

Literatur

Buchanan-Smith J.; Smith, T.K.; Morris, J.R. (2003): High-Moisture Grain and Grain By-Products. In: Buxton R., Muck R.E., Harrison J.H., Silage Science and Technology, ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 825–854

DLG (2000): DLG-Richtlinien für die Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Eckl, J. (2005): Getreide günstig konservieren, DLZ-Agrarmagazin 6/2005, S. 60–65

Matthias, J. (2002): Feuchtgetreidekonservierung. Futterkonservierung - Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien. Arbeitsgemeinschaft der nordwestdeutschen Landwirtschaftskammern. S. 25–31

Matthiesen, M.; Wagner, A.; Büscher, W. (2006): Einfluss von Feuchte und Siliermittelmenge auf die Gärqualität von Feuchtgetreide im Folienschlauchverfahren. Agrartechnische Forschung Band 12, Number 4-2006, S. 67–76

VR (2006): Feuchtigkeitsverrechnung für Getreide Ernte 2001 und 2006, Tabelle 78, VR–Bank eG – Agrarhandel-Süderlügum

Risikomanagement und Entscheidungsfindung bei der Futterkonservierung

Risk Management and Decision Making for Forage Harvest

ANDREA WAGNER, WOLFGANG BÜSCHER

Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53 115 Bonn

Schlüsselwörter: Futterernte, Risikomanagement, Qualitätssicherung
Keywords: forage harvest, risk management, quality assurance system

Zusammenfassung

Zur Verfahrensbewertung der Futterkonservierung sind Sicherheitsüberlegungen bzw. Risikobetrachtungen sehr wichtige Entscheidungsgrundlagen. Bei steigenden Erntemassen stellt sich die Verdichtungsarbeit als die technische Haupteinflussgröße auf den Konservierungserfolg und die Langzeitstabilität dar. Der Einsatz von Silierhilfsmitteln kann nur begrenzt helfen, technische Mängel zu kompensieren.

Wirtschaftliche und organisatorische Risiken in der Verfahrenskette sollen durch ein Qualitätsmanagement minimiert werden. Durch erste Konzepte für HACCP-Methoden können Schwachstellen und wichtige Lenkungspunkte in der Verfahrenskette ausfindig gemacht werden. Da die Zusammenhänge für den Futterbaubetrieb durch strengere gesetzliche Rahmenbedingungen zukünftig noch sehr viel bedeutsamer werden, müssen die Methoden noch wesentlich weiter entwickelt und intensiver untersucht werden.

Summary

In order to assess the process of forage harvest and conservation, safety considerations and hazard analysis are the basis for decision making. With an increasing mass flow rate in the harvest process, compaction is the main technical factor influencing forage quality and long-term stability. The chance to counterbalance technical deficiencies by the application of chemical additives is limited.

Risks concerning economics and organization are minimised by a quality assurance system in the process chain of forage harvest and conservation. First concepts for HACCP-systems allow detecting weak points and critical control points. In this context the relevance of new strict regulatory framework will increase in future for dairy farmers. Therefore methods for quality management and assurance for forage harvest and conservation have to be worked out and investigated more intensive.

1 Einleitung

Die Futterkonservierung dient unter unseren Klimabedingungen allgemein dem Ziel, in vegetationsfreien Zeiten die Versorgung der Nutztiere zu gewährleisten. Dabei sind seit jeher Sicherheitsüberlegungen bzw. Risikobetrachtungen im Bezug auf folgende Aspekte sehr wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Verfahrensplanung und -bewertung: Mechanisierung der Ernte- und Einlagerungstechnik, Konservierungserfolg (gewünschte Gärverhältnisse) und Langzeitstabilität (Haltbarkeit nach Siloöffnung). Aufgrund der Komplexität der Thematik sollen die Betrachtungen an dieser Stelle auf das Beispiel der Futtermaisernte und -silierung beschränkt sein.

2 Methodische Ansätze

Einfache Riskoabwägungen in der Futterernte und -konservierung ergeben sich aus den Kosten für die Stillstandzeiten der Verfahrenstechnik. Die Verfahrenskette der Silomaisernte ist durch einen konstanten Massenstrom mit parallelen Prozessabschnitten gekennzeichnet. Damit es zu keinen – Technik bedingten – Unterbrechungen im Massen- bzw. Gutstrom kommen kann, müssen Erntemaschinen, Transportkette und Einlagerungstechnik exakt aufeinander abgestimmt sein. Durch die steigenden Durchsatzleistungen der Häcksler, den Schlüsselmaschinen in der Erntekette, ergeben sich enorme Transportkapazitäten und logistische Anforderungen an die Organisation der Verfahrenskette. Ablaufstörungen führen zu unerwünschten Effekten, wie zum Beispiel dem aeroben Abbau von Kohlehydraten (Atmungsverlusten) und einer Abtrocknung des Substrates. Die Forderung, das Silo innerhalb von 24–36 Stunden geschlossen zu haben, erhöht den Druck auf die Funktionssicherheit der Verfahrenskette erheblich.
Die Kosten pro „Stillstand- bzw. Ausfallstunde“ ergeben sich bei der typischen Fremdmechanisierung aus der Summe der Arbeitskraftstunden und den Maschinenkosten pro Stunde. Eine Sachversicherung für „Ernteausfall durch Maschinenausfall“ existiert derzeit nicht.

Komplexe Risikobetrachtungen von Verfahrensketten ergeben sich aus der Einzelbewertung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Mechanisierungsabschnitten (Störfallbetrachtung). Die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Maschine steigt mit dem Abnutzungsgrad bzw. dem Lebensalter der Technik und lässt sich durch regelmäßige Wartung minimieren. Das Risiko einer Arbeitskette ergibt sich aus der Summe der Ausfallwahrscheinlichkeit der einzelnen „Glieder“. Bildet man Risikoklassen (Gruppen gleicher Ausfallwahrscheinlichkeit), ist bei einer Störfallbetrachtung die Bewertung der durchschnittlichen Ausfallzeiten durch Reparatur oder der Verfügbarkeit von Ersatzmaschinen erforderlich. In risikoorientierten Planungsansätzen sollte die „durchschnittlichen Anzahl verfügbarer Feldarbeitstage“ miteinbezogen werden (KTBL 2003). Falls mehr Erntetage eingeplant werden, als statistisch (im Mittel) zur Verfügung stehen, steigt das witterungsbedingte Ernterisiko.

Der Konservierungserfolg hängt von der Einhaltung der siliertechnischen Rahmenparameter ab.

Neben der Pufferkapazität des Pflanzenmaterials haben Erntetermin, Abreife und Trockensubstanzgehalte großen Einfluss auf die Silierfähigkeit des Substrates (BUNDESARBEITSKREIS FUTTERKONSERVIERUNG 2006).

Kurze Häckselläng en und große Massen der Walzfahrzeuge steigern die Verdichtung und sichern somit die anaeroben Bedingungen im Substrat (LEURS 2005, Tab. 1), wodurch das Konservierungsrisiko sinkt.

Tab. 1: Einfluss verdichtungsrelevanter Parameter auf die erzielten Dichten im Labormaßstab (LEURS 2005)
Tab. 1: Influence of compression characteristics on densities on laboratory scale (LEURS 2005)

Parameters	Unit	Breed					
		A		B		C	
Chop length	mm	5,0	5,0 hc	5,0	21,0	5,0	21,0
DM-content	%	40,3	42,1	36,4	35,4	43,7	42,7
Particles >25 mm	%	1,2	0,4	0,9	1,1	0,6	3,3
Density at 0,2 MPa (single compression)	kg_{DM}/m^3	179	213	177	153	159	129
Density at 0,2 MPa (trifold compression)	kg_{DM}/m^3	203	242	199	180	179	153
Density at 0,45 MPa (single compression)	kg_{DM}/m^3	199	241	204	182	182	145

hc = increased height of cut (70 cm).

Die Stabilität der Silage wird durch gute Gärparameter, hohe Verdichtung und sicheren anaeroben Abschluss positiv beeinflusst. Die Entnahme ist bei geringem Vorschub (kleine Entnahmemengen und große Anschnittflächen) kritisch zu bewerten. Diese Zusammenhänge kann man unter dem Begriff des „Silomanagements" subsumieren. Ein Unterschreiten des notwendigen Vorschubs von 2,0 m/Woche in den Sommermonaten (Mai bis September) über längere Zeiträume, erhöht das Risiko der Nacherwärmung und des eintretenden Verderbs erheblich.

Labortechnisch werden Silagen als instabil bezeichnet, wenn in Laborgläsern bei Luftzutritt innerhalb von acht Tagen die Temperatur im Substrat um mehr als 2 Kelvin ansteigt. Im großtechnischen Maßstab, also an der Anschnittfläche des Silos, werden Silagen als instabil bezeichnet, wenn punktuelle Erwärmungen um 5 Kelvin gegenüber der restlichen Anschnittfläche, „hot spots", existieren. Unklar sind noch die Ursachen für die Instabilität der Silagen bzw. das hohe Nacherwärmungsrisiko in der Kettenbetrachtung. Partikelgröße und Verdichtung scheinen einen dominanten Einfluss auf die Zusammenhänge zu haben. Risikoempfindliche Landwirte reagieren auf die potenziellen Probleme mit dem Einsatz von Silierhilfsmitteln, um z. B. das Risiko der Nacherwärmung zu mindern.

3 Risikomanagement „Futterkonservierung"

Da man allgemein unter Risikomanagement die Berücksichtigung und Quantifizierung der Risikofaktoren in einem komplexen Entstehungsprozess versteht, müssen die Prozessabschnitte sukzessive analysiert und nach dem HACCP-Prinzip betrachtet werden (Abb. 1).

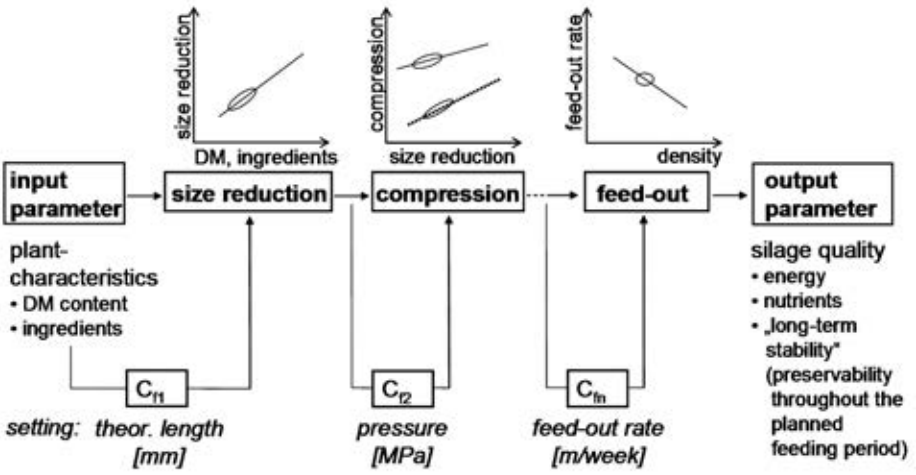


Abb. 1: Prozessstufen, Entscheidungspfade und Informationsströme im Bezug auf das Risikomanagement bei der Futterernte und -konservierung (WAGNER 2005)
Fig. 1: Levels of process, decision pathways and information flow in regard to the risk management of forage harvest and preservation (c = control, f = factor) (WAGNER 2005)

In jeder Betrachtungsstufe kann das Risiko nach folgenden Fragen bewertet werden:
- Wie wahrscheinlich ist das erfolgreiche Eintreten eines Ereignisses?
- Wie viel Sicherheit plant man für „natürliche" Fluktuationsgrößen (objektiv) ein?
- Wie groß ist das persönliche (subjektive) Sicherheitsbedürfnis der verantwortlichen Person?
- Wie groß ist (finanzmathematisch) der Schaden bei einem Misserfolg?

Aus technischer Sicht sind viele Einzelzusammenhänge noch nicht befriedigend geklärt. Da kein Informationsrückfluss im Sinne eines echten Regelkreises besteht, kann derzeit nicht von einem dynamischen Informations- bzw. Risikomanagementsystem für den Bereich der Futterernte und -konservierung gesprochen werden.

In einem ersten Versuch, die Risikobeschreibung in ein Qualitätsmanagementkonzept nach statischen Grenzen zu integrieren, werden auch kritische Grenzwerte und Handlungs- bzw. Korrekturmaßnahmen genannt, die vom Landwirt oder Dienstleister zu berücksichtigen sind (Tab. 2).

Tab. 2: Konzeption eines HACCP-Systems für die Qualitätssicherung von Silage
Tab. 2: Concept of a HACCP-system for the quality assurance of silage (WAGNER 2005)

Process level	Risk description	CCP	Critical range	Method for measuring	Corrective measurement
Crop collection	insufficient compactability of forage	DM-content [%]	>35 %	NIRS	change of chop length
Storage	insufficient compactability of forage	fraction with overlength [%]	>5 %	sieving analysis *(image analysis)*	increasing of compaction intensity (pressure, term)
	insufficient compactability of forage	sinking depth of wheel loader [cm]	15 cm	ultrasonic distance measurement	continuation of the compaction process
Feed out	reheat	increase of temperature [K]	>5 K	temperature sensors	treatment with propionic acid, removal of silage

Risiken, die sich durch die aktuelle EU-Rechtsetzung (Stichwort: Eurep Gap) ergeben (EUREPGAP 2006), sind zusätzlich mit in die Betrachtung einzubeziehen. Da Futtermittel auch durch die EU-Hygiene-Verordnungen den Status von Lebensmitteln erfahren haben, steigt das Verwendbarkeitsrisiko, wenn Verschmutzungen mit unerwünschten Bestandteilen (z.B. Wildgeflügel- oder Schadnagerkot) auftreten können (EU-HYGIENE-VO 178/2002, 2006). Für die verfahrenstechnische Gestaltung und den Nachweis der Unbedenklichkeit ergeben sich aus diesen Zwängen erhebliche Anforderungen, um das Vermarktungsrisiko gering zu halten.

4 Konsequenzen

Bei einer Risikobetrachtung ist die Entscheidung von Tierhaltern, Lohnunternehmen mit der Futterernte und -einlagerung zu beauftragen, als positiv zu bewerten. Kosten für Stillstandzeiten müssen nicht vom Landwirt übernommen werden und schlagkräftige Ernteketten sind mit enormem Kapitalbedarf bei nur geringer zeitlicher Auslastung verbunden. Auch können Leistungen zwischen Dienstleister und Landwirt vertraglich vereinbart werden, sodass der Landwirt gegenüber „Schäden" während der Ernte und Einlagerung bei nicht Einhaltung dieser Leistungen quasi versichert ist. Lohnunternehmer minimieren das Ausfallrisiko durch neue, zuverlässige Maschinen, regelmäßige Wartung und geschultes Personal. Für den Tierhalter ist somit eher die Verfügbarkeit von Dienstleistungsunternehmern und deren Termintreue ein relevanter Risikoparameter bei der Futterernte.

Die Informationstechnologie gewinnt in der Futterernte zunehmend an Bedeutung. Durch die Onlineerfassung von Qualitätsparametern am selbstfahrenden Feldhäcksler ist die Anpassung der erforderlichen Maßnahmen im Ernteprozess bereits technisch möglich. Die stufenlose Schnittlängeneinstellung auf bis zu 2,5 mm kann während des Ernteeinsatzes fotooptisch und auch über Nahinfrarotsensoren gesteuert werden. Geo-

referenzierte Ertragsmesssysteme erfassen den Durchsatz volumetrisch über die Messung der Drehzahlen im Einzug und die Höhe des Erntegutflusses. Die Siliermitteldosierung kann dem Massendurchsatz entsprechend gesteuert werden.

Die Verdichtungsarbeit stellt sich bei steigenden Erntemassen als die technische Haupteinflussgröße auf den Konservierungserfolg und die Langzeitstabilität dar. Somit kommt einer verbesserten Verdichtungstechnik eine besondere Bedeutung für die Langzeitstabilität der Silage zu. Technische Entwicklungen in diesem Bereich sind dringend notwendig, wobei Schlauchpressen sehr vorteilhaft zu bewerten sind, weil die Verdichtung standardisiert wird und, weil das Risiko der Nacherwärmung durch kleine Anschnittflächen und damit einhergehenden großen Vorschubgeschwindigkeiten wesentlich geringer gegenüber dem sonst üblichen Flachsilomanagement ist. Allerdings müssen durch Fortentwicklungen der Verdichtungstechnik und geeignete Regelkreise die Verdichtungsleistungen gesteigert und die Reproduzierbarkeit des Konservierungserfolges verbessert werden.

Ein gutes Qualitätsmanagement in der Verfahrenskette: „Futterernte, -konservierung und -entnahme“ hat auch zum Ziel, die wirtschaftlichen und organisatorischen Risiken zu minimieren. Durch HACCP-Methoden können Schwachstellen und wichtige Lenkungspunkte in der Verfahrenskette ausfindig gemacht werden (Wagner 2005). Da die Zusammenhänge für den Futterbaubetrieb durch strengere gesetzliche Rahmenbedingungen zukünftig noch sehr viel bedeutsamer werden, müssen die Methoden risikoorientiert weiter entwickelt und Einzelzusammenhänge intensiver untersucht werden.

Literatur

EurepGap (2006): http://www.eurepgap.org

EU-Hygiene-VO 178/2002 (2006): Stichwort Lebensmittelsicherheit unter: http://www.europa.eu.int/index_de.htm

KTBL (2003): Taschenbuch Landwirtschaft, Kapitel 3 „Verfügbare Feldarbeitstage“, Darmstadt

Leurs, K. (2005): Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais. Promotionsschrift an der Universität Bonn, VDI-MEG Schrift 438

Bundesarbeitskreis Futterkonservierung (2006): Praxishandbuch Futterkonservierung, DLG Verlag, Frankfurt a. M.

Wagner, A. (2005): Qualitätsmanagement bei der Futterernte – Einflüsse der Erntetechnik auf den Qualitätsparameter „Langzeitstabilität“ von Silagen. Habilitationsschrift an der Universität Bonn, VDI-MEG Schrift 432

Untersuchung verfahrenstechnischer Parameter zur Sicherung der Silagequalität in Horizontalsilos

Analysis of Procedural Parameter for Silage Quality Support in Bunker Silos

HARTMUT SCHEMEL, CHRISTINE IDLER, CHRISTIAN FÜRLL

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Horizontalsilo, Verdichtungsaufwand, Online-Dichtemessung, Starterkulturen
Keywords: bunker silo, packing effort, online- density measurement, starter cultures

Zusammenfassung

Verluste und Qualität von Silagen werden entscheidend von der Verdichtung des Siliergutes bestimmt. Die bekannten Berechnungen und Empfehlungen für den Verdichtungsaufwand im Horizontalsilo berücksichtigen nicht alle Einflussfaktoren. Untersucht wird eine Methode, bei der die Dichte mit Sensoren während der Verdichtung gemessen wird. Erprobt werden radiometrische Sonden und Mikrowellensensoren, teilweise in Verbindung mit einer Online-Messeinrichtung. Zur Qualitätssicherung von Silagen werden neue Ansätze zur kostengünstigen Erzeugung von Starterkulturen vorgestellt.

Summary

Losses and quality of silage are particularly affected by feed compaction. Existing equations for calculating the packing requirements into bunker silos and regards do not consider all contributing factors. This study reports a method that allows the measurement of density during the packing of silage in bunker silos. Both gamma backscattering probes and microwave sensors have been approved for use in this regard, the latter in connection with on-line measurement. Because also ineffective additives often lead to losses, several innovative silage additives were tested successfully in model trials with the objective to increase the quality of silages and to reduce production costs of starter cultures in co-fermentations.

1 Problemstellung

Silagen für die Tierfütterung sollen unabhängig von ihrer späteren Verwendung qualitätsgerecht und mit minimalen Verlusten produziert und konserviert werden. Das gilt auch für die zunehmend für die Energie- und Rohstoffgewinnung verwendeten Silagen.

Das zu silierende Grüngut ist so zu ernten und zu konservieren, dass es stabil vor dem Verderb geschützt und Trockensubstanz- bzw. Nährstoffverluste so gering wie möglich sind. Dafür sind eine Reihe verfahrenstechnischer Parameter einzuhalten. Hierzu gehören in erster Linie das Verdichten des Siliergutes beim Einlagern und die Herstellung des äußeren Luftabschlusses im Horizontalsilo. Der Zweck ist die Reduzierung des Gasaustausches zwischen den Poren im Siliergut und der Atmosphäre auf das durch die biologische Umsetzung bedingte Niveau. Als Kriterium für die Höhe der Einlagerungsdichte und die Verringerung des Porenvolumens gilt, dass der Gasaustausch in den Poren mit der Umgebungsluft nicht größer sein darf, als die Kohlendioxidbildung in dem Siliergut (Weise 1978, Honig 1987). Wird es eingehalten, füllt das Kohlendioxid wie ein Schutzgas die Poren aus und verhindert die unerwünschten aeroben Umsetzungen.

Obwohl die Bedeutung des Verdichtens bekannt ist und Vorgaben für die erforderlichen Dichten vorhanden sind, haben Messungen in Praxissilos gezeigt, dass in mehr als der Hälfte der untersuchten Silos die empfohlenen Dichtewerte nicht erreicht werden (Thaysen et al. 2006). In der Folge können vermeidbare Trockenmasseverluste von 30 % und mehr eintreten. Die Ursache ist, dass auf Grundlage von Erfahrungswerten nicht ausreichend verdichtet wird bzw. vorhandene Verdichtungsempfehlungen unzureichend sind oder nicht umgesetzt werden. Darüber hinaus existiert noch kein praxisreifes Verfahren zur Messung der Siliergutdichte während der schichtweisen Einlagerung.

Untersuchungen am ATB Potsdam-Bornim haben zum Ziel, die erforderlichen Verdichtungsaufwendungen zu ermitteln und Methoden für ein Dichtecontrolling während des Einlagerns zu entwickeln. Weitere Arbeiten zielen auf die Sicherung der Silagequalität durch kostengünstig erzeugte biologische Silierzusätze.

2 Verdichtungsbedarf in Horizontalsilos

Das Verdichten hat zwei Ziele: Zum einen die rasche Beendigung der Zellatmung des Futters und damit die Minimierung der Nährstoffverluste und zum anderen die rasche Schaffung optimaler Bedingungen für die Milchsäuregärung durch Herstellung anaerober Verhältnisse im Siliergut. Für einen Gasaustausch von <20 l/(m² · h) werden in Abhängigkeit von dem Trockenmassegehalt Sollwerte für die Mindestverdichtung von 160–230 kg TM/m³ für Gras und für Mais von 230–270 kg TM/m³ angegeben (Thaysen 2006, Fürll et al. 2006). Für den Verdichtungsaufwand existiert eine Reihe von Empfehlungen z. B. für Traktorgewichte, Fahrgeschwindigkeiten und Reifendrücke.

Nach Untersuchungen von Muck und Holmes (2000) kann die Trockenmassedichte von Silage in Horizontalsilos nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\rho = (136{,}6 + 0{,}042\ P) \cdot (0{,}818 + 0{,}0446\ H) \quad (1)$$

ρ = mittlere Silo-Trockenmassedichte [kg TM/m³]
H = Silagehöhe [m]
P = Packungsfaktor [kg (h · g / t · kg)1/2 cm^{-1}]

Der Packungsfaktor P in Gleichung (1) wird nach Gleichung (2) berechnet:

$$P = (W/L) \cdot (T \cdot D)1/2 \quad (2)$$

W = mittleres Gewicht des Verdichtungstraktors [kg]
L = Anfangsschichthöhe [cm]
T = Verdichtungszeit [Traktoren h/t]
D = Trockenmassegehalt [g/kg]

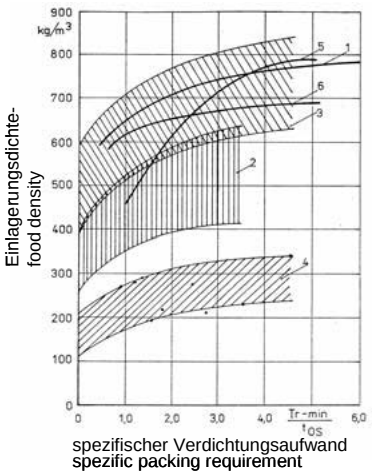


Abb. 1: Spezifischer Verdichtungsaufwand
Fig. 1: Specific packing requirement (EDNER 1985)
1: TM, DM = 25 % (ZILLIG 1968)
2: TM, DM = 27- 60 % (KLUG 1980)
3: TM, DM = 18- 25 % (KLUG 1980)
4: TM, DM = 66 %
5: TM, DM = 16 %
6: TM, DM = 26 % (Mais, Corn)

Obwohl Gleichung (1) eine Reihe wichtiger Einflussgrößen enthält, werden einige, von anderen Autoren genannte Größen, nicht berücksichtigt. Danach sind die erreichbaren Dichten abhängig von Trockenmasse, Rohfasergehalt, Biegesteifigkeit, Blatt/Stängelverhältnis, Häcksellänge, Verdichtungsdruck, Verdichtungshäufigkeit sowie -zeit und Silohöhe (FÜRLL et al. 2005, HOLMES 2006, WAGNER et al. 2004). Für die praktische Anwendung kann in Auswertung umfangreicher Untersuchungen (FREITAG 1983, EDNER 1985) der Verdichtungsaufwand in Traktorenminuten je Tonne Originalsubstanz (Tr.- min./t OS) angegeben werden (Abb. 1). Unter Berücksichtigung der Rückdehnung des Siliergutes werden im Ergebnis der Untersuchungen untere Grenzwerte des Verdichtungszeitaufwandes angegeben, die bei Mais 1,0 Tr.- min./ t OS und für Welkgut 3,0 Tr.- min./ t OS betragen sollen. Bei Trockenmassen über 50 % können die erforderlichen Oberflächendichten in der Regel nicht mehr erreicht werden.

3 Dichtemessung mit Sensoren

Die bekannten Vorgaben zum Verdichtungsaufwand bieten keine ausreichende Sicherheit zur Erreichung der notwendigen Siliergutdichte. Ziel neuerer Forschungsarbeiten des ATB ist es deshalb, Methoden für das Dichtecontrolling während des Einlagerns und

Verdichtens zu entwickeln. Um dem Fahrer die Dichte zur gezielten Einflussnahme auf das Verdichtungsergebnis anzuzeigen, müssen die Daten online von der Siliergutoberfläche aus gemessen werden können. Kernstück eines solchen Online-Verfahrens ist ein geeigneter Dichtesensor. Dabei fokussierten sich die Arbeiten auf das Mikrowellenverfahren. In Zusammenarbeit mit der Fa. TEWS Elektronik wurden verschiedene Mikrowellenplanarsensoren und das Reflexionsverfahren für diese Anwendung modifiziert und erprobt.

Neben der gravimetrischen Methode kamen als Referenzverfahren auch früher im ATB entwickelte radiometrische Sonden in abgewandelter Form zum Einsatz. Letztere konnten als Stabsonde zur Schichtenmessung in das Siliergut hineingesteckt oder als Plattensonde auf die Oberfläche aufgelegt werden. Für beide radiometrische Sonden ließen sich Kalibrierkurven mit Regressionskoeffizienten über 0,99 aufnehmen und die Standardabweichungen lagen unter 0,01 g/cm³.

Auch mit speziellen Varianten des Mikrowellenplanarsensors konnten für Mais- und Grashäcksel Kalibrierkurven im Labor aufgenommen werden. Auf Grund des Messprinzips wird hier das Signal von Feuchte und Dichte beeinflusst. Nach Feuchtekompensation im Bereich von 65–80 % Gutfeuchte mit einem patentierten TEWS-Verfahren lag auch hier der Regressionskoeffizient über 0,98 bei einer Standardabweichung nahe 0,02 g/cm³. Allerdings nahm der Fehler durch Abstrahlung des Sensors bei hohen Dichten, insbesondere in Kombination mit hohen Feuchten zu. Darüber hinaus wurde eine Abhängigkeit vom Messgut festgestellt; so sind die Kalibrierdaten von Grassiliergut nicht auf Maissiliergut übertragbar.

Ein ausgewählter Mikrowellenplanarsensor wurde in eine Online-Messeinrichtung eingebaut und im Silo erprobt. Der Dichtesensor wird in einem, durch eine Linearführung mit dem Traktor verbundenen Gleitschuh über die Siliergutoberfläche geführt (Abb. 2). Das Messsignal wurde auf einem Monitor in der Fahrerkabine über dem Fahrweg aufgezeichnet und gespeichert. Von den in der Fahrspur radiometrisch bestimmten Referenzwerten weichen die mit der Online-Einrichtung aufgenommenen Dichten bis ca. 0,1 g/cm³ in beiden Richtungen ab.

Trotz unverhältnismäßig hohen Kalibrationsaufwand und Abstimmung auf die jeweiligen Verhältnisse wird der Fehler für die allgemeine Anwendung noch höher sein. Zunächst ist die Online-Messung mit einem radiometrischen Sensor vorgesehen.



Abb. 2: Online-Dichtemessung
Fig. 2: Online density measurement

4 Silierzusätze

Auf der Suche nach neuen, wirksamen biologischen Silierzusätzen, die auf kostengünstigem Weg im landwirtschaftlichen Betrieb erzeugt werden können, liegen jetzt Ergebnisse zweijähriger Modellsilierversuche im 1,5 Liter Weckglas vor (DLG 2000). In unabhängigen Versuchsreihen wurden Starterkulturgemische aus zwei (*Lactobacillus plantarum, L. rhamnosus*)- bzw. drei (zusätzlich *L. buchneri*) Milchsäurebakterienstämmen jeweils einzeln bzw. getrennt fermentiert und zu Welschem Weidelgras vom ersten Schnitt mit einer Konzentration von 10^5 KbE/g FM appliziert. Der Siliererfolg (DLG 2006) der Varianten (vgl. Tab. 1) ist trotz unterschiedlicher Trockenmassegehalte vergleichbar. Gleichzeitig scheint der Einsatz eines dritten Stammes bei hohen Trockenmassegehalten günstig.

Die Erzeugungskosten könnten bei gemeinsamen Fermentation deutlich gesenkt werden (IDLER & KLOCKE 2006). Bei einer Kofermentation von zwei Stämmen würden sich die Kosten um 30,4 % reduzieren, bei einer gemeinsamen Fermentation von drei Stämmen sogar um theoretisch 46,6 %.

Tab. 1: Einfluss unterschiedlich fermentierter Starterkulturen auf den Siliererfolg von Gras in Modellversuchen nach 90 Tagen Lagerung (n.u.: nicht untersucht)
Tab. 1: Influence of various fermented starter cultures on the success of the preservation of grass in model trials after 90 days storage (n.d.: not detected)

Starterkulturgemisch aus zwei Stämmen *starter culture mixture of two strains*						Starterkulturgemisch aus drei Stämmen *starter culture mixture of three strains*					
Einzelfermentationen *two fermentations* Kosten/*costs:* 0,50 €/t Silage			Kofermentation *one fermentation* Kosten/*costs:* 0,35 €/t Silage			Einzelfermentationen *three fermentations* Kosten/*costs:* 0,65 €/t Silage			Kofermentation *one fermentation* Kosten/*costs:* 0,35 €/t Silage		
TM *DM* %	pH *pH*	Note *mark*	TM *DM* %	pH *pH*	Note *mark*	TM *DM* %	pH *pH*	Note *mark*	TM *DM* %	pH *pH*	Note *mark*
40,4	3,8	2	46,9	3,8	2	41,7	3,72	1	n.u./n.d.		
32,0	4,0	1	31,5	3,9	1	31,6	3,99	1	29,1	3,9	1

Für die kommende Siliersaison werden die Erzeugung eines Gemisches aus drei Stämmen im landwirtschaftlichen Betrieb in Einfachtechnologie (IDLER et al. 2002) vorbereitet und die realen Kosten ermittelt.

Literatur

DLG-Richtlinien (2000): DLG-Richtlinien für die Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

DLG-Schlüssel (2006): Grobfutterbewertung; Teil B: DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchungen. Hrsg. DLG e.V., Ausschuss Futterkonservierung, DLG-Information 2/2006, S. 5

Edner, H.H. (1985): Die Verdichtung von Siliergut und die Lagerungsdichte von Grünfuttersilage. Humboldt-Universität zu Berlin, Diss.

Freitag, H. (1983): Beitrag zum Bemessen und Bewerten von Prozessen der Grünfuttersilierung. Humboldt-Universität zu Berlin, Diss.

Fürll, Ch.; Kaiser, E.; Schmerbauch, K.-J.; Idler, Ch.: Einflüsse durch das Verdichten und den äußeren Luftabschluss auf die Qualität von Grassilagen – Ergebnisse und Anforderungen. ATF 12 (2006), H. 2, S. 19–29

Holmes, B.J. (2006): New Technologies for Bunker Silo Management in North Amerika. Proceedings of the 12 th International Symposium „Forage Conservation, Brno, Czech Republic, pp. 50–72

Honig, H. (1987): Gärbiologische Voraussetzungen zur Gewinnung qualitätsreicher Anwelksilage. In: Grünfutterernte und -konservierung, KTBL-Schrift Nr. 318

Idler, C.; Klocke, M. (2006): Improved strategies for the on-farm production of starter cultures for conservation of herbage biomass. Agricultural Engineering, Research papers 38 (1), pp. 20-28, ISSN 1392–1134

Idler, Ch.; Richter, K.; Partzsch, R.; Neubert, G.; Heber, F. (2002) Selbsterzeugung von Starterkulturen durch den Landwirt. Landtechnik, 57, Heft 5, S. 262–263

Muck, R.E.; Holmes, B.J. (2000): Factors Affecting Bunker Silos Densities. Applied Engineering in Agriculture 16, pp. 613–619

Thaysen, J.; Ruser, B.; Kleinmanns, J. (2006): Dichte Controlling-Bedeutung und Instrumente. GKL-Frühjahrstagung, Universität Bonn, „Siliererfolg auch bei großen Erntemassen“, S. 14–17

Wagner, A.; Leurs, K.; Büscher, W. (2004): Einflüsse der Häcksellänge auf Verdichtbarkeit und Nacherwärmung von Silomais, Agrartechnische Forschung 10 (2004) 4, S. 54–61

Weise, G. (1978): Der Lufteinfluss bei der Grünfuttersilierung. Dissertation B, ADL der DDR, Berlin

Der Arbeitsvoranschlag unter Berücksichtigung von Arbeitsorganisation und Zeitplanung

Work-budget System Taking into Account Work Organisation and Time Planning

MATTHIAS SCHICK

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Schlüsselwörter: Arbeitszeitmessung, Arbeitszeitbedarf, Arbeitsvoranschlag, Arbeitsaufriss
Keywords: working-time measurements, working-time requirement, work-budget, work record chart

Zusammenfassung

Der Einsatz eines zeitgemäßen modellbasierten Arbeitsvoranschlages lässt den Vergleich von Arbeits- und Produktionsverfahren bis hin zum Gesamtbetrieb unter sonst gleichen Bedingungen zu. Auch sektorale Aussagen zum Arbeitskräftepotenzial in der Landwirtschaft sind möglich. Die ständige Rückverfolgbarkeit des Datenmaterials ist gewährleistet, so dass Erweiterungen und Fehlerkorrekturen leicht möglich sind. Die Datenweitergabe aus dem Programm heraus ist über Schnittstellen möglich. Die Software ist in vier Sprachen einsetzbar. Somit steht mit dem rechnergestützten Arbeitsvoranschlag ein international einsetzbares Hilfsmittel sowohl für die Arbeitsorganisation als auch zur Zeitplanung zur Verfügung.

Summary

The use of an up-to-date model-based work-budget system allows comparison of work and production procedures up to farm level under otherwise identical conditions, as well as enabling sectoral statements on labour potential in agriculture. Constant traceability of the data is ensured, facilitating extensions and error corrections. Interfaces allow data transfer from the program. The software is available in four languages. The computer-based work budget system is thus a tool for international use to assist with both work organisation and time planning.

1 Einleitung und Problemstellung

Häufig wird von einem modernen Landwirt der Spagat zwischen körperlich anstrengenden Stall- und Feldarbeiten sowie den anfallenden Planungstätigkeiten verlangt. Letztere kommen dabei oft zu kurz, weil sie mühsam und auch ungewohnt sind. Vielen Landwirten fällt es leichter, zu pflügen oder zu mähen als Formulare auszufüllen, schriftlich zu planen oder Betriebszweigkontrollen durchzuführen. Daher ist es für den unternehmerischen Erfolg notwendig, eine Arbeits- und Zeitplanung innerhalb des Arbeitssystems „Landwirtschaftsbetrieb" durchzuführen. Anhand dieser ist festzulegen, mit welchen Aufgaben sich die beteiligten Arbeitspersonen zu welchen Zeiten befassen und wie diese priorisiert werden. Der rechnergestützte Arbeitsvoranschlag kann hierbei als Hilfsmittel sowohl für die Arbeitsorganisation als auch zur Zeitplanung dienen.

2 Material und Methode

Im Projekt „Arbeitswirtschaftliche Planungsgrundlagen" von Agroscope Reckenholz-Tänikon ART werden arbeitswirtschaftliche Kennzahlen auf der Elementstufe erfasst, aufbereitet, statistisch ausgewertet und als Planzeiten einem Modellkalkulationssystem für weitere Berechnungen bis hin zur Erstellung von Arbeitsvoranschlägen zur Verfügung gestellt.

Auf jedem Erfassungsbetrieb wird ein detaillierter Fragebogen zur Erfassung der betrieblichen Arbeitsorganisation (z. B. Anzahl Arbeitskräfte, Arbeitsverfassung) und wichtiger Einflussgrößen (z. B. Anzahl Milchkühe, Milchleistungen, Melkverfahren, Wegstrecken etc.) erstellt. Hierbei wird auch eine erste Arbeitsbeobachtung durchgeführt, um die beteiligten Arbeitspersonen und Zeitnehmer auf die Zeitmessungen vorzubereiten.

Die Zeitmessungen werden mit elektronischen Zeiterfassungssystemen (Hand-Held-PC und integrierter Erfassungssoftware) durchgeführt. Sie erfolgen ausschliesslich als direkte Arbeitsbeobachtung mit Einzelzeitmessungen auf der Elementstufe. Die wesentlichen Einflussgrößen „Wegstrecken", „Milchmengen" „Futtermassen" und „Fahrgeschwindigkeiten" werden während der Zeitmessungen bestimmt und elektronisch erfasst. Alle anderen Einflussgrößen (z. B. Melkstandbreite, Melkstandlänge, Stalllänge, Futtertischlänge) sind vor und nach den Zeitmessungen zu erfassen.

Bei zyklischen Arbeitsablaufschritten wie Vormelken, Anrüsten, Anhängen, erfolgt die Bestimmung der Datengüte schon während der Messung über den sog. Epsilon-Test. Bei diesem Testverfahren wird der Absolutwert des halben Vertrauensbereichs auf den Mittelwert bezogen. Dabei wird ein Epsilon von <10 % als gut befunden. Ausgehend von der Bestimmung der Datengüte kann ebenfalls der zu erwartende Stichprobenumfang n' schon nach wenigen erfassten Messpunkten bestimmt werden (siehe Gleichung). Hierdurch wird der Aufwand für die Datenerfassung besser planbar.

$$\sqrt{n'} \cong \frac{t \cdot s}{\eta' \cdot \bar{x}} \quad \Diamond \quad n' \cong \left[\frac{t \cdot s}{\eta' \cdot \bar{x}} \right]^2$$

n' : erforderlicher Stichprobenumfang
t : zweiseitiger oberer Schwellenwert der t-Verteilung
η' : geforderter relativer halber Vertrauensbereich
r : Standardabweichung
$\bar{x}$: arithmetischer Mittelwert

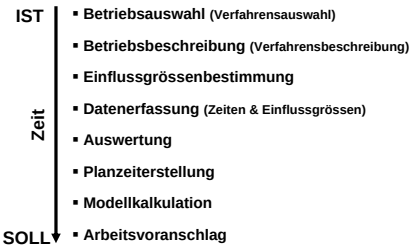


Abb. 1: Vorgehensweise bei der Durchführung von Arbeitszeitstudien
Fig. 1: Procedure for carrying out working-time studies

Es werden Messwiederholungen sowohl im Bereich von Sommer- und Wintersituationen als auch bei der zyklischen Erledigung von Tätigkeiten (z. B. Abend- und Morgenmelken) durchgeführt. Die Vorgehensweise bei den Messungen ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

3 Auswertung, Elementdatenbank und Modellkalkulationssystem

Für die weitere Verarbeitung wird das erfasste Datenmaterial zunächst tabellarisch aufbereitet und anschließend mit problemneutralen Testverfahren (Normalverteilung, Ausreisser, Zufälligkeit) untersucht. Bei fehlender Normalverteilung erfolgt eine einseitige logarithmische Transformation als Grundlage für die folgenden problemorientierten Testverfahren und Regressionsrechnungen.

Anschließend werden die ausgewerteten Daten in Form von Planzeitwerten und -funktionen in eine Planzeiten-Datenbanktabelle überführt. Dabei wird jedem Element ein eindeutiger alphanumerischer Code, ein Name mit Anfangs- und Endpunkten sowie die dazugehörigen statistischen Kenngrößen inklusive Inhaltsbeschreibung, Autor und Erstellungsdatum zugewiesen.

Die weitergehende Berechnung von Arbeitszeitbedarfswerten auf der Stufe Arbeitsverfahren wird mit dem integrierten Modellkalkulationssystem durchgeführt. Hierbei erfolgt die logische Verknüpfung von Arbeitselementen mit den darauf einwirkenden quantitativen und qualitativen Einflussgrößen. Sämtliche Einflussgrößen sind als Variablen eingesetzt und jederzeit innerhalb der oberen und unteren Schranken veränderbar. Bei davon abweichenden Eingaben erscheint automatisch eine Warnmeldung.

Das Kalkulationssystem 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. Sämtliche Daten stehen zur weiteren Verarbeitung in frei wählbaren Formaten zur Verfügung.

4 Vom Modellkalkulationssystem zum Arbeitsvoranschlag

Ausgehend vom Modellkalkulationssystem können Arbeits- und Produktionsverfahren erstellt werden. Ein Arbeitsverfahren ist hierbei ein in sich abgeschlossener Arbeitsablauf, der alle erforderlichen Arbeitsteilvorgänge bzw. Arbeitselemente und Einflussgrößen zur Erreichung des Arbeitszwecks umfasst. Im Gegensatz dazu besteht ein Produktionsverfahren aus einer möglichen und logischen Kombination verschiede-

ner Arbeitsverfahren zur Herstellung eines Produkts bzw. zur Haltung einer Produktionseinheit. Der gesamtbetriebliche Arbeitszeitbedarf wird durch die Kombinationen verschiedener Produktionsverfahren und unter Berücksichtigung einzelbetrieblicher Bedingungen sowie der verfügbaren Feldarbeitstage für die einzelnen Tätigkeiten berechnet (siehe Abb. 2).

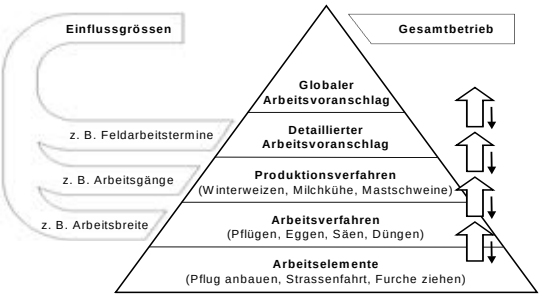


Abb. 2: Vorgehensweise zur Berechnung von Arbeitszeitbedarfswerten aus der logischen Verknüpfung von Arbeitselementen und Einflussgrößen

Fig. 2: Procedure for calculating working-time requirement data on the basis of the logical linking of work elements and influencing factors

Auf dieser Stufe können einerseits globale Arbeitszeitbedarfswerte für Produktion, Sonderarbeiten und Managementtätigkeiten dargestellt werden. Andererseits können – ausgehend von dieser Stufe – Detailanalysen bis zur Stufe Arbeitsverfahren erstellt werden.

Als Ergebnis steht ein erster globaler Arbeitsvoranschlag zur Verfügung. Dieser zeigt den Arbeitszeitbedarf für den Gesamtbetrieb in Abhängigkeit der ausgewählten Arbeits- und Produktionsverfahren sowie der eingestellten Einflussgrößen. Außerdem kann damit ebenfalls eine Aussage darüber getroffen werden, wie viele Arbeitskräfte für den Betrieb benötigt werden.

Ausgehend von dieser globalen Stufe kann dann auch ein Arbeitsaufriss erstellt werden (siehe Abb. 3). Damit kann die zeitliche Verteilung der auf dem Betrieb im

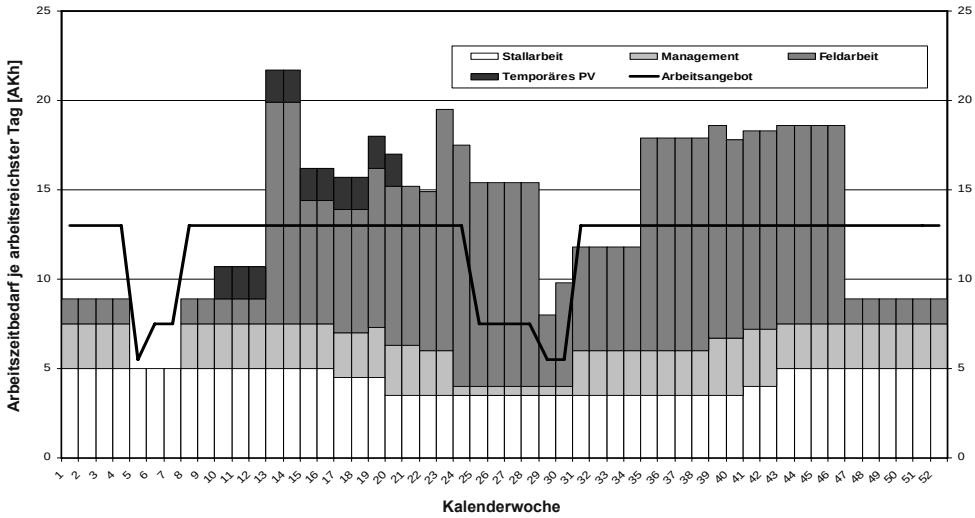


Abb. 3: Arbeitsaufriss mit wochenbasiertem Arbeitsangebot und Arbeitszeitbedarf (PV = Produktionsverfahren)

Fig. 3: Working-time graph showing labour supply and working-time requirements per week (PV = production procedures)

Jahresverlauf anfallenden Stall-, Management- und Feldarbeiten, als Diagramm über der Zeitachse dargestellt werden. Die hierzu benötigten verfügbaren Feldarbeitstage werden betriebsindividuell unter Berücksichtigung von Höhenlage, Klimaeignungszone, Niederschlagshäufigkeitszonen und deren Interaktionen berechnet. Die Darstellung des Arbeitsaufrisses basiert auf einem Wochenraster und ermöglicht somit eine Feinanalyse des Arbeitskräftepotenzials eines Landwirtschaftsbetriebes. So kann beispielsweise festgestellt werden, ob ein Arbeitskraftüberangebot bzw. ein Mangel an Arbeitskräften in bestimmten Zeiträumen besteht. Weiter kann das Planungsinstrument durch Simulationen aufzeigen, ob es sinnvoller ist, die Arbeitsorganisation zu verändern (z. B. optimierte Planung), leistungsfähigere verfahrenstechnische Hilfsmittel einzusetzen (z. B. größerer Melkstand), oder auch einzelne Arbeits- oder ganze Produktionsverfahren auszulagern (z. B. Lohnunternehmereinsatz).

5 Vom Arbeitsvoranschlag zum Planungsinstrument

Neben der Erstellung von Arbeitsvoranschlägen auf der einzelbetrieblichen Ebene können mit diesem System auch Betriebs- und Betriebszweigvergleiche erstellt werden (siehe Abb. 4).

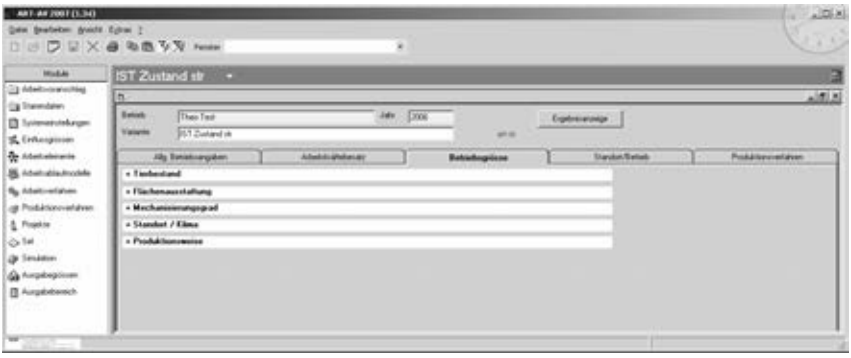


Abb. 4: Einzelbetriebliche Bedingungen als Grundlage für genaue Berechnungen in einem computergesteuerten Arbeitsvoranschlagssystem
Fig. 4: Single-farm conditions as a basis for exact calculations within a computer-controlled work-budget system

Damit kann ein beliebiges Arbeitsverfahren im Produktionsverfahren Milchviehhaltung hinsichtlich seiner Vor- und Nachteile analysiert und mit anderen Arbeitsverfahren verglichen werden (siehe Abb. 5).

So wird am Beispiel des Arbeitsverfahrens Melken ersichtlich, dass der Einsatz von größeren Melkstandtypen nur bei angepassten Bestandesgrößen von Vorteil ist, da ansonsten der Rüstzeitenanteil zu grossen Einfluss auf den Arbeitzeitbedarf für die Melkarbeiten hat. Weiterhin verdeutlicht Abbildung 5 dass der Einsatz von großen Rotationsmelkständen bei sehr großen Beständen arbeitswirtschaftlich allen Gruppenmelkständen deutlich überlegen ist.

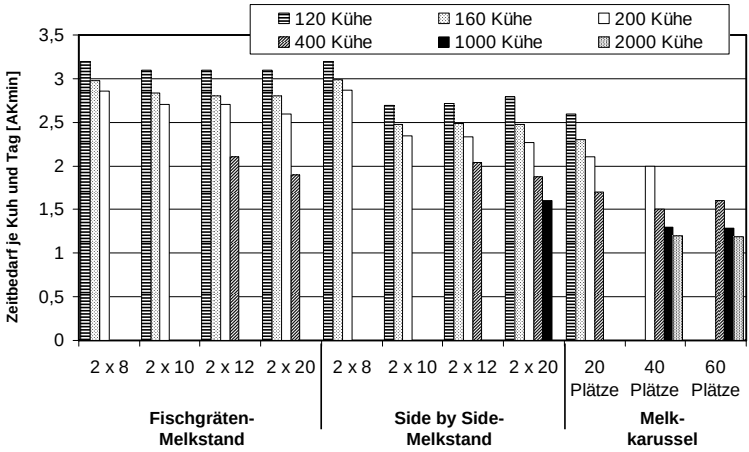


Abb. 5: Arbeitszeitbedarf für verschiedene Melkverfahren auf der Stufe Arbeitsverfahren
Fig. 5: Working-time requirements for different milking methods at working-procedure level

Durch gezielte Auswahl der verfügbaren Einflussgrößen können auch Vergleiche auf der sektoralen Ebene bzw. international erfolgen. Für die Bedienung und die Erstellung eigener Produktionsverfahren sind allenfalls verfahrenstechnische Kenntnisse notwendig. Weitergehendes arbeitswissenschaftliches Fachwissen ist auf dieser Stufe dagegen nicht erforderlich.

Den Benutzern (Landwirte, Berater, Forscher) ermöglicht die Erstellung von Arbeitsvoranschlägen eine schnelle Analyse der vorhandenen einzelbetrieblichen Bedingungen und das rasche Abschätzen eines arbeitswirtschaftlichen Optimierungspotenzials. Für die betriebliche Arbeitsorganisation bedeutet dies, das ein Verbesserungspotenzial durch das ständige Hinterfragen der einzelnen Arbeitsverfahren aufgedeckt wird.

Für die einzelbetriebliche Arbeitsplanung ermöglicht der computergesteuerte Arbeitsvoranschlag die sinnvolle Zusammenordnung von Arbeitskräften, Arbeitsmitteln und Werkstoffen und damit die reibungsarme und wirkungsvolle Durchführung von betrieblichen Aufgaben.

Im Rahmen einer optimierten Zeitplanung auf dem Landwirtschaftsbetrieb erfolgt – ausgehend von der Arbeitsplanung – die sinnvolle Zuteilung der verfügbaren Arbeitszeit aller Mitarbeitenden auf die verschiedenen Aufgabenblöcke.

Literatur

Brundke, M. (1977): Stand des Arbeitsvoranschlages aus Sicht der Forschungsergebnisse. Landtechnik 1 S. 30–32

Fricke, W. (2004): Statistik in der Arbeitsorganisation. REFA-Fachbuchreihe Unternehmensentwicklung. 1. Auflage, Verlag Hanser

Näf, E. (1996): Der neue FAT-Arbeitsvoranschlag. FAT-Berichte Nr. 489, FA-Tänikon

Schick, M. (2000): Modellierung von Zeitbedarf und Massenfluss am Beispiel verschiedener Melkverfahren. 12. Arbeitswissenschaftliches Seminar Weihenstephan, Tagungsband, Landtechnik-Schrift Nr. 11, S. 61–68

Planungsinstrument zur betriebsindividuellen und tierartspezifischen Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs für Produktionsführungs- und Sonderarbeiten

Planning tool for an Individual and Species Specific Calculation of the Working Time Requirements for Farm Management

CHRISTOPH MORIZ

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Schlüsselwörter: Arbeitszeitbedarf, Betriebsführung, Modellkalkulation
Keywords: working time requirement, farm management, model calculation

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 für die arbeitswirtschaftliche Planung Datenmaterial nur in geringem Umfang zur Verfügung, sodass für Planungszwecke zu treffende Aussagen schwierig zu formulieren sind.

Ausgehend von einer Systematik für die gesamte Betriebsführung sollen für alle entsprechenden Tätigkeiten mit Hilfe eines neuen methodischen Ansatzes Planzeitelemente und Einflussgrößen ermittelt werden. Dabei wird zwischen der Erfassung von Einflussgrößen einerseits und der Ermittlung von Planzeitelementen andererseits unterschieden. Die so gewonnene Datengrundlage bildet die Basis für die Berechnung der Arbeitszeit für die Betriebsführung mit Hilfe von Modellen, in denen die Einflussgrößen und die Planzeitelemente logisch miteinander verknüpft werden.

Summary

Farm management work is becoming increasingly important in agriculture. In contrast to production-related activities, only a limited amount of data material is available on labour management, which makes it difficult to formulate appropriate statements for planning purposes.

Data on the corresponding work elements and influencing factors are recorded according to the systematic classification of farm management as a whole, using a new methodical approach. Separation is maintained between elements and influencing factors during the course of data collection. Work elements and influencing factors can then be logically connected to one another in the mathematical model. The working-time requirement can thus be calculated for the individual working areas as well as for farm management as a whole.

1 Problemstellung

Der Arbeitszeitbedarf für die Produktionsführung hat in der Landwirtschaft erheblich an Bedeutung gewonnen. Im Gegensatz zu den direkt produktionsbezogenen Arbeiten (z.B. Melken und Füttern) stehen für die oben genannten Tätigkeiten keine arbeitswirtschaftlichen Planungsgrundlagen zur Verfügung. Vorliegendes Datenmaterial wurde weitgehend empirisch und gesamtbetrieblich erfasst, sodass eine Übertragbarkeit auf andere, nicht der Untersuchungsgruppe zugehörigen Betriebe nicht möglich ist.

2 Zielsetzung

Ausgehend von dem Produktionsverfahren Milchviehhaltung war es Ziel der Arbeit ein Kalkulationssystem zu entwickeln, auf dessen Grundlage durch die betriebsindividuelle Eingabe von Einflussgrößen der Arbeitszeitbedarf für die thematisierten Arbeiten betriebsspezifisch berechnet werden kann. Durch einen systematischen und modularen Aufbau erhebt das Kalkulationsmodell den Anspruch, auf unterschiedliche Produktionsverfahren übertragbar zu sein.

3 Material und Methode

Grundlage für die gesamte Arbeit bildet eine systematische Gliederung aller Tätigkeiten im Rahmen der Produktionsführungs- und Sonderarbeiten. Durch eine entsprechende Codierung der unterschiedlichen Aufgaben kann eine dynamisch angelegte Systematik an andere Produktionsverfahren angepasst werden. Die Systematik gewährleistet damit die Forderungen nach Übertragbarkeit und dem Optimum an Zuteilbarkeit einzelner Arbeiten.

3.1 Arbeitselemente

Die Datenerfassung erfolgte getrennt nach Arbeitselementen und Einflussgrößen. Die Arbeitselemente wurden innerhalb von Arbeitsversuchen ermittelt, für die vier Personen zur Verfügung standen. Somit konnten sowohl unterschiedliche Alters- als auch Ausbildungsstufen abgebildet werden. Die Arbeitsversuche wurden in mehreren Wiederholungen durchgeführt, die Rohdaten statistisch ausgewertet und in einer Datenbank abgelegt (Abb. 1). Für die Milchviehhaltung stehen in der Datenbank 125 Arbeitselemente und -teilvorgänge zur Verfügung. Durch den systematischen und modellorientierten Ansatz ist es nun möglich, einen Großteil der Elemente auch für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die Produktionsführung anderer Verfahren zu nutzen, ohne erneut eine aufwändige Datenerfassung durchführen zu müssen. Von den für die Milchviehhaltung ermittelten 125 Elementen und Teilvorgängen können über 100 auch für andere Produktionsverfahren verwendet werden. Fehlende Elemente können mit geringem Aufwand ergänzt werden.

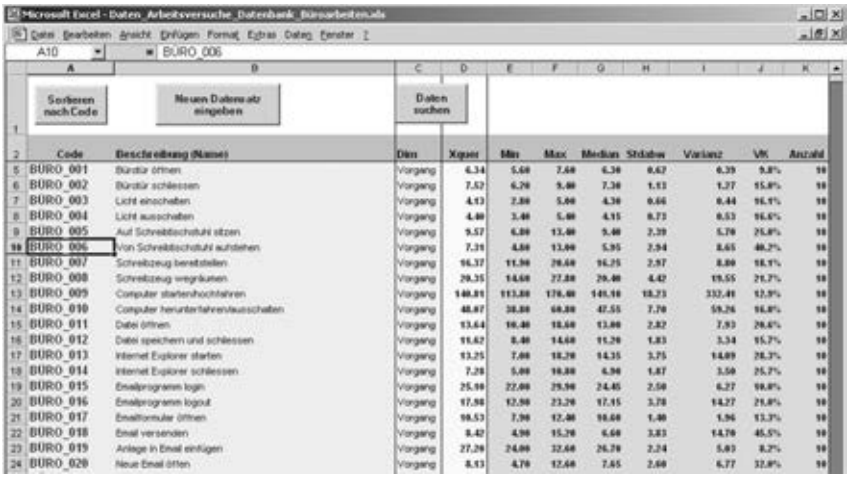


Abb. 1: Auszug aus der Arbeitselementdatenbank
Fig. 1: Extract from the work element database

3.2 Einflussgrößen

Die Erhebung der Einflussgrößen erfolgte empirisch auf insgesamt 71 Milchviehbetrieben in der Schweiz und in Baden-Württemberg.

Die Entscheidung zu Gunsten eines persönlichen Interviews berücksichtigt in erster Linie die Komplexität der Produktionsführungsarbeiten in landwirtschaftlichen Betrieben. Hierzu war im Vorfeld der Befragung ein Fragebogen im Sinne eines Gesprächsleitfadens zu erstellen. Die Ablage der Einflussgrößen erfolgte ebenfalls in einer Datenbank (Abb. 2). Für die Erfassung von Einflussgrößen weiterer Produktionsverfahren kann der Fragebogen entsprechend angepasst werden. Der Zeitbedarf für das Interview variiert in

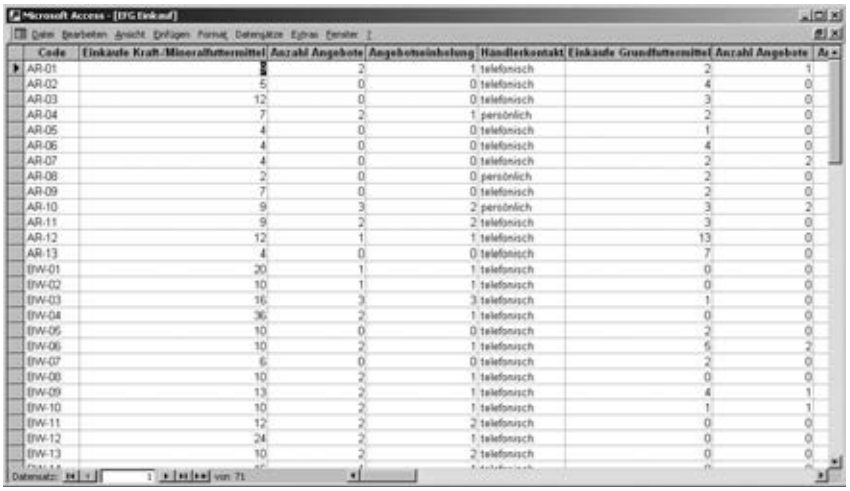


Abb. 2: Auszug aus der Einflussgrößendatenbank
Fig. 2: Extract from the influencing factors database

Abhängigkeit mehrerer Faktoren zwischen einer und zwei Stunden. Soll der Arbeitszeitbedarf für die Führung eines weiteren Produktionsverfahren berechnet werden, ist die Durchführung des Interviews auf ca. 20 bis 30 Betrieben ausreichend.

3.3 Kalkulationsmodell

Die logische Verknüpfung der in den Datenbanken abgelegten allgemeingültigen Arbeitselemente und betriebsspezifischen Arbeitselemente erfolgt in einem modular aufgebauten Kalkulationssystem (Abb. 3). Der Aufbau dieses Planungsinstruments entspricht der grundlegenden systematischen Gliederung. Eine maximale Übertragbarkeit auf andere Produktionsverfahren (z. B. Schweinemast) ist hierdurch sichergestellt, ohne die dazu erforderlichen Arbeitselemente neu erheben zu müssen.

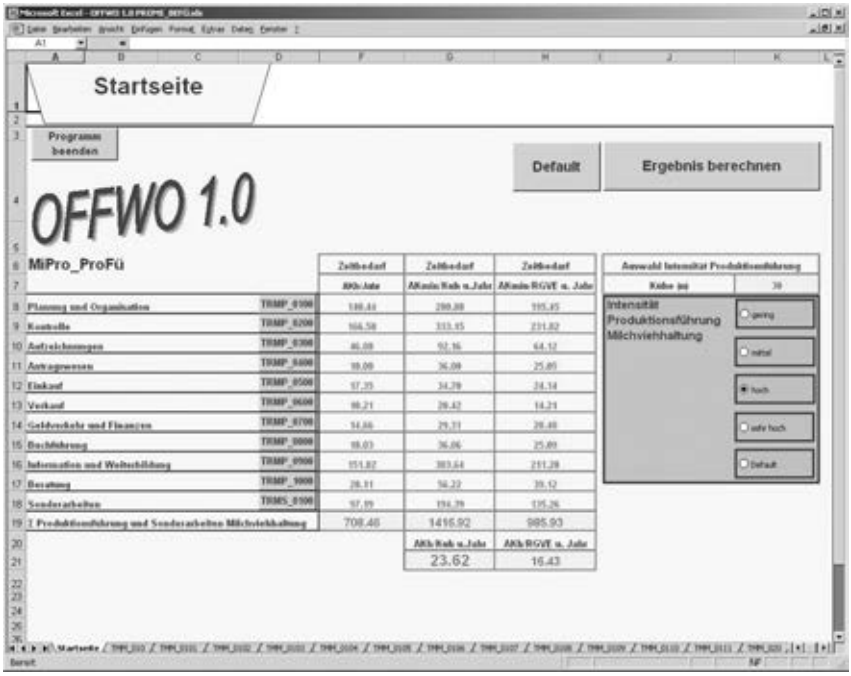


Abb. 3: Kalkulationsmodell Milchviehhaltung
Fig. 3: Calculation module dairy farming

Für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die Produktionsführungs- und Sonderarbeiten in der Milchviehhaltung stehen die Module: Planung und Organisation, Kontrolle, Aufzeichnungen, Antragswesen, Einkauf, Verkauf, Geldverkehr und Finanzen, Buchführung, Information und Weiterbildung, Beratung und Sonderarbeiten zur Verfügung. Jedes dieser Hauptmodule beinhaltet unterschiedlich viele Untermodule. Für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die Produktionsführungs- und Sonderarbeiten in der Milchviehhaltung waren insgesamt 84 Untermodule erforderlich. Von diesen 84 Kalkulationsmodulen können über 50 Module direkt auf andere Verfahren ange-

wendet werden. Etwa zehn weitere Module können mit geringfügigen Veränderungen leicht angepasst werden. Lediglich in den Kategorien „Planung und Organisation“ und „Kontrolle“ sind in Abhängigkeit des gewählten Produktionsverfahrens neue Module zu erstellen.

4 Arbeitszeitbedarf Produktionsführung Milchviehhaltung

Am Beispiel der Milchviehhaltung wurde der Arbeitszeitbedarf für die Produktionsführung kalkuliert. Die Berechnung erfolgte zunächst einzeln für jede anfallende Tätigkeit (z. B. Rationsberechung), anschließend für unterschiedliche Aufgabengruppen (z. B. Planung und Organisation) und schließlich für die gesamte Produktionsführung.

Hinsichtlich des Ar-beitszeitbedarfs für die verschiedenen Arbeiten kristallisieren sich in Abhängigkeit der Bestandesgröße drei typische Verläufe heraus. Während sich für einen Teil der Aufgaben sehr starke Degressionseffekte zeigen (z. B. Einkauf Futtermittel) lassen andere Tätigkeiten auch bei größeren Herden nur ein geringes Reduktionspotenzial erwarten (z. B. Zucht- und Bestandsplanung). Für Aufgaben wie Betriebsbesprechungen oder die Arbeitsplanung muss bei großen Beständen sogar eine Zunahme des Arbeitszeitbedarfs je Kuh und Jahr einkalkuliert werden.

In Abhängigkeit von der Bestandesgröße müssen für die Betriebsführung insgesamt zwischen 8.3 AKh und 37.6 AKh je Kuh und Jahr aufgewendet werden (Abb. 4). Wie bereits von den direkt produktionsbezogenen Arbeiten (z. B. Melken, Füttern) bekannt, sind die Größeneffekte bis zu einer Herdengröße von 60 Kühen besonders stark ausgeprägt.

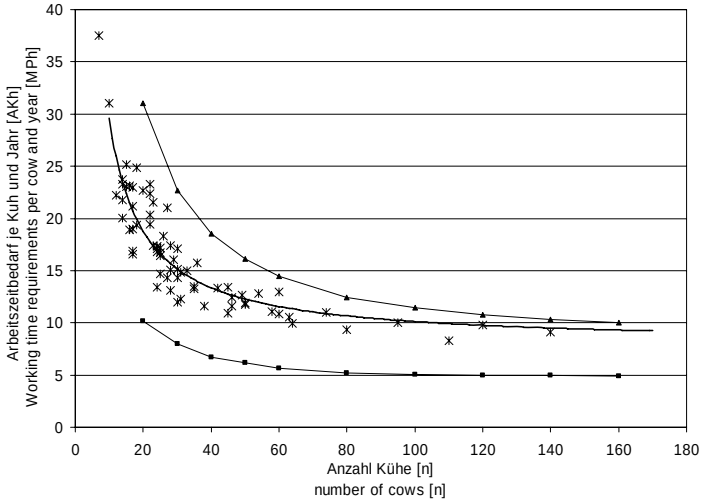


Abb. 4: Arbeitszeitbedarf für die Produktionsführung in der Milchviehhaltung
Fig. 4: Working time requirements for farm management in dairy farming

5 Schlussfolgerungen

Am Beispiel der Milchviehhaltung konnte der Arbeitszeitbedarf für Produktionsführungs- und Sonderarbeiten erstmalig modellorientiert berechnet werden. Die Eingabe betriebsindividueller Einflussgrößen in das Kalkulationsmodell ermöglicht jedem Milchviehhalter den Arbeitszeitbedarf betriebsspezifisch 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.

Der systematische und modellorientierte Ansatz eröffnet darüber hinaus die Möglichkeit, den Arbeitszeitbedarf für die Führung anderer Produktionsverfahren mit verhältnismäßig geringem Aufwand kalkulieren zu können. Hierzu kann sowohl ein Großteil der zur Verfügung stehenden Arbeitselemente und -teilvorgänge als auch die Mehrzahl der erstellten Berechnungsmodelle verwendet werden. Lediglich die betriebsindividuell zu berücksichtigenden Einflussgrößen müssen neu erhoben werden.

Literatur

Moriz, C. (2005a): Betriebsmanagement in der Landwirtschaft – Systematisierung und Ansatz für die Arbeitszeitermittlung. In: 7. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, S. 223-228, Braunschweig, März 2005

Moriz, C. (2005b): 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, pp. 44-51, Stuttgart-Hohenheim, September 2005

Moriz, C. (2007): Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Landwirtschaft – Ein kausal-empirischer Ansatz für die Arbeitszeitermittlung in der Milchproduktion. Dissertation Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Analyse der Arbeitsorganisation sowie Melkproduktivität in Melkkarussellen

Analysis of Labor Efficiency and Milking Productivity in Rotary Parlors

DANIEL HERD[1], HERMANN SEUFERT[2], ANN-KATRIN GERWERS[2], SABRINA KERN[2], VERA KRÜGER[2]

[1] Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart

[2] Universität Gießen, Institut für Landtechnik, Senkenbergstr. 3, D-35390 Gießen

Schlüsselwörter: Melken, Melkroutine, Melkproduktivität, Melkkarussell
Keywords: milking, milking routine, milking productivity, rotary parlor

Zusammenfassung

In dieser arbeitswissenschaftlichen Untersuchung wurde die Leistung zweier 28er Melkkarusselle analysiert und verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass Melkproduktivität als alleinige Kenngröße zur Bewertung nicht ausreicht. Sollen Schwachstellen identifiziert und ermittelt werden, müssen weitere Kennzahlen, wie eingestellte und durchschnittliche Taktzeit, Auslastung und Umdrehungen/h sowie technische Einflüsse berücksichtigt werden.

Darüber hinaus hat die Analyse der Melkroutine gezeigt, dass in einem 28er Melkkarussell das Dippen in die Melkroutine, auch wenn nur eine Person anwesend ist, integriert werden kann, wenn die Technik optimal eingestellt und an Mensch und Tier angepasst ist.

Diese Ergebnisse zeigen, wie der Melkprozess nachhaltig, hinsichtlich Qualität und Quantität, zu verbessern ist.

Summary

In this working study, two dairies with a 28 rotary parlor are analysed and compared. The results show that milking productivity as a key figure is not enough to evaluate milking process. In order to improve milking procedures and compare individual farms in detail, more criteria like average entrance time, rotary parlor performance and turns per hour have to be calculated and technical influences have to be considered.

The analysis showed also that it is possible to dip cows in a 28 rotary parlor, even with one milker, performing all routine tasks. It is important that the equipment is intensively used and adapted to animals and persons.

These results give helpful information to improve milking process, regarding quality and quantity.

1 Einleitung und Zielsetzung

Das Melken beansprucht in konventionell wirtschaftenden Milchviehbetrieben ca. 50 % der gesamten Arbeitszeit (KTBL 2004). Um hier effizienter zu werden, investieren viele Betriebe hohe Summen in moderne Melktechnik, Gebäude und Vorwartehof.

Das Ziel dieser Untersuchung ist es, zwei Melkkarusselle anhand der Melkroutine, der einzelnen Verfahrensschritte, der Technik und verschiedenen Kennziffern zu analysieren und daraus Rückschlüsse für eine Produktivitätssteigerung zu ziehen.

2 Material und Methode

In dieser Studie wurde das Melkverfahren in zwei Milchviehbetrieben mit einem 28er Melkkarussell verglichen. Die bauliche und technische Ausstattung war vergleichbar. In Tabelle 1 sind die wesentlichen Kennzahlen dargestellt.

Tab. 1: Übersicht der analysierten Betriebe
Tab. 1: Analysed dairies

Eigenschaften	Betrieb 1	Betrieb 2
Anzahl Kühe	373	180
Durchschnittliche Jahresmilchleistung	8 808 kg/(Kuh · a)	9 470 kg/(Kuh · a)
Zellzahlen pro ml	200 000	250 000
Durchschnittliche Anzahl Melkpersonen	1,31	1,20
Melkroutine	Einzeltiermelkroutine	Gruppenmelkroutine
Dippen	Nein	Ja (mit Dippbecher)

Die Arbeitszeitmessungen wurden im Betrieb 1 im Mai 2005 an fünf Melkzeiten und im Betrieb 2 im Juni 2005 an drei Melkzeiten mit einer Stoppuhr durchgeführt. Die ermittelten Daten wurden notiert, in Excel übertragen und damit ausgewertet.

3 Ergebnisse

Im Versuch wurden verschiedene Kennzahlen (siehe Tab. 2), wie z. B. Melk- und Arbeitsproduktivität in den beiden Betrieben verglichen. Trotz ähnlicher Bedingungen unterschieden sich die Arbeitsproduktivität oder Auslastung, im Gegensatz zur Melkproduktivität, wesentlich. Die Ursachen für diese Unterschiede werden in den folgenden Ausführungen erläutert.

Tab. 2: Kennzahlen der Betriebe
Tab. 2: Key figures of the dairies

Kennzahlen	Einheiten	Betrieb 1	Betrieb 2
Melkproduktivität	Kühe/h	104	109
Arbeitsproduktivität	Kühe/APh	79	91
Eingestellte Taktzeit[1)]	Sekunden/Kuh	20	24
Durchschnittliche Taktzeit[2)]	Sekunden/Kuh	32	29
Auslastung	v. H.	61 %	82 %

[1)] Die eingestellte Taktzeit wurde gemessen und gibt einen Durchschnittswert der von Hand eingestellten Taktzeit wieder (ohne Stopps).
[2)] Die durchschnittliche Taktzeit berechnet sich aus dem Quotient von Melkdauer und Anzahl gemolkener Kühe (inkl. Stopps und anderen Störungen).

4 Melkroutine

In der folgenden Abbildung 1 werden zunächst die Arbeitsabläufe im Melkkarussell verdeutlicht.

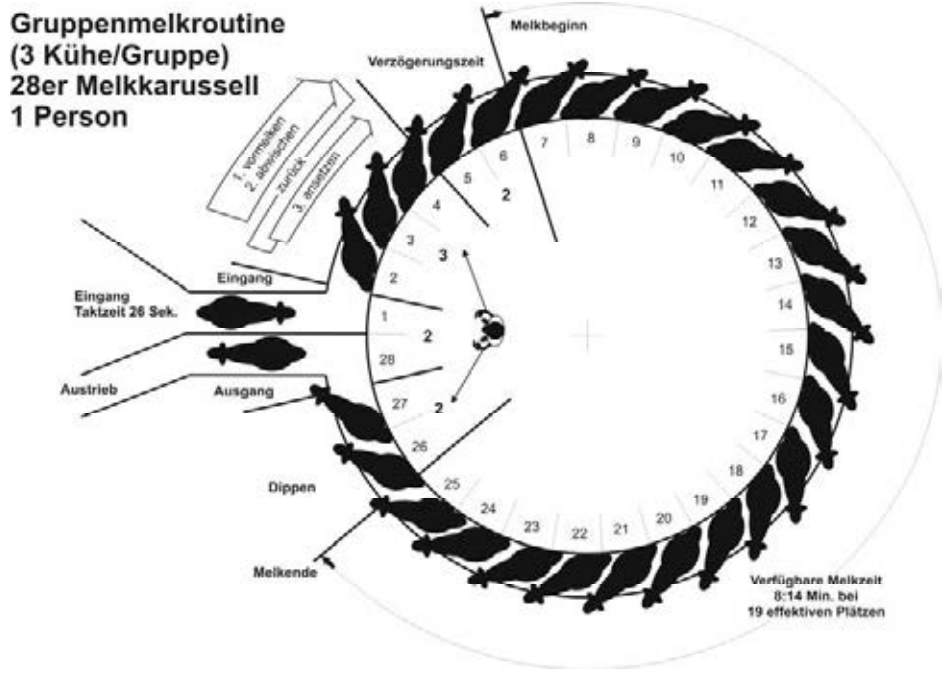


Abb. 1: Darstellung einer Melkroutine in einem 28er Melkkarussell
Fig. 1: Milking routine in a 28 stall rotary parlor

Es wird eine Gruppenmelkroutine angewendet, bei der jeweils drei Kühe vorgemolken sowie abgewischt und erst anschließend mit ca. 30 Sekunden automatischer Stimulation die Melkzeuge angesetzt werden.

Der Melkbeginn und das Melkende bestimmen die verfügbare Melkzeit.

Pro Runde existieren eine bestimmte Anzahl nicht genutzter Plätze. Werden diese (Dippen: 2 Plätze, Eingang/Ausgang: 2 Plätze, Vormelken/Abwischen/Ansetzen: 3 Plätze, Zeitverzögerung zum Melkstart: 2 Plätze) von den Gesamtmelkplätzen (28 Plätze) abgezogen, stehen ca. 19 effektive Melkplätze zur Verfügung.

Diese effektiven Melkplätze bestimmen zusammen mit der eingestellten Taktzeit die verfügbare Melkzeit der einzelnen Kuh (siehe Tab. 3).

Die Einzeltiermelkroutine von Betrieb 1 ist nicht dargestellt. Die Kühe wurden bei dieser vorgemolken, abgewischt und das Melkzeug direkt im Anschluss mit einer automatischen Stimulation von 50 Sekunden angesetzt. Die Art der Melkroutine hatte keinen Einfluss auf die Produktivität, da die Dauer der Arbeitsschritte vergleichbar war.

5 Taktzeit

Die eingestellte Taktzeit beschreibt die Dauer, in der eine Kuh den Melkstand betreten kann. Werden Karussellstopps, leere Plätze und weitere Störungen mit einbezogen, erhält man die durchschnittliche Taktzeit. Die eingestellte Taktzeit (siehe Tab. 3) bestimmt die verfügbare Melkzeit.

Werden die Taktzeiten der beiden Betriebe verglichen, so ist festzustellen, dass Betrieb 1 mit der eingestellten Taktzeit von 20 Sekunden nur eine verfügbare Melkzeit von 6:20 Minuten zur Verfügung stellt. Die durchschnittliche Taktzeit liegt aber bei 32 Sekunden und damit weit oberhalb der eingestellten Taktzeit. Die verfügbare Melkzeit liegt hier bei über 10 Minuten. Das Karussell muss deshalb oft anhalten und der kontinuierliche Melkprozess wird unterbrochen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit und damit auch die verfügbare Melkzeit wurde nicht herdenangepasst eingestellt, sodass die Melkbarkeit der Kühe ein begrenzender Faktor im Verfahren darstellte.

Tab. 3: Taktzeit und verfügbare Melkzeit
Tab. 2: Entrance time and used milking time

Eingestellte Taktzeit Sekunden/Platz	Umlaufzeit Minuten/Umlauf mm:ss	Umdrehungen pro Stunde 1/h	Verfügbare Melkzeit (effektive Melkplätze: ca. 19) Minuten/Umlauf mm:ss
20	9:20	6,43	6:20
24	11:12	5,36	7:36
29	13:32	4,43	9:11
32	14:56	4,02	10:08

In Betrieb 2 liegt die eingestellte Taktzeit bei 24 Sekunden. Den Kühen stehen 7:36 Minuten (Tab. 3) zum Melkvorgang zur Verfügung. Die durchschnittliche Taktzeit liegt im Betrieb 2 bei 29 Sekunden und damit nur 5 Sekunden über der eingestellten Taktzeit.

Dies zeigt, dass im Betrieb 2 die Umdrehungsgeschwindigkeit besser an die Melkbarkeit der Kühe angepasst ist und es somit zu weniger Störungen kommt. Im Betrieb 1 ist das Karussel viel zu schnell eingestellt, was zu häufigen Stopps und ungleichmäßigen Melkablauf führt.

6 Melkkarussellauslastung

Die Auslastung verdeutlicht, wie effektiv der Melkablauf abläuft und berechnet sich aus dem Quotient aus eingestellter und durchschnittlicher Taktzeit. Störungen beeinflussen sie negativ. SMITH et al. (2003) gibt an, dass die typische Auslastung bei Melkkarussellen zwischen 60 % und 80 % liegt.

Bei einer Auslastung von 100 % dürfte das Karussell niemals anhalten, es dürften keine freien Plätze vorhanden und jede Kuh muss in einem Durchgang ausgemolken sein.

Je schlechter die Auslastung bei einer eingestellten Taktzeit ist, desto mehr Störungen durch Stopps oder leere Plätze sind vorhanden.

Im Betriebsvergleich unterscheidet sich die Auslastung erheblich, obwohl die Melkproduktivität kaum abweicht, mit 61 % im Betrieb 1 bei ca. 104 Kühe/h und 82 % im Betrieb 2 bei 109 Kühe/h. Hier ist deutlich zu erkennen, obwohl die Produktivität in den Betrieben ähnlich ist, dass das Melken in Betrieb 2 sehr viel gleichmäßiger und ruhiger abläuft. Um die Produktivität zu steigern, sollte Betrieb 1 die Auslastung erhöhen. Dies kann erreicht werden, indem er die Kühe auf Melkbarkeit selektiert, den Ein- und Austrieb optimiert oder den Abnahmeschwellenwert erhöht.

7 Dippen als Teil der Melkroutine

Das Dippen als Teil einer Melkroutine ist in vielen Betrieben ein wichtiger Bestandteil zur Sicherung der hygienischen Bedingungen. In Melkkarussellen die mit nur einer Person betrieben werden, wird angeführt, dass der Arbeitsplatzwechsel vom Ansetzbereich zum Ausgang- bzw. Dippbereich nur begrenzt durchgeführt werden kann. Das Dippen von Hand wird also nicht durchgeführt.

Betrieb 2 zeigt hingegen, dass bei einer eingestellten Taktzeit von 24 Sekunden es möglich ist, neben den Arbeitsschritten wie Vormelken und Ansetzen auch zu dippen. Eine hohe Konzentration und ein gleichmäßiger Melkablauf mit möglichst wenig Stopps ist dabei Voraussetzung.

In Tabelle 4 wird der Zeitbedarf für den Arbeitsvorgang Dippen im Melkkarussell näher beschreiben.

So werden im Betrieb 2 durchschnittlich 3,74 Sekunden benötigt, um die Wegstrecke vom Arbeitsplatz Ansetzen zum Arbeitsplatz Dippen zurückzulegen. Zum Dippen der einzelnen Kuh wurden 1,74 Sekunden mit einer Sprühflasche verwendet.

Nach dem Dippen der Kühe wurde die Dippflasche an dem Platz abgestellt, an dem die nächste Kuh zu dippen ist. Nähert sich diese Kuh mit der Dippflasche als Zeiger dem Ausgang, so verlässt der Melker den Arbeitsplatz beim Ansetzen, um die Kühe zu dippen.

Für den etwas längeren Weg zurück an den Arbeitsplatz Melken wurden 8,01 Sekunden benötigt. Durchschnittlich wurden 3,80 Sekunden pro Kuh inkl. Wegzeiten für das Dippen verwendet.

Dies zeigt, dass auch bei hohen Melkleistungen in einem großen Melkkarussell gedippt werden kann.

Tab. 4: Zeitbedarf zum Dippen in Betrieb 2
Tab. 4: Time to dip cows in dairy 2

Weg hin (Arbeitsbereich ansetzen → dippen)	3,74 s
Dippen/Kuh	1,74 s
Weg zurück (Arbeitsbereich dippen → ansetzen)	8,01 s
Dippen/Kuh inkl. Wegzeiten	3,80 s

8 Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass die Melkproduktivität als einzige Kenngröße zur Analyse von Melkkarussellen nicht ausreicht. Sollen Schwachstellen analysiert werden, müssen weitere Kennzahlen, wie eingestellte und durchschnittliche Taktzeit sowie Auslastung und Umdrehungen/h, ermittelt werden. Liegen eingestellte und durchschnittliche Taktzeit weit auseinander und ist die Auslastung nicht befriedigend, kann die Produktivität erhöht werden, indem auf Melkbarkeit selektiert, der Ein- bzw. Austrieb verbessert oder der Abnahmeschwellenwert erhöht wird. Die Umdrehungsgeschwindigkeit sollte an die Melkbarkeit der Herde angepasst werden. Die Art der Melkroutine hatte keinen Einfluss auf die Produktivität, da die Dauer der Verfahrensschritte vergleichbar war.

Darüber hinaus hat die Analyse der Melkroutine ergeben, dass in einem 28er-Melkkarussell das Dippen in die Melkroutine, auch wenn nur eine Person anwesend ist, integriert werden kann. Das zusätzliche Dippen erfordert mehr Aufmerksamkeit sowie Konzentration und reduziert die Produktivität nicht, wenn die Melkroutine angepasst ist. Eine gute Betriebsorganisation und eine disziplinierte Einhaltung der Arbeitsroutinen sind Voraussetzung für eine hohe Produktivität und Qualität.

Literatur

KTBL (2004): Betriebsplanung 2004/05 – Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft, Darmstadt

Smith, J.F.; Harner III, J.P.; Armstrong, D.V.; Fuhrmann, T.; Gamroth, M.; Brouk, M.J.; Reid, D.A.; Bray, D. (2003): Selecting and Managing Your Milking Facility. In: Proceedings of the 6th Western Dairy Management Conference, March 12–14, 2003, Reno, NV

Arbeitszeitbedarfsunterschiede von verschiedenen Abferkelbuchten

Labour Time Requirement Differences of Various Housing Systems

ELISABETH QUENDLER[1], ROSEMARIE MARTETSCHLÄGER[1], JOHANNES BAUMGARTNER[2], JOSEF BOXBERGER[1], MATTHIAS SCHICK[3]

[1] Universität für Bodenkultur, Peter Jordan Str. 82, A-1190 Wien

[2] Universität für Veterinärmedizin, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

[3] Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Schlüsselwörter: Abferkelbuchttypen, Arbeitszeitbedarf, Arbeitselemente
Keywords: housing systems, sow, baby piglet production, work requirements

Zusammenfassung

Die am österreichischen Markt angebotenen Buchttypen, die in einem Versuchsbetrieb unter einheitlichen Umwelt- und Managementbedingungen betrieben werden, unterscheiden sich in der Größe und der Ausgestaltung der Buchten. Diese Unterschiede in der Ausführung und ihre Effekte auf den Arbeitszeitbedarf der Routine-, Sonder- und Kontrollarbeiten können durch Erfassen der Zeitansprüche von Arbeitsabläufen auf Arbeitselementbasis erfasst werden. Ein Erfassen dieser ist von einem Zeitnehmer elektronisch mit einem Pocket-PC und einer Zeitmesssoftware und bei den flexiblen Tätigkeitsabläufen im Buchtumfeld, die schwierig mit einem Zeitnehmer koordinierbar sind, mit Hilfe der digitalen Videotechnik möglich. Die buchtspezifischen Differenzen in den Arbeitszeitansprüchen sind auf Unterschiede in der Buchtfläche, Buchtwandhöhe, im Buchttürschließmechanismus, in der Trogausführung und Position, in der Kastenstandausführung sowie dessen Schließmechanismus und der Ferkelnestausführung sowie Positionierung begründet.

Summary

Under uniform environment and management conditions there were investigated eight different housing systems of the Austrian market, three without the fixation and five with the fixation of the sow, which are different in the size and design. The effects of these differences on work process related time requirements can be objectively determined by measuring of time requirements on the work element basis. Acquisition of this work element data is for a time keeper with a pocket PC and a time measuring software, for very flexible work processes with the help of the digital video technique possible.
For stall or crate type related differences in time requirements are responsible the differences in area, door opening and closing devices as well as wall, feeder, crate and piglet nest design.

1 Problemstellung

Der österreichische Markt bietet verschiedene Abferkelbuchttypen an, die einerseits die Beweglichkeit der Zuchtsau unterschiedlich stark beschränken und deren unterschiedliche Ausgestaltung auch für Differenzen in den Arbeitsansprüchen verantwortlich ist.

Für ein effizientes und objektives Erfassen der Arbeitzeit nach der Arbeitszeitelementmethode ist eine Messtechnik zu wählen, die ein kontinuierliches Messen von wenigen Zentiminuten und eine praktikable Auswertung erlaubt. Die arbeitswirtschaftlichen Aspekte, die durch haltungssystembedingte Unterschiede ausgelöst werden, konnten im Forschungs- und Bildungsstall für Schweinehaltung Gießhübl GmbH, im Rahmen eines vom österreichischen Lebensministerium geförderten Projekt, untersucht werden. Die Stallanlage ist mit elf Abferkelbuchtreihen und insgesamt 109 Abferkelplätzen für bis zu 600 Zuchtsauen ausgestattet. Acht verschiedene Abferkelbuchttypen dieser Einheit, fünf Kastenstandbuchten (Stallmax-, Stewa-, Big Dutchman-, Hörmann- und Liftbucht) mit fixierter Sau und drei Buchten mit freibeweglicher Sau (FAT-, Jyden-, Ikadanbuchten), die so genannten freien Buchten, bilden den Gegenstand dieser arbeitswirtschaftlichen Untersuchung (Baumgartner et al. 2006). Die Arbeitsorganisation, die Klimatisierung und das Geburtsmanagement sind im Betrieb auf das einstreulose Halten von Zuchtsauen in Abferkelbuchten mit Kastenständen ausgerichtet.

Die untersuchten Buchttypen unterscheiden sich in der Buchtgröße, -form, -fläche und in der Ausführung der Kastenstände, Tröge, Ferkelnester, Böden, Wände und Türen sowie im hierfür gewählten Material. Die material- und konstruktionsbedingten Unterschiede zwischen den Buchttypen üben auf die Arbeitsabläufe einen beschleunigenden oder verlangsamenden Einfluss aus.

Zur Bestimmung der buchttypischen Unterschiede im Arbeitszeitbedarf aufgrund der Ausgestaltungsunterschiede muss die Gesamtarbeit in kleine messbare Abschnitte, Teilvorgänge und Arbeitselemente, wie es Auernhammer (1976) für Zeitstudien vorgibt, untergliedert werden. Zur Erfassung möglichst kleiner Zeiteinheiten, von wenigen Centiminuten, eignen sich digitale Geräte.

2 Ergebnisse und Diskussion

Bei den untersuchten acht Buchttypen sind Ursachen für die unterschiedlichen elementbezogenen Zeitansprüche der buchttypspezifischen Gesamtarbeit, die sich aus Routine-, Sonder- und Kontrollarbeiten zusammensetzt, die verschiedene Ausgestaltung dieser. Kontrollarbeiten werden separat, wie dies bereits Haidn (1992) durchführte, ausgewiesen.

Die Differenzen in den Arbeitszeitansprüchen wurden für die betriebliche Ist-Situation bestimmt und berechnet sowie auf Signifikanz geprüft. Die signifikanten Unterschiede sind in der Tabelle 1 über die Codierung mit Großbuchstaben ausgewiesen. Ein Vergleich dieser mit Daten aus der Literatur ist nur sehr lückenhaft möglich.

Tab. 1: Buchttypbedingte Zeitdifferenzen für zyklische Arbeitselemente
Tab. 1: Time differences for cyclic work elements related to housing systems

Arbeits-elemente	Zeitbedarf (in cmin) nach Buchttypen							
	FAT	Jyden	Ikadan	Stallmax	Stewa	Big Dutchman	Hörmann	Lift
Trog-reinigung	26.11 A	18.48 B	18.48 B	20.6 B	20.6 B	20.6 B	20.6 B	20.6 B
Misten	81.51 A	40.69 B	40.69 B	40.69 B	40.69 B	40.69 B	40.69 B	40.69 B
Buchttür öffnen	5.94 B	4.47 B	5.23 B	4.64 B	3.91 B	6.03 B	5.00 B	15.37 A
Buchttür schließen, Einstallen	7.39 C	5.41 CD	8.16 BC	9.01 B	7.69 C	9.43 B	7.88 BC	13.35 A
Wühlerde zuteilen	1.06 B	1.06 B	1.06 B	1.06 B	1.06 B	2.18 A	2.18 A	2.18 A
Sau in Bucht treiben	11.71 CB	8.48 C	11.86 CB	17.13 A	12.21 CB	13.02 B	9.82 CB	20.80 A
Sau aus Bucht treiben	15.63 C	10.65 C	12.81 C	31.67 A	20.18 BC	19.35 BC	15.72 C	28.21 AB
Kastenstand schließen				15.78 CB	14.05 C	24.04 A	19.18 B	25.35 A
Kastenstand öffnen				10.06 C	12.23 BC	12.14 BC	14.94 B	21.39 A
Kastenstand verstellen				25.58 A	23.49 A	25.16 A	24.60 A	23.90 A
Einsteigen in Bucht	12.62 A	9.33 B	9.74 B	4.44 C	4. 35 C	4.89 C	4.13 C	5.71 C
Verlassen der Bucht	13.25 A	9.35 BC	10.86 AB	5.24 D	6.55 CD	4.88 D	4.89 D	8.38 BCD
Ferkel fangen am 1. + 3. Tag	4.45 BC	8.86 A	7.85 A	5.87 B	4.46 C	5.11 BC	4.94 BC	4.56 BC
Ferkel in Bucht zurückgeben	3.36 AB	3.23 B	4.01 A	3.02 B	3.02 B	3.11 B	2.97 B	2.82 B
Ferkel fangen beim Ausstallen	7.26 A	6.21 A	7.00 A	6.60 A	6.60 A	6.60 A	6.60 A	6.60 A
Ferkel in Nest treiben	32.91 A	25.27 B	17.79 C					
Reinigung	1300 A	1340 A	1210 A	850 A	1030 A	1540 A	1090 A	920 A
Desinfektion	207 A	93 AB	67 B	86 AB	90 AB	93 AB	53 B	120 AB
Abliegebügel fixieren				36.75 A		32.11 A		29.22 B
Abferkel-kontrolle (VT)	6.00 A	3.97 BCD	5.2 AB	2.86 CD	4.24 BC	3.71 BCD	2.92 CD	2.84 D
Fütterungs-kontrolle (VT)	6.15 A	2.31 BC	3.56 BC	3.08 BC	3.04 BC	2.45 BC	2.39 BC	1.88 C
Gesundheits-kontrolle (VT)	4.69 A	3.79 ABC	4.40 AB	3.10 BC	3.06 C	3.54 AB	2.81 C	3.00 C

Erläuterung: Selbe Buchtstabe: keine signifikanten Unterschiede im Zeitanspruch, anderer Buchstabe: Signifikante Unterschiede im Zeitanspruch zwischen den Buchttypen cmin: Centiminuten, VT: Erfassung des Zeitbedarfs über die Videotechnik

2.1 Unterschiede bei Routinearbeiten

Zu den Routinearbeiten im Buchtumfeld zählen regelmäßige Arbeitsabläufe wie das Füttern von Sau und Ferkeln, das Misten, das Einstreuen und die Gesundheitskontrolle mit der Aufzeichnungstätigkeit. Das Futter wird der einzelnen Sau flüssig – automatisiert – zugeteilt. Das Reinigen der Tröge ist täglich zu erledigen. Die Differenzen sind auf die Trogausführung, die den Trog umgebende Metallkonstruktion bei den Kastenständen und das Öffnen sowie Schließen der Tür sowie die Ferkelnestanordnung zurückzuführen. Der niedrigste Zeitbedarf für das Reinigen bei den freien Buchten Jyden und Ikadan kommt durch den gut zugänglichen Trog und der höheren Buchtwand, auf welcher sich die Person bei der Erledigung abstützt, zustande. Der höchste Zeitanspruch liegt bei der FAT-Bucht vor, dieser wird einerseits durch das Trogreinigen, das einen signifikant höheren Zeitbedarf von 26,11 cmin bei dieser beansprucht andererseits für das Öffnen und Schließen der Buchttür, das bei den anderen Buchten nicht erforderlich ist, verursacht (Tab. 1).

Für das Öffnen und Schließen der Tür, das beim Reinigen des Troges bei der FAT-Bucht und bei den übrigen Buchttypen bei anderen Arbeitsvorgängen vorkommt, variiert der Zeitanspruch erheblich mit dem Buchttyp. Den größten Bedarf beim Öffnen verursacht mit 15,37 cmin die Liftbucht (Tab. 1). Ihre Ansprüche unterscheiden sich signifikant von den sieben anderen Buchttypen. Der um das Vierfache höhere Zeitbedarf gegenüber der Stewabucht, welche den geringsten Anspruch hat, ist auf Türmaterial und -ausführung sowie Schließmechanismus zurückzuführen.

Beim Verschließen der Tür liegt der signifikant höchste Bedarf auf Basis der zuvor genannten Kriterien auch bei der Liftbucht mit 13,35 cmin vor. Den niedrigsten Zeitanspruch von 5,41 cmin weist die Jydenbucht vor, deren Tür durch geringes Anheben eines gefederten senkrecht stehenden Bolzens zu verschließen ist.

Das Füttern der Ferkel im Buchtumfeld beansprucht 14–47 cmin je Bucht während einer Säugeperiode. Es liegen signifikante Differenzen zwischen den freien Buchten und Kastenstandbuchten mit seitlich angeordneten Ferkelnest vor (Tab. 1).

Für das Misten entsteht bei der FAT im Buchtumfeld ein Zeitanspruch je Durchgang von 988 cmin und in den anderen Buchten von 90–113 cmin. Es wird in der FAT-Bucht mit einem Handschieber alle drei bis vier Tage und in den anderen Buchten mit Schaufel und Kübel um die Geburt, zweimalig je Durchgang, erledigt. Die Planzeitwerte der Kastenstandbuchten sind ähnlich den Planzeitwerten nach Bursch (2000) und KTBL (2004) und jene der FAT-Bucht den Planzeitvorgaben nach Weber & Schick (1996) für ein einmaliges Säubern der Bucht.

2.2 Unterschiede bei Sonderarbeiten

Die Sonderarbeiten der Sau umfassen das Ein- und Ausstallen, die Krankenbehandlung und die Geburtshilfe. Bei den freien Buchten sind ausschließlich die Türen zu öffnen und zu schließen.

Innerhalb der Kastenstandbuchten liegt nicht nur für das Öffnen und Schließen der Buchttür, sondern auch für das Schließen des Kastenstandes bei der Liftbucht der signifikant höchste Zeitbedarf vor. Dieser Mehrbedarf gegenüber anderen Buchten ist auf das Verschieben einer Seitenhälfte, ein Verschließen des Kastenstandes über eine Tür sowie das Fixieren dieser an der scharfkantigen Buchtentür zurückzuführen (Tab. 1).

Die signifikant geringsten Zeitansprüche für das Schließen und Öffnen weisen die Stallmax- sowie die Stewabucht auf, diese sind begründbar in den Schließmechanismen der Stallmax-Kastenstandtür und Stewa-Kastenstandhälften.

Der höchste Zeitbedarf beim Hinein- und Heraustreiben der Sau sind bei der Stallmax- und Liftbucht gegeben und werden auf die enge Buchttüröffnung und eine zu überwindende Stufe bei der Liftbucht zurückgeführt. (Tab. 1).

Bei den Kastenstandbuchten mit zwei Abliegebügel – Liftbucht, Stallmax und Big Dutchman – müssen diese zusätzlich mit einem Kabelbinder vor dem Einstallen fixiert und nach dem Abferkeln losgelöst werden, wofür ein weiterer Zeitanspruch je Bucht und Durchgang entsteht und zusätzliches Gehen von Bucht zu Bucht anfällt. Das Einsteigen und Verlassen wird am häufigsten bei den Kastenstandbuchten praktiziert, da hierdurch der Ein- und Austritt aus der Bucht rascher erfolgt.

Sonderarbeiten, die für Babyferkel im Buchtumfeld anfallen, sind das Behandeln der Ferkel am ersten und dritten Lebenstag, Krankheitsbehandlungen einzelner Ferkel während der Säugeperiode, das Einziehen der Ohrmarken und die Mykoplasmenimpfung vor dem Absetzen der Ferkel sowie das Ausstallen dieser. Der Fangprozess dauert bei den freien Buchten länger als bei den Kastenstandbuchten, da die Ferkel mit einem Treibbrett ins Ferkelnest getrieben werden müssen und das Ferkelnest zu öffnen ist oder ein Greifer eingesetzt wird.

Bei den Zeitansprüchen für das eigentliche Fangen der Ferkel in den verschiedenen Kastenständen unterscheiden sich die Stallmax- und die Stewabucht signifikant voneinander und gegenüber den anderen drei Kastenstandbuchten bestehen keine signifikanten Differenzen. Am kürzesten dauert das eigentliche Fangen und Absetzen in den Ferkelwagen eines Ferkels in der FAT-Bucht, da die zusammengetriebenen Ferkel, meist zwei bis drei Stück gleichzeitig, aus dem Ferkelnest entnommen und in den Wagen abgesetzt werden (Tab. 1).

Bei der Krankheitsbehandlung wird zusätzlich zur Standardbehandlung durchschnittlich ein Ferkel je Bucht und Durchgang medizinisch betreut. Die Differenzen sind durch die buchttypbedingten Unterschiede beim Eintreten in die Bucht sowie Verlassen dieser und beim Fangen der Ferkel zur Injektionsverabreichung bedingt.

Die absetzfähigen Ferkel werden vor dem Ausstallen zum Einziehen der Ohrmarken und zur Mykoplasmenimpfung im Buchtumfeld gefangen. Der höhere Zeitaufwand existiert bei den freien Buchten, da beim Eintreten und Verlassen der Bucht sowie für das Fangen mehr Zeit benötigt wird (Tab. 1).

Zu den Sonderarbeiten Stall im Buchtumfeld zählen das Waschen und Desinfizieren mit Kalk der Abferkelbuchten. Waschen und Kalken wurde nicht buchtbezogen, sondern als Durchschnitt aller Buchten in der Reihe und über drei Reinigungsdurchgänge ermittelt, da beim Waschen ständig zwischen mehreren Buchten gewechselt wird. In den Aufwendungen für das Arbeitselement Waschen von 850–1540 cmin je Bucht unterscheiden sich die verschiedenen Buchten nicht wesentlich voneinander. Bei den freien Buchten sind größere geschlossene Oberflächen und bei den Kastenstandbuchten zusätzlich zu den Boden- und Seitenwandflächen das Gestänge des Kastenstandes zu reinigen.

Es liegt für das Element Desinfektion mit Kalk bei der FAT-Bucht der höchste Zeitanspruch von 207 cmin, bedingt durch die größere Buchtfläche und höheren Wände gegenüber den anderen Buchttypen, vor. Der Zeitbedarf ist bei der Hörmann- und Ika-

danbucht am niedrigsten, die Ansprüche der anderen Buchttypen sind ähnlich, dieser variiert zwischen 53–120 cmin.

2.3 Unterschiede bei Kontrollarbeiten

Zu den eigentlichen Kontrollarbeiten zählen die Fütterungs- und Gesundheitskontrolle, die regelmäßig durchgeführt werden und den Routinearbeiten anzurechnen sind sowie die Abferkelkontrolle, die periodisch anfällt und Bestandteil der Sonderarbeiten ist.

Die Fütterungskontrolle besteht in der Ventil- sowie Fresskontrolle. Es werden durchschnittlich 1,88–6,15 cmin an Arbeitszeit für eine Kontrolle je Futtertrog beansprucht, wobei sich die FAT-Bucht mit dem höchsten und die Liftbucht mit dem geringsten Zeitanspruch von den anderen Buchten signifikant unterscheiden.

Die Gesundheits- und Abferkelkontrolle wurden mit der digitalen Videotechnik aufgezeichnet, um die Zeitansprüche und Häufigkeiten, vor allem der spontan auftretenden Beobachtungen der Tiere, realitätsgetreu festzustellen. Die Gesundheitskontrolle findet in der Abferkeleinheit täglich mindestens zweimal statt.

Um die Geburt der Sauen läuft die Abferkelkontrolle anstatt der Gesundheitskontrolle ab, der Bestand wird im ein- bis zweistündigen Rhythmus etwa fünf Tage lang, also jede Bucht 60 bis 114 Mal in dieser Phase, kontrolliert. Auf Basis der Unterschiede in den Zeitansprüchen liegt der Umstand vor, dass diese Kontrolle bei den freien Buchten, zurückzuführen auf die höheren Buchtwände, die höchsten Zeitansprüche verursacht.

Literatur

Auernhammer, H. (1976): Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse. In: KTBL-Schrift 203, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup

Baumgartner, J.; Winckler, C.; Quendler, E.; Ofner, E.; Zentner, E.; Schmoll, F.; Betz, C.; Koller, M.; Winckler, U.; Podiwinsky, C.; Martetschläger, R.; Finotti, C.; Bukovsky, C.; Troxler, J. (2006): Beurteilung von serienmäßig hergestellten Abferkelbuchten in Bezug auf Verhalten, Gesundheit und biologische Leistung der Tiere sowie in Hinblick auf Arbeitszeitbedarf und Rechtskonformität. Zwischenbericht zum Forschungsprojekt Nr. 1437 BMLFUW, GZ. LE.1.3.2/0003-II/1/2005, Wien. S. 5–13

Bursch, J. (2000): Arbeitswirtschaftlicher Vergleich tiergerechter Haltungssysteme im Abferkelbereich. S. 37–53

Haidn, B. (1992): Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Modellkalkulationen in der Zuchtsauenhaltung. Dissertation. Technische Universität München. S. 40, 89, 90

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2004): Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/2005. Druckerei Lokay, Reinheim. S. 458

Riegel, M.; Schick, M. (2006): Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung in der Schweinehaltung. FAT-Bericht Nr. 650, Aroscope, FAT Tänikon

Weber, R.; Schick, M. (1996): Neue Abferkelbuchten ohne Fixation der Muttersau. Wenig höhere Investitionen, praxisüblicher Zeitbedarf. FAT-Bericht 481, Tänikon, Schweiz

Assessment of Manure Management Systems in Austria and Improvement of the Emission Inventory

Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich und Verbesserung des Emissionsinventars

BARBARA AMON, MARTINA FRÖHLICH, THOMAS AMON, JOSEF BOXBERGER

Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan Str. 82, A-1190 Wien

Keywords: emission inventory, activity data, manure management systems, greenhouse gases, ammonia
Schlüsselwörter: Emissionsinventur, Aktivitätsdaten, Wirtschaftsdüngermanagement, Treibhausgase, Ammoniak

Summary

Austria has to comply with several air emission related obligations. Agricultural emissions strongly depend on the animal housing, and on the manure management system (MMS) distribution. Mitigation measures can only show up, if representative data on the MMS distribution are available. A survey on a representative sample of 5,000 Austrian farms was conducted. NH_3 emissions were calculated with the help of the computer based programme DYNAMO. Within the project, representative data on animal husbandry and manure management systems all over Austria were collected. The project created a solid basis for future improvements of the accuracy and transparency of Austrian emission inventories. Abatement measures can be evaluated according to their practicality, applicability, economics and efficiency.

Zusammenfassung

Statistisch gesicherte Daten zum Wirtschaftsdüngermanagement sind für Österreich derzeit nicht verfügbar. Dies führt zu zwei gravierenden Nachteilen: österreichische Produktionsbedingungen können beim Erstellen des Emissionsinventars nur bedingt Berücksichtigung finden und der Effekt emissionsmindernder Maßnahmen kann nicht abgebildet werden. Aus diesem Grund wurde ein Fragebogen an eine repräsentative Stichprobe von 5000 österreichischen landwirtschaftlichen Betrieben versandt. Die Datenauswertung erfolgte mit dem Programm DYNAMO. Das Projekt ermittelte erstmals flächendeckend repräsentative Daten und schuf eine ausgezeichnete Basis für künftige Verbesserungen und Verfeinerungen der österreichischen Emissionsinventare. Emissionsmindernde Maßnahmen können nun auf ihre Praktikabilität, Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz hin überprüft werden.

1 Introduction

Emission inventories must provide transparent, consistent, comparable, complete, and accurate data on sources and sinks of national emissions and must evaluate the progress towards meeting the reduction commitments. Ammonia emissions are reported according to the methodologies outlined in the EMEP/CORINAIR Guidebook (EMEP/CORINAIR 2005). Greenhouse gas (GHG) emissions are estimated following the "Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" (IPCC 1997). Emission inventories must not only estimate national emissions as accurately as possible, but also be able to show the annual trends in emissions and the effect of mitigation measures.

Agricultural emissions depend to a large extent on the animal housing, and on the manure management systems (MMS). Data on MMS are a mandatory pre-requisite for accurate emission estimates. Mitigation measures can only be reflected in the inventory, if representative data on the MMS distribution are available. The necessity to collect more accurate data on national manure management system distributions is well acknowledged.

The research project presented in this paper assessed the MMS distribution in Austria. The project aimed at the following: Detailed overview of Austrian animal husbandry, improvement of the Austrian emission inventory, modelling of typical farms and estimation of their emissions, development of emission scenarios, and proposal of feasible mitigation measures. The Division of Agricultural Engineering (DAE) closely co-operated with the Swiss College of Agriculture, the Austrian Chamber of Agriculture, the Austrian Environment Agency, the Federal Research Centre for Agriculture in Alpine Regions, and the Statistics Austria.

2 Survey and Questionnaire

Accurate emission inventories should be based on national activity data rather than on default values. DAE surveyed a representative sample of Austrian farms by sending them a questionnaire that had to be filled in by the farmers. The survey was the basis of the further data processing, emission estimates and proposal of mitigation measures. Special consideration was given to carry out a high quality survey. The questionnaire assesses relevant parameters in all stages of animal husbandry systems: housing and exercise yard, grazing, waste and washing water, manure storage, manure application, animal feeding, and mineral fertiliser application. The Austrian questionnaire was based on a questionnaire that was used in the Swiss DYNAMO project (Menzi et al. 2003, Reidy et al. 2007, Reidy & Menzi 2007). Austrian experts gave their view on the questionnaire in context with Austrian agriculture and made proposals for necessary adaptations to more specifically meet Austrian farming conditions.

Representative Sample of Austrian Farms

The sample design and the subsequent drawing of the sample were done in close co-operation with the Statistics Austria. The sample size was 5,000 farms. For the sample design, the Statistics Austria proposed the following criteria:

Region – The survey differentiates three Austrian regions: Eastern Austria (Burgenland, Lower Austria, Vienna), Southern Austria (Carinthia, Styria) and Western Austria (Upper Austria, Salzburg, Tirol, Vorarlberg).

Weighing factor, "hv" – Farms with animal husbandry play a greater role in the emission inventory than farms without animal husbandry and should be more often represented in the survey sample. Thus, Statistics Austria weighed arable land with the factor 0.2 and livestock number with the factor 0.8.

Measures to Increase the Rate of Questionnaire Return

The survey aimed to achieve a rate of questionnaire return of 40–50 %. This necessitated a range of accompanying measures. Special attention was given to an early and comprehensive information of Austrian farmers. Project preparation and questionnaire development were done in close cooperation with the Austrian Chamber of Agriculture and with the Regional Chambers of Agriculture. The joint actions of DAE and the Austrian Chamber of Agriculture increased the project acceptance by the Austrian farmers and their willingness to contribute to the survey. By the end of June 2006, 2,060 questionnaires had been returned to DAE, which corresponds to a rate of return of 41 %.

DYNAMO – Dynamic Ammonia Emission Inventory

From the questionnaire information, emissions were calculated with the help of the computer based program DYNAMO (Dynamic Ammonia Emission Inventory) which is based on a simple empirical model to estimate ammonia emissions from animal husbandry. The model was further refined and can now estimate ammonia losses from the whole manure management continuum (Menzi et al. 2003, Reidy et al. 2007, Reidy & Menzi 2007). Emission estimates are based on the amount of N in the sections housing, grazing, exercise yard, manure storage and manure application. DYNAMO differentiates animal categories, manure management systems and a range of management parameters. Ammonia losses from mineral fertiliser application are estimated as well. "DYNAMO" emission estimation procedures are based on the N flow model as it has been described in the CORINAIR Guidelines (EMEP/CORINAIR 2005).

The Swiss College of Agriculture made the computer based program DYNAMO available for DAE. DYNAMO parameters were adapted to Austrian specific conditions. In addition to NH_3 emissions, emissions of the greenhouse gases N_2O and CH_4 were calculated. Model farms were defined and emission calculations based on the survey results. Then, emissions were estimated for the whole of Austria.

3 Results

3.1 Animal Husbandry and Manure Management

Table 1 gives selected results on animal husbandry and manure management in Austria (Amon et al. 2007).

Tab. 1: Selected results on animal husbandry and manure management in Austria (Amon et al. 2007)
Tab. 1: Ausgewählte Ergebnisse zu Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich (Amon et al. 2007)

	Loose house	Tied stall
Dairy cattle	31.9	68.1
Suckling cows	43.5	56.5
Other cattle	52.0	48.0
	straw based [%]	slurry based [%]
Dairy cattle	60.4	39.6
Suckling cows	75.6	24.4
Other cattle	69.4	30.6
	no exercise yard	exercise yard
Dairy cattle	46.9	53.1
Suckling cows	29.1	70.9
Other cattle	64.1	35.9
	no grazing [%]	grazing [%]
Dairy cattle	40.4	59.6
Suckling cows	21.9	78.1
Other cattle	55.2	44.8
	straw based [%]	slurry based [%]
Fattening pigs	10.2	89.8
Breeding sows	40.7	59.4
	phase feeding	no phase feeding
Fattening pigs	62.0	38.0

According to the representative survey, 11 % of the slurry on Austrian farms is stored without any cover. A natural crust without additional cover forms on 2 % of the slurry. 87 % of Austrian slurries are stored in tanks with a solid cover. With slurry application, broadcasting is still the most common application technique. 93.2 % of Austrian slurries are broadcasted and 6.8 % are band applied.

3.2 Ammonia emissions from cattle and pigs in Austria

Tables 2 and 3 give an overview on NH_3-N emissions and on the contribution of manure management stages as estimated from the survey results with the help of "DYNAMO".

Tab. 2: NH_3-N emissions from cattle and pigs in Austria in 2005
Tab. 2: NH_3-N-Emissionen von Schweinen und Kühen in Österreich im Jahr 2005

	NH_3-N emission [kt yr^{-1}]
Dairy cattle	12.3
Other cattle	15.3
Pigs	12.5
Sum	40.1

Tab. 3: Contribution of manure management stages to total NH_3-N emissions
Tab. 3: Beitrag der Emissionsstufen zu den Gesamt-NH_3-N-Emissionen

	Contribution to total emissions [%]
House	22.5
Yards	1.0
Storage	8.9
Grazing	1.0
Application	66.6

4 Conclusions

Within the project, representative data on animal husbandry and manure management systems all over Austria were collected. The project created a solid basis for future improvements of the accuracy and transparency of Austrian emission inventories. Abatement measures can be evaluated according to their practicality, applicability, economics and efficiency.

Acknowledgements

The project was supported by the Austrian Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Environment, and Water Management.

References

Amon, B.; Fröhlich, M.; Weißensteiner, R.; Zablatnik, B.; Amon, T. (2007): Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich, Endbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft

EMEP/CORINAIR (2005): Atmospheric Emission Inventory Guidebook. Third edition. http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR/en

IPCC (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol.1: Reporting Instruction, Vol.2: Workbook, Vol.3: Reference Manual. Intergovermental Panal on Climate Change, Houghton, J.T.; Meira Filho, L.G.; B.; Lim, Tréanton, K.; Mamaty, I.; Bonduki, Y.; Griggs, D.J.; Callander, B.A. (eds.): Genf. http:/www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm

Menzi, H.; Ruettimann, L.; Reidy, B. (2003): DYNAMO: A new calculation model for dynamic emission inventories for ammonia. Proc. Internat. Symposium „Gaseous and odour emissions from animal production facilities“, Horsens, Denmark, June 1-4 2003: 378–400

Reidy, B.; Menzi, H. (2007): Assessment of the Ammonia Abatement Potential of different Geographical Regions and Altitudinal Zones based on a large-scale survey, Biosystems Engineering, Farm and Manure Management Survey. In press

Reidy, B.; Rihm, B.; Menzi, H. (2007a): A new Swiss inventory of ammonia emissions from agriculture based on a survey on farm and manure management and farm-specific model calculations, Reference: AEA7495, Atmospheric Environment. In press

Minderung von Methanemissionen durch Flüssigmistbelüftung und Teilstrombehandlung

Decrease of Methane Emissions by Slurry Aeration and Partial Exhaust Air Cleaning

ANNE KRESSE, WOLFGANG BÜSCHER

Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

Schlüsselwörter: Emissionsminderung, Flüssigmistbelüftung
Keywords: reduction of emissions, slurry aeration

Zusammenfassung

Das Ziel des Forschungsprojektes besteht darin, die Emissionen des klimarelevanten Gases Methan von Stallanlagen durch gezielte baulich-technische Maßnahmen zu minimieren. Weiterhin sollen durch das neue Konzept auch die Geruchs- und Ammoniakemissionen gemindert werden. Zusätzlich soll dieses Konzept unabhängig von dem Lüftungssystem in allen Ställen mit Spaltenboden und Güllekeller auch zur Nachrüstung einzusetzen sein. Durch Flüssigmistbelüftung findet das Konzept seine Umsetzung. Die freigesetzten Gase werden durch eine Unterflurabsaugung aus dem Stall in einen Abluftwäscher befördert. In diesem wird die Abluft mit Schwefelsäure behandelt, so dass Ammoniak in der Schwefelsäure absorbiert wird und düngewirksames Ammoniumsulfat entsteht. Erste Versuche im Technikummaßstab haben die entwickelte Pilotanlage sowie die These, durch Luftzufuhr die Methanemissionen zu mindern, bestätigt.

Summary

The aim of this study is the reduction of the emission of the climate relevant gas methane from animal barns by selective constructional-technical measures. Furthermore this system should decrease the odor and ammonia emissions. Supplementary it is operational for all animal barns with slatted floor and liquid manure independent of the ventilation system. The gases that are stripped with the aeration should be conducted under the slatted floor. Following the ammonia will be absorbed in sulfuric acid yielding ammonium sulphate. First tests confirm the developed pilot System and the thesis that aerobic conditions decresase methane emissions.

1 Einleitung und Problemstellung

Die Landwirtschaft gehört mit 43 % der Methanemissionen europaweit zu den größten anthropogenen Verursachern dieses Gases und trägt somit auch zur globalen Klimaerwärmung bei [5]. Bei der Erzeugung und Lagerung von Flüssigmist fallen auch das Schadstoffgas Ammoniak und Geruch als Emissionen an, die auch die Umwelt beeinflussen [3, 4]. Bislang besteht noch kein Konzept, um alle Emissionen gleichzeitig grundlegend zu mindern. Dies ist darin begründet, dass für die Bildung der jeweiligen Emissionen unterschiedliche Parameter entscheidend sind. Somit ist es notwendig, eine Pilotanlage zu entwickeln, in der die Minderungskonzepte erprobt werden können, um anhand von Emissionserfassung, Optimierungen der biochemischen Reaktionen und Lösungsgleichgewichte in der Gülle sowie deren Abhängigkeiten von Parametern die beste Strategie zur Praxisumsetzung auszuwählen.

2 Material und Methode

2.1 Pilotanlage

Für die Pilotanlage wurden drei senkrecht stehende Durchströmungsrohre aus Polyvinylchlorid (PVC) ausgewählt. Bei den Durchströmungsrohren handelt es sich um übliche orangfarbene Abwasserrohre mit einem Durchmesser von 16 cm und einer Länge von 1,5 m, die der Tiefe des Flüssigmistkellers entspricht, in dem die zukünftigen Praxismessungen stattfinden sollen. Abzüglich des Gasraumes berechnet sich daraus eine ungefähre Versuchsmenge von 19 l Flüssigmist. Verschlossen werden die Rohre mit zwei üblichen Deckeln aus PVC, wobei an dem oberen Deckel die Gasmessstelle installiert ist. Zwei in das Rohr gelassene Siebe aus Edelstahl verhindern den Eintrag von Flüssigmistspritzern in die Gasmessstelle.

Direkt unterhalb der Siebe befindet sich seitlich eine Öffnung, durch die Geräte zur pH- und Temperaturmessung in den Flüssigmist eingeführt werden können. Nach erfolgter Messung werden die Geräte entfernt und die Öffnung wird mit einem Gummistopfen verschlossen.

Über zwei Ausströmsteine, die im Rohr in gegenüberliegender waagerechter Position auf einer Höhe von 12 cm angebracht sind, kann eine gleichmäßige Belüftung der Versuchsmenge mit Gasen erfolgen.

Zur besseren Standsicherheit ist jedes der Durchströmungsrohre auf einer quadratischen Bodenplatte montiert.

2.2 Probenahme

Für eine realitätsnahe Versuchsdurchführung war eine repräsentative Flüssigmistprobe als Versuchsmenge von entscheidender Bedeutung. Der Flüssigmist wird 1,5 h mit einem Flüssigmistmixer homogenisiert. Danach wird unter Betrieb des Mixers die Probe entnommen [1]. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Messreihen im Labormaßstab umfasste die Probemenge den Gesamtbedarf von 600 l, der in zehn Fässern (je 60 l) abgefüllt war. Von Mustern aus jedem Fass wurden TS-Gehalt und pH bestimmt. Die erzielten Werte bestätigen die repräsentative Probennahme.

2.3 Versuchsdurchführung

1. Batchversuch: aerobe Bedingungen
   Die Versuchsmenge wurde in einem Fass erneut durch Rühren homogenisiert und in die drei Durchströmungsrohre zu je 19 l aufgeteilt.

   In Anlehnung an erste Vorversuche mit der Anlage und Angaben von Kläranlagen zur Herstellung von aeroben Bedingungen wurde ein Luftdurchfluss von 400 ml/min für eines der Durchströmungsrohre gewählt [2]. Um die These sicher zu bestätigen, dass unter aeroben Bedingungen kein Methan produziert wird, ist der Luftdurchfluss bei den beiden anderen Durchströmungsrohren auf 800 ml/min bzw. 1 200 ml/min eingestellt worden.

   Mit einem optoakustischen Multigasmonitor 1302 der Firma Brüel & Kjaer wurden Ammoniak (NH_3) und Methan (CH_4) neben anderen Gasen aus dem Gas-Luftgemisch analysiert, das über PTFE-Schläuche an den Messtellen der Durchströmungsrohre entnommen wurde. Über PC gesteuerte Messstellenumschalter kam es zur Gewährleistung einer nacheinander folgenden Gaskonzentrationsmessung im ppm-Bereich an den drei Durchströmungsrohren. Der Versuch lief kontinuierlich über einen Zeitraum von 8 d.
2. Batchversuch: anaerobe Bedingungen
   Zum Vergleich sind in einem zweiten Versuch durch Stickstoffdurchfluss von 800 ml/min anaerobe Bedingungen eingestellt worden. Der Versuch lief kontinuierlich über einen Zeitraum von 3 d.

   Die Befüllung der Pilotanlage sowie Mess- und Steuerungstechnik blieben bei diesem Versuch identisch zu Versuch 1.

3 Erste Ergebnisse

Während der Versuchsdurchführung zeigt sich, dass mit den Durchflussreglern eine genaue Einstellung des Durchflussvolumens erreicht wird. Weiterhin führt die Belüftung mit Ausströmsteinen zu einer gleichmäßigen Durchströmung des Flüssigmistes mit feinen Perlen. Gleichzeitig tritt bei beiden Batchversuchen und bei keiner der angegebenen Durchflussraten eine Schaumbildung auf.

Sowohl unter Stickstoff als auch unter Pressluft wurden Ammoniak und Methan neben anderen Gasen gemessen.

Die Messungen der beiden Batchversuche haben gezeigt, dass alle drei Durchströmungsrohre der Pilotanlage stetige und reproduzierbare Kurven liefern.

3.1 Ergebnisse: Batchversuche

Ammoniak

Die Kurvenverläufe in Abbildung 1 lassen sich alle in einen Peak- und in einen konstanten Bereich gliedern. Der Peakbereich stellt die Austreibung des bis zu Versuchsbeginn gebildeten Gases und des neugebildeten Gases dar, hingegen der konstante Bereich nur die Austreibung des neugebildeten Gases. Unter anaeroben Bedingungen stellt sich der konstante Bereich bereits nach 1 d auf einen Wert von ca. 100 ppm ein. Unter aeroben

Bedingungen ist dieser Zustand bei allen Durchflüssen erst nach 3,5 d bei einem Wert von ca. 20 ppm erreicht.

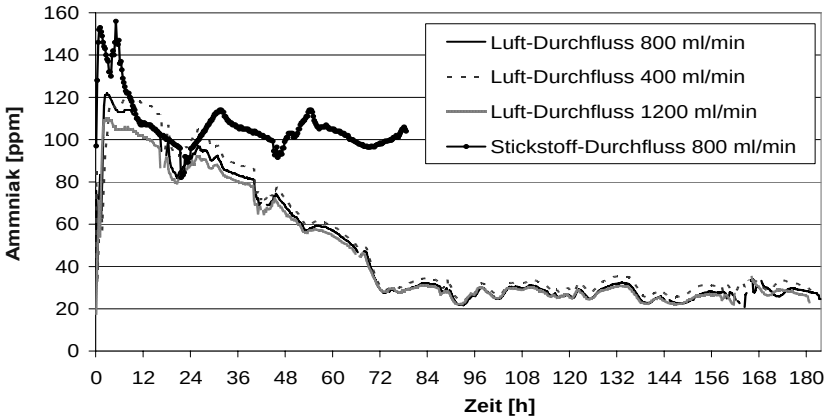


Abb. 1: Ammoniakkonzentrationen [ppm] gegen die Zeit [h] bei unterschiedlichem Luft- und Stickstoffdurchfluss
Fig. 1: Ammonia concentration [ppm] against time [h] with different air and nitrogen flow

Methan

Die Kurvenverläufe in Abbildung 2 für Methan verlaufen analog zu denen in Abbildung 1 für Ammoniak.

Die Methanemissionen stellen sich unter anaeroben Bedingungen auf einen Wert von ca. 180 ppm ein und unter aeroben Bedingungen auf einen Wert von ca. 60 ppm (Abb. 2).

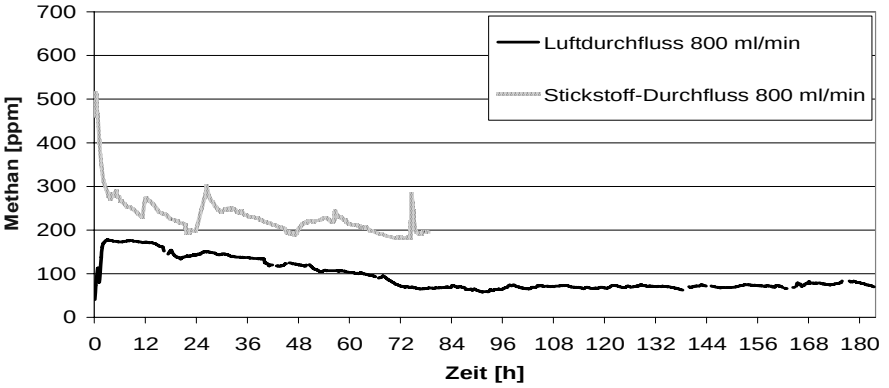


Abb. 2: Methankonzentrationen [ppm] gegen die Zeit [h] bei Luft- und Stickstoff-Durchfluss
Fig. 2: Methane concentration against time [h] with air-and nitrogen flow

Die Abweichungen der Methankonzentrationen vom Mittelwert sowie die entsprechenden Standardabweichungen werden in Abboldung 3 gezeigt. Die Methankonzentrationen liegen bei allen drei Durchflüssen in einem relativ konstanten Bereich.

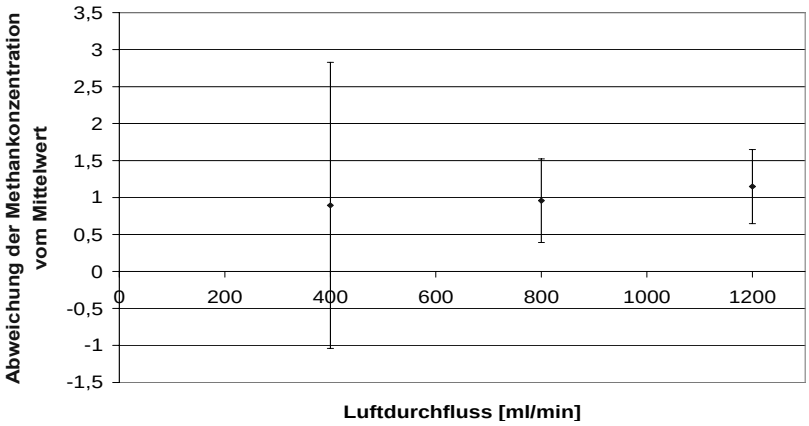


Abb. 3: Abweichung der Methankonzentrationen vom Mittelwert bei verschiedenen Luftdurchflüssen
Fig. 3: Divergence of the methane concentration from the average by different air flows

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Anhand der Ergebnisse aus Abbildung 1 wird ersichtlich, dass steigende Luftdurchflüsse steigende Ammoniakemissionen bewirken. Weiterhin liegen die Ammoniakkonzentrationen im konstanten Kurvenbereich unter anaeroben Bedingungen etwa fünfmal höher als unter aeroben Bedingungen. Eine Erklärung könnten Nitrifizierungsreaktionen sein.

Wie erwartet, liegen die Methanemissionen unter anaeroben Bedingungen deutlich höher als unter aeroben Bedingungen, so dass durch eine Belüftung des Flüssigmistes eine Minderung erzielt wird. Mit einer Steigerung des Luftdurchflusses wird die Methanemissionen nicht weiter gesenkt, sie bleibt konstant.

In Weiterführung des Batchversuches 2 werden die Produktionsmengen der einzelnen Gase in Abhängigkeit der Zeit unter anaeroben Bedingungen bestimmt.

In weiteren Versuchen werden die Methanemissionen bei sehr hohen Durchflüssen und sehr niedrigen Durchflüssen gemessen. Die Versuche zu den aeroben Bedingungen werden mit Durchleiten von reinem Sauerstoff erweitert.

Die Proben wiesen einen pH von ca. 6,09 auf, der im Grenzbereich für die methanbildenden Bakterien liegt. Versuche mit Variation des pH im alkalischen Bereich sind geplant.

Literatur

[1] Bohnenkemper, O.; Steffens, G. (2006): Gülle – Mengen genau ermitteln, Proben richtig ziehen. (Hrsg.) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

[2] Hemmersbach, W. A. (1984): Wärmeleistung und Prozeßwärmenutzung bei der aeroben Aufbereitung von Schweineflüssigmist. Diss. Landwirtschaftliche Fakultät, Rheinsche Friedrich-Wilhelm Universität Bonn

[3] Isermann, K. (1990): Ammoniakemissionen der Landwirtschaft als Bestandteil ihrer Stickstoffbilanz und Lösungsansätze zur hinreichenden Minderung. (Hrsg.) VDI, KTBL; Ammoniak in der Umwelt

[4] Martinec, M.; Hartung, E.; Jungbluth, T. (1998): Geruchsemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Arbeitspapier 260, KTBL, Darmstadt

[5] Sensi, A. (2002): Landwirtschaft und Klimawandel, http://europa.eu.int/agriculture/envir/report/de/clima_de/report.htm

Einfluss der Materialeigenschaften auf das Klima in Großraumhütten für Kälber

Effect of Building Materials on the Micro-climate in Super Hutches for Calf Rearing

Heiko Georg[1], Gracia Ude[1], Heike Püschel-Peters[2]

[1] Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

[2] Fachhochschule Kiel, Fachbereich Landbau, Am Kamp 11, D-24783 Osterrönfeld

Schlüsselwörter: Kälberhaltung, Großraumhütten, Materialeigenschaften
Keywords: calf housing, super hutches, properties of building materials

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, die positive Haltungsform der Großraumhütten mit neuartigen Materialien zu kombinieren, um das Innenraumklima bei höherer Sonneneinstrahlung zu verbessern. Dazu wurden zwei verschiedene Bauformen von Großraumhütten verglichen, eine Hütte aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) und eine Eigenentwicklung aus Leicht-Natur-Sandwich (LNS). Die Temperaturen für die LNS-Hütten waren in der Sommerphase um 5 °C niedriger als in den GFK-Hütten; die LNS-Temperaturen entsprachen nahezu den im Schatten gemessenen Außentemperaturen. Die größte Aufheizung (Mittelwert 24,4 °C) wurde in der GFK-Hütten ohne Beschattung gemessen, während die GFK-Hütte mit Beschattung ähnlich niedrige Temperaturen zwischen 10 und 16 h aufwies, wie die LNS-Hütte mit Gründach.

Summary

Main objective of this trial was to improve indoor micro climate of grouped housed calves in super-hutches at high solar radiation rates during summer by new building materials. Two types of super-hutches were compared, one of fiberglass reinforced plastic and a prototype of renewable raw material called light natural sandwich (LNS). The temperatures measured in LNS-hutches were 5 °C lower than the ones measured in GFK-hutches, LNS-indoor air temperatures were close to the outdoor air temperature measured in the shade.

1 Einleitung

Der Einfluss von Kälberhütten aus Sperrholz im Vergleich zu Polyethylen auf den Hitzestress bei Kälbern wurde von LAMMERS et al. (1996) dargestellt. Bezogen auf die Temperaturentwicklung im Sommer hat helles Sperrholz die günstigsten Eigenschaften als Ausgangsmaterial für Kälberhütten. Hütten aus Polyethylen heizen sich stark auf und verursachen im Sommer Hitzestress bei den Kälbern. Messwerte aus verschiedenen Experimenten zeigten, dass in der Zeit zwischen 10 und 16 Uhr Temperaturunterschiede von 2,5 bis 10 °C auftreten können, je nachdem ob die Hütten aus Holz oder PE bestehen (LIPPMANN 2005).

2 Material und Methoden



Abb. 1: Mobile Kälberhütte aus LNS im angehobenen Zustand
Fig. 1: Mobile super-hutch for calves lifted up

Im Rahmen eines Projekts des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL Braunschweig wurde nach einer Alternative für Großraumiglus gesucht, die bei gleicher Funktionalität ein besseres Mikroklima für die Kälber bietet. Entwickelt wurde eine Großraumhütte für Kälber, die aus nachwachsenden Rohstoffen gebaut ist und sich ebenso leicht umsetzen lässt wie Großraumhütten aus GFK. Als Basismaterial wurde Light-Natural-Sandwich (LNS) gewählt, ein leichter Plattenwerkstoff aus nachwachsenden Rohstoffen. Aus den LNS-Platten wurde eine Großraumhütte (Grundfläche 16 m²) konstruiert, die ohne zusätzlichen Verstärkungsrahmen auskommt und an zwei Befestigungspunkten aufgehängt frei bewegt werden kann (MÖLLER et al. 2001). Um einen zusätzlichen positiven Klimaeffekt zu erzielen, wurde die LNS-Großraumhütte mit einem Moos-Sedum-Teppich als Gründach versehen (Abb. 1).

Zur vergleichenden Bewertung wurden je zwei LNS-Großraumhütten und Großraumhütten aus GFK (Grundfläche ebenfalls 16 m², Wandstärke 4 mm) untersucht (Versuch 1). Der Versuch wurde auf einer Wiese durchgeführt, wobei jede Hütte durch je eine Baumgruppe zeitweilig beschattet wurde. Von Februar 2003 bis Februar 2004 wurden die Hütten mit Gruppen von je sechs Kälbern im Alter von drei Monaten für jeweils drei Monate belegt. Insgesamt wurden 96 Kälber in den Hütten gehalten. Für jede Hütte wurden Temperatur und Luftfeuchte aufgezeichnet. Auch die Außentemperatur und die relative Luftfeuchte wurden als Referenzwert im Schatten gemessen.

Zur ergänzenden Bestimmung der Materialeigenschaften wurden dieselben Hütten im Sommer 2005 ohne Tiere untersucht (Versuch 2). Dazu wurde eine LNS-Hütte mit

Gründach (LNS-1), eine GFK-Hütte ohne Beschattung (GFK-2), eine LNS-Hütte ohne Gründach mit schwarzer Dachabdeckung (LNS-3) und eine GFK-Hütte mit Beschattung (GFK-4) auf einer Weidefläche aufgestellt. Die Temperatur an der Innenoberfläche wurde mittels Thermographie im 2-h-Intervall von 8 bis 22 Uhr systematisch in allen Hütten an sechs Versuchstagen gemessen.

3 Ergebnisse

Die Verteilung der Temperaturwerte für Versuch 1 (Abb. 2) ist gleichmäßig, statistisch sind daher keine signifikanten Unterschiede zwischen den Temperaturverteilungen der Hütten nachweisbar. Ein signifikanter Unterschied besteht aber zwischen Außentemperatur (Referenz, gemessen im Schatten) und der Innenraumtemperatur der GFK-1- und der GFK-2-Hütte. Ein eingeschränkter Vergleich der Mittelwerte über 12 h tagsüber ergibt signifikante Unterschiede in der mittleren Temperatur zwischen LNS- und GFK-Hütten. Bei einer 24-stündiger Betrachtung wird dieser Unterschied durch die nächtliche Abkühlung abgeschwächt.

Während des gesamten Sommers 2003 wurden in den LNS-Hütten um 5–6 °C niedrigere Temperaturen gemessen als in den Kunststoffhütten (10–16 Uhr). Die Temperaturen in den LNS-Kälberhütten folgten nahezu exakt der Außentemperatur, während sie in

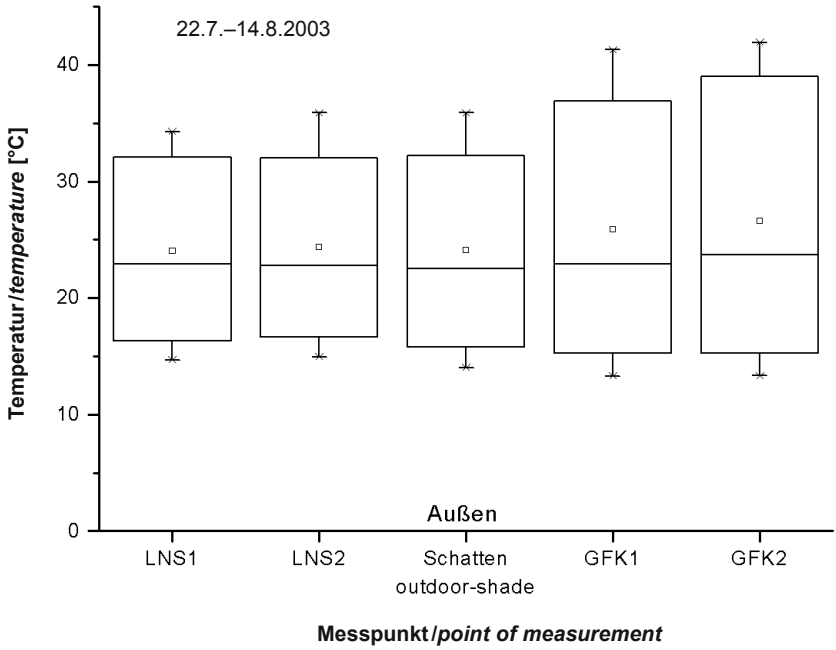


Abb. 2: Temperaturverteilung der Innenraumtemperatur und Außentemperatur im Schatten, Versuch 1, Sommer 2003

Fig. 2: Box–whisker-plot of air temperature and shaded outdoor temperature, experiment 1, summer 2003

der GFK-Großraumhütte für mehrere Stunden Spitzenwerte von über 30 °C erreichten. Bei den Ergebnissen für Versuch 1 muss bei den LNS-Varianten beachtet werden, dass beide Hütten mit Gründach gemessen wurden. Um Ergebnisse über den Materialeinfluss zu bekommen, wurde daher in Versuch 2 eine LNS-Hütte ohne Gründach gemessen. Die Verteilung der Temperaturen in den Großraumhütten im Vergleich zur Außentemperatur im Schatten (Abb. 3) zeigt Unterschiede für die LNS-3 und die unbeschattete GFK-Variante auf. Die Temperaturverteilungen für LNS-1 und GFK-4 entsprechen nahezu der Verteilung der Außentemperatur im Schatten. Für die Außentemperatur im Schatten sowie LNS-1 und GFK-4 gilt, dass 95 % aller Werte unter 30 °C liegen. Der Materialeinfluss bzw. die Schattenwirkung zeigt sich auch in unterschiedlichen Korrelationen im Vergleich mit der beschattet und unbeschattet gemessen Außentemperatur (s. Tab. 1).

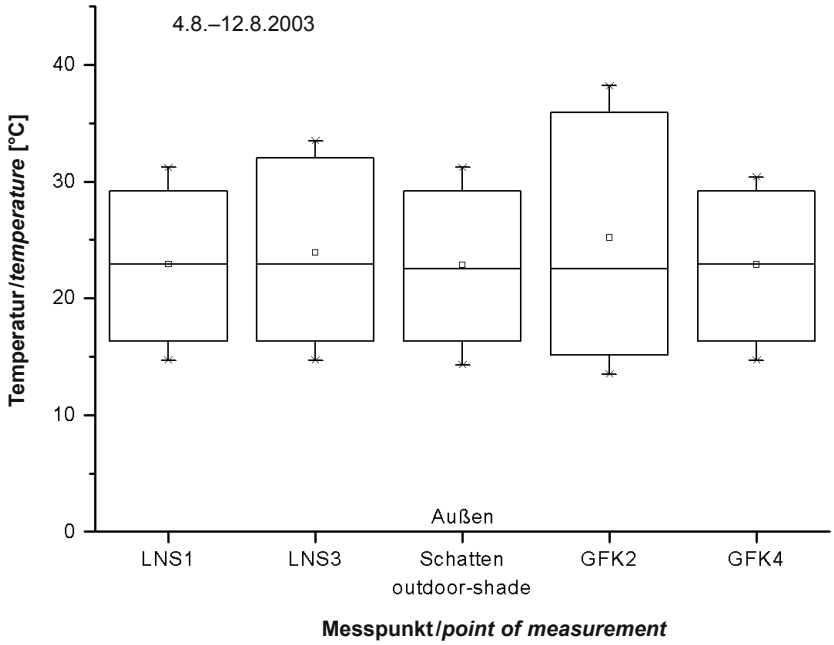


Abb. 3: Temperaturverteilung Innenraumtemperatur und Außentemperatur im Schatten, Versuch 2, Sommer 2004
Fig. 3: Box–whisker-plot of air temperature and shaded outdoor temperature, experiment 2, summer 2004

Die Luft- und auch die Innenoberflächentemperaturen der LNS-Hütten folgen nahezu der Außentemperatur im Schatten. Die Werte für die beschattete GFK-Hütte sind etwas niedriger, da eine totale Abschattung nicht erreicht werden konnte und bei gewissen Sonnenständen eine Aufheizung stattfand. Die Temperaturen der unbeschatteten GFK-Hütte zeigen für die Innenoberfläche die höchste Korrelation mit der in der Sonne gemessenen Außentemperatur. Die Werte für die LNS-3-Variante (dunkle Dachhaut o. Gründach) liegen für die gleiche Relation ebenso etwas höher.

Tab. 1: Korrelation zwischen Luft- und Innenoberflächentemperatur der Großraumhütten und der Außentemperatur im Schatten bzw. in der Sonne
Tab. 1: Correlation between air- and inner-surface temperature and temperature in sunlight and shaded temperature

Hütte *hutch*	Messpunkt *point of measurement*	Temperatur in der Sonne *temperature in sunlight*	Temperatur im Schatten *temperature shaded*
LNS-1	Luft/air	0,59	0,91
	Innenoberfläche/inner surface	0,64	0,94
LNS-3	Luft/air	0,86	0,90
	Innenoberfläche/inner surface	0,80	0,95
GFK-2	Luft/air	0,73	0,64
	Innenoberfläche/inner surface	0,92	0,65
GFK-4	Luft/air	0,66	0,75
	Innenoberfläche/inner surface	0,63	0,38

4 Fazit

Durch die Verwendung von Sandwichmaterialien kann das Innenraumklima von Kälberhütten an heißen Tagen verbessert werden. Die Temperaturverläufe in solchen gedämmten Hütten folgen der Außentemperatur im Schatten. Ähnliche Effekte ergeben sich auch durch die Beschattung von Kälberhütten, allerdings müssen diese dann zu 90 % beschattet sein, was entsprechende Konsequenzen für den Aufstellungsort mit sich bringt.

Literatur

Lammers, B.P.; van Koot, J.W.; Heinrichs, A.J.; Graves, R.E. (1996): The effect of plywood and polyethylene calf hutches on heat stress. Applied Engineering in Agriculture 12(6): 741

Lippmann, I. (2005): Kälberhaltung im Außenklima – Ergebnisse eines Forschungsprojekts, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden, www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl

Möller, F.; Wieland, H.; Bockisch, F.-J.; Georg, H. (2001): LNS-Materialien optimiert: bessere Einsatzmöglichkeiten von LNS-Produkten aus natürlichen Materialien. Landtechnik 56(5): 336-337

Können technische Einrichtungen wie eine automatische Putzmaschine die Haltungsumgebung von Kälbern bereichern?

Does Technical Equipment Like an Automatic Brush Help to Enrich the Housing Environment of Calves?

Heiko Georg, Gracia Ude

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung
Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Kälbergruppenhaltung, Kälberputzmaschine, tiergerechte Haltung
Keywords: group housing of calves, calf brush, animal welfare

Zusammenfassung

Automatische Bürsten für Kühe gehören inzwischen zum Standardinventar in Milchviehställen.

Putzmaschinen für Kälber hingegen sind nicht bekannt. Zur Untersuchung der Akzeptanz einer automatischen Putzmaschine wurden 72 Kälber in sechs Wiederholungen in einen Versuch einbezogen. In Auslaufhaltung wurde eine automatische Putzmaschine, bestehend aus einer waagerechten und senkrechten Bürste, angeboten. In allen drei untersuchten Altersgruppen haben jeweils 98 % der Kälber die Putzmaschine genutzt, wobei bevorzugt der Kopf geputzt wurde. Die Kälber haben zu jeder Tages- und Nachtzeit die Putzmaschine genutzt, verstärkt in der Zeit zwischen 20 und 22 Uhr.

Summary

Automatic brushes for dairy cows are today's standard inventory of free stall barns. In contrast to that, using automatic brushes for calves is unusual.

To evaluate the acceptance of an automatic brush for calves, 72 group housed calves were examined in six repetitions. An automatic brush, consisting of a vertical and a horizontal rotating brush was used within an exercise yard. 98 % of all calves in all of the three age groups used the automatic brush. Preferred part of the body used for grooming was the head. Calves used the brush night and day with a maximum between 8 and 10 p.m.

1 Einleitung

Im Bereich der Milchviehhaltung gehört der Einsatz einer automatischen Kuhputzmaschine inzwischen zur Standardeinrichtung von Kuhställen, obwohl ein direkter ökonomischer Nutzen in Form einer höheren Milchleistung nicht nachweisbar ist. Die Kuhputzmaschine gehört zum Inventar, weil sie das Wohlgefühl der Tiere sichtbar verbessert und weil sie eine Art Ersatz für fehlende natürliche Pflegeeinrichtungen wie Bäume und Büsche darstellt (GEORG und TOTSCHEK 2001).

Bei der Gruppenhaltung von Kälbern, die zum Teil noch mit einem ökonomischen Minimum an Liegefläche gehalten werden, sind solche zusätzlichen Beschäftigungsmöglichkeiten im Allgemeinen nicht vorgesehen (SAMBRAUS 1980). Auch wenn Langeweile in der angewandten Ethologie als eines der Hauptprobleme in der Kälberhaltung angesehen wird (SAMBRAUS 1980), finden sich in der Literatur wenige Untersuchungen, in denen Rindern unterschiedlichen Alters Spielzeuge oder ähnliche Elemente in der Haltungsumgebung angeboten wurden (MORROW-TESCH 1996).

Aufgrund der positiven Erfahrungen mit automatischen Putzmaschinen für Milchkühe lag es nahe zu prüfen, ob diese Technik auch von Kälbern in gleichem Maß akzeptiert werden könnte.

Innerhalb eines Projekts mit 144 Kälbern zur ökologischen Kälbergruppenhaltung wurde daher als ein Teilaspekt zur Förderung der natürlichen Verhaltensweisen die Akzeptanz einer automatischen Putzmaschine durch Kälber untersucht.

2 Material und Methoden

Zur Untersuchung dieses Teilaspektes standen 72 weibliche Kälber der Rasse deutsche Holstein in sechs Wiederholungen zur Verfügung. Die Kälber wurden von einem Betrieb ausgeliehen und mit einem durchschnittlichen Alter von 35 Tagen im Haltungssystem ungedämmten Stall mit strukturiertem Auslauf aufgestallt.



Abb. 1: Aktives Kalb an der Putzmaschine
Fig. 1: Automatic brush used by a calf

Jedem Kalb standen 2,25 m² mit Stroh eingestreute Liegefläche zur Verfügung, der Fressbereich mit möbliertem Nachtränkebereich umfasste 1 m² je Kalb und die Auslauffläche mit Rindenmulch betrug 11 m² je Kalb. Neben der automatischen Putzmaschine waren einige Spielelemente integriert. In der Liegefläche wurde ein Ball mit 17 cm Durchmesser in Kopfhöhe eines stehenden Kalbes aufgehängt, im Auslauf lag ein

Ball mit 55 cm Durchmesser und zudem wurde eine Spielwand als Strukturelement aufgebaut.

Die automatische Putzmaschine wurde ursprünglich für die Sauenhaltung entwickelt. Sie besteht aus einer waagerechten und senkrechten rotierenden Bürste, die durch leichtes Anheben der waagerechten Bürste für 30 Sekunden eingeschaltet wird (Abb. 1).

Die Datenaufnahme über das Einschalten der Putzmaschine erfolgte in vier Wiederholungen kontinuierlich im Sekundentakt über Datenlogger, wodurch die Häufigkeit und die Dauer registriert wurden.

An drei Terminen in sechs Wiederholungen wurden zusätzlich über jeweils 24 h Videoaufnahmen aufgezeichnet. Beim ersten Termin waren die Kälber zwischen 40–71 Tage alt, beim zweiten zwischen 72–84 Tage und beim dritten zwischen 85 und 98 Tage alt. Bei der Videoauswertung wurden auch die passiven Körperpflegeaktionen erfasst. Dadurch ergibt sich ein Unterschied zwischen der Erfassung der (aktiven) technischen Laufzeit der Maschinen und der beobachteten Beschäftigungsdauer (aktiv und passiv).

Die Datenauswertung der Datenlogger erfolgte statistisch mit Hilfe des Kendall τ-Korrelationskoeffizienten und zeigt den Lernerfolg der Kälber im Umgang mit einem technischen Gerät.

Die Videodatenaufnahme erfolgte mit der continuous-sampling-Methode in eine angepasste Excel-Datenbank. Die Daten wurden mit dem Statistikpaket SAS 9.1 aufbereitet und geprüft. Da die Prüfung auf Normalverteilung negativ ausfiel, erfolgte die statistische Auswertung mit nicht-parametrischen Verfahren.

3 Ergebnisse

Die Auswertung der Videodaten zeigt, dass in allen drei Altersgruppen die Putzmaschine von 98 % der Kälber genutzt wird.

Die aktive mittlere Einschaltdauer der Putzmaschine liegt in den ersten drei Wochen nach dem Einstallen bei ca. 500 sec/d und steigt auf durchschnittlich 1 300 sec/d. Das heißt, die Kälber nutzen mit zunehmender Erfahrung die Putzmaschine häufiger, wobei etwa 30–40 Tage nach dem Einstallen eine Sättigung eintritt. Die „Lernerfolgskurve“ der Kälber folgt in etwa dem Polynom 2. Grades (Abb. 2).

Die tageszeitliche Nutzung zeigt eine verstärkte Aktivität von 150–300 sec/h in den Abendstunden zwischen 20 und 22 Uhr, gegenüber ca. 100 sec/h im Tagesverlauf (Abb. 3).

Die Gesamtputzdauer, d. h. die aktive und passive, pro Tier und Tag reduziert sich jedoch mit zunehmendem Alter von 9 Minuten in der Altergruppe 40–71 Tage auf 4 Minuten und 30 Sekunden im Alter zwischen 85–98 Tagen. Dabei entfällt 72–75 % der Putzzeit in allen Altersgruppen auf den Kopf. Der Rumpf wird zunächst 7 % der Zeit geputzt und mit zunehmendem Alter entfallen 17,5 % der Zeit auf den Rumpf. Der Hals hingegen wird mit zunehmendem Alter weniger geputzt, so dass die Anteile von 18 % auf 9 % sinken (Abb. 4)

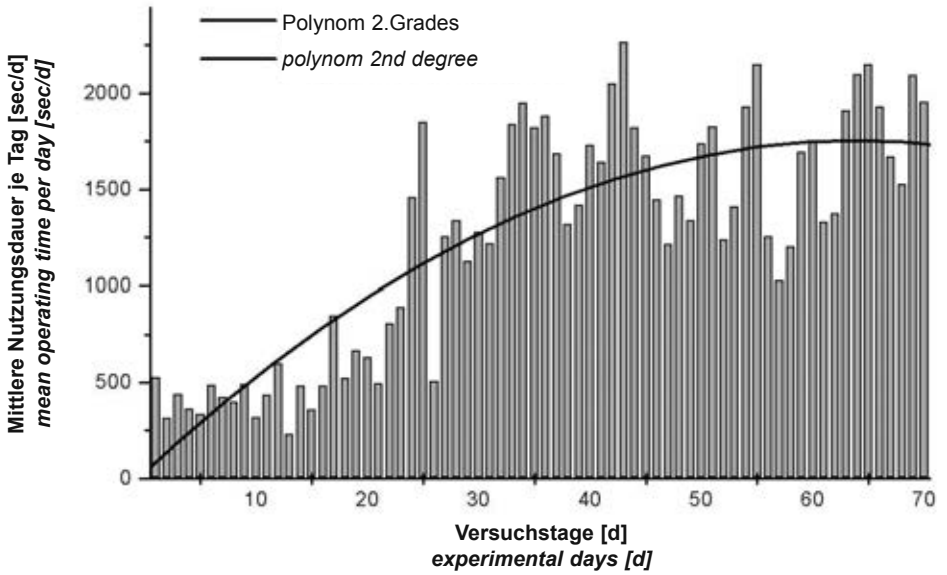


Abb. 2: Mittlere Nutzungsdauer der automatischen Putzmaschine je Tag in Abhängigkeit zur Versuchsdauer
Fig. 2: Mean operating time per day depending on duration of experiment

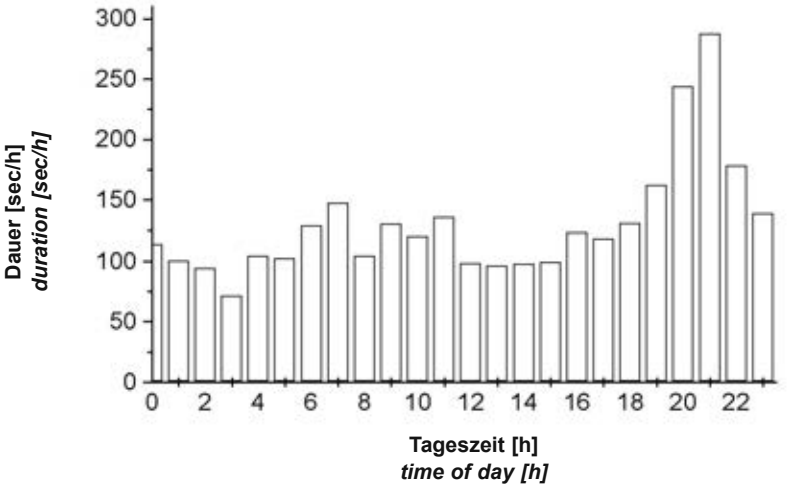


Abb. 3: 24-h-Profil der Putzmaschinen-Nutzung
Fig. 3: 24-h-profile of calf brush usage

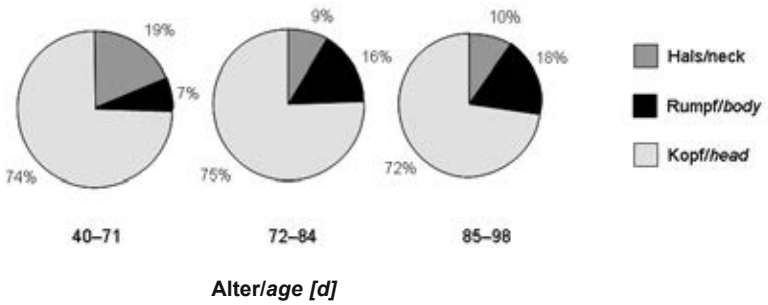


Abb. 4: Pflegeverhalten der Kälber unterschiedlicher Alterstufen
Fig. 4: Grooming behaviour of calves at different age levels

4 Fazit

Die Putzmaschine gehörte als besondere Pflege- und Beschäftigungseinrichtung zu den beliebtesten Elementen im strukturierten Auslauf der optimierten Gruppe. Sie wies als einzige Pflege- und Spieleinrichtung eine konstante Nutzung über alle Altersstufen hinweg von 98 % aller Kälber auf. Auch wenn dabei altersabhängig weniger Zeit (möglicherweise passiv) mit der Putzmaschine verbracht wurde, wie die Videoauswertungen belegen, wurde die aktive Nutzung der Putzmaschine mit zunehmendem Alter größer.

Literatur

Georg, H.; Totschek, K. (2001): Untersuchung einer automatischen Putzmaschine für Milchkühe. Landtechnik, Vol. 56, Nr. 4, S. 260–261

Morrow-Tesch, J. (1996): Environmental Enrichment for dairy calves and pigs. Animal welfare Information Center Newsletter, Vol. 7, No. 3–4

Sambraus, H.H. (1980): Humane considerations in calf rearing. J.H.M.M.C.M. Groenestein (Ed.) animal Regulation Studies 3: 19–22

Einsatz einer Kühldecke mit wasserdurchflossenen Wärmeleitprofilen zur Zuluftkühlung in einem Sauenstall

Lowering Air Temperature for Sows by Means of Water Conducting Panels

CHRISTINA JAIS, FRANZ FREIBERGER

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

Schlüsselwörter: Kühlung, Lufttemperatur, Sauen
Keywords: cooling, air temperature, sows

Zusammenfassung

In einem Stall für 140 Sauen wurde von 2003–2006 die Wirkung einer Kühldecke vor allem auf die Temperatur der Stallluft gemessen. Die Kühldecke befindet sich im Zentralgang eines massiven, zwangsbelüfteten Stalles, von wo aus die Zuluft über Porenkanäle in die Stallabteile gelangt. Die Kühldecke ist 30 m lang, 1,8 m breit und besteht aus insgesamt 390 m wasserdurchflossenen Wärmeleitprofilen.

An heißen Sommertagen mit Temperaturen von über 30 °C wurde die Lufttemperatur durch die Kühldecke um 4–5 K gesenkt. Die Kühldecke nahm bis zu 64 kWh je Meter Profillänge Energie aus der Luft auf.

Bei Investitionskosten von etwa 11.700 € lief das System störungs- und wartungsfrei. Kosten für Kühlwasser entstanden wegen der Entnahme aus eigenen Brunnen nicht. Für den laufenden Betrieb der Kühldecke fielen Stromkosten von etwa 1,89 € je Einsatztag (12 Stunden Laufzeit) an.

Die erzielte Temperaturabsenkung im Stallgebäude führte zu einer deutlichen Verbesserung der Arbeitsplatzqualität und zu einer erheblichen Entlastung der Tiere.

Summary

In a stable for 140 sows the effect of a cooling system was studied. The cooling system, 30 m long, 1.8 m wide and consisting of 13 parallelly arranged aluminium panels through which water is conducted, is situated in the corridor of the artificially ventilated and insulated building.

With outdoor temperatures above 30 °C the cooling system lowered air temperature by 4–5 K and absorbed 64 kWh per meter panel.

Installation of the cooling system costed 11.700 €, daily costs for electrical power were about 1.89 €. Up to now the system caused no technical problems.

Lowering ambient temperature improved the conditions for the sows and for the working people.

1 Einleitung und Zielsetzung

Hohe Umgebungstemperaturen stellen für Schweine eine starke körperliche Belastung dar. Der „Grenzwert" ist dabei abhängig vom Alter der Tiere und von ihrer Produktionsphase. Bei strohloser Haltung wird für säugende Sauen aufgrund ihrer durch die Milchbildung verursachten hohen Stoffwechselwärme eine Raumtemperatur von maximal 20 °C empfohlen – als Kompromiss mit den höheren Temperaturansprüchen der Saugferkel. Der Anspruch der Sauen liegt deutlich niedriger; im Deck- und Wartestall sollen bei strohloser Haltung 18–20 °C nicht überschritten werden. Gravierende Folgen überhöhter Temperaturen ergeben sich aus einer verringerten Futteraufnahme mit geringerer Milchleistung bei erhöhtem Abbau von Körpermasse der Sauen während der Säugezeit sowie aus einer reduzierten Fruchtbarkeit. Im Bereich des Tierverhaltens können vermehrte Unruhe und Aggressivität beobachtet werden [1–3].

Obwohl etliche technische Verfahren zur (Zu-)Luftkühlung zur Verfügung stehen, hat sich bisher kein Standardverfahren etablieren können. Die überwiegende Zahl der Schweinestallungen wird ohne technische Kühlung errichtet. Hinderungsgründe sind die zum Teil sehr hohen Investitionskosten, mangelnde Funktionssicherheit, ein erheblicher Wartungsaufwand und zu geringe Erfahrung im Hinblick auf die Kühlwirkung.

In vorliegender Untersuchung wurde der Einsatz einer Kühldecke, bestehend aus wasserdurchflossenen Wärmeleitprofilen, im Zuluftweg eines Zuchtsauenstalles zur Kühlung der Stalllufttemperatur überprüft. Dieses System zur Kühlung von Zu- bzw. Raumluft wird u. a. zur Klimatisierung von Büroräumen verwendet [4].

Die Untersuchungen fanden im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsvorhaben „Verbundprojekt für artgerechte, umweltgerechte und wettbewerbsfähige Tierhaltungsverfahren" auf einem der 34 bayerischen Pilotbetriebe statt. Zu diesem Verbundprojekt liegen weitere Untersuchungen in Form von Heften der LfL-Schriftenreihe und LfL-Informationen vor.

2 Beschreibung des Kühlsystems

Die Messungen wurden in einem neu gebauten Zuchtsauenstall (140 Sauen) durchgeführt. Beim Versuchsstall handelt sich um ein Massivgebäude in Ziegelbauweise mit Zwangslüftung. Die Abteile für säugende Sauen, Deckzentrum und Wartestall gehen kammförmig vom gemeinsamen Zentralgang aus. Die Aufzucht der abgesetzten Ferkel findet nicht in diesem Stall statt.

Die am Betrieb installierte Kühldecke befindet sich im 34 m langen und 1,80 m breiten Zentralgang des Zuchtsauenstalles, in ca. 2,50 m Höhe, und erstreckt sich über 30 m Länge und die gesamte Breite des Zentralganges. Die Zuluft tritt über die nordseitige, oberhalb der Kühldecke gelegene Öffnung direkt in den Zentralgang ein. Da die Eintrittsöffnungen in die Zuluftkanäle (Porenkanäle) der einzelnen Abteile unterhalb der Kühldecke liegen, muss die Zuluft die Kühldecke passieren (Abb. 1).

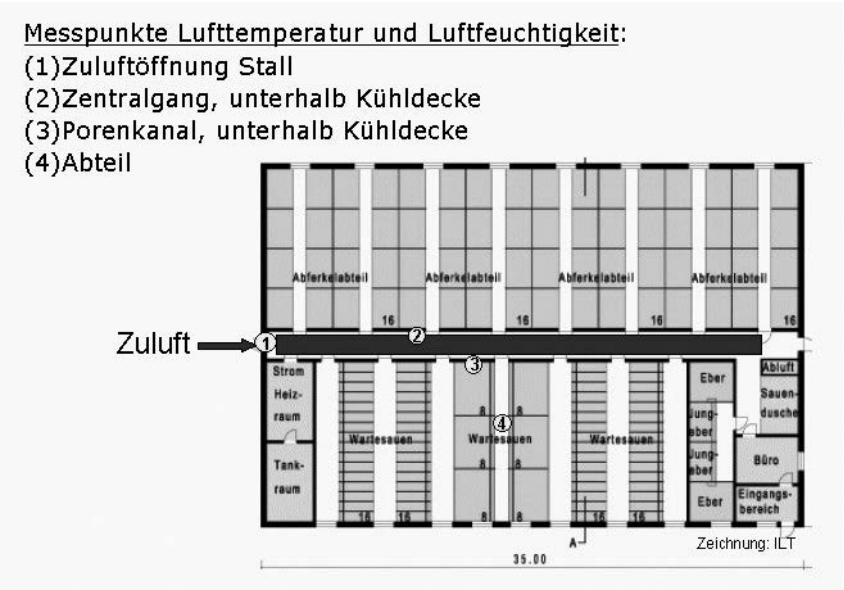


Abb. 1: Lage der Kühldecke (Draufsicht) sowie der Messpunkte für die Lufttemperatur
Fig. 1: Position of the cooling system and measuring points of air temperature



Abb. 2: Kühldecke
Fig. 2: Cooling system

Die Kühldecke besteht aus insgesamt 65 Wärmeleitprofilen von je 12 cm Breite und 6 m Länge. Die einzelnen Profile sind auf 13 parallel laufende Kühlstrecken aufgeteilt, wobei jede Kühlstrecke aus fünf hintereinander angeordneten Wärmeleitprofilen besteht. Die Wärmeleitprofile bestehen aus schwarz eloxiertem Aluminium mit beiderseits glatter Oberfläche. Sie sind fest mit dem Wasser führenden Kupferrohr verpresst. Zwischen den parallel liegenden Wärmeleitprofilen und zur Wand ergeben sich Abstände von etwa 1,7 cm Breite, durch welche die Zuluft durchtreten kann. Insgesamt wurden 390 m Profillänge und 46,8 m² Kühlfläche installiert (Abb. 2).

In der Kühldecke zirkuliert das Wasser in einem geschlossenen System, wobei das kalte Vorlaufwasser über die gesamte Kühlstrecke auf

einer Länge von 30 m Wärme aus der Luft entzieht. Ein Wärmetauscher entzieht dem Kühlwasser die aus der Luft aufgenommenen Energie und sorgt so für die Abkühlung des warmen Rücklaufwassers. Die Kühlung im Wärmetauscher erfolgt durch Grundwasser, das aus einem von zwei eigens für die Kühlung angelegten Brunnen entnommen und in einem Zwischenbehälter (300 l) in einem Stallnebenraum kurzzeitig bevorratet wird. Mit Hilfe eines zweiten Brunnens wird das durchlaufende, „verbrauchte" Grundwasser wieder ins Erdreich zurückgeführt. Eine Vermischung von Grundwasser mit dem in der Kühldecke zirkulierenden Wasser erfolgt nicht. Um eine Schwitzwasserbildung auf den Wärmeleitprofilen zu vermeiden, kann die Wassertemperatur im Vorlauf erhöht werden. Dies geschieht, derzeit noch von Hand gesteuert, durch ein Zumischen von Wasser aus der Rücklaufleitung in den Vorlauf. Die Förderung des Brunnenwassers erfolgte durch eine 1,5-KW-Tauchpumpe (max. 8 m³/h), die Bewegung des Wassers in der Kühldecke durch eine 0,3 KW-Umwälzpumpe. Die Kühlleistung des Systems wurde bei der Planung auf etwa insgesamt 22 KW oder 60 W/m Profillänge ausgelegt.

3 Ergebnisse

3.1 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit, Kühlwirkung

Die Kühldecke wurde zum Sommer 2003 in Betrieb genommen. In den Jahren 2003 und 2004 fanden folgende Messungen statt:

- Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit von Zuluft und Stallluft mittels Datalogger im 15-Minuten-Intervall (Messpunkte siehe Abb. 1)
  - unmittelbar beim Eintritt der Zuluft in den Stall (MP 1; 2003 und 2004)
  - im Zentralgang unterhalb der Kühldecke (MP 2, 2004)
  - im Eingangsbereich eines Zuluftkanals eines Abteils (MP 3, 2003 und 2004)
  - in einem mit Wartesauen belegten Abteil (MP 4, 2004)
- die Leistungsdaten der Kühldecke mittels Wärmemengenzähler im 1-Minuten-Intervall (2003) bzw. im 3-Minuten-Intervall (2004)
  - die in der Kühldecke zirkulierende Wassermenge
  - die Vorlauftemperatur des Wassers
  - die Temperaturspreizung von Vorlauf- und Rücklaufwasser
  - die von der Kühldecke aufgenommene Wärmemenge

Bei 48 Messtagen von Anfang Juni bis Ende August 2003 lief die Kühldecke an 32 Tagen, etwa im Zeitraum von 10–24 Uhr. Bei 28 Messtagen von Anfang bis Ende August 2004 lief die Kühldecke an acht Tagen, etwa im Zeitraum von 12–22 Uhr.

Der Betriebsleiter schaltete die Kühlung erst bei Außenlufttemperaturen über 25 °C ein. Das Ein- und Ausschalten erfolgte von Hand. Während der Laufzeit der Kühlung betrug die Lüfterleistung der Zwangslüftung etwa 70 % von insgesamt 30 000 m³/h.

Die Wirkung auf Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- An Tagen, an denen die Kühldecke nicht in Betrieb genommen wurde, lagen die Lufttemperaturen von Messpunkt 1 (Lufteintritt in Stall = Außenluft), von Messpunkt 2 (Zentralgang, unterhalb = nach Kühldecke) und von Messpunkt 3 (Eingang in Zuluft-

kanal des Stallabteils) auf gleichem Niveau. Die Temperatur im Stallabteil (Messpunkt 4) lag im Vergleich dazu etwa zwei Kelvin höher (Abb. 3).

- Wurde die Kühldecke in Betrieb genommen, konnte die Lufttemperatur an MP 2 (Zentralgang, unterhalb=nach Kühldecke) und MP 3 (Eingang in Zuluftkanal des Stallabteils) um bis zu vier Kelvin gegenüber der Außenluft (MP 1) abgesenkt werden. Dadurch konnte die Lufttemperatur im Stallabteil (MP 4) auf dem Niveau der Außenluft gehalten werden (Abb. 4).

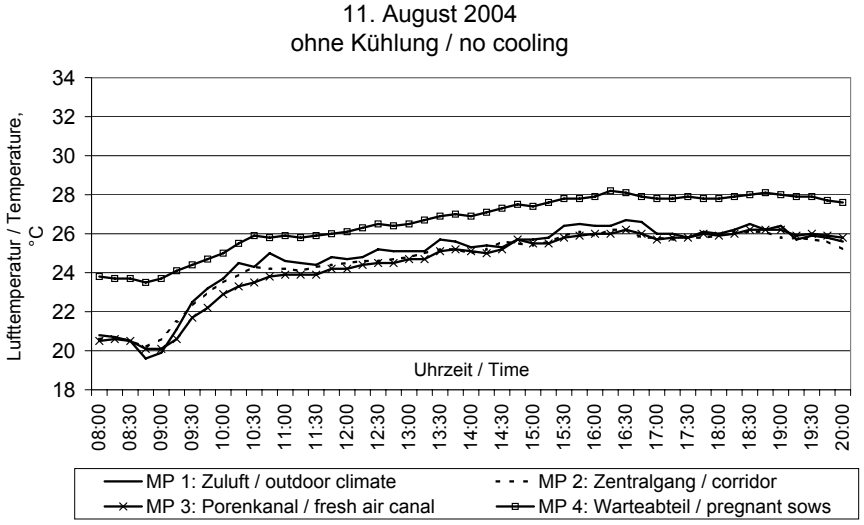


Abb. 3: Lufttemperaturen an einem Tag ohne Kühlung
Fig. 3: Air temperatures without cooling

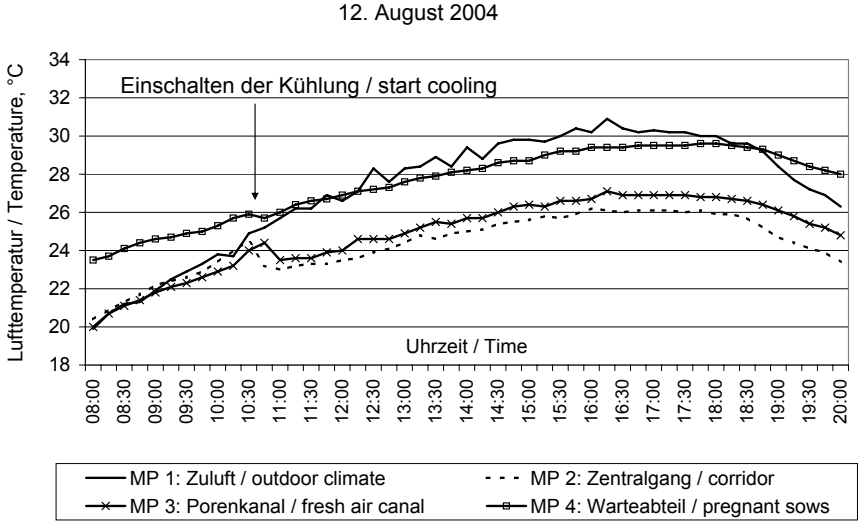


Abb. 4: Lufttemperaturen bei Einsatz der Kühldecke
Fig. 4: Air temperatures while cooling (start at 11:00)

- Durch den kühlungsbedingten Rückgang der Lufttemperaturen stieg die relative Luftfeuchtigkeit in Zentralgang und Stallabteil im Vergleich zur Außenluft (Zuluft) an.
- War die Kühldecke in Betrieb, nahm sie im Mittel der heißesten Tagesphase (i. d. R. nachmittags) in Abhängigkeit von der Zulufttemperatur bis zu 25 KWh je Stunde auf. Die Temperatur des Wasservorlaufs lag mit bis zu 20 °C etwa 10–15 K unter der Zulufttemperatur.

3.2 Investitions- und Betriebskosten

Für die Installation der Kühldecke fielen an: Kühlprofile 4.483,- €, Wärmetauscher 1.483,- €, verschiedenes Material 1.825,- €, Montage 1.936,- €. Für die beiden Brunnen wurden Ausgaben für Maschinen und Material in Höhe von 1.068,- € und 910,- € fällig. Insgesamt beliefen sich die Kosten für Kühldecke und Brunnen damit auf 11.700,- €.

Die Betriebskosten je 12 Stunden Einsatz (entspricht etwa 1 Einsatztag) betrugen in den Jahren 2003–2006 etwa 1,89 € (Strompreis 15 Ct/KWh). Als Betriebskosten zählen die Stromkosten zum Betreiben der beiden Wasserpumpen (ermittelt aus Pumpenleistung und Einsatzzeiten). Kosten für Wasserverbrauch (4 m^3/h) fallen am Untersuchungsbetrieb wegen der Wasserentnahme aus dem eigenen Brunnen nicht an. Ebenso waren im Untersuchungszeitraum 2003–2006 keine Aufwendungen für Reparaturen entstanden.

Literatur

[1] Bauförderung Landwirtschaft (Hrsg.) (1997): Sauenhaltung und Ferkelaufzucht. Baubrief 37. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, ISBN 3-7843-2863-6

[2] Bolduan, G. (1993): Hitzestreß: So halten Sie Ihre Schweine fit. top agrar, Heft 7/1993: 14–16

[3] Top Agrar (Hrsg.) (2000): Fruchtbarkeit im Sauenstall. Fachbuch, Landwirtschaftsverlag Münster, ISBN 3-7843-3045-2

[4] www.Lindner-Holding.de

Mechanische Eigenschaften von Rinderklauen

Characterization of the Mechanical Quality of Cattle Claws

MICHAEL KLINDTWORTH[1], STEFAN SCHWENGERS[1], MICHAEL EISE[2]

[1] Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Am Krümpel 31, D-49090 Osnabrück

[2] DLG e.V., Testzentrum Technik und Betriebsmittel, Max-Eyth-Weg 1, D-64823 Groß-Umstadt

Schlüsselwörter: Rinderklauen, Prüfverfahren, Zugfestigkeit, Härte, Rasse, Stallboden
Keywords: cattle, claws, mecanical features, standardized test procedure, hardeness, breed, floor conditions

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie erfolgt eine vergleichende Beschreibung ausgewählter mechanischer Eigenschaften von Rinderklauen anhand standardisierbarer Prüfkriterien. Dazu wurden insgesamt 138 Klauen bzw. Klauenabschnitte (Vorder-, Hinter- sowie Innen- und Außenklauen) der Rassen Holstein-Friesian und Fleckvieh aus verschiedenen Haltungssystemen u.a. auf °Shore-C Härte (Druckfestigkeit) und Reißfestigkeit hin untersucht. Ergänzend wurden u.a. Wasser-, Fett- und Rohaschegehalt bestimmt.

Erwartungsgemäß unterschied sich die Härte innerhalb der Klaue in Abhängigkeit der anatomisch bedingten Belastung. So lag die Wandhärte nach °Shore-C bei beiden Rassen deutlich über der Sohlen- und Ballenhärte. Geschlecht, Rasse sowie der Boden im Haltungsverfahren hatten einen wesentlichen Einfluss auf die Klaueneigenschaften. Kuhklauen hatten eine größere Variation der Einzelwerte als Bullenklauen. Fleckviehklauen waren insgesamt härter als die der Holstein-Friesian und wiesen signifikant niedrigere Rohfettwerte auf. Die Ballenhärte der Kühe aus Anbindehaltung war höher als die Ballenhärte der Klauen auf Stroh oder auf Spaltenboden.

Summary

The presented investigations were carried out to describe the mechanical quality of cattle claws by testprocedures, which can be standardized. Over all 128 samples of claws or claw-parts (front-, rear-, inner and outer claw) of Holstein-Friesian and Simmental breed from different stable floors were taken. The samples were tested to water content, to hardness (procedure related to °Shore-C) and to tearing forces.

As expected the hardness within a claw depended to the related impact. The horn of the wall was harder than that of sole and bulb. Sex, breed and floor had also an influence of the mechanical quality. Claws of cows showed higher variability than those of fattening bulls. Simmental claws were somewhat harder than Friesians and the solear claw parts which came from tethered animals were harder than those from straw or slatted floor.

1 Einführung

In vielen Milchviehbetrieben steigt die Zahl der Milchkühe mit Klauenproblemen an. Mögliche Ursachen können beispielsweise in der Fütterung, in der Beeinflussung der Klaue durch feuchte Oberflächen, in mangelnder Stallhygiene oder auch in der Genetik liegen. Es ist zu erwarten, dass Klauenpflege und Klauenpflegemittel deshalb zukünftig eine wachsende Rolle bei der Prävention von Klauenerkrankungen spielen werden. Für die vergleichende Bewertung entsprechender Präparate ist es notwendig, die „üblichen" Eigenschaften von Rinderklauen zu kennen. Mit der vorliegenden Untersuchung sollten deshalb zunächst physikalisch-chemische Eigenschaften von Rinderklauen beschrieben werden, die auf der Basis standardisierbarer Prüfverfahren erhoben werden können.

2 Material und Methode

Es ist bekannt, dass das Wachstum des Klauenhorns von einer Vielzahl Faktoren beeinflusst werden kann. Um derartige Einflüsse vergleichend einordnen zu können, wurden jeweils die linken vorderen Außenklauen zweier Rassen aus verschiednen Haltungssystemen von Schlachtkühen in Nord- und Süddeutschland gesammelt.

Um bei gegebener Anlieferung von Schlachtkühen eine gezielte Auswahl treffen zu können, wurden einerseits die Informationen vom Rinderpass (Eingrenzung des Lebensalters auf 48–54 Monate) und andererseits die Aussagen der Viehhändler zur Haltung auf Stroh/Spalten/Anbindehaltung/Laufstall berücksichtigt. So wurden insgesamt 88 Klauen von Milchkühen der Rasse Holstein-Friesian (HF) erfasst und 30 Klauen Milchkühe der Rasse Fleckvieh (FV). Ergänzt wurde das Material um 20 vordere Mastbullenklauen (FV) vom Spaltenboden.

Die Proben wurden oberflächlich feucht von Kotresten gereinigt, ca. 30 Minuten an der Luft abgetrocknet und anschließend in nummerierten Kunststoffbeuteln verpackt und teilweise tiefgefroren.

Bei allen Klauen wurde zunächst die Klauenfeuchte durch eine Messung der elektrischen Leitfähigkeit mit einem Holzfeuchtemessgerät (Fa. Bollmann Elektronik Systeme GmbH, Typ H-DI 3.10) bestimmt. Die Messwerte werden in „Punkten" angegeben. Für die Referenzmessung unter Laborbedingungen wurde die Klauenwand abgetrennt und im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Anschließend wurde eine °Shore-C Härtemessung an Klauenwand, -sohle und -ballen mit einem entsprechenden Messgerät durchgeführt.

Danach erfolgte die Gewinnung der Prüfkörper in Anlehnung an DIN 53504 für die Reißprobe aus dem Horn (Abb. 1). Dies erfolgte mit einer Labor-Handstanze (Fa. Naef Maschinen-Werkzeugbau, Zürich, Modell B/36-AL). Die Prüfung dieser Proben auf Zerreißfestigkeit erfolgte mit einer Prüfmaschine (Fa. TIRA Maschinenbau GmbH, Typ TIRA-Test 27025). Ermittelt wurde die zum Zerreißen notwendige Kraft F_{max} [N] und die dabei eintretende Streckung S_{max} bis zum Zerreißen [mm].

Um den Einfluss der Tiefkühlkonservierung auf die Messergebnisse quantifizieren zu können, wurden 16 vordere Außenklauen und 16 hintere Innenklauen von verschiedenen Tieren nach dem Säubern für 72 Stunden bei -20 °C gelagert. Das Auftauen dieser

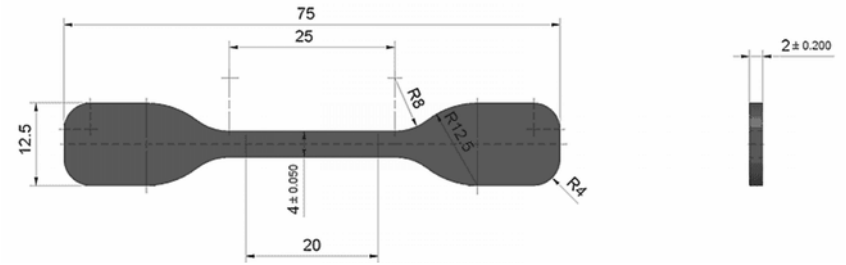


Abb. 1: Form und Abmessungen [mm] der Prüfkörper für die Prüfung auf Reißfestigkeit
Fig. 1: Form and dimension [mm] of the samples for the tearing-test procedure

Proben erfolgte bei 10 °C über 12 Stunden im geöffneten Gefrierbeutel. Anschließend wurden die Parameter Klauenfeuchte, °Shore-C härte und Reißfestigkeit wie oben beschrieben ermittelt.

Für eine ergänzend durchgeführte chemische Untersuchung wurden von insgesamt 76 Klauen je 25–30 g Hornmaterial aus der seitlichen Klauenwand mit einer Bandsäge abgetrennt, trocken von Unreinheiten befreit und vakuumverschweißt. Alle Proben wurden bei 3 °C gelagert und von der LUFA Oldenburg auf Wassergehalt, Rohfett, Stickstoff (Kjeldahl-Methode) und Rohaschegehalt hin untersucht.

3 Ergebnisse

Bei den 20 untersuchten Bullenklauen wurde ein Feuchtegehalt von 25,7 % (± 2,1) ermittelt. Bei den Kuhklauen ergab sich bei insgesamt 60 Proben (Analysewerte der LUFA) ein Feuchtegehalt von 26,2 % (± 2,0). Die Bestimmung der Hornfeuchte mit Hilfe des Holzfeuchtemessgerätes führte zu unterschiedlichen Ergebnissen. Bei den Bullenklauen ergab sich ein enger Zusammenhang zwischen der gemessenen elektrischen Leitfähigkeit und dem im Trockenschrank ermittelten Feuchtegehalt von $R^2 = 0{,}797$. Bei den Kuhklauen korrelierten die Werte lediglich mit $R^2 = 0{,}211$.

Die einfaktorielle Auswertung der Vorder- und Hinterklauen der Kühe zeigte statistisch abzusichernde Differenzen in einzelnen Merkmalen (Tab. 1). So lag die Streckung der vorderen Klauen mit 12,1 mm (± 3,7) signifikant über der Streckung der hinteren Klauen mit 10,2 mm (± 3,4). Der Gehalt an Rohfett lag signifikant unter dem der Hinterklauen. Die Ergebnisse deuten auf eine höhere Elastizität der Vorderklaue hin, die jedoch nicht mit signifikanten Unterschieden in der Reißfestigkeit (F_{max}) einhergeht. Die Ergebnisse der Sohlen- und Ballenhärtemessung sind nicht näher aufgeführt. Sie weisen ebenfalls nur geringe Abweichungen zwischen Vorder- und Hinterklauen auf.

Tab. 1: Einfaktorielle Auswertung ausgewählter Parameter von Vorder- und Hinterklauen bei Kühen
Tab. 1: Comparison of selected values of front and rear claws of cows

	Wandhärte *wall hardness* °Shore-C	F_{max} N	S_{max} N	Feuchte *water cont.* %	Rohasche *raw ash* % i.T.	Rohfett *raw fat* % i.T
n	32	32	32	16	16	16
Vorderklauen/*front claws*						
Mittelwert/*mean*	94,2	237,2	12,1*	27,8	0,98	0,79*
Min.	90,0	83,1	2,4	25,6	0,55	0,67
Max.	97,6	565,4	18,4	30,3	1,52	0,95
StdAbw./*StdDev.*	1,8	115,5	3,7	1,3	0,29	0,07
Hinterklauen/*rear claws*						
Mittelwert/*mean*	93,9	219,1	10,2*	27,6	0,89	0,86*
Min.	90,4	95,4	3,2	23,7	0,65	0,72
Max.	97,2	449,3	16,3	30,6	1,10	0,94
StdAbw./*StdDev.*	1,5	92,4	3,4	1,7	0,15	0,07

* p = 0,05; ** p = 0,01; *** p = 0,001

Der Vergleich der Ergebnisse von gefrorenen, wieder aufgetauten Klauen (n = 32) mit denen der frisch verarbeiten (n = 32) ließ bei den °Shore-C Wand-, Sohlen- und Ballenhärtemessungen keinerlei Einfluss erkennen. Auch die elektrische Leitfähigkeit (Holzfeuchtemessgerät) und die Streckung wurden nicht messbar beeinflusst. Ein signifikanter Unterschied (p = 0,01) konnte jedoch bei der Reißfestigkeit (F_{max}) belegt werden. Dabei ist die Reißfestigkeit bei Klauen, die tiefgefroren waren, im Durchschnitt mit 263,3 N (± 106,5) gegenüber 193,0 N (± 90,3) bei den frisch bearbeiteten um 70,3 N höher.

Die Auswertung des Parameters „Haltungssystem" ergab folgende Ergebnisse: Die elektrische Leitfähigkeit (Holzfeuchtemessgerät) bei den Klauen aus Anbindehaltung lag im Mittel bei 17,0 Punkten (± 2,1). Die Klauen waren somit signifikant (p = 0,001) trockener als die Klauen von Spalten (22,8 Punkte; ± 3,5) und von Stroh (22,7 Punkte; ± 2,5). Die Leitfähigkeit der Klauen der auf Spalten oder Stroh gehaltenen Tiere unterschied sich nicht. Ein Härteunterschied der Klauenwand und -sohle konnte bei keinem Haltungssystem signifikant abgesichert werden. Dagegen unterschied sich die Ballenhärte bei Haltung auf Spalten mit 66,9 °Shore-C (± 7,0) von der auf Stroh mit 61,8 °Shore-C (± 6,9) signifikant (p = 0,01). Diese beiden Haltungen unterschieden sich dazu hochsignifikant (p = 0,001) von der Anbindehaltung mit 76,5 °Shore-C (± 7,6). Im Untersuchungskriterium Reißfestigkeit unterschieden sich die Haltungen nicht.

Die statistische Auswertung der Messergebnisse nach Rassen weist darauf hin, dass sich die Wandhärte der Klauen von Holstein-Friesian- und Fleckviehkühen in dieser Studie nur unwesentlich unterscheidet. Die Sohlen- und Ballenhärte zeigt jedoch, ebenso wie der Rohaschegehalt und der Rohfettgehalt, signifikante Unterschiede bei den Rassen (Tab. 2).

Tab. 2: Ausgewählte Klauenparameter von Holstein-Friesian und Fleckviehkühen
Tab. 2: Selected parameters of claws from Holstein-Friesian and Simmental cows

	Klauenhärte/*hardness of*			Feuchte *Watercont.*	Rohasche *rawash*	Rohfett *rawfat*
	Wand *wall*	Sohle *sole*	Ballen *bulp*			
	°Shore-C			%	% i.T.	% i.T.
n	40	40	40	40	40	40
Holstein-Friesian/*Holstein-Friesian*						
Mittelwert/*mean*	94,7	71,9***	63,1*	26,8	0,84*	0,79***
Min.	86,6	60,8	53,2	23,0	0,39	0,55
Max.	98,2	81,6	77,6	30,3	1,52	0,97
StdAbw./*StdDev.*	2,3	5,8	6,3	1,7	0,26	0,09
n	30	30	30	20	20	20
Fleckvieh Simmental						
Mittelwert/*mean*	95,8	81,3***	71,7*	25,1	0,76*	0,93***
Min.	90,6	70,6	58,6	21,4	0,51	0,76
Max.	99,4	93,4	87,2	29,6	1,28	1,18
StdAbw./*StdDev.*	1,7	6,4	7,6	2,0	0,24	0,12

* p = 0,05; ** p = 0,01; *** p = 0,001

4 Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

In der vorliegenden Studie wurden ausgewählte physikalische und chemische Eigenschaften von Rinderklauen an 138 Proben erfasst und beschrieben. Erwartungsgemäß ergaben sich bei der Auswertung der Daten erhebliche Streuungen. Besonders auffällig waren diese Streuungen bei der Reißfestigkeit. Trotz sorgfältiger Probenvorbereitung wurden Zugkraftwerte zum Zerreißen ermittelt, die um Faktor sieben variierten. Nach Fiedler et al. (2004) wachsen Klauen etwa 4 mm/Monat. Bei einer relevanten Prüfkörperkörperlänge von 25 mm werden so ca. 6 Monate Hornwachstum einschließlich aller „natürlichen" Schwankungen wiedergegeben. Es ist daher zu empfehlen, die Probengröße deutlich zu reduzieren und eventuell die Anzahl Proben je Klaue zu erhöhen.

Um hormonelle und haltungsbedingte Schwankungen bei der Probandenauswahl zu reduzieren, könnten zukünftig vor allem vorderen Außenklauen von Mastbullen genutzt werden, da hier die Streuung der Einzelwerte am geringsten war. Bei der Weiterentwicklung der Prüfverfahren sollten mechanische und chemische Parameter gemeinsam betrachtet werden. Es ist zu vermuten, dass die Leitfähigkeitsmessung als indirektes Maß für den Wassergehalt an Bedeutung gewinnen wird, weil sie auch am lebenden Tier angewandt werden kann. Allerdings setzt dies große Sorgfalt bei der trockenen Oberflächenreinigung der Klaue voraus. Der Rohfettgehalt war bei den Hinterklauen signifikant höher als bei den Vorderklauen. Grund dafür könnte die höhere gangartbedingte Belastung sein. Dauerhafte Belastungsänderungen, wie sie bei zahlreichen Klauenerkrankungen auftreten, könnten so über dieses Merkmal miterfasst werden. Anzumerken ist,

dass die oben beschriebenen Untersuchungen bei augenscheinlich „gesunden“ Klauen von Schlachttieren durchgeführt wurden. Ob die erarbeiteten Ergebnisse übertragbar sind, wenn krankhafte Veränderungen an der Klaue vorliegen, bleibt offen. Es besteht also noch erheblicher Untersuchungsbedarf zur Entwicklung eines standardisierten Prüfverfahrens für Rinderklauen, mit dem zukünftig dann auch die Bewertung von Klauenpflegemaßnahmen und -wirkstoffen erfolgen kann.

Literatur

Fiedler, A.; Maierl, J.; Nuss, K. (2004): Erkrankungen der Klauen und der Zehen des Rindes. Stuttgart, Schattauer GmbH, ISBN 3-7945-2114-5

Schwengers, Stefan (2006): Eigenschaften des Klauenhorns von Rindern. Diplomarbeit Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften u. Landschaftsarchitektur

Danksagung

Die Studien wurden mit freundlicher Unterstützung des DLG-Testzentrums in Groß-Umstadt und in fachlicher Abstimmung mit Prof. Dr. K. Müller und Dr. C. Mülling von der FU Berlin realisiert. Die Probenahme erfolgte auf den Schlachthöfen Düren und Pfarrkirchen. Allen Beteiligten sei herzlich gedankt.

Effect of Drink Troughs Location and their Different Technical Solution on Water Amount received by Dairy Cows in Stable

Die Positionierung und technische Ausführung von Tränken und deren Einfluss auf die aufgenommene Wassermenge bei Milchkühen im Stall

PETR MILÁČEK, JIŘÍ VEGRICHT, ANTONÍN MACHÁLEK, PAVEL AMBROŽ

Research Institute of Agricultural Engineering, Drnovská 507, P. O. Box 54, CR-161 01 Prague 6

Keywords: dairy cows, water consumption, temperature, drink trough location
Schlüsselwörter: Milchkühe, Wasseraufnahme, Temperatur, Positionierung

Summary

Water consumption for drinking in dependence of the drink trough construction, its location and the temperature in the stable was monitored in long-term period for a group of 78 dairy cows of average milk yield of 17.5 l/day. During the experiment was found a significant effect of the drink trough location instable. Water reception at the trough located in the centre of the two-row backs was 60.3–68.7 % of total water consumption for drinking, at the trough situated at the end of the two-row only 31.3–39.7 %. Technical solutions have influenced water reception only slightly and the difference in water reception by cows from differently constructed troughs was maximum 8.4 %. There also was recorded the feeding and milking influence on water consumption during a day. In the feeding and milking time the water consumption increases by 200 % and more.

Zusammenfassung

Die Wasseraufnahme in Abhängigkeit von Konstruktion und Positionierung der Tränke sowie der Stalltemperatur wurde in einer Langzeitstudie für eine Gruppe von 78 Milchkühen mit einem durchschnittlichen Ertrag von 17,5 l pro Tag und Kuh aufgezeichnet. Dabei konnte die Signifikanz der Tränkeposition im Stall für das Trinkverhalten der Tiere nachgewiesen werden. An der Tränke in der Stallmitte wurden 60,3–68,7 % der insgesamt getrunkenen Wassermenge aufgenommen, während es an der Tränke am Ende der Reihen lediglich 31,3–39,7 % waren. Die technische Ausführung der Tränken beeinflusste die Menge des aufgenommenen Wassers nur geringfügig und belief sich auf maximal 8,4 % für die unterschiedlichen Konstruktionen. Auch der Einfluss von Fütterungs- und Melkzeiten auf die Wasseraufnahme wurde untersucht. Während dieser Zeiten erhöhte sich die Menge des getrunkenen Wassers um 200 % und mehr.

1 Introduction

Water is important for feed digestion and nutrient utilisation. It must be taken in account that e.g., for production of 1 l milk the dairy cow needs 4–5 l water (including that contained in feed). The lack of water can cause milk yield reduction and in extreme cases serious health problems. A sufficient amount of water also is a condition of correct and effective thermoregulation of, animal organism within the period of increased temperature.

Water consumption for drinking depends mainly on the type of animal. The milk yield, the ambient temperature and the water content in bulk feed (ADAMS et al. 1995).

Water reception by animals is also influenced by its temperature and composition. The drinking water for livestock should be tasteless, clean, clear, odourless and safety from the health point of view.

Temperature and environment humidity significantly influence the amount of drinking (LINN 1991). The overheated organism causes increased water loss through evaporation and urination, but there is a reduced loss through excrements (BEEDE 1991). The drinking water reception is given by the Murphy´s equation (MURPHY 1983).

The technical solution of the drinking water system and its location in stable can influence water reception by dairy cows. The drinking equipment which insufficiently meets the physiological demands and requirements of the animals (limited access of cows to water place, large amount of cows per place, insufficient water reserve in drinker, insufficiently dimensioned water flow in the drinker etc. can unfavourably affect the total intake of water.

Long-term investigation of water consumption on a dairy farm for a group of 78 cows was carried out with the purpose to gain a better understanding of the through construction and positioning and influence of temperature on water intake of dairy cows.

2 Material and Methods

The drinking water consumption was monitored in a six-row, free, litterless, box stable for dairy cows with a width of 32 m and mixing wagon feeding (preparing TMR). The stable is equipped with a natural ventilation through opened side walls and a ridge shot. The dairy cows are milked twice a day in the herring-bone parlour.

In the stable are housed in total 312 dairy cows in four groups, each consisting of 78 cows. For monitoring the production group of 78 dairy cows was chosen where predominate the red-spotted breed in 170–240 days of location with a average mil yield of 17.5 l/day. That group is housed in one of four closed stable sections.

Two drinking troughs are installed in the group, one of them is located at the centre of the two-row of box beds and one at its margin, close to the manipulation corridor as shown in Figure 1.

The drinking trough at the centre serves as control and has not been changed during the experiment. The troughs located close to the central corridor were changed after

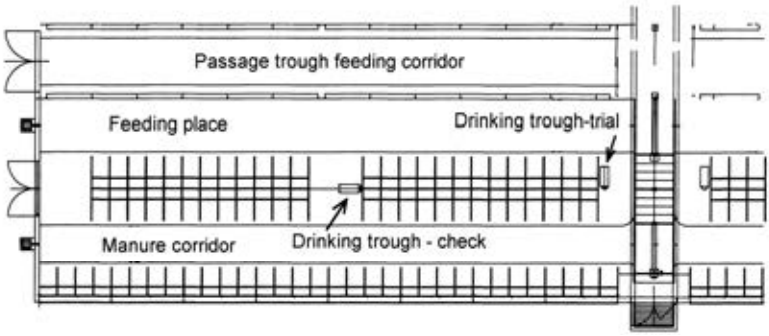


Fig. 1: Scheme of drinking troughs location in stable
Abb. 1: Schema der Tränkenpositionierung im Stall

certain time. The effect of that change on water reception as well as on total water consumption was monitored.

The amount of consumed water was continually measured by water-meters with a built-in transmitter of impulses; transmitting 1 impulse per each consumed litre of water. This approach enables to record the water consumption in 5-minute intervals during the whole measuring time.

Closely to the drinking troughs a scanner and recorder is situated. Together with teh LOGGER S 3631 the ambient air temperature and relative humidity was recorded.

The acquired data were stored in regular intervals for further processing.

In total six differently designed drinking troughs situated in various places in the stable were monitored. Their technical parameters are listed in Table 1.

The drinking trough located at the centre of the two-row box beds served as control and during the trials it has not been changed. The second trough, which is a part of the experiment, was situated at the margin of the two-row box beds and its intention was to prove the effect of the technical solution and location in stable on water reception by dairy cows. That trough was dismantled in regular intervals and replaced by other tested trough.

Tab. 1: Parameters of evaluated drink troughs
Tab. 1: Parameter der bewerteten Tränken

Parameter	Evaluated drink troughs					
	A	B	C	D	E	F
Volume, l	103	206	165	305	300	307
Width, mm	590	590	660	690	700	x
Length, mm	1 500	3 000	1 280	1 750	2 450	x
Height, mm	905	905	800	800	800	800
Diameter, mm	x	x	x	x	x	1 280
Water surface size, m²	0,34	0,68	0,49	0,87	1,02	1,03
Length of accessible edge, mm	1 740	1 740	1 850	1 660	1 700	3 250
Water surface width, mm	400	400	460	600	600	1 180

3 Results and discussion

The acquired results are presented in the following graphs and tables. From the results presented in Figure 2 it is evident that a properly designed and dimensioned drinking trough has no significant effect on water reception by dairy cows. Difference in water reception between the troughs tested (location at the margin of the two-row box beds) and the control trough (at the centre) is small and did not exceed 8.4 %.

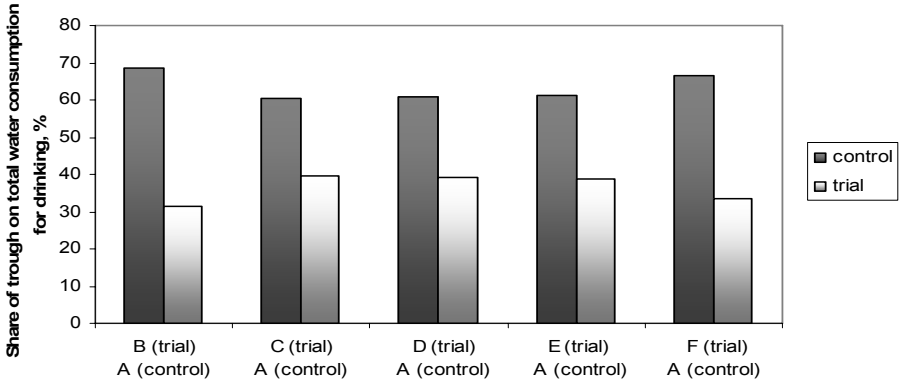


Fig. 2: Share of trough on total water consumption for drinking
Abb. 2: Anteil der Tränke an der gesamten getrunkenen Wassermenge

The dominant effect on water reception by dairy cows has the location and number of drinking troughs in the stable. Midwest Plan Service suggested a minimum of one water location or two feet of accessible trough perimeter for every 15–20 cows (Bickert 1997). In all cases the highest drinking water consumption was in the troughs situated at the centre of the two-row box beds and the least at its margin. It was proved unambiguously that the trough location at the centre and margin of the box beds row is not useful. The acquired results have shown that suggestion of construction – disposition solution of stable requires to locate the drinking troughs in such way that the access paths and distances between the feed trough, bed and drinking trough were approximately identical. Practically this means e. g., to locate the drinking troughs in equal distances in the box beds row while sufficiently dimensioned passing way between the bed and feeding place is maintained.

Water consumption by dairy cows also significantly fluctuates during a day. Cows consume 50–60 % of the total daily water intake immediately after milking (Beede 2005). Figure 3 shows a typical course of water consumption during the day. Water consumption in this graph is expressed by the water amount consumed in half-hour intervals during a whole day. The least consumption of drinking water is within the night and the highest in the afternoon. From Figure 3 it is also evident that the drinking water consumption is related to milking and feeding. It is possible to record two significant peaks of the drinking water consumption connected very likely with milking and feed portioning into the trough. These results also support a hypothesis that the dairy cows receive more drinking water shortly after the milking process.

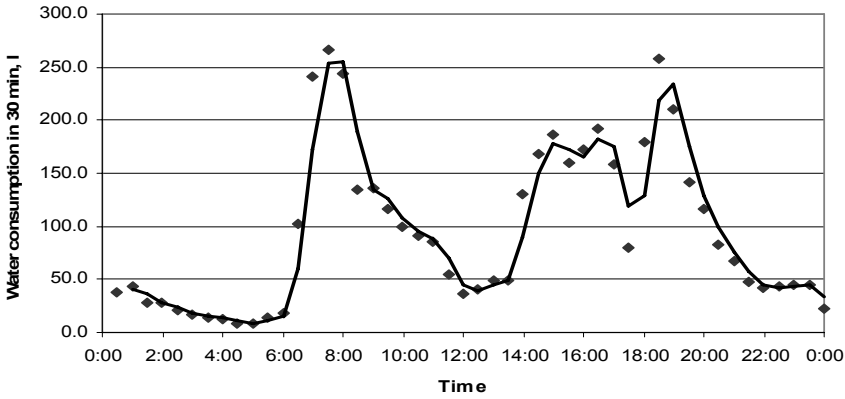


Fig. 3: Typical course of water consumption for drinking of 78 dairy cows during a day
Abb. 3: Typischer Verlauf der Wasseraufnahme bei 78 Milchkühen während eines Tages

4 Conclusions

In the 6-row free box stable was monitored in a long-term period the water consumption of a group of 78 dairy cows, mostly of the red-spotted breed with average milk yield of 17.5 litres per day. Investigated was the water reception from totally 6 differently designed drink troughs situated at the centre and at the end of the box beds row. The inner temperature of the stable was measared continually and its effect on the drinking water consumption was evaluated. It was found a significant effect of drinking trough location in the stable. Water reception at the trough situated at the centre of the 2-row box beds was 60.3–68.7 % of total drinking water consumption, meanwhile at the trough situated at the end only 31.3–39.7 % in dependence on technical solution of the drink trough. The effect of the technical solution of the drinking trough was in fact poor and its maximum was 8.4 %. It was also found effect of feeding and milking on water consumption during a day. The water consumption increased by 200 % and more during feeding and milking. The least water consumption for drinking is at night.

Acknowledgement

This article was worked-up in connection with solution of the research project VUZT MZe 0002703101.

References

Adams, R.S. (1995): Calculating drinking water intake for lactacing cows. Dairy Reference Manual (NRAES-63). Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service

Beede, D.K. (1991): Water for dairy cattle: quality and cooling effects. Proceedings from the Southwest Nutrition and Management Conference. University of Arizona

Beede, D.K. (2005): Western Dairy Management Conference, Reno Nevada

Bickert, W.G. (1997): Dairy Freestall Housing and Equipment. Iowa State University, Ames, IA: Midvest Plan Service

Murphy, M.R. (1983): Factor affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. Journal of Dairy Science 66: 35–38

Linn, J.G. (1991): Water quality for dairy and beef cattle. Proceedings from the Four State Applied Nutrition Conference. Lacrosse, WI

Flüssigfütterung von Mastschweinen am Kurztrog mit Sensor – Einfluss der Troglänge auf Leistung und Verhalten

Liquid Feeding of Fattening Pigs at a Short Trough with Sensor – Effect of Trough Length on Performance and Behaviour

UTE SCHOPFER, CHRISTINA JAIS, KLAUS REITER, WALTER PESCHKE

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

Schlüsselwörter: Mastschweine, Flüssigfütterung, Sensor, Troglänge, Zunahmen, Verhalten
Keywords: fattening pigs, liquid feeding, sensor, troughlength, weight gain, behaviour

Zusammenfassung

Für eine Sensorflüssigfütterung von Mastschweinen wurden drei verschiedene Troglängen miteinander verglichen. In der Endmast standen für jeweils 12 Tiere/Bucht Tröge der Länge 1,25 m, 1,50 m und 1,75 m zur Verfügung. In der Vormast wurden 18 Tiere (Sommer) bzw. 20 Tiere (Winter) je Bucht aufgestallt. Die Tagesfuttermenge wurde in acht über den Tag verteilten Mahlzeiten vorgelegt.

Die Troglänge hatte nur auf die Dauer der Mahlzeiten einen signifikanten Einfluss. Die Mahlzeiten am kürzesten Trog dauerten länger als die Mahlzeiten am mittellangen und am langen Trog. Da jedoch weder die Mast- und Schlachtleistung, noch die Häufigkeit der aggressiven Aktionen während der Mahlzeiten und der Verdrängungen vom Trog signifikant von der Troglänge beeinflusst wurden, wird eine Troglänge von 1,25 m für 12 Endmastschweine und für 18–20 Vormasttiere als ausreichend bewertet.

Summary

Three differently long troughs were tested for fattening pigs fed by means of sensor controlled liquid feeding. Pens for 12 finishing pigs weighing 55 kg to 115 kg were equipped with troughs measuring 1.25 m, 1.50 m or 1.75 m. During the first five weeks of fattening period 18 pigs were kept in the same pen during summer and 20 pigs during winter. Daily feed amount was offered in eight portions.

Only the time needed to empty the trough was significantly influenced by the trough length. Pigs stood longer at the shortest trough than at the longer ones. As weight gain, carcass quality and behavioural criteria were not affected by trough length, a trough length of 1.25 m for 12 finishing pigs (55–115 kg) and 18–20 pigs from 30 kg to 55 kg is considered to be enough

1 Einleitung und Zielstellung

Die sensorgesteuerte Flüssigfütterung wurde bisher vor allem in Großgruppen ab etwa 25 Tieren/Bucht eingesetzt; es existieren bisher wenig Erfahrungen zum Einsatz in Kleingruppen. Des Weiteren sind die Beratungsempfehlungen zum Tier-Fressplatz-Verhältnis noch nicht einheitlich. Seit der Einführung dieses Fütterungssystems verschieben sich die Empfehlungen zusehends in Richtung eines engen Tier-Fressplatz-Verhältnisses. Unabhängig von der Gruppengröße wird unter ökonomischen und futterhygienischen Gesichtspunkten ein möglichst weites Tier-Fressplatz-Verhältnis angestrebt, unter Wahrung einer guten Tierleistung und bei Vermeidung von unnötigen sozialen Spannungen innerhalb der Schweinegruppe. Aus mehreren Untersuchungen mit anderen Fütterungsverfahren ist bekannt, dass ein erweitertes Tier-Fressplatz-Verhältnis zu verschärfter Konkurrenz um das Futter, mehr Aggressionen am Futtertrog, kürzeren Fressdauern, schlechteren Tageszunahmen und einem Auseinanderwachsen der Tiere einer Gruppe führen kann [1–4].

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, den Einfluss der Troglänge auf die Leistung und auf das Verhalten von Mastschweinen in einer Kleingruppe zu klären, um daraus eine Empfehlung für die Troglänge in der Kleingruppe abzuleiten. Weiterhin sollten Erfahrungen mit dem beschriebenen Fütterungssystem gesammelt werden, insbesondere mit dem Einsatz von Mahlzeiten anstatt von Fütterungsblöcken und den speziellen Einstellungen wie Anzahl und Uhrzeit der Mahlzeiten, Festlegung der Zu- und Abschläge sowie dem Einsatz in einem Außenklimastall.

Die Untersuchungen fanden im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsvorhabens „Verbundprojekt für artgerechte, umweltgerechte und wettbewerbsfähige Tierhaltungsverfahren“ auf einem von 34 bayerischen Pilotbetrieben statt. Zu diesem Verbundprojekt liegen weitere Untersuchungen in Form von Heften der LfL-Schriftenreihe und LfL-Information vor.

2 Material und Methode

Hierfür wurden drei verschiedene Troglängen und damit drei verschiedene Tier-Fressplatz-Verhältnisse bei Mastschweinen miteinander verglichen. In der Endmast von 55 kg bis 115 kg Lebendmasse standen für jeweils 12 Tiere/Bucht Tröge der Länge 1,25 m, 1,50 m und 1,75 m zur Verfügung. Im Mastabschnitt von 30 kg bis 55 kg Lebendmasse wurden 18 Tiere (Sommer) bzw. 20 Tiere (Winter) je Bucht aufgestallt. Gemäß der Einstellung der Fütterungsanlage wurde die Tagesfuttermenge in acht über den gesamten Tag verteilten Mahlzeiten vorgelegt. Über den im Trog installierten Sensor wurde die Zeitspanne vom Ausdosieren des Futters bis zur vollständigen Leerung des Troges erfasst. Dabei führte eine kurze Futterverzehrszeit zu Mengenzuschlägen bei den folgenden Mahlzeiten. Lange Verzehrsdauern wurden als Anzeichen eines geringen Appetits der Tiere interpretiert und führten zu Mengenabschlägen bei den folgenden Mahlzeiten.

Als Kriterien zur Beurteilung der Troglängen wurden die Mastleistung (tägliche Zunahmen in Vor- und Endmast, Mastdauer), die Schlachtleistung (Muskelfleischanteil, Speck- und Fleischmaß, Bauchpunkte, Preisklasse), die Dauer der Futteraufnahme (Dauer

der Mahlzeiten) und die Häufigkeiten von aggressiven Aktionen und Verdrängungen unter den Tieren während der Mahlzeiten herangezogen. Die Mast- und Schlachtleistung wurde auf Einzeltierbasis, die Verhaltensmerkmale wurden auf Gruppenbasis erhoben. Insgesamt standen zur Beurteilung der Mast- und Schlachtleistung in der Endmast 12 Wiederholungen je Behandlungsstufe zur Verfügung (3 Durchgänge x 4 Mastgruppen je Durchgang und Troglänge) und zur Beurteilung der Verhaltensmerkmale 8 Wiederholungen (2 Durchgänge x 4 Mastgruppen je Durchgang und Troglänge). Die Verhaltensmerkmale wurden nur in der Endmast erhoben. Je Durchgang kamen in der Endmast 144 Schweine zum Einsatz, insgesamt also 432 Tiere für die Mast- und Schlachtleistung (3 Durchgänge) und 288 Tiere (2 Durchgänge) für die Verhaltensbeobachtungen.

3 Ergebnisse

Die Troglänge hatte nur auf die Dauer der Mahlzeiten einen signifikanten Einfluss. Dabei begann die Mahlzeit mit dem Ausdosieren des Futters am Ventil. Ihr Ende war definiert als der Zeitpunkt, zu dem seit mindestens einer Minute weniger als drei Tiere am Trog fraßen. Entsprechend dieser Festlegung dauerten die Mahlzeiten am kürzesten Trog mit nur 1,25 m Länge länger als am mittellangen und am langen Trog (415 Sekunden/Mahlzeit (kurzer Trog) zu 311 Sekunden/Mahlzeit (mittellanger Trog) bzw. 319 Sekunden/Mahlzeit (langer Trog)). Da jedoch weder die Mast- und Schlachtleistung, noch die Häufigkeit der aggressiven Aktionen während der Mahlzeiten und der Verdrängungen vom Trog signifikant von der Troglänge beeinflusst wurden, kann unter den Bedingungen des am Versuchsbetrieb angewendeten Fütterungsregimes eine Troglänge von 1,25 m für 12 Endmastschweine und für 18–20 Vormasttiere als ausreichend bewertet werden.

Das Leistungsniveau war mit Zunahmen von 721 g/Tag in der Vormast und 848 g/Tag in der Endmast (bis zur 12. Mastwoche), einer Mastdauer vom Einstallen bis zur Schlachtung von 109 Tagen und 58,5 % Muskelfleischanteil gut. Im Mittel über alle Behandlungsstufen und Durchgänge ereigneten sich je Mahlzeit 12,3 aggressive Aktionen (1,96 aggressive Aktionen/Minute) und 5,9 Verdrängungen (0,98 Verdrängungen/Minute). Am 1,25 m langen Trog konnten dabei je Mahlzeit 16,1 aggressive Aktionen und 7,9 Verdrängungen beobachtet werden, am 1,50 m langen Trog 12,6 aggressive Aktionen und 5,9 Verdrängungen und am 1,75 m langen Trog 8,2 aggressive Aktionen und 3,8 Verdrängungen.

Literatur

[1] Baxter, M.R. (1981): Environmental design for the social behaviour of pigs during feeding. In: Modelling, Design and Evaluation if Agricultural Buildings, ED: Mc Cormack, J.A. D. The Scottish Farm buildings Investigation Unit: Aberdeen, Scotland: 89–96

[2] Barnett, J.L.; Hemsworth, P.; Cronin, G.; Newman, E.; Mc Callum, T.; Chilton, D. (1992): Effects of pen size, partial stalls and method of feeding on welfare related behavioural and physiological responses of group – housed pigs. Appl. Anim. Behav. Sci. 34: 207–220

[3] Kirchner, A. (2001): Untersuchungen zum Tier-Fressplatz-Verhältnis bei der Fütterung von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen an Rohrbreiautomaten unter dem Aspekt der Tiergerechtheit. FAT – Schriftenreihe Band 53, FAT, Tänikon

[4] Turner, S.P.; Dahlgren, M.; Arey, D.; Edwards, S. (2002) Effect of social group size and initial live weight an feeder space requirement of growing pigs given food ad libitum. Anim. Sci 75: 75–83

Der Melkmaschinenpulsator – Eigenschaften und Auswirkungen

Pulsator Characteristics and Effects on Milkability

Erwin Bilgery

BITEC Engineering, Rütistr. 15, CH-Romanshorn

Schlüsselwörter: Melken, Stress, Pulsator, Körperschall, Luftschall, Mastitis
Keywords: milking, stress, air-borne noise, structure-borne noise, pulsator, mastitis

Zusammenfassung

Eine Kuh kann ihr Leistungspotenzial nur ausschöpfen, wenn sie in einem Umfeld gehalten und gemolken wird, in dem sie sich wohlfühlt. Auch wenn eine neue Melkanlage nach ISO-Norm 5707 installiert wurde, kann der Melker Beobachtungen machen, die auf ungünstige Melkverhältnisse hinweisen. So zum Beispiel, dass die Kühe nicht freiwillig in den Melkstand gehen, dass sie während des Melkens unruhig sind, die Melkeinheiten abschlagen oder sich nicht vollständig ausmelken lassen. Resultate unserer Messungen zeigen, dass ein bisher wenig beachtetes Phänomen – Luftschall und Körperschall (Vibrationen) – Ursachen für dieses Verhalten sein können, und dass auch Pulsatoren Ursache von störendem Schall sein können.

Summary

Cows achieve their full yield potential in an environment where they feel comfortable. Even when milking machines are installed according to ISO 5707, operators of new milking parlours may notice not only advantages, but find signs of unfavorable conditions: a) Cows are unwilling to enter the milking parlour. b) Cows defecate before entering the milking parlour. c) Cows are restless and knock off the milking units. d) Cows do not allow that their udders are emptied completely. The results of our measurements and studies over the past two years show that theses behavioral changes can be caused by airborne noise und structure-borne sound (vibration). We also found that pulsators can be the source of such noise and vibration.

1 Einführung

In Europa gibt es nicht wenige Betriebe, die mit der Melkerei ihr Kreuz haben: Die Kühe fühlen sich beim Melken nicht wohl und geben die Milch nicht oder nicht vollständig ab. Und/oder die Eutergesundheit lässt zu wünschen übrig und die Tierarztkosten sind hoch. Die Suche nach den Ursachen erweist sich als komplexe Angelegenheit. Denn bei Melkproblemen spielen verschiedene Faktoren eine wichtige Rolle; und diese Faktoren beeinflussen einander zusätzlich noch. Neben falscher Bedienung und generellen Montagefehlern gibt es eine ganze Reihe von möglichen Ursachen, die es bei einer Sanierung zu untersuchen gibt.

Melkprobleme können auch von Pulsatoren verursacht werden. Diese Tatsache bleibt jedoch oft unentdeckt, ist doch die derzeit standardmäßig angewandte Pulsator-Prüftechnik nicht in der Lage, verschiedene Fehlfunktionen und Störungen von Pulsatoren zu erfassen.

2 Die herkömmliche Messtechnik und Auswertungsmethode

Die herkömmliche Prüfung von Pulsatoren wird mit einem Pulsatorprüfgerät durchgeführt, das mit einer Abtastrate von einer Millisekunde den Vakuumverlauf zwischen dem kurzen Pulsschlauch und dem Melkbecher misst. Dabei wird die Melkeinheit mit verschlossenen Zitzenbechern wie zum Melken in Betrieb gesetzt. Diese Prüfung beantwortet unter anderem die folgenden Fragen: Entspricht die Anzahl Pulsschläge (Doppelschläge pro Minuten) dem Sollwert? Ist das Betriebsvakuum im regulären Bereich? Ist die Phasentrennung und Phasendauer normgemäß? Ist die Differenz zwischen den beiden Kanälen innerhalb der Toleranzgrenze? Fällt das Vakuum in Phase b nicht unter die Grenze von 4 kPa unterhalb des Betriebsvakuums?

3 Messtechnik und Auswertungsmethoden von BITEC Engineering

Die Messgeräte und Auswertungsmethoden, welche die BITEC Engineering entwickelt und verwendet, unterscheiden sich in verschiedener Hinsicht von der Standard-Messung, die mit den marktüblichen Messgeräten ausgeführt werden können. Zum einen werden die Pulszyklen und Pulskurven mit BITEC-Messtechnik im Zitzenbecher und mit einer Abtastrate von 0.5 Millisekunden gemessen. Diese – im Vergleich zu marktüblicher Messtechnik – doppelt so hohe Abtastrate ergibt ein weitaus feineres und realistischeres Bild des Vakuumverlaufes. Die zweite Besonderheit der BITEC-Messtechnik: Bei der herkömmlichen Prüfung eines Pulsators werden von beiden Kanälen je fünf aufeinanderfolgende Pulszyklen gemessen und das durchschnittliche Ergebnis auf einem schmalen Kontrollstreifen ausgedruckt. BITEC Engineering dagegen speichert die erhobenen Daten jedes einzelnen Zyklus elektronisch und kann sie mit Hilfe von eigens entwickelten Programmen weiter interpretieren. So können etwa die Pulskurven einzeln oder kombiniert, und in weit höherer Auflösung dargestellt werden.

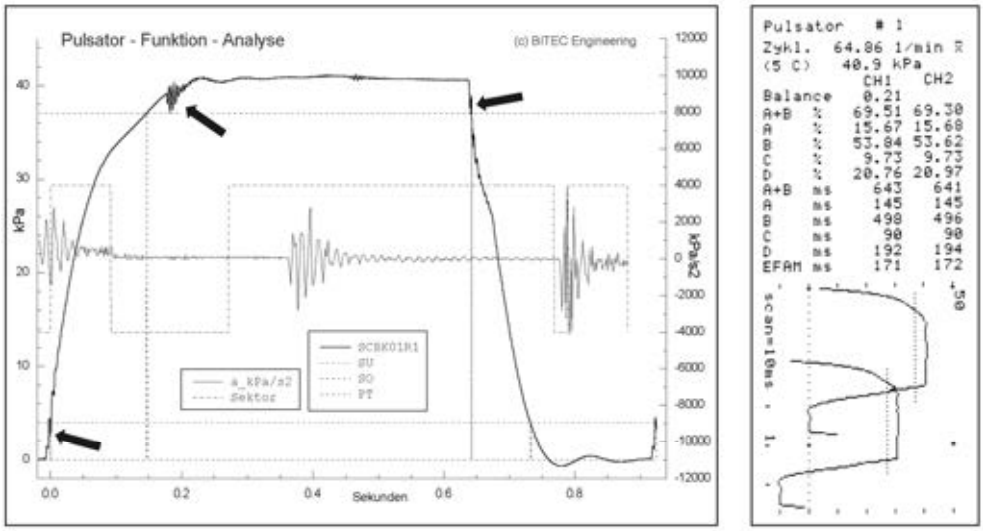


Abb. 1: Normalpulsation: Vergleichsweise Prüfung desselben Pulsators mit BITEC-Messgeräten (links) und mit einem herkömmlichen Pulsatorprüfgerät (rechts)
Fig. 1: BITEC functional analysis (left) of a pulsator and Standard test (right)

4 Einige Ergebnisse von BITEC-Messungen und deren Interpretation

In den letzten Jahren hat BITEC Engineering im Rahmen von Melkstandsanierungen, gerichtlichen Gutachten und Expertisen eine Vielzahl von Pulsatoren analysiert. Insbesondere bei elektrisch gesteuerten Pulsatoren wurden Phänomene beobachtet, die das Melkverhalten beeinflussen können. Untersucht wurden dabei u. a. A) die Prüfung der mech. Stabilität des Pulsators, B) die Prüfung der Vakuumstabilität, C) die Prüfung auf Pulsator verursachten Körper- und Luftschall und D) vom Pulsator verursachte Luftbeschleunigung.

ad A: Abbildung 2 zeigt den Unterschied zwischen einem mechanisch stabilen und einem weniger stabilen Pulsator. Im Idealfall (Abb. 2, links) weichen die aufgezeichneten Kurven kaum voneinander ab. Bei Pulsatoren mit geringerer mechanischer Stabilität verläuft der Vakuumauf- und -abbau bei jedem Zyklus unterschiedlich (Abb. 2, rechts). Dieser Test gibt Hinweise auf die Fertigungspraxis der Hersteller. So lässt sich auch eine „Pulsatorenfamilie" (alle Pulsatoren einer Anlage) hinsichtlich Konsistenz prüfen. Für störungsfreies Melken sind Pulsatoren mit hoher mechanischer Stabilität von Vorteil.

ad B: Prüfung der Vakuumstabilität. Die BITEC-Pulsator-Funktionsmessung kann auch Störungen des Melksystems in der Vakuumkurve nachweisen. Bei Abbildung 3a saugt ein Aggregat Luft. Die Luft, die zwischen Zitzenhaut und Zitzengummi entlang strömt, verursacht hörbare und messbare Schwingungen, die über den kurzen Pulsschlauch zu den anderen Zitzenbechern weitergeleitet werden. Bei Abbildung 3b schwankt die Vakuumhöhe in der Phase b wegen instabiler Vakuumversorgung der Melkanlage. Bei Abbildung 3c (dunkle Linie) findet ein Vakuumeinbruch statt. Beim hier getesteten Pul-

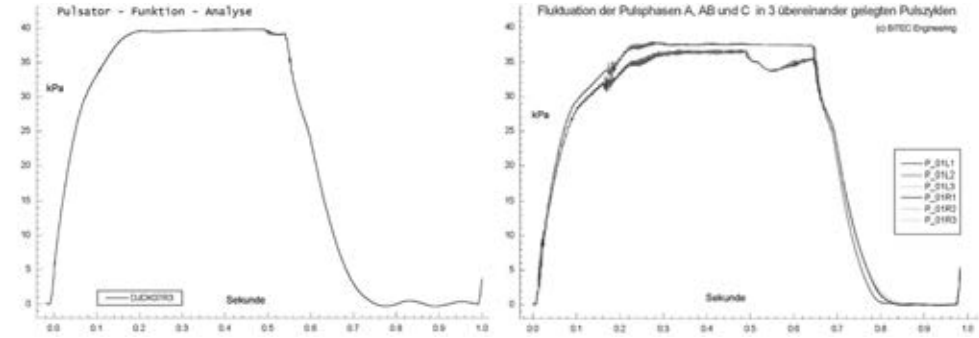


Abb. 2: BITEC-Messungen je eines Pulsators mit hoher mechanischer Stabilität (links) und mit geringerer technischer Stabilität (rechts)
Fig. 2: BITEC functional analysis showing an mechanically stable (left) und instable (right) pulsator

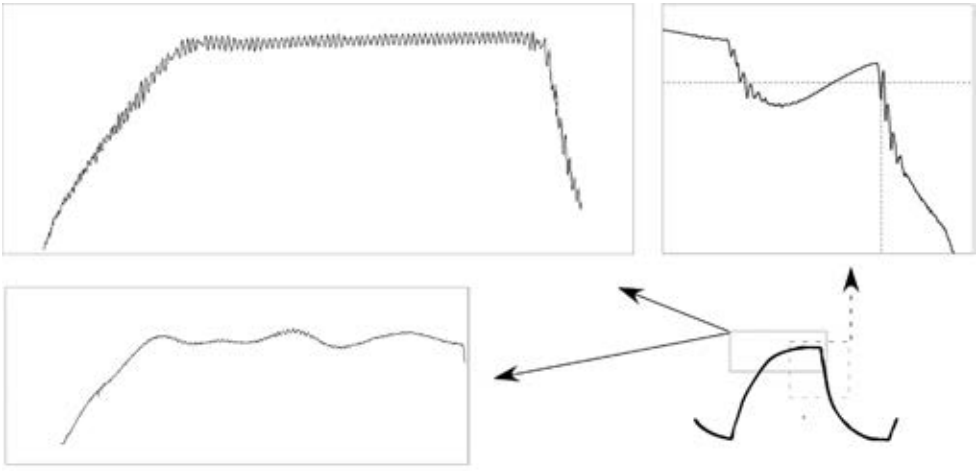


Abb. 3: Details von Messungen aus den Phasen a, b und c
3a) illustriert das Luftsaugen, 3b) zeigt eine instabile Vakuumversorgung, 3c) dunkle Linie: zeigt einen Vakuumeinbruch
Fig. 3: Details of a BITEC functional analysis:
3a) undesirable air sucking, 3b) unstable vacuum supply, 3c) vacuum break-down (dark line)

sator wurde ein (andere) Probleme verursachendes Rückschlagventil ersatzlos ausgebaut, was zu diesem Einbruch führt.

ad C: Prüfung von Körper- und Luftschall. Abb. 4a zeigt einen „rauschenden" oder „grunzenden" Pulsator. Dieser Luftschall wird auf den Zitzengummi übertragen und gelangt direkt auf die Haut des Tieres. Die Frequenz liegt bei +/- 200 Hz und wird von vielen Kühen als unangenehm empfunden. Die Melkbereitschaft endet vorzeitig.

Abbildung 4b zeigt die Ausschläge der Messkurve, das sogenannte „Knallen" zu Beginn der Entlastungsphase. Knallende Pulsatoren sind bis zu 108 Dezibel laut (gemessen an der Mundstücköffnung). Auch dieser Luftschall wird auf die mit der Zitze in Verbindung stehenden Aggregatsteile übertragen.

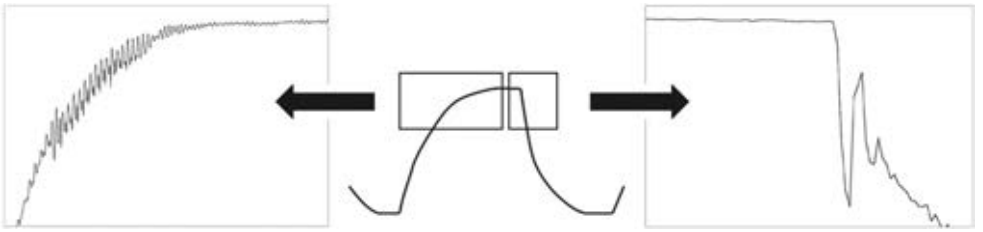


Abb. 4: Details von Messungen aus den Phasen a, b und c
4a) „rauscht" und „grunzt" der Pulsator, 4b) „knallt" der Pulsator
Fig. 4: Details of a BITEC functional analysis:
4a) „snoring" pulsator, 4b) „slaming" pulsator

5 Der BITEC – Pulsator

Pulsatoren können verschiedenartige störende Emissionen produzieren: Lärm, verursacht durch den Frischlufteintritt; Körperschall, infolge schneller Ankerbewegung und kraftschlüssiger Montage; Injektionen von nadelförmigen Druckwellen in das Vakuumsystem; Generierung von hochfrequenten Oberwellen in Richtung Melkzeug.

Der BITEC-Pulsator ist derart gebaut, dass diese Emissionen wegfallen oder stark reduziert sind. So wird das Ventil analog angesteuert. Die Ventilbewegung ist über den

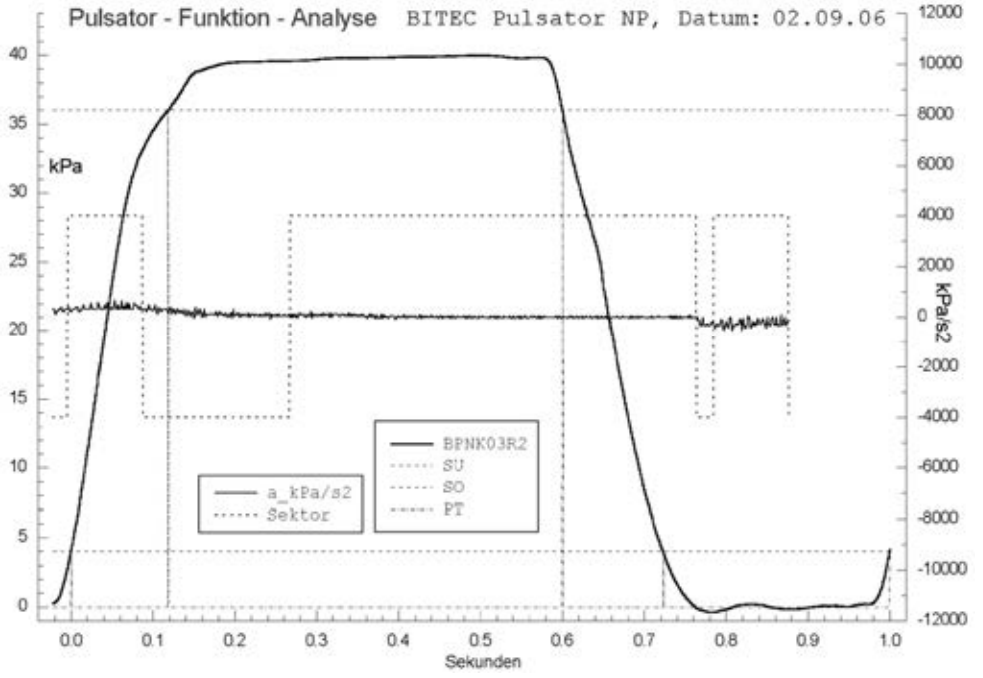


Abb. 5: Vakuumverlauf und Kenndaten des BITEC-Pulsators
Fig. 5: The result of a BITEC functional analysis of the BITEC pulsator

gesamten Weg kontrolliert. Somit kann zu Beginn einer Pulsphase der Ventildurchgang weich geöffnet werden. Sobald der Differenzdruck unter die kritische Marke fällt, wird die Durchflusskapazität derart reguliert, dass die Pulskurve die für das aktuelle Melksystem typische Form erhält. Unser Pulsator besitzt ein weiteres wichtiges Merkmal: Während des Schaltvorganges sind niemals gleichzeitig alle drei Anschlüsse (Vakuumversorgung, Pulsraum und Frischluftzufuhr) verbunden.

Mit diesen Maßnahmen ist es uns gelungen, die tierrelevanten pneumatischen Eigenschaften des Pulsators dem pneumatisch angetriebenen Pulsator anzugleichen. Unser Pulsator besteht aus wenigen, einfachen und robusten Bauteilen, somit wird ein überdurchschnittlich langer und störungsfreier Betrieb gewährleistet. Dieses bewährte Funktionsprinzip haben wir zum Patent angemeldet.

6 Schlussfolgerungen

Bisher wurde in der Melkforschung vor allem die Melkbereitschaft, der Milchfluss oder auch die Eignung des Zitzengummis, die Melkroutine und Melkdauer usw. untersucht. Unsere Messergebnisse zeigen nun, dass Pulsatoren die Milchabgabe einzelner Kühe oder sogar die Melkbereitschaft aller im Melkstand anwesenden Tiere stören können. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf in diesem Bereich. Die akkreditierten Prüfstellen könnten einen Beitrag zur Prävention von Ertragsausfällen durch hohe Zellzahlen, geringen Milchertrag oder Mastitis leisten, wenn sie diese neuen Erkenntnisse in ihre Arbeit einfließen lassen würden.

Literatur

Nosal, D.; Bilgery, E. (2002): Lärm- und Vibrationen im Melkstand, FAT-Bericht 625

Nosal, D.; Bilgery, E. (2002): Lärm und Vibrationen in Melkanlagen, AGRARForschung 9 (1): 4–7, 2002

Reduction of Heat Consumption for Washing and Disinfection of Milking Equipment

Senkung des Wärmeverbrauchs beim Spülen und Desinfizieren der Melkanlagen

JURIS PRIEKULIS, VALDIS ZUJS

Latvia University of Agriculture, J. Cakstes 5, Jelgava, LV-3001

Keywords: milking equipment, heat consumption, washing liquid, pipelines, economic effect
Schlüsselwörter: Melkanlagen, Wärmeverbrauch, Spülmittel, Rohrleitungen, ökonomische Effektivität

Summary

Possibilities to reduce heat consumption for washing and disinfection of milking equipment if milk lines and washing liquid pipes are covered with heat insulation materials are investigated. It has been stated that the best heat insulation materials are stone wool and mineral wool. The saved amount of heat in different types of milking equipment is calculated. It has been found out that in the climatic conditions of Latvia the payback time of the capital investments used for heat insulation of milk and washing liquid pipes is 5–8 years. If the price for electric energy will approach the price3 existing in the developed EU countries the payback time of the capital is achieved within 3–5 years.

Zusammenfassung

Die durchgeführten Forschungen haben die Möglichkeit der Senkung des Wärmeverbrauchs beim Spülen und Desinfizieren der Melkanlagen gezeigt, wenn eine Isolierung von Milch- und Spülmittelrohrleitungen eingesetzt wird. Es ist bestätigt worden, dass die besten Isolierungsmaterialien Stein- und Mineralwolle sind. Die eingesparte Wärmemenge ist für verschiedene Melkanlagen berechnet worden. Es ist klar geworden, dass sich die Investitionen bei Lettlands Klimabedingungen in 5–8 Jahren rentieren. Wenn sich die Elektroenergiepreise den Preisen der entwickelten Länder der EU nähern, dann kann die Amortisationszeit der Kapitalinvestitionen auf 3–5 Jahre reduziert werden.

1 Introduction

For washing and disinfection of the milking equipment a special solution of chemicals is used with a working temperature depending on the kind of the chemicals used. For instance, in Latvia the chemicals offered by the company WestfaliaSurge were recommended working temperature with a over 40 °C. Nevertheless, in cold cow barns that are popular now, in the winter period the ambient air temperature is lowered. Therefore, during the washing of the milking equipment faster cooling of the washing liquid occurs exceeding the recommended norms of the working temperature.

Similar problems can occur also in heated barons where the cows are handled tied and milked in the milk line if the length of the milk line reaches 100–150 m.

To eliminate this drawback the circulating in the milking equipment washing liquid is heated not only before it is used but additionally also during its circulation. But it is related to increased consumption of electric energy.

The aim of our research was to state the possibilities of reducing the heat consumption for washing and disinfection of milking equipment by covering the milk and washing liquid pipelines with heat insulation materials (Priekulis et.al. 2005). In today's milking equipment it is practically possible as the milk and washing liquid pipelines are made of stainless steal and not of glass.

2 Materials and Methods

The path of the washing liquid circulation in the milking equipment can be divided in four different stages: milk line (stage I), milk collection unit and the washing liquid reservoir (stage II), milking machines (stage III), and the washing liquid pipes (stage IV). The heat transition in the milk and washing liquid pipes from the washing liquid to the surrounding environment occurs through cylindrical surfaces and it can be described with the formulae given in the special literature (Treibus 1970, Nagla et al. 1982), but in the other cases – through surfaces of indefinite forms that are not subject to exact calculation. Therefore, for explanation of the total processes of the washing liquid cooling it was necessary to carry out not only theoretical but also experimental research and to elaborate a definite mathematical model (Zujs and Priekulis 2005, Priekulis et al. 2006).

The experimental research was carried out in laboratory conditions using the milking equipment with milk line ADM-8 that is widespread in Latvia. In the experiments the following was stated:

1. The numerical values characterising the heat loss when the cooling of the washing liquid circulating in the milking equipment in static and dynamic regime takes place.
2. The milk and washing liquid pipeline heat transition coefficients in cases when the corresponding pipes of the milking equipment were covered with the following heat insulation materials: foamed polyethylene, foamed plastic, stone wool that is covered with an aluminum foil, mineral wool, heat insulation material made in laboratory using the plastic outer pipe (with the diameter correspondingly 110 and 160 mm) and filling the gap between the pipes with construction foam.

3. The adequacy of the washing liquid cooling mathematical model elaborated in the result of theoretical and laboratory research with the experimental research.

During every experiment specific methods were applied. For instance, the heat transition coefficients were first determined for the milking equipment, milk collection unit and the washing liquid reservoir (for the stage II). Then gradually the other milking equipment stages were added.

In the result of the research the milking liquid mathematical model was elaborated by help of which the distribution of the heat losses was stated for the milking equipment with 100 cows in different situations.

Also the calculation of the economic efficiency of the application of heat insulation materials planning that for heat insulation of the milk and the washing liquid pipes stone wool will be used and the recommended final temperature of the washing liquid is 40 °C and the range of the possible variations of the ambient temperature is from 2–18 °C have been done. The possible saving of the finances and the payback time of the capital investments considering that using heat insulation additional heating of the washing liquid during its circulation is not needed and the initial temperature for heating the liquid reduces have been stated.

3 Results

Based on the results of the theoretical and experimental research, special software was elaborated that can be used for calculation of the washing liquid final temperature with and without pipe insulation. This software uses the following equations:

$$T'_b = T_g + (T'_i - T_g) \cdot e^{-\frac{t \cdot (k'_I \cdot L_I + K_{II} \cdot k_{III} \cdot n_{III} + k'_{IV} \cdot L_{IV})}{c_u \cdot M_u + c_I \cdot m_I \cdot L_I + c'_I \cdot m'_I \cdot L_I + c_{II} \cdot M_{II} + c_{III} \cdot m_{III} \cdot n_{III} + c_{IV} \cdot m_{IV} \cdot L_{IV} + c'_{IV} \cdot m'_{IV} \cdot L_{IV}}} \quad (1)$$

$$T'_i = \frac{c_u \cdot M_u \cdot T_0 + c_i \cdot M_i \cdot T_g}{c_i \cdot M_i + c_u \cdot M_u} \quad (2)$$

$$k'_I = \frac{(c_u \cdot M_u + c_I \cdot m_I \cdot L_I) \cdot \ln\left[\frac{T'_i - T_g}{T'_b - T_g}\right]}{L_I \cdot t} \quad (3)$$

where:

- T'_b – washing liquid final temperature using heat insulation [°C]
- T_g – ambient air temperature [°C]
- T'_i – washing liquid initial temperature after heating the surface [°C]
- e – natural logarithm base, e = 2,718
- t – measurement recording time [s]
- k'_I – milk pipe heat insulation material heat transition coefficient, [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
- L_I – length of the milk pipe, [m]

K_{II} – total heat transition coefficient of the milk collection unit and the washing liquid reservoir, [W · gab^{-1} · K^{-1}]
k_{III} – milking machine heat transition coefficient, [W · gab^{-1} · K^{-1}]
n_{III} – number of milking machines, [pcs]
m'_{IV} – one meter mass of the washing liquid pipe heat insulation material, [kg]
L_{IV} – length of the washing liquid pipes, [m]
c_u – washing liquid heat capacity, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
M_u – total mass of the washing liquid, [kg]
c_I – milk pipe specific heat capacity, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
m_I – one meter mass of the milk pipe, [kg]
c'_I – milk pipe heat insulation material specific heat capacity, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
m'_I – one meter mass of the milk pipe heat insulation, [kg]
c_{II} – total specific heat capacity of the milk collection unit and the washing liquid reservoir, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
M_{II} – total mass of the milk collection unit and the washing liquid reservoir, [kg]
c_{III} – specific heat capacity of the milking machines, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
m_{III} – one milking machine mass, [kg]
c_{IV} – specific heat capacity of the washing liquid pipes, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
m_{IV} – one meter mass of the washing liquid pipe, [kg]
c_{IV} – washing liquid pipe heat insulation material specific heat capacity, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
T_0 – washing liquid initial temperature, [°C]
c_i – washing liquid and i-stage specific heat capacity, [kJ kg^{-1} K^{-1}]
M_i – total mass of the washing liquid and *i*-stage, [kg]

The second formula expresses the initial temperature of the washing liquid after heating of the surface, i.e., approximately five minutes after starting. This time is necessary for process stabilisation.

Experimental researches showed that mineral wool and stone wool have the best heat insulation characteristics; using a larger diameter plastic pipe filled with foam used in construction work was quite ineffective.

Using the washing liquid cooling curves and the formula (3) the numerical values of the heat transition coefficients for differently insulated pipelines were calculated (Tab. 1).

Applying the mathematical module and the results of the experimental research the distribution of the heat losses in the stages of the milk pipeline in a barn with 100 cows was calculated for two cases: when the milk and the washing liquid pipes do not have heat insulation and when these pipes are covered with a 30 mm thick stone wool layer (Tab. 2).

The research shows that using stone wool as heat insulation the heat losses through these pipes were reduced from 60 % to 26 %.

The lower this temperature and the longer the milk and the washing liquid pipes of the milking equipment, the bigger the saving of energy. For the milking equipment (100 cows) with the milk line located in the barn it is in the range from 1,5–3 kWh, but for the stand type equipment – approximately 0,5–1 kWh.

It was found out that with the present price of electric energy – 0,073 Euro/kWh, in the climatic conditions of Latvia heat insulating of the milk and the washing liquid pipes pays back during 5–8 years. If the price for electric energy approaches the price existing in the developed EU countries the payback time for the capital investments can be achieved in 3–5 years.

Tab.1: Heat transition coefficients of the stainless steal pipelines using different heat insulation materials, [W/(K·m)]
Tab.1: Wärmeabgabekoeffiziente von Edelstahlrorleitungen bei der Verwendung veschiedener Isolierungsmaterialien, [W/(K·m)]

Heat insulation material *Isolation*	**Thickness of the pipe insulation layer, [mm]** *Isolationsschicht-dicke von Rohrleitungen, [mm]*	**Pipe heat transition coefficients** *Wärmeabgabekoeffizienten von Rohrleitungen*	
		With the outer diameter 40 mm and the thickness of the walls 1,0 mm *Äußerer Durchmesser = 40 mm Wanddicke = 1,0 mm*	**With the outer diameter 42 mm and the thickness of the walls 2,0 mm** *Äußerer Durchmesser = 42 mm Wanddicke = 2,0 mm*
Without heat insulation *Ohne Wärmeisolierung*	-	0,88	1,01
Foam polyethylene *Polyethylen–Schaum*	12	0,43	0,45
Foamed plastic *Schaumstoff*	30	0,30	0,33
Stone wool *Steinwolle*	30	0,25	0,28
Mineral wool *Mineralwolle*	30	0,27	0,32
Construction foam *Bauschaum*	35*	0,50	0,63

* Including the covering pipe./*Inklusiv Umhüllung.*

Tab. 2: Distribution of heat losses for differently equipped milking machines with milk line
Tab. 2: Verteilung von Wärmeverlusten in der Melkanlage

No.	Milking equipment stages *Teile der Melkanlage*	Distribution of heat losses, % *Verteilung der Wärmeverluste %*	
		Without heat isulation *Ohne Wärmeisolierung*	With heat isulation *Mit Wärmeisolierung*
1.	Milk line *Milchleitung*	56	24
2.	Milk collection unit and washing liquid reservoir *Milchsammler und Spülflüssigkeitsbehälter*	13	24
3.	Milking machine *Melkzeug*	27	50
4.	Washing liquid pipes *Spülflüssigkeitsleitungen*	4	2
		100 %	100 %

4 Summary

1. In order to reduce the heat consumption for washing and disinfection of the milking equipment it is neccessary to use heat insulation materials.
2. The amount of heat saved depends on the kind of the insulation material, the length of the pipes, the ambient temperature, and other factors. For the milking equipment with the milk line located in the barn it is in the range from 1,5–3 kWh, and for the stand type equipment 0,5–1 kWh.
3. The payback time of the capital investments neccessary for heat insulation of the milk and the washing liquid pipes is 5–8 years. If the price for electric energy approaches the price existing in the developed EU countries, the payback time for the capital investments is achieved in 3–5 years.

Literature

Priekulis, J.; Zujs, V.; Auziņš, V. (2005): Milking Equipment with Milk Line. Patent Application Publication// Patens and Trademarks. 4/2005: 568 (In Latvian)

Trujbus, M. (1970): Termostatica i Termodinamica. Energia, pp. 502

Nagla, J.; Saveļjevs, P.; Cars, A. (1982): Heat-technical Calculations in Examples. Riga: Zvaigzne: 310 (In Latvian)

Zujs, V.; Priekulis, J. (2005): Usage of heat insulation cover in milking equipment with milk line. Materialy na XI Miedzynarodnowa Konferencja Naukowa „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecej z uwzglednieniem ochrony środowiska i standardov UE". Warszawa, 27-28 wrzesnia 2005 r. Częšč II.: 371–376

Priekulis, J.; Zujs, V.; Iļjins, U. (2006): Ensuring of milking equipment washing liquid. // AGRAARTEADUS. Journal of agricultural science XVII 2. Tartu: Estonian University of Life Sciences: 113–119

Influence of Milking Equipment on Teat Temperature Change During Milking

Der Einfluss der Melkausstattung auf die Temperaturveränderung an den Zitzen während des Melkens

JIŘÍ VEGRICHT[1], ANTONÍN MACHÁLEK[1], PAVEL AMBROŽ[1], ULRICH BREHME[2], SANDRA ROSE[2]

[1] Research Institute of Agricultural Engineering, Drnovská 507, P. O. Box 54, CR-169 01 Praha 6

[2] Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

Keywords: mammary gland, teat temperature, milking machine, infrared thermography
Schlüsselwörter: Milchdrüse, Zitzentemperatur, Melkmaschine, Infrarotthermographie

Summary

The measurements were carried out on 2 dairy farms in the Czech Republic and on 3 farms in Germany. There was monitored the influence of 5 different milking units in the total, out of it of 2 AMS. It was ascertained that the average temperature of the teat tip after milking increases in comparison with temperature before milking practically in all monitored milking units. At the same time the average temperature of teat tip in milking equipment in parlours increased by about 6.1–9.0 % (1.7–2.7 °C) against temperature before milking. At milking in AMS the temperature rise of the teat tip was smaller and reached only 2.9–6.0 % (0.9–1.7 °C). At the same time the temperature of other parts of the milk gland grew commensurately. There also was ascertained that there exist temperature fluctuations among particular milking equipment from point of view of their effect on the temperature changes of the milk gland.

Zusammenfassung

Die Messungen wurden in zwei Milchviehbetrieben in Tschechien und in drei Betrieben in Deutschland durchgeführt. Dabei wurden der Einfluss von fünf verschiedenen Melkeinheiten untersucht, unter ihnen auch zwei AMS. Es stellte sich heraus, dass die Durchschnittstemperatur der Zitzenspitze nach dem Melken im Vergleich zur Temperatur vor dem Melken ansteigt. Dies konnte für alle untersuchten Melkeinheiten nachgewiesen werden. Gleichzeitig erhöhte sich die durchschnittliche Zitzentemperatur bei dem Melkzeug im Melkstand um ca. 6,1–9,0 % (1,7–2,7 °C) gegenüber der Temperatur vor dem Melken. Bei den AMS war der Temperaturanstieg geringer und erreichte nur einen Wert von 2,9–6,0 % (0,9–1,7 °C). Gleichzeitig erhöhte sich proportional die Temperatur an anderen Stellen der Milchdrüse. Des Weiteren stellte sich heraus, dass in Bezug auf die Temperaturveränderungen an der Milchdrüse Schwankungen zwischen den verschiedenen Melkeinheiten auftreten.

1 Introduction

The milking equipment has a wide effect on the milk gland health status. Incorrectly designed and operated milking equipment could cause the milk gland inflammation occurrence as well as the teat injuries. The milk gland is influenced directly with the teat sleeve acting which is controlled by pulsator. The periodical changing of depression and atmospheric pressure (or even a slight overpressure in the pulsation chamber of the teat cup) generates mechanical acting of the teat sleeve on the teat (Mein 1992, Worstorf et al. 1994). Incorrectly adjusted milking equipment with unsuitable parameters can cause failure over the teat blood circulation and body liquids pressing, blood in particular, in the teat tip (Rabold et al. 1974). It can, among others, result in the temperature change in various teat points, indicated immediately after the milking process finish and milking equipment removal (Paulrund et al. 2005, Kunc et al. 2000, Ordolff 2000).

The goal of the performed research work was to verify the hypothesis that different milking equipment has different influence over blood circulation in the milk gland during milking and that teats monitoring using thermography before and after milking could be a work quality indicator of the milking equipment operation.

2 Methodology

The milking equipment influence on the milk gland state of health was investigated by metering the surface temperature of the milk gland using thermography (video thermo camera TERMACAM 545). The temperature was scanned and evaluated on the teat tip, centre, and teat base at the same time with the surface temperature of the udders always at the instant preceding closely the cluster appointment and after its removal. There was monitored the influence of 5 different milking units in the total. The milking equipments A, B, C are the herringbone milking parlors and D–E are automatic milking systems (AMS). The measurements were carried out on normal dairy farms in the Czech Republic and Germany Basic technical data of monitored milk units are presented in Table 1. All the milking equipments were operated with alternate pulsation only equipment C has operated simultaneous. The video recording example is shown in Figure 1.

3 Results

It was ascertained that the average temperature of the teat tip after milking increases in comparison with temperature before milking. An example of the video recording is presented in Figure 1. The results of measurement are summarized in Table 2 and in Figure 2 and 3.

At the same time the average temperature of teat tip in milking equipment in parlor increased by 6.1–9.0 % (1,7–2,7 °C) against temperature before milking. At milking in AMS the temperature rise of the teat tip was smaller and reached only 2.9–6.0 % (0.9–1.7 °C). At the same time the temperature of other parts of the milk gland grew commensurately. There also was ascertained that there exist differences between diffe-

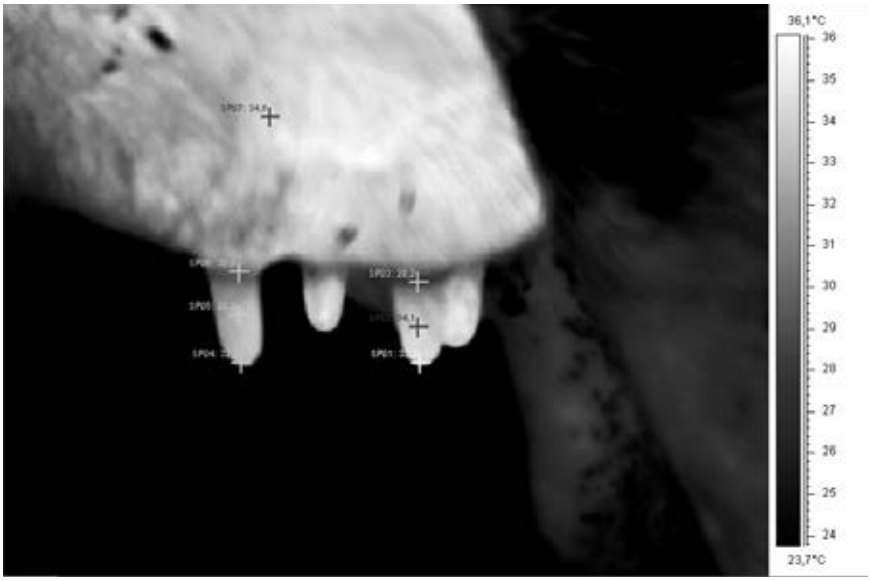


Fig. 1: Example of udder temperature, video-recorded
Abb. 1: Beispiel für die Videoaufzeichnung der Eutertemperatur

rent milking units with respect to their influence on temperature fluctuation of the milk gland. From the up to now performed monitoring and from the results acquired it is possible to come to the knowledge that the monitoring of teat temperature before and after milking thermographically can become an indicator of the work quality of milking equipment and its influence on milk gland. The confirmation of that hypothesis requires however carrying out further detailed and extensive measuring.

Tab. 1: Basic parameters of investigated milking equipment
Tab.1: Grundlegende Parameter der untersuchten Melkeinheiten

No Investigated milking equipment	Nominal vacuum kPa	Pulsation		Claw			
		Rate	Ratio	Weight g	Claw volume ml	Diameter of short milk tube mm	Milk inlet to the claw
A	42	60	65:35	1 800	360	12	radial
B	42	60	60:40	1 250	320	12	tangencial
C	40	60	60:40	2 270	90	12	tangencial
D	42.5	60	65:35	350	-	14	-
E	40	53–70	60:40	500	-	9.5	-

Tab. 2 : Results of udder temperature change measurement before and after milking
Tab. 2 : Ergebnisse der Messungen zur Veränderung der Eutertemperatur vor und nach dem Melken

Evaluated milking equipment		Temperature before milking				Temperature after milking			
		tip	centre	base	udder	tip	centre	base	udder
A	n	70	70	70	34	65	65	65	33
	x, °C	30.1	32.6	33.9	36.2	32.2	34	33.8	36.2
	s, °C	3.7	1	1.1	0.8	1	1	1.2	1
B	n	35	35	33	16	34	34	34	17
	x, °C	30.7	32.5	33.7	36.2	32.9	35	33.3	35.9
	s, °C	1.7	1.8	1.6	0.7	1.2	0.7	2.1	0.7
E	n	112	112	112	68	116	116	116	69
	x, °C	28	31.5	32.3	34.7	29.7	32.2	30.8	34.5
	s, °C	2.8	2.3	1.9	1.3	1.9	1.5	1.6	1.4
D	n	51	51	51	39	57	57	57	40
	x, °C	27.4	30.7	30.1	32.6	29.1	31.8	29.9	33.1
	s, °C	1.6	1.8	2.4	2.1	2.2	2.1	2.5	2.1
E	n	44	44	44	13	43	43	43	21
	x, °C	30.1	31.9	32.7	33.5	31	33.1	32.3	33.3
	s, °C	1.2	1	1.1	0.9	1.5	1.3	2.1	1

n = number of measuring, x = arithmetical mean, s = standard deviation

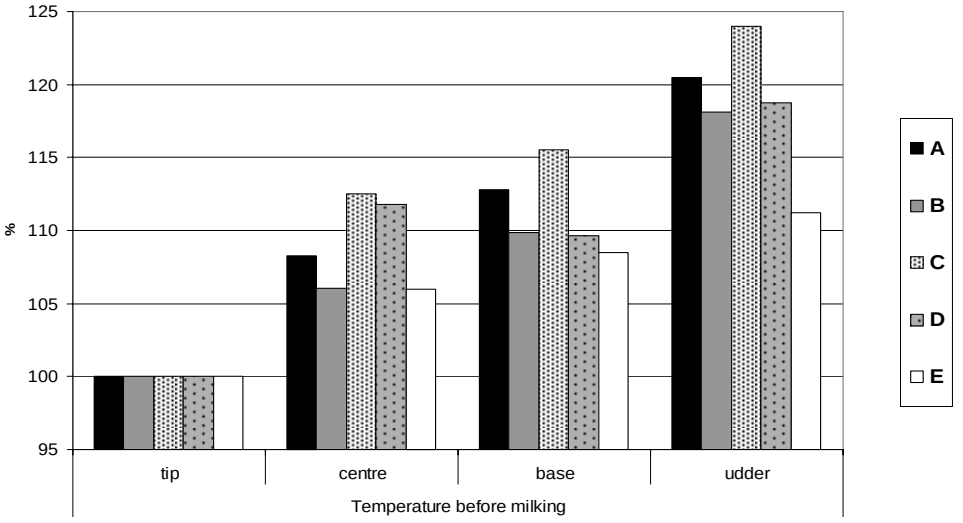


Fig. 2: Temperatures (in %) of different points of milk gland before milking according to teat tip temperature before milking
Abb. 2: Temperaturen (in %) verschiedener Bereiche der Milchdrüse vor dem Melken entsprechend der Temperatur der Zitzenspitze vor dem Melken

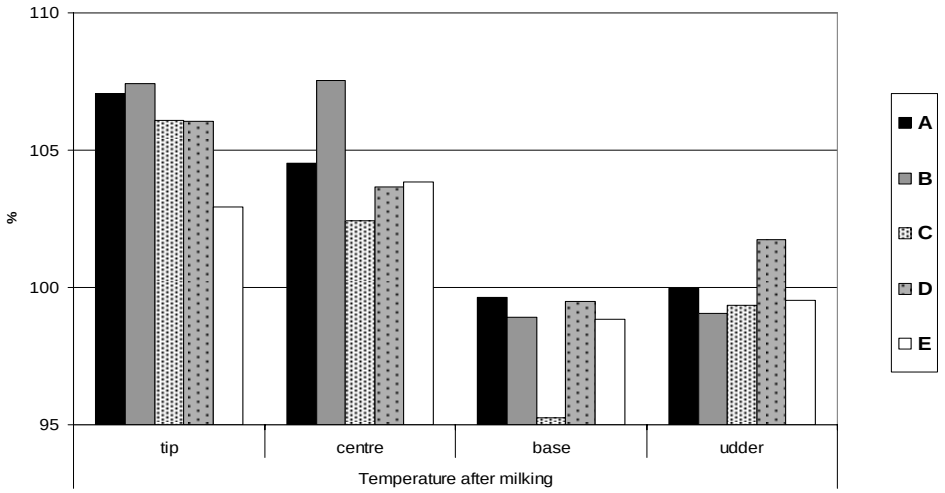


Fig. 3: Temperatures (in %) of different points of milk gland after milking according to teat tip temperature before milking

Abb. 3: Temperaturen (in %) verschiedener Bereiche der Milchdrüse nach dem Melken entsprechend der Temperatur der Zitzenspitze vor dem Melken

Acknowledgement

This article was worked-up in framework of the research project NAZV MZe ÈR QF4145 solution.

References

Bramly A.J.; Dodd, F.H.; Mein, G.A. (1992): Machine milking and lactation, Insight Books, Vermont, USA, p. 435

Kunc, P.; Knížková, I.; Koubková, M.; Flusser, J.; Doležal, O. (2000): Comparison of Rubber Liners by Means of Temperature States of Teats, RES.AGR.ENG.,46 (3): 104–107

Ordolff, D., (2000): Surface temperatures of udder and teats for conventional and automatic milking methods, 2000, Kieler Milchwitschaftliche Forschungsberichte 52 (1) 5–10

Paulrund, C.O.; Clausen, S.; Andersen, P.E.; Rasmussen, M.D. (2005): Infrared Termografphy and Ultrasonography to Indirectly Monitor the Influence of Liner Type and Overmilking on Teat Tissue Recovery, 2005, Acta vet.scand. vol. 46, no.3

Paulrund, C.O.; Rasmusen, M.D. (2004): Infra-red Thermography as a Tool to Evaluate the Influence of Liner Characteristics and Over-Milking, 2004, Bulletin of the IDF 388, p. 53–57

Rabold, K. (1974): Biotechnik der Milchgewinnug, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, p. 138

Weber, W. (1977): Einflüsse verschiedener Melkparameter auf die Milchgabe, In Probleme der moderne Melktechnik, KTBL-Schrift 217, p. 11–15

Worstorf, H. (1994): Melktechnik – Der aktuelle Stand über Melken, Milch und Melkmaschinen, topagrar extra, p. 114

Application of Electronic Mastitis Indicator in the Stanchion Barn

Die Anwendung des elektronischen Mastitisindikators im Anbindestall

Armins Laurs

Latvia University of Agriculture, J. Cakstes bulv. 5, Jelgava, LV-3001

Keywords: dairy cows, mastitis, electronic mastitis indicator
Schlüsselwörter: Milchkühe, Mastitis, elektronischer Mastitisindikator

Summary

Milking units combined with a mastitis diagnosing indicator have been created recently. The indicator continuously measures electric conductivity of milk extracted from each quarter. The conductivity signals are compared in the indicator's microprocessor. If any of them is significantly elevated, there comes a light on the panel showing possible mastitis in the specified quarter. To determine the validity of the new method and possibilities of its practical application, research has been carried out in the milk production complex, by simultaneously working with the mastitis indicator and classical methods of diagnostics, i. e. by determining the number of somatic cells and applying CMT test. The outcome of these experiments proved that mastitis indicator is less accurate as the basic testing method – the number of somatic cells in 1 ml of milk. Mastitis indicator may be applied as an express-method, results of which are to be specified more accurately by means of the basic testing method. Mastitis indicator is to be used in herds with well-established ways of fighting mastitis. There it may be a valuable aid for timely diagnosing and early treatment of mastitis.

1 Introduction

There are two forms of mastitis – clinical and subclinical. The clinical mastitis is to be easily detected by visible changes in milk or udder. The subclinical form of mastitis is more complicated. There are no visible alterations in the milk and the cow appears as always. Nevertheless, it is important to diagnose the subclinical form of mastitis because such cow gives milk with an increased number of somatic cells, affecting negatively the quality of milk. Its quality is substandard, and the farmer faces considerable material losses. In addition, the farmer incurs other losses – fall in the milk yield, increase in the possibility to get chronical mastitis, cows are often to be discarded as defective, etc.

There are several methods for diagnosing subclinical mastitis, see [1] and [2]. The basic testing model means determination of the number of somatic cells (SCC) in 1 cm^3 of milk. If the threshold for SCC is exceeded, it signals sickness. To apply this method a sample of milk should be taken from each teat and sent to the laboratory for SCC-determination by means of special devices.

More simple are indirect express-methods such as California mastitis test (CMT). Prior to the attachment of the milking unit, a bit of milk from each teat should be put into the cavities of a test plate and to each sample the chemical reagent for testing should be added. The consistency of the milk-reagent mixture depends on SCC in milk, according to which the testing personnel may determine the degree of sickness. There is one essential drawback for all these methods. The process is labour consuming and expensive, therefore usually the testing may be done not more frequently than 1–2 times per month. That is too seldom to fully determine the level and dynamics of disease incidence, as well as to take any urgent measures to fight the disease.

Research has proved [3] that when a cow develops subclinical mastitis, electric conductivity of milk goes up. However, absolute threshold for conductivity is not known; the interquarter comparisons offers possibilities to better diagnose mastitis.

Recently the Danish company SAC has elaborated a mastitis indicator combined with the milking unit [4]. That will enable to detect any alterations in the milk during the entire milking session. In addition, to make the diagnosis a separate person is not needed. That will essentially change the technology of diagnostics and ease the diagnosing itself being a great step towards fighting mastitis.

In order to work successfully with the new indicator, one should get replies to the following questions:

- what is the conformity of the indicator's readings with the results obtained by using the SCC counting methods and CMT;
- what are rational modes of working with the new indicator;
- how to use purposefully the results obtained by the new indicator.

We have tried to find a reply to these questions by research described in this article.

2 Materials and Methods

The mastitis indicator consists of 4 sensors, a microprocessor, battery and control panel. Opposite to each place of the milk introduction from the teat cups, in the milking unit's claw there is located a small bucket with a pair of electrodes. The buckets are located in such a way as to let only the milk extracted from one milking teat cup enter the bucket. The microprocessor, battery and control panel are combined into one body attached in close proximity to the milking unit. There are 4 LEDs (light emitting diodes) on the control panel located in the corresponding udder quarter. During the milking, electric conductivity of milk extracted from each udder quarter is continuously measured. In the microprocessor the measurement results are compared, and every measurement which exceeds a definite norm of differences, is noted as characteristic of mastitis and the relevant LED on the control panel starts blinking. Depending on the degree of difference, the LEDs blink with 3 various intensities.

Our experiment was carried out in a farm of dairy cows, where in stanchion barn 150 Latvian Brown cows were housed. The cows were split into 3 groups. Each group is milked into the pipeline by a separate milker working with 3 milking units equipped with the SAC-company mastitis indicators. Experiments were repeated in three milking sessions in succession. Prior to the attachment of the milking unit, from each udder quarter a sample of milk was taken to determine the number of somatic cells; preservatives were added to the sample and a CMT test was also performed. After the attachment of the milking unit all mastitis indicator readings were recorded, i.e. which quarter's signal LED had started blinking and with what intensity. Determination of the number of somatic cells was effected in dairy laboratory by using a "Somacount" device.

Mathematical processing of the measurement results was done by applying classical methods of biometry.

3 Results

In Table 1 there's seen agreement of electronic mastitis indicator and CMT with result acquired by using somatic cells counting method (SCC). The results were compared at 3 various border values of the number of somatic cells and taken as average arithmetic for three milking times.

Tab. 1: Agreement of electronic mastitis indicator and California mastitis test (CMT) results with number of somatic cells (SCC) in 1 cm3 of milk

SCC border value cell/ml	Agreement with SCC results [%]		
	SCC	CML	EMI
150 000	100	86	56
250 000	100	88	66
500 000	100	91	69

Table 2 shows a number of received visual signals from electronic mastitis indicator in the given experimental group in 3 milking times.

Tab 2: The number of electronic mastitis indicator signals

Time of milking	Number of signals	Repeated all times	Repeated only once		
			on 1st	on 2nd	on 3rd
1st	28	8	x	3	4
2nd	21	8	5	x	3
3rd	24	8	4	3	x

By comparing indications of electronic mastitis indicator with results having been acquired by using somatic cells counting method and CMT (Tab. 1), one can see that this method is less precise and there may be error in approximately 33 % of cases.

In Table 2 there's seen that the milker in each milking time had to fix 20–28 signals of indicator. Moreover, only in 8 cases signals have repeated in all 3 milking times but in other cases appeared irregularly. The milker could not perceive such amount of information and react adequately, too.

From results of the present experiment one may conclude, that in herds with a high level of mastitis SAC electronic mastitis indicator will not give a waited effect. In such herds there should be elaborated and realized a special program to fight mastitis. Application of such indicator may be efficient only in herds where the infection risk is low (not more than 10 %).

4 Conclusions

1. The mastitis indicator (MI) method is less labour consuming than the somatic cells counting method and CMT, and provides information about each milking session.
2. The mastitis indicator method has a lower accuracy than the somatic cells counting method or CMT.
3. The lower accuracy of the mastitis indicator method could be compensated by a wider information analysis obtained during several milking sessions in succession. The amount of this interval should be made more precise in an additional experiment.
4. It´s not recomended to use the mastitis indicator in herds with a high incidence of disease. Under such circumstances it is not the matter of shortage of operative information but rather the necessity to implement a comprehensive program of fight against mastitis.
5. The application of mastitis indicator in a healthy herd with a low incidence of disease may be an invaluable means for a further operative steps in fighting mastitis.

References

[1] International Dairy Federation (1987): Bovine mastitis. Definition and guidelines for diagnosis. Bulletin of the IDF 211, International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

[2] International Dairy Federation (1981): Bovine mastitis. Laboratory methods for use in mastitis work. Bulletin of the IDF 132, International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

[3] Hamann, J.; Zecconi, A. (1998): Evaluation of the Electrical Conductivity of Milk as a Mastitis Indicator. Bulletin of the IDF 334, pp. 5–22

[4] Christensen, S.A. et al.: Mastitis Indicator: Tie-up stalls operating instructions

Erweiterte Möglichkeiten der Abwärmenutzung aus Biogasanlagen durch Kühlung mit Absorptionskälte – Ergebnisse aus Pilotbetrieben und Wirtschaftlichkeitsanalyse

Extended Possibilitys of Using Waste Heat from Biogas Plants through Cooling with Absorption Technique – Results of Pilot Plants and Analysis of Economic Efficiency

Günter Beyersdorfer[1], Michael Musslick[2]

[1] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena, Außenstelle Clausberg 7, D-99834 Gerstungen

[2] Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Beethovenplatz 3, D-99096 Erfurt

Schlüsselwörter: Klimatisierung Schweinemast und Milchviehhaltung, Effektivität, Absorptionskühlung in Biogasanlagen
Keywords: air conditioning by fattening pigs and dairy cows, effectivity, absorbtion cooling in biogas plants

Zuammenfassung

Der Betrieb von Biogasanlagen erbringt durch die Vergütung über das Energieeinspeisegesetz sichere Einnahmen aus der Stromerzeugung. Durch die sinnvolle und kontinuierliche Wärmenutzung ist an Standorten mit Tierproduktion eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen von großer Bedeutung. Durch die Wärmenutzung für den Betrieb von Absorptionskälteanlagen für Kühlprozesse wird besonders im Sommer eine durchgängige Wärmeverwertung möglich. Im Freistaat Thüringen befinden sich Pilotanlagen mit unterschiedlicher Wärmenutzung über Absorptionskälteanlagen in Betrieb. Aus drei Pilotbetrieben werden Wirksamkeit der Kühlprozesse für die Klimatisierung von Schweineställen den Melkbereich einer Milchviehanlage und die Milchkühlung analysiert. Es konnte eine verbesserte Wärmenutzung von 75 % der verfügbaren Wärmeenergie durch die Kombination von Kühlung und direkter Wärmenutzung für Heizprozesse gegenüber 34 % ohne Kühlung nachgewiesen werden. Die Ergebnisse fließen in eine Wirtschaftlichkeitsanalyse ein.

Summary

The working with biogas plants ensures a good income,due to the payments according to the German Law of Renewable Energies. The engenious and continuous use of waste heat in the animal production is of great importance. When absorption cooling machines work with waste heat,then also in summer month a general use of these energy is possible. In the Freestate Thuringia exist pilot plants with different heat energy usage for cooling processes. From three pilot plants the efficiency of cooling processes were analysed for air conditioning of pig stables, for milking rooms in dairy farms,and cooling themilk. The use of available heat could be increased from 35 % to 75 % per year by combination of heating and cooling in the plant.

1 Zielstellung

Bei Biogasanlagen am Standort von Tierproduktionsanlagen soll eine verbesserte Wärmenutzung erreicht werden. Die Kombination mit Absorptionskälteanlagen ermöglicht die Wärmenutzung aus dem BHKW auch im Sommer. Die Untersuchungen dienen dem Nachweis der Wirksamkeit von Raumkühlung im Aufenthaltsbereich der Tiere (Mastschweine und Milchvieh), für die Milchkühlung und bilden die Grundlage einer Wirtschaftlichkeitsanalyse.

2 Methodik der Parametererfassung in drei Pilotbetrieben

Die Biogasanlagen mit installierter Absorptionskältetechnik befinden sich in Tierproduktionsanlagen und erzeugen das Biogas aus Gülle und landwirtschaftlichen Kofermenten. Die drei Pilotanlagen sind aus verschiedenen Programmen gefördert, ihre Leistung war in erster Linie an der Gülleverwertung orientiert und eine ausreichende Wärmenutzung war nicht gegeben.

Durch die Ergänzung der Biogasanlagen mit Absorptionskältetechnik wird eine mehrzweigige Wärmenutzung aus dem BHKW erreicht, die Wärme wird aus der Motorkühlung und dem Abgassystem bereitgestellt.

In Tabelle 1 sind wichtige Kennwerte der Pilotanlagen zusammengestellt.

Tab. 1: Kennwerte der Pilotanlagen mit Wärmenutzung für Absorptionskälteanlagen
Tab. 1: Characteristic parameters of pilots plants using heat for absorption cooling processes

Pilotbetrieb Standort Biogasanlage	**Priv. landw. Betrieb Milchviehanlage + Schweinemast**	**GmbH + Co. KG Betriebsstandort + Milchviehanlage**	**Landwirtschafts-genossenschaft 2.G. Milchviehanlage**
Leistung Biogas KW_{el}	85	300	500
KW_{th}	174	462	574
Gasproduktion aus:	Mischgülle Maissilage Getreide	Rindergülle Maissilage AWS	Rindergülle Maissilage
Wärmenutzung für:	Warmwasser Raumheizung Schweinestall	Raumheizung Warmwasser	Raumheizung Warmwasser
Kälteanlage KW KW Wärmeverbrauch	50/75	50/75	140/187
Kühlung von:	Schweinestall Milch	Milch Melkboxen	Milch Melkstand Vorwartehof Kälbermilch Getreide
Untersuchungszeit:	2003–2007	seit 2005	ab 2007
KWK-Bonus seit	2007 nach Erweiterung	2006	2007

Alle Untersuchungen wurden so angelegt, dass in Witterungsperioden (Winter, Übergangszeit, Sommer) kontinuierlich die Wärmeabgabe aus dem BHKW in ihrer Aufteilung auf die Verbraucher als Differenz gemessen werden konnte (Wärmemengenzähler im hydraulischen System).

Für die Quantifizierung der Wärmenutzung waren Datenlogger für Temperatur, Luftfeuchte, Luftqualität in den beheizten und gekühlten Bereichen installiert.

Die Milchkühlung konnte durch Vor- und Rücklaufmessung der Temperatur an den Plattenwärmetauschern kontinuierlich dokumentiert werden. Alle Messwerte dienen auch der kalorimetrischen Berechnung bei Heizung und Kühlung.

Abgeschlossen sind die Messserien zu klimarelevanten Gasemissionen aus dem Schweinestall, deren Ergebnisse bereits veröffentlicht sind [1, 3].

Sowohl im Schweinebereich als auch in den Milchviehbetrieben werden Leistungs- und Gesundheitsparameter der Tiere im Untersuchungszeitraum erfasst und bewertet.

3 Ergebnisse aus den Pilotbetrieben

Aus den Untersuchungsperioden 2003 bis 2006 liegen von Betrieb 1 umfangreiche, korrigierte Datenblöcke vor. Hier kann eine Analyse sowohl für Tierleistungen, Energieeinsparungen durch die Wärmenutzung und der Erlös aus dem KWK-Bonus ermittelt werden. Untersetzt werden die Ergebnisse durch die Genehmigung und Auszahlung des KWK-Bonus seit 2006 nach einer wesentlichen Erweiterung (2. BHKW mit Nachgärbehälter).

Für Betrieb 2 kann der Erlös aus der Milchkühlung und dem KWK-Bonus vorgelegt werden.

Pilotanlage 3 ist erst im 1. Betreiberjahr, hier werden erste Ergebnisse zur Raumkühlung im Melkstand und Vorwartehof vorgestellt.

3.1 Wirtschaftlichkeitsberechnung der Wärmenutzung aus einem BHKW durch Absorptionskühlung für die Schweinemast und die Milchkühlung Nutzen aus der Schweinestallkühlung in den Monaten Mai – September

Für die quantitative Ermittlung der Effekte durch den Einsatz der Absorptionsanlage wurden in den Sommermonaten 2004 und teilweise 2005 exakte Vergleichsversuche mit gleichem Tiermaterial in gekühlten und ungekühlten Mastabteilen untersucht. Die Versuchsperiode erstreckt sich über 105 Tage, ein Mastabschnitt dauert unter den Bedingungen der Pilotanlage ca. 120 Tage. In dieser Zeit werden die Läufer von durchschnittlich 27 kg Einstallgewicht bis zum Schlachtgewicht von 115 kg gemästet.

Alle Tiere der einbezogenen Mastabteile wurden gewogen, im Schlachtbetrieb konnten alle Schlachtkörpergewichte ihren Herkunftsabteilen zugeordnet werden. Für die „gekühlten“ Tierabteile konnten so 252 Tiere von 294 einbezogen werden, in den Vergleichsabteilen waren das 271 Tiere von 294 Plätzen. Wegen Krankheit und Verletzungen wurden während der Mastperiode 8 Tiere aus den Versuchsabteilen und 9 Tiere aus den Vergleichsabteilen ausgestallt.

Der Unterschied von 2,7 % gegenüber 3,1 % bei Erkrankung und Verlusten ist nicht signifikant und wird nicht finanziell berücksichtigt.

Tab. 2: Vergleich der Mastleistung zwischen gekühltem und ungekühltem Abteil
Tab. 2: Comparison from fattening performance in cooled and uncooled pig stables

	Gekühlte Abteile	Vergleichsabteile
Einbezogene Mastschweine [Stück]	252	271
Tägliche Zunahme [g]	778	721
Durchschnittliches Schlachtkörpergewicht [kg]	95,4–104,5	93,4–101,5
Mastdauer bei optimalem Schlachtkörper	118 d	127 d

Nutzenermittlung: bei 900 Mastplätzen und täglichen Kosten von 55 Cent/Mastplatz = 4.455 €/Mastdurchgang Sommer

3.2 Nutzenermittlung aus der Milchkühlung

Ab Oktober 2004 war die Milchkühlanlage für die Nutzung des Kaltwassers installiert. Im Frühjahr und Sommer 2005 war es möglich, mit einem Permanentmesssystem Eingangs- und Ausgangstemperaturen der Milch zu messen. Dazu wurden die Milchmengen und die Ablieferungstemperatur erfasst. Diese Daten ermöglichten in Verbindung mit Maschinenlaufzeiten sowohl kalorimetrisch als auch vom Leistungsstromverbrauch eine Kostenermittlung und den zeigen Effekt der Einsparung über die Nutzung der Absorptionskälte.

Die Berechnung erfolgt über die Energie aus den Kühlvarianten, die benötigt wird, um der Milch die Wärme für eine stabile Lagerung zu entziehen (5 350 kg/d, Kühlung von 34,5 °C bis 6,3 °C).

Diese Kühlleistungen berücksichtigen nicht Leistungsverluste und Pufferspeichervorkühlung. In der Berechnung werden Kosten von 3–4 C/kW (mittlerer Wert 3,6 Cent, entspricht COP Kompressorkälte bis 3) für technische Kälteerzeugung zugrunde gelegt.

Tab. 3: Ermittlung der Kälteleistung für die Milchkühlung und Kostenkalkulation
Tab. 3: Determination of the cooling power for the milk cooling process and cost calculation

	kWh		€/a
Gesamtkälteleistung/d 5 350 kg/d 34,5 °C Lagertemperatur	175	Kosten konventionelle Kühlung (inkl.15 % Verlust, technische Kälte 3,6 Cent/kWh)	2.644
Kühlleistung aus der Absorptionsanlage von 34,5 °C auf 13,5 °C	130		
Notwendige Kühlleistung zum Erreichen der Lagertemperatur von 6,3 °C	44,6		674
Direkte Stromkosteneinsparung*			1.970

* Ohne Anrechnung von Stromkosten für Absorberbetrieb (3 KW), da Notkühlung mit mindestens gleicher Leistung betrieben werden muss.

3.3 Auszahlung nach EEG-Gesetz bei erteiltem KWK-Bonus

Diese Berechnung ist an den ermittelten Wärmeleistungswerten der Pilotanlage orientiert, wobei innerhalb des Pilotprojektes Wärmeverbrauch von Absorptionsanlage und Warmwasserbereitung nicht exakt getrennt waren. Gleiches gilt auch für die Wärme-

verbrauchswerte zwischen Fermenterheizung und Beheizung im Schweinemaststall (in den Wintermonaten).

Durch den Einsatz der Absorptionsanlage mit Schweinestallkühlung und Milchkühlung erhöhte sich der durchschnittliche Wärmeverbrauch von 35–40 % (ohne Kälteerzeugung) auf 75–80 % der jährlich zur Verfügung stehenden Wärmeenergie.

Tab. 4: Prozentualer Verbrauch der nutzbaren Wärme des BHKW in Witterungsperioden
Tab. 4: Consumption (in %) of available heat energy from the biogas plant during different periods of the year

BHKW ohne Kälteerzeugung (nur technische Wärmenutzung) Beheizung Schweinestall (Winter) Warmwasserbereitung			BHKW mit Absorptionsanlage 50 kW Kälte ca. 75 kW Wärmeverbrauch	
	Tage	%	Tage	%
Winter	130	60	130	90
Übergangszeit	130	30	130	85
Sommer	105	15	105	60
Mittlere Nutzungswärme		34		75

4 Milchkühlung mit einer Absorptionskälteanlage in Kombination mit Automatischem Melksystem

Der Pilotbetrieb 2 hat seit mehreren Jahren die Milchgewinnung in zwei Ställen auf automatische Melksysteme umgestellt. Fünf Roboter-Einzelboxen der Firma Lely sind für das automatische Melken von 350 Kühen im Einsatz. Die Milchsammlung erfolgt in einem zentralen Kühltank; in die Pumpleitung von den Melkboxen zum Tank sind Rohrwärmetauscher eingebaut. Diese werden mit dem Kaltwasser der Absorptionsanlage betrieben.

Durch den kontinuierlichen, gedrosselten Milchstrom im Vergleich zu Melkständen werden Eintrittstemperaturen am Tank von 10 °C erreicht (Abkühlung von ca. 35 °C auf 10 °C), die einen Betrieb ohne Vorstapelung ermöglichen. Durch den Kühlvorgang zur Endlagerung von 10 °C auf 6,5 °C wird das Einsparpotenzial an Elektroenergie für technische Kühlung noch größer.

Die Einsparung an Kosten für die technische Kühlung beim Einsatz der Absorptionsanlage beträgt 4.665 €/a für eine tägliche Milchmenge von 11 000–12 000 l. Der Nachweis der Einnahmen über den KWK-Bonus (2006 genehmigt) kann erst beim Vorliegen von vier Quartalsabrechnungen geführt werden, da die Wärmeabnahme zwischen Sommer und Winter sich stark unterscheidet.

5 Erweitertes Projekt der optimierten Wärmenutzung in einer Milchviehanlage

Seit der Inbetriebnahme einer Biogasanlage mit 500 kW elektrischer Leistung und einer wesentlich vergrößerten Absorptionskälteanlage mit 140 kW wird in diesem Pilotprojekt an der Komplettierung der Kältenutzung gearbeitet. Die Milchkühlung wird durch eine

Raumkühlung für Melkstand und Vorwartehof ergänzt. Bei der direkten Abwärmenutzung des BHKW wurde die Warmwasserbereitung (Melkstandprüfung, Sanitäranlagen, Heizung) durch eine Behälterpasteurisierung für Kälbertränkmilch erweitert.

Erste Ergebnisse von Messreihen liegen von der Raumheizung im Melkstand vor (Abb. 1). Das Prinzip einer zusätzlichen Beheizung bzw. Zuluftkühlung sorgte bereits für gute Arbeitsbedingungen und eine Trockenhaltung der Raumdecken. Aussagekräftige Messwerte für die Kühlung können erst im Sommer gewonnen werden. Dabei wird die Wärmeabnahmemessung für die KWK-Abrechnung mit einbezogen.

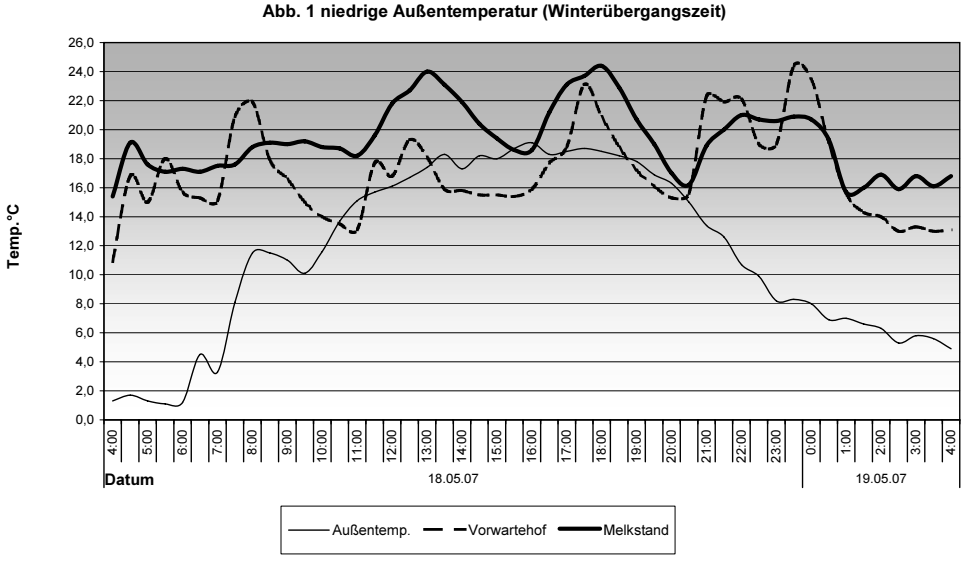


Abb. 1: Temperaturverlauf im Melkstand und Vorwartehof bei starker Nachtabkühlung
Fig. 1: Temperature distribution (24 hours) in the area of the cow waiting room and milking parlour with low temperatures at night

Literatur

[1] Beyersdorfer, G. et al. (2005): Luftkühlung in der Schweinemast mit der Absorptionskältetechnik. In: Tagungsband 7. Tagung Bau, Technik und Umwelt, S. 67

[2] Beyersdorfer, G.; Mußlick, M. (2005): Nutzung der Wärmeenergie einer Biogasanlage für die Luftkühlung in der Schweinemast. In: Neue Landwirtschaft 9, S. 79

[3] Beyersdorfer, G.; Hebenstreit, B. (2007): Kühlung mit Biogasabwärme – Auswertung der Wärmenutzung mit Absorptionskälteanlagen in Thüringer Biogaspilotbetrieben 1

Methode zum flexiblen Beschicken von Fermentern in Biogasanlagen mit vergärungsprozessgerecht aufbereitetem Substrat

A Method for Feeding a Digester of Biogas Equipments with Organic Material

Paul Krampe

Vogelsang Maschinenbau GmbH, Holthöge 10-14, D-49632 Essen/Oldb.

Schlüsselwörter: Fermenterbeschickung, Biogas, Pumpen, Kofermente
Keywords: digester, feeding, pump, biogas, coferments

Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage hängt in bedeutendem Maße ab von der Menge an energiereichem, vergärbarem Material, das dem Fermenter zugeführt werden kann. Dieses Material organischen Ursprungs liegt überwiegend in trockener Form vor. Herkömmliche Zuführmethoden wie das Aufbereiten in einer Vorgrube mit anschließendem Verpumpen oder das direkte Beschicken der Trockenstoffe in den Fermenter sind unflexibel, teuer oder können Störungen durch Schwimmdecken im Fermenter verursachen.

Die neue Lösung besteht aus einer Kombination von Doppelschnecke und Drehkolbenpumpe, die durch Vermischen von Trockenstoffen und Flüssigmist eine pumpbare Suspension erzeugt und diese über Rohrleitungen den Fermentern zuführt.

Summary

The efficiency of biogas production is mainly depending on the amount of high energy organic material fed into the digester. There are lots of dry high energy substances which are able to increase the biogas production if they are able to be fed into the digester in a well disintegrated condition. Today the solids are fed into a digester mainly in two different ways. The first way needs a mixing pit filled with liquid manure. The solids are supplied into the pit and mixed by a propeller mixer. After the mixing process the suspension is pumped into the digester. The second way operates with a screw conveyor. In this case the solids are fed directly into the digester. This method saves a mixing pit but it needs high energy for mixing devices inside the digester and additionally layers can be created.

With the new solution the operations of disintegrating, mixing and feeding are combined in one machine.

1 Problemstellung

Bei der Beschickung von Fermentern mit Feststoffen ist eine gute Zerkleinerung, Durchmischung und Dosierung wichtig. Die Gaserzeugung kann hierdurch positiv beeinflusst werden; die hydraulische Verweilzeit im Fermenter wird verkürzt. Eine kontinuierliche Gasproduktion mit gleich bleibenden Methan- und Schwefelwasserstoffgehalten wirkt sich auch positiv auf die Standzeit der Verstromungsaggregate aus. Ein zu starres Fermenterbeschickungssystem kann weder viele verschiedene Kofermente verarbeiten noch bei möglicher Erweiterung zusätzliche Fermenter beschicken.

2 Herkömmliche Lösungen

Heute gibt es drei verbreitete Methoden, einen Fermenter mit Feststoffen zu beschicken. Die erste Möglichkeit ist eine Vorgrube mit Gülle. Die Feststoffe werden z.B. mit Hilfe eines Frontladers in die Vorgrube (Abb.1) befördert und dort mit einem Propellerrührwerk eingemischt. Nach dem Rührvorgang wird die Suspension in den Fermenter gepumpt. Diese Lösung erfordert jedoch immer eine separate Vorgrube und hat Geruchsemissionen zur Folge. Modernere Ausführungen arbeiten mittlerweile vollautomatisch. Sie besitzen große Anmischbehälter mit Rührwerken und automatischer Feststoff- und Flüssigkeitszufuhr (Abb. 2).



Abb. 1: Beschicken einer Vorgrube durch einen Radlader
Fig. 1: Mixing pit with mixer, fed by a pay loader



Abb. 2: Automatischer Anmischbehälter

Fig. 2: Automatic mixing tank

Diese Systeme sind sehr aufwändig und können nicht alle Kofermente verarbeiten.

Die zweite Möglichkeit ist das direkte Einbringen der Feststoffe z. B. mit Hilfe von Schnecken oder eines Kolbens. Diese Methode benötigt zwar keine Vorgrube, erfordert jedoch einen hohen Energieaufwand für Rührwerke im Fermenter und es können sich zusätzliche Schwimm- oder Sinkschichten im Fermenter bilden. Außerdem kann mit einem Schneckenförderer (Abb. 3) oder einem Presskolben jeweils nur ein Fermenter beschickt werden.



Abb. 3: Beschickung durch Schneckenförderer
Fig. 3: Feeding by screw conveyors

Einspülschächte als dritte Methode sind rückläufig, da sich die stoßweise Beschickung negativ auf den mikrobiologischen Prozess auswirkt.

3 Neue Lösung

Die neue Lösung erspart sowohl die erhöhte Rührwerksleistung im Fermenter als auch die Vorgrube oder den Anmischbehälter. Die Arbeitsgänge des Zerkleinerns, Vermischens und des Einbringens in den Fermenter sind in einem Gerät zusammengefasst (Abb. 4).

Die organischen Feststoffe werden über einen Trichter, einer mit Reißzähnen bestückten Zerkleinerungs- und Förder-Doppelschnecke, zugeführt (Abb. 5). Gleichzeitig wird eine flüssige Phase (z. B. Gülle) zugeführt. Die Doppelschnecke zerkleinert das Material, maischt es mit der Flüssigkeit zu einer hochviskosen Suspension an und drückt es in die Drehkolbenpumpe, die es dann in einen oder in verschiedene Fermenter pumpt. Ein zusätzlicher Nasszerkleinerungsprozess kann integriert werden. Die Zerkleinerung bewirkt eine schnellere Abbaugeschwindigkeit und führt somit zu einer kürzeren hydraulischen Verweilzeit im Fermenter.



Abb. 4: Neue Lösung: QuickMix
Fig. 4: New solution: QuickMix

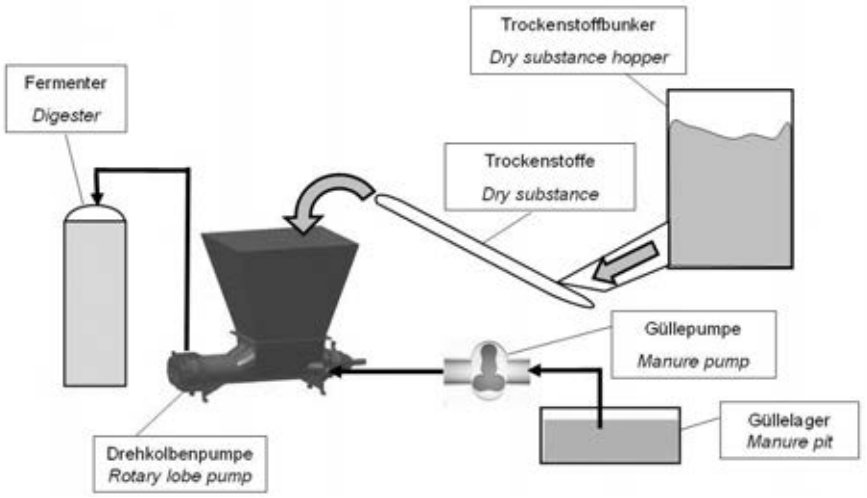


Abb. 5: Maschine zum Zerkleinern, Anmaischen und Verpumpen – Funktionsweise
Fig. 5: Machine for disintegrating, mashing and pumping – functioning

4 Besonderheiten des Verfahrens und der Technik

- Zerkleinern, Mischen und Homogenisieren von Gülle oder Gärresten mit Kofermenten.
- Kontinuierliches, gleichmäßiges Beschicken eines Fermenters mit vergärungsprozessgerecht aufbereitetem Bio-Substrat.
- Anmaischen von Gülle mit Kofermenten in einem einstellbaren, konstanten Verhältnis.
- Zerreißen von harten Zuschlagstoffen (z. B. ausgehärtete Stärkesäcke), die in einer Vorgrube mit Rührwerken nicht pumpfähig aufbereitet werden können.
- Möglichkeit des Nachschaltens eines zusätzlichen Zerkleinerungsprozesses und des Beschickens verschiedener Fermenter.
- Aufgrund der harten Betriebsbedingungen auf Biogasanlagen werden die Drehkolben mit Wechselspitzen ausgerüstet (Abb. 6).
- Wegen des großen Fremdkörperanteils sind die Drehkolbengehäuse in Injektionsbauweise ausgeführt. Durch die Füllungsoptimierung werden Fremdkörperschäden reduziert (Abb. 7).



Abb. 6: Drehkolben mit Stahlkern und gummierten Wechselspitzen
Fig. 6: Rotary lobes with steel core and rubber-lined exchangeable tips

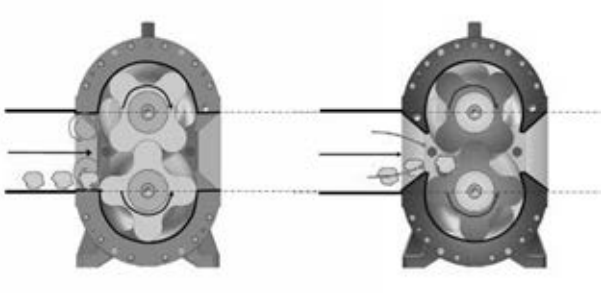


Abb. 7: Funktionsweise der Injektionsgehäuse
Fig. 7: Functioning of injection housings

5 Versuchsergebnisse

Die ersten Versuche wurden auf einer 1 500-kW-Biogasanlage durchgeführt. Die Maschine verarbeitete verschiedene Kofermente wie Rinder- und Hühnermist, Mais- und Grassilage und Stroh, aber auch ganze Stärkesäcke. Weitere Versuche zeigten auch die Eignung zum Anmaischen von abgelaufenen, verpackten Lebensmitteln und Hundefutter. Erste Erfahrungen zeigen, dass die erforderlichen Rührleistungen im Fermenter beim Beschicken mit der neuen Maschine geringer sind und die Bildung von Sink- und Schwimmschichten reduziert wird. Ebenso setzt die Gasproduktion schneller ein.



Abb. 8: Flexibel aufgebaute Fermenterbeschickung
Fig. 8: Flexible arrangement of digester feeding



Abb. 9: Fest installierte Fermenterbeschickung
Fig. 9: Stationary digester feeding

Nahinfrarotspektroskopie zur Prozessüberwachung in Biogasanlagen

Near-infrared Spectroscopy for Online Monitoring in Biogas Plants

Eiko Thiessen, Helga Andree, Eberhard Hartung

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

Schlüsselwörter: Nahinfrarotspektroskopie, Biogas, online
Keywords: near-infrared spectroscopy, biogas, online

Zusammenfassung

Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) hat das grundsätzliche Potenzial, um für eine Onlineüberwachung und Kontrolle des Biogasprozesses eingesetzt zu werden: Die Konzentrationen der wichtigsten Inhaltsstoffe des Biogassubstrats – wie organische Trockenmasse (oDM), flüchtige Fettsäuren (VFA) und Stickstoff (N) – können online bestimmt werden. Um die Machbarkeit des NIRS-Ansatzes zu testen, wurden Biogassubstratproben wöchentlich von einer kommerziellen Biogasanlage gesammelt und mit einem Durchlaufmesssystem spektral vermessen. Danach wurden sie in einem Labor auf DM, oDM, VFA und N analysiert. Für DM und oDM ist eine NIRS-Kalibrierung möglich; die VFA konnten nur in ausgewählten Teildatensets kalibriert werden. Werden die Korrelationen der Inhaltsstoffe untereinander betrachtet, fällt auf, dass Inhaltsstoffe mit hoher Korrelation zu DM auch innerhalb der Teildatensätze erfolgreich kalibrierbar sind.

Summary

Near-infrared spectroscopy (NIRS) could serve as a process analytical tool for monitoring the anaerobic digestion process. The most important constituents – like organic dry matter (oDM), volatile fatty acids (VFA), and nitrogen (N) – could be measured online. To check the feasibility of the NIRS technology to analyse biogas substrates, samples were collected weekly from a biogas plant. Each whole sample was measured with a spectrometer and a circulation system. After measuring the samples with NIRS the samples were send to a lab and analysed with regard to DM, oDM, VFA, and N. For DM and oDM it seems to be possible to create a sound NIRS calibration. The VFA could only be calibrated with selected sample data sets. Comparing the correlations within the constituents with the possible calibrations, it is noticeable that only the parameters with a high correlation to DM within the sets could be calibrated successfully.

1 Einführung

Die Substrate für den Biogasprozess sind biologische, heterogene Substanzen mit einer großen Variation in oDM und den Biogasprozess bestimmenden Inhaltsstoffen.

Für einen stabilen Fermentationsprozess ist es nicht nötig, den Masseninput an Rohmaterial konstant zu halten, aber die stofflichen Informationen über das Ausgangsmaterial sind entscheidend, um den gesamten Prozess optimal zu kontrollieren. So wird z. B. durch Massenbestimmung (Wiegen) des Ausgangssubstrates eine 10 % Genauigkeit bei der Beschickung der Biogasanlage erreicht, aber es ergibt sich praxisüblich durch eine Variation der oDM von z. B. 3–8 % eine theoretische Gasproduktion mit Schwankung um Faktor drei. Somit ist der Prozess auf 30 % der maximalen Auslastung limitiert, wenn ein Sicherheitszuschlag für einen stabilen Prozess aufgrund eines „Nicht-Überfütterns" der Anlage berücksichtigt wird.

Durch die Bestimmung der aktuellen Inhaltsstoffe mittels NIRS im Ausgangsmaterial sowie im Fermentersubstrat und Endlager ist es nicht nur möglich den Prozess zu überwachen [1], sondern auch die Stoffbilanz und den theoretische Gasertrag – z. B. berechnet über oDM – zu bestimmen und zur Optimierung zu verwenden.

In diesem vorgestellten Projekt wurden DM, oDM, VFA und N von einer Praxisanlage untersucht und zur Kalibrierung verwendet, um Basisparameter für zukünftige NIR-Sensoren zu liefern.

2 Material und Methode

Um die Machbarkeit der NIR-Technik zur Detektion von Substratparametern in Biogasanlagen zu prüfen, wurden wöchentlich 2 l Proben von einer Biogasanlage gesammelt, welche Flüssigmist (Schweine, Mastrinder und Milchkühe) und Maissilage als Substrate nutzt. Die untersuchte Anlage verfügt über eine spezielle Substratvorbehandlung: Nach der Anmischung wird das Substrat auf 160 °C unter 20 bar für 20 min aufgeheizt. Dieses Verfahren (Thermische Druckhydrolyse, TDH) wird zur Steigerung der Hydrolyserate eingesetzt.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden insgesamt 92 Substratproben über einen Zeitraum von 8 Monaten genommen; 48 aus dem Vormischer, 24 aus dem Fermenterüberlauf und 19 aus der TDH (welche aufgrund technischer Probleme nicht immer im Einsatz war).

Direkt nach Probennahme wurde jede Probe bei 4 °C gelagert und der gesamte Probeninhalt (2 l) mit einem NIR-Spektrometer (Zeiss Corona 45) in einer Durchlaufmesszelle (Abb. 1) gemessen.

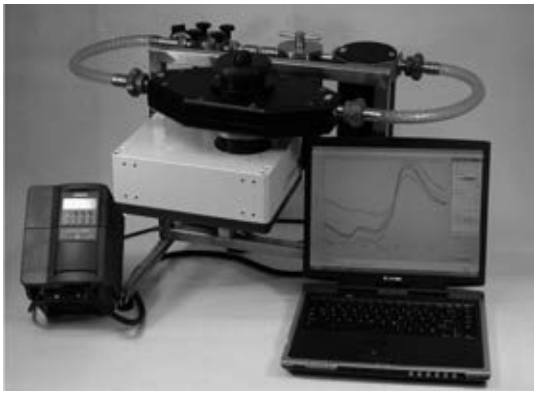


Abb. 1: Labormesssystem
Fig. 1: Laboratory measuring system

Das Messsystem [2] besteht aus einer Impellerpumpe, einem Mazerator zur Zerkleinerung der Partikelgröße auf <3 mm, einem Schraubanschluss für die Probenflaschen mit einem gewinkelten Mischungsrohr und der eigentlichen Messzelle mit einem Glasfenster. Die Rohrverbindungen haben einen Durchmesser von 15 mm, während die Messzelle einen Flussquerschnit von 6 mm x 40 mm aufweist.

Im Spektrometer selbst erzeugt eine Halogenlampe nahinfrarote Strahlung, welche auf die Probe fokussiert wird und in einem Winkel von 45° über Lichtleiter dem Diodenzeilensensor mit 256 Pixeln für den Bereich von 940–1 715 nm zugeführt wird. Dieses Spektrum wird durch die Konzentrationen an organischem Material (C-H, O-H, N-H,... Verbindungen) beeinflusst. Durch Kalibrierung des Spektrums auf die bekannten Konzentrationen (Laboranalyse) der Inhaltsstoffe ist es möglich, die Konzentration von unbekannten Proben zu bestimmen.

Jedes Spektrum wird über 40 s gemittelt aufgezeichnet. In diesem Zeitraum passiert die Probe in etwa dreimal die Messzelle. So wird sichergestellt, dass annährend der gesamte Probeninhalt gemessen wird. Das Probenmaterial wird im Messsystems einheitlich auf 20 °C temperiert. Das Spektrometer wurde jede Stunde mit einem Dunkel- und Weißstandard mit einer Abweichung von <0.5 % pro Stunde kalibriert. Jedes Spektrum wurde in Reflexionseinheiten gespeichert und auf einen zertifizierten Reflexionsstandard (Labsphere, NIST kalibriert) umgerechnet. Nach der NIR-Messung wurden dieselben Proben im Labor bzgl. DM, oDM, VFA (inkl. HAc, Propionsre., Buttersre.), NH_4-N und Total-N gemäß Kjeldahl und Gaschromatographie (DIN 38414 und DIN 38406) analysiert [3].

3 Datenauswertung

Die für die nachfolgenden Auswertungen genutzten Daten bestehen aus den jeweiligen spektralen Daten und den Referenzdaten (oDM, DM etc.) der jeweiligen Substratprobe. Die spektralen Daten wurden nicht mit Algorithmen vorbehandelt, lediglich die verrauschten äußeren Kanten aufgrund der Spektrometerunempfindlichkeit wurden verworfen, so dass Spektren in einem Bereich von 985–1 670 nm mit <0.1 ‰ Rauschen entstanden. Tests mit Streuungskorrektor (MSC) und Ableitungen ergaben keinen positiven Effekt auf die Güte der Kalibration – im Gegenteil: Wichtige spektrale Informationen (z.B. der absolute Level der Spektren, siehe Abb. 2) gehen durch diese Modifikationen (z.B. 1. Ableitung) verloren und stehen somit für die Vorhersage unbekannten Proben nicht mehr zur Verfügung.

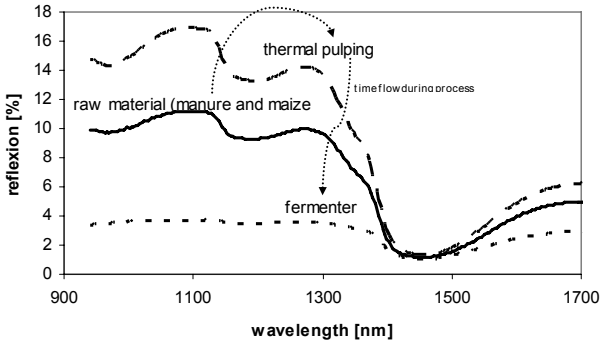


Abb. 2: Typische Spektren der unterschiedlichen Substrate
Fig. 2: Typical spectra from the different substrates

Aus der Gesamtheit der Proben (Set "all") wurden drei Teilsets definiert: „raw", „tp" und „fer", welche den Probenahme-

ort – im Vormischer, nach der TDH bzw. nach dem Fermenter – charakterisieren. Jedes Datenset wurde mit dem PLS1 Algorithmus kalibriert und durch die full-cross-validation-Methode validiert. Alle Variablen wurden mit ihrer Standardabweichung gewichtet; die hier angegebenen Ergebnisse beziehen sich auf die Validierung.

4 Ergebnisse

Typische Spektren der unterschiedlichen Substrate sind in Abbildung 2 abgebildet: Das Material aus dem Vormischer zeigt ein hohes Reflexionsniveau, welches durch den Thermodruckprozess zunimmt, um im Fermenter beim anaeroben Prozess auf das geringste Reflexionsniveau zu sinken. In allen Spektren ist die Wasserabsorption bei 1 200 nm und 1 450 nm klar zu erkennen.

Innerhalb der unterschiedlichen Datensets wurden Korrelationen der Inhaltsstoffe untereinander analysiert. Hierbei zeigt sich im Allgemeinen ein hoher Zusammenhang zwischen DM und oDM und innerhalb der flüchtigen Fettsäuren (VFA) aller Proben. Eine hohe Korrelation zwischen DM und den VFA zeigt sich im Datensatz nach der Thermodruckhydrolyse, da dort viel organische Substanz in Säuren umgesetzt wird.

Die Verteilung der Inhaltsstoffe mit der Angabe von Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum ist Tabelle 1 zu entnehmen. Es zeigen sich im Allgemeinen Normalverteilungen der Inhaltsstoffe in den entnommenen Proben. Eine Beprobung im Stundenrythmus des Vormischers ergab eine Variation im DM- und oDM-Gehalt von 6–7 % relativ im Tagesgang – trotz konstanter Anmischung. Dies ist ein Hinweis auf die Grenzen der Dosier/Wiegetechnik und vor allem aber auf die ausgeprägte natürliche Variabilität der Ausgangssubstrate.

Tab. 1: Überblick der Ergebnisse. Alle Angaben beziehen sich auf die Konzentration in der Originalsubstanz

Tab. 1: Results of calibration. Dimensions are related to the concentration in the original sample

Parameter	PC factors				Distribution: Mean / Std / Min / Max				Correlation r				RMSEP			
Sub Set	all	raw	tp	fer	all (92 samples)	raw (48 samples)	tp (19 samples)	fer (24 samples)	all	raw	tp	fer	all	raw	tp	fer
DM [%]	**8**	**9**	2	**7**	6,84 / 1,61 / 4,1 / 10,7	7,72 / 1,15 / 5,2 / 10,7	7,23 / 1,25 / 5,2 / 9,6	4,78 / 0,33 / 4,1 / 5,5	**0,90**	**0,96**	0,66	**0,89**	0,70	0,33	0,92	0,15
oDM [%]	**11**	**9**	13	**8**	5,45 / 1,52 / 2,9 / 9,13	6,25 / 1,05 / 4,12 / 9,13	5,94 / 1,17 / 3,78 / 8,06	3,46 / 0,28 / 2,9 / 4,01	**0,92**	**0,96**	0,78	**0,90**	0,60	0,29	0,73	0,12
Hac [g/kg]	**9**	-	**9**	1	1,76 / 1,8 / 0,21 / 5,85	na	3,53 / 1,28 / 0,25 / 5,85	0,36 / 0,1 / 0,21 / 0,66	**0,95**	-	**0,77**	-0,66	0,59	-	0,81	0,11
Propionic [g/kg]	**2**	-	**3**	1	0,42 / 0,5 / 0,01 / 1,67	na	0,89 / 0,42 / 0,03 / 1,67	0,05 / 0,03 / 0,01 / 0,13	**0,92**	-	**0,80**	-0,10	0,20	-	0,25	0,03
Butyric [mg/kg]	**5**	-	**6**	7	0,12 / 0,19 / 0 / 0,65	na	0,28 / 0,19 / 0 / 0,65	0 / 0 / 0 / 0	**0,95**	-	**0,89**	0,89	0,06	-	0,08	0,00
VFA [g/kg]	**2**	-	1	1	3,09 / 3,08 / 0,35 / 9,2	na	6,21 / 1,91 / 0,55 / 9,2	0,62 / 0,15 / 0,35 / 0,88	**0,90**	-	0,69	-0,60	1,30	-	1,40	0,16
NH4 [%]	1	-	1	1	0,17 / 0,05 / 0 / 0,22	na	0,15 / 0,04 / 0 / 0,22	0,19 / 0,04 / 0 / 0,22	0,10	-	0,01	0,20	0,05	-	0,05	0,05
N-total [%]	10	-	6	2	0,33 / 0,05 / 0,15 / 0,41	na	0,32 / 0,06 / 0,15 / 0,41	0,34 / 0,03 / 0,23 / 0,38	0,56	-	0,79	0,28	0,04	-	0,04	0,03

PC: Principle Component/Hauptkomponenten, RMSEP: Error of Validation/Fehler der Validation, na: not analysed/nicht analysiert

-: with used Data no Calibration possible/mit dem verwendeten Datenumfang keine Kalibrierung möglich

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Kalibrierung der Spektren auf die untersuchten Inhaltsstoffkonzentrationen dargestellt: Für DM und oDM erscheint eine Kalibrierung möglich; für die VFA ergeben sich nur akzeptable Kalibrationen, wenn es eine hohe Korrelation zur DM gibt. In Tabelle 1 sind die Kalibrierungen hervorgehoben, bei denen der Vorhersagefehler (RMSEP) der Validierung deutlich kleiner als die Streuung (Std) der

hier festgestellten Stoffparameter ist. Der Quotient beider Größen kann als Maß für den relativen Vorhersagefehler zukünftiger Anwendungen gesehen werden und liegt somit größenordnungsmäßig bei einigen 10 % bei den hervorgehobenen, akzeptablen Kalibrierung, wie DM und oDM. Dies erscheint zunächst hoch, wird aber relativiert durch die Messunsicherheit der chemischen Analysen [3]:

- DM und oDM: 5 % relativ
- VFA: 5 % relativ bei >0,5 g/kg; 10 % bei <0,5 g/kg
- Total-N: 0,05 % absolut
- NH_4-N: 0,05 % absolut
- Essigsäure: 5 % relativ bei >0,5 g/kg; 10 % bei <0,5g/kg
- Propionsäure: 10 % relativ
- Buttersäure: 10 % relativ

Allgemein wird ein Vorhersagefehler der doppelt so groß wie der der chemischen Referenzanalyse ist, als akzeptabel angesehen; theoretisch erreichbar ist nur ein RMSEP von dem einfachen Fehler der chemischen Analyse. Die höheren Vorhersagefehler können aber durch eine verbesserte und repräsentativere Probenerfassung eines Onlinemessverfahrens ausgeglichen werden.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Die analysierten Daten ergeben eine akzeptable Kalibrierung der spektralen Daten zu den Inhaltsstoffen für DM und oDM. Organische Säuren sind nur in den Datensätzen kalibrierbar, in denen sie eine Korrelation zur DM aufweisen. Dies liegt wahrscheinlich an dem geringem Probenumfang (hier je Datensatz nur ca. 30 Proben).

Der ausgeprägteste Einfluss der Inhaltsstoffe (erste Hauptkomponente der Analyse) ist das Reflexioniveau der Proben: mit hohem DM (vorwiegend aus dem Vormischer), also größtenteils feste, große Partikel, welche ein hohes Streuungspotenzial haben steigt die Reflexion über den gesamten Wellenlängebereich. Während Proben mit weniger DM (vorwiegend aus dem Fermenter), aber mit sämig, kleinen Partikeln, einen hohen Absorptionsquerschnitt aufgrund der großen Oberfläche aufweisen und somit wenig reflektieren. Der typische Einfluss organischer Verbindungen auf die spektralen Eigenschaften zeigt einen untergeordneten Effekt und wird wahrscheinlich erst bei der Verwendung einer größeren Probenmenge signifikanter.

Eine weitergehende Untersuchung wird zeigen, ob es wirklich einen monokausalen Einfluss der Inhaltsstoffe – wie organische Säuren und Stickstoff – auf das Spektrum gibt oder ob es sich nur um Querkorrelationen zur DM handelt. Dies kann überprüft werden, indem diese Substanzen – wie Acetat oder Ammonium – den realen Proben künstlich hinzugefügt werden oder Praxisproben aus einem großen Datensatz ausgewählt werden, welche konstante DM bei variierenden Konzentration von den anderen Inhaltsstoffen oder gar Eigenschaften – wie Methanertrag – aufweisen. Diese Teildatensätze sind dann frei von Korrelationen von DM zu anderen spezifischen Eigenschaften. Letztere Methode ist zu favorisieren, weil mehr Probenspezies verwendet werden.

Insgesamt aber zeigen die vorliegenden Untersuchungen, dass spektrale Informationen über die Substrate zur Charakterisierung vom Fermentationsgrad (siehe Abb. 2),

Prozessstabilität und -zustand unter Verwendung historischer, anlagenspezifischer Daten genutzt werden können.

Dieses Projekt wurde von der ISH (Innovationsstiftung Schleswig-Holstein) gefördert.

Literatur

[1] Hansson, M.; Nordberg, A.; Sundh, I.; Mathisen, B. (2002): Early warning of disturbances in a laboratory-scale MSW biogas process, Water Science, Vol 45, No 10: 255–260

[2] Dolud, M.; Andree, H.; Hügle, T. (2005): Rapid analysis of hog manure using near-infrared spectroscopy in flowing condition, in: Precision Livestock Farming`05, ed. by S. Cox, Wageningen Academic Publishers: 115–122

[3] Gosch, K. (2006): (Lufa ITL Kiel):persönliche Mitteilung

Internet Control of Cattle Grazing in Mountain and Foothill Areas of Japan

Internetkontrolle der Rinderweiden in den Gebirgen Japans

Takafumi Gotoh[1], Tetsuji Etoh[1], Yuji Shiotsuka[1], Makoto Maeda[2], Hiroyuki Terauchi[3], Norio Saito[4], Syuichi Takeishi[5], Shigeo Utsunomiya[6], Yuji Maeda[7], Toshihide Honda[8], Kazunori Okubo[9], Yoshiya Kinno[10], Shinichi Mine[11]

[1] Kuju Agricultural Research Center, Faculty of Agriculture, Kyushu University, JP-8780201 Kuju; [2] Intellectual Property Management Center, project Support Department, Kyushu University, JP-8128581 Fukuoka; [3] Panasonic Communications Co., Ltd., JP-8128531 Fukuoka; [4] MSK Agricultural Machine Co. Ltd., JP-8691235 Kumamoto; [5] Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center, JP-8780201 Kuju; [6] Remote, Co. Ltd., JP-8740919 Oita; [7] NTT departments III, (R&D Strategy Department), JP-1008116 Tokyo; [8] NTTWEST-Kyushu Corporation; JP-8120013 Fukuoka; [9] NTT Neomate, JP-8700023 Oita; [10] NTT Advanced Technology Corporation Network Solutions Business Headquarters, JP-1800006 Tokyo; [11] NTT Service integration Laboratories, JP-8120013 Fukuoka

Keywords: internet, web camera, making take to feeding, grazing cattle

Summary

The area of agricultural fields in current use in Japan has rapidly decreased from 6,090,000 ha in 1961 to just 3,590,000 ha in 2005. Simultaneously, the area of abandoned agricultural fields has rapidly increased and has become weed infested. More than 70 % of the Japanese landmass is taken up by mountains and forest, and almost all abandoned agricultural fields are located in mountain or foothill areas. As the self-food-sufficiency rate of Japan is quite low at less than 40 %, it is important that such abandoned fields be conserved for agricultural use as a bulwark against prospective food shortages. In recent times the Japanese government has recommended that farmers graze cattle on such fields. However, it is not so easy to control and carry out daily checks on cattle grazing in mountain and foothill areas. To help resolve this burdensome farming task, we created an internet based IT control system intended to provide feed concentrate to cattle and to monitor them as they grazed abandoned agricultural fields in mountain and foothill areas. We now present this system, which combines a PC connected to the internet, an outdoor wireless network camera with 2-way audio (Panasonic Co., Ltd.) and two-way voice communication, a wireless LAN system by EmergeCONNECT (NTT Group), and an automatic feeding machine (MSK agricultural machine Co., Ltd.). The feeding of concentrate and visual checks of the health of grazing cattle can be carried out via the internet on a PC located anywhere. This wireless network camera can be viewed and controlled from a standard web browser, a video display, or even a suitable configured cell phone or PDA. The camera has a function that uses a built-in microphone while a separately sourced amp-equipped speaker enables two-way voice communication between the network camera and a PC used to monitor the camera image. If the PC's mouse is clicked on a designated icon, the grazing cattle can be summoned by a preconditioned signal to gather in front of the network camera. With another click, concentrate can be made available as feed for the cattle through a localized automatic feeding machine that is also regulated by the PC. This system will be useful for farmers and will help them to control cattle grazing inconveniently located fields. Our system is presented in detail in our conference poster.

1 Background of Agriculture in Japan

Cattle are ruminants which originally have the important function of materials circulation in nature. Beef cattle produce "meat" from grass resource as a resource of protein after microorganism in rumen break down plant fibers that human can not digest. In recent years, Wagyu (Japanese Black cattle) have been fed a considerable amount of concentrate and have produced excellent marbled beef. Japanese Black cattle are reared and fattened with plenty of concentrate until 28–30 mo, by which time they will have consumed a total amount of concentrate of between 4000–5000 kg, more than 90 % of which is imported from USA and other countries. Such a heavy dependence on imported feed puts Japan in a precarious situation. In addition, livestock-related epidemics, such as bovine spongiform encephalopathy (BSE) and foot and mouth disease, have caused grave damage to the management of beef production in Japan. This beef production system dependent on imported grain feed would amplify the anxiety to the food safety in the future because not only BSE but also unknown infectious diseases may outbreak in the future and much feed contaminated with them may be imported into Japan. In addition to the high percentage of imported feed, there are many other problems associated with beef production. An especially serious one is the disposal of the large amount of excrement generated in the production of beef. In some regions, excrement has been left to accumulate. This situation has caused serious environmental pollution of underground water, soil and air; which in turn has caused an abnormal nitrogen cycle. In 2004, Japanese government enforced a new law according to the treatment of livestock excrement. Hereafter farmers have to equip each processing house. However, it is costly to construct facilities to dispose of excrement and such expenses are passed on to livestock management. Because of these factors, it is necessary to evaluate the present system and establish a new one that is more environmentally friendly. Grain is food that human being can eat. In recent time, global shift to produce bioenergy, i. e., ethanol from grain happens because of shortage of oil. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) reported that in developing countries, about 8 hundred million people are starving and about 5 million children die of hunger every year. Japan as one of developed countries should give consideration to the food balance of the world and shift to the safe and good quality beef production from domestic grass resource by shaking itself free from the system dependent on imported feed. In order to achieve this laudable idea, a focus on agricultural lands in Japan that have been abandoned is necessary.

A food self-sufficiency ratio of Japan is very low in 40 % or less in developed countries. It is imagined easily that it would become impossible to import food by not only emergency but also worldwide abnormal weather, generating of infectious diseases, in this confused time. We have to keep the base of food production. Japanese agricultural land has gradually decreased from 6,090,000 ha in 1961 to 4,890,000 ha in 2000. In other words, the area of abandoned agricultural land is increasing year by year. The main reason is a decrease in the number of farmers, according to the year 2000 statistics presently 3,890,000, and their aging, more than 50 % are over 65 years old. Conservation of agricultural land is essential to improving the rate of food self-sufficiency and in securing the future food supply of Japan. In order to improve decline in the food

self-sufficiency ratio of Japan and to supply safe foods for consumers, it is essential to develop and establish the new, sustainable and environmentally-friendly agricultural system, considering such an abandoned agricultural land as an area that is available for food production in the future.

Based on such problems, we make cattle give full play to its ability of the material circulation as a ruminant. According to feeding, we aim to produce the safe and good quality beef utilizing domestic unused grass resources to the maximum tent possible.

As one of helping tools for farmers, we created a new system of monitoring grazing cattle by internet

2 Construction of wireless network: EmergeCONNECT

We initially constructed the environment for a wireless LAN on the farm in mountain and foothill areas of Japan (grazing area: 7 ha). "EmergeCONNECT" is a system developed by the NTT group for mountainous areas or for states of emergency (MAEDA and SHODAI 2005). This system is a multi-hop wireless LAN system that uses the 2.4 GHz frequency band. It has the property that it can be used without a license and so an efficient transmission speed can be established by the operator taking charge of each switch in transmission and receiving.

Because it is a wireless method, EmergeCONNECT can fully utilize its ability in mountainous areas where cable connections are difficulty to execute or in emergency of disaster situations. In the case of an IT system controlling grazing cattle, communication is connected from a cabled broadcasting LAN terminal with 2 hops to the farm, which is about 3 km distant. Communication speed is maintained at more than 10 Mbps, which makes possible communication through pictures, sound and data.

3 Web camera, sound system and automatic feeding device

We used two cameras. One of them (camera 1) was installed in a small cattle pen situated on the grazing land. The other (camera 2) was installed to monitoring the outdoor stanchion. The cattle pen was installed for use around calving time. Each camera has a switch to control electricity. We used camera 1 for the sound system and camera 2 for the automatic feeding machine.

3.1 Camera 1: BB-HCM371

The camera 1 (BB-HCM371) was installed in a cow-house. The sound system was controlled by a switch of electricity in this camera. Camera 1 is an outdoor wireless network camera with 2-Way Audio. We can see what's there when we can't be there. These cameras can be viewed and its movement controlled from a standard Web browser, video display, or even a compatible cell phone or PDA with 802.11 b/g wireless communication or ethernet connection 802.11 b/g. There is 120° of pan (left & right) movement and 65° of tilt (up & down) movement available. This camera can be used outdoors and communicate by two-way audio. Using the built-in microphone and a separately

purchased amp-equipped speaker enables two-way voice communication (transceiver system) between the network camera and a PC used to monitor the camera image. The camera also has a CCD Sensor for enhanced image expression.

3.2 Camera 2: BB-HCM381

We equipped this camera outdoors at the front of the stanchion. The feeding system was controlled by an electrical switch in camera 2. Camera 2 (BB-HCM381) is an outdoors network camera with 350° of pan (left & right) movement and 120° of tilt (up & down), and 21 x optical zoom. This camera can also be used to see what is there when you can't be there. It can bring images into close up as it is equipped with a 42 x zoom function (21 x optical and 2 x digital zooms). Using a standard web browser, video display, or even a compatible cell phone or PDA, we can control the movement of the camera remotely. A "Home Position" can be assigned that allows us to return the camera to a pre-designated shooting position. Up to eight shooting positions can be registered in advance, so you the camera can be aimed exactly where we want to view. We can also click on the part of the image, and automatically bring that part to the center of the screen for better viewing.

We can control cows that have been trained to feed using these systems remotely controlled through computers connected to the Internet. First, we open the web pages of camera 1 and camera 2. We can watch the surroundings around the stanchion with camera 1. After we switch on the amplifier from the web page of camera 2, we can call cows by initiating a recorded voice; for example, "Come on! Come on!". The cows appear at the stanchion within a few minutes. Next, we switch on the automatic feeding machine from the web page of camera 1. Some feed is then dispensed out from the automatic feeding machine created by MSK Agricultural Machine Co. Ltd.

We can control the amount of feed by regulating the time that feed is dispensed out from the feeding machine. In this way, only the amount of feed necessary is served to the animals.

We have plans to attach temperature sensors to a cow's body. By using this sensor (Remote Co. Ltd), we will be able to monitor the cow's body temperature remotely through the internet when the cow is at the front of the stanchion.

In this way we can check a cow's health, if it is injured and so on. Moreover mating behaviour can also be observed. This system is has the potential to be useful wherever there is an internet environment; one can login and observe ones grazing cows on your farm or pasture from anywhere in the world. This system should lighten some of the burden of a farmer's work.

References

Maeda, Y.; Shodai, T. (2005): Business Creation in the Environment and Energy Fields, NTT Technical Review, Vol. 3, No. 5, pp. 36–40

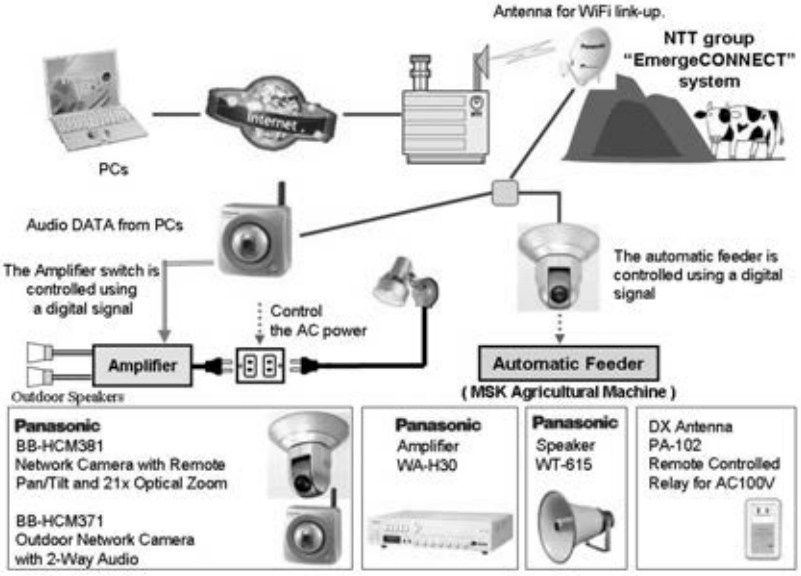


Fig. 1: Network camera system: equipment and internet link

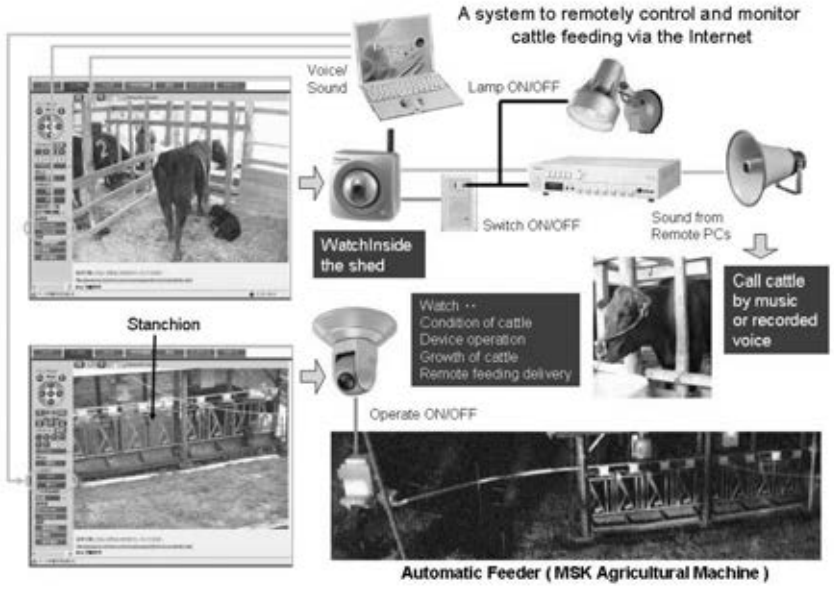


Fig. 2: Network camera system: remote control of cattle feeding

Stauwärmenutzung unter Dachflächen landwirtschaftlicher Gebäude

Utilisation of Heat Accumulated Under the Roof Surfaces of Agricultural Buildings

Matthias Baum, Dieter von Hörsten, Wolfgang Lücke

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Gutenbergstr. 33, D-37075 Göttingen

Schlüsselwörter: Solarthermie, Energiedach, Stauwärmenutzung, Solardach
Keywords: thermal energy, energy roof, accumulated heat utilisation, solar roof

Zusammenfassung

Mit handelsüblichen Metallprofilen eingedeckte Dachflächen eignen sich zur thermischen Energiegewinnung. Die Potenziale werden zum einem in einer erheblichen Kostenreduktion der solarthermischen Energiegewinnung gesehen. Zum anderen wird davon ausgegangen, dass bereits kurze Sonnenscheinphasen zur Energiegewinnung genutzt werden können. Diese Energiegewinnungsform eignet sich im besonderen Maß für landwirtschaftliche Gebäude, da häufig große Dachflächen zur Verfügung stehen. Die gewonnene Energie kann im landwirtschaftlichen Betrieb zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung oder zur Klimatisierung von Gebäuden genutzt werden. Die aktuellen Entwicklungen auf dem Energiemarkt gaben Anlass, das Konzept der „Stauwärmenutzung" aufzugreifen und anhand einer Pilotanlage energetisch zu betrachten.

Summary

Roof surfaces covered with conventional metal profiles are suitable for thermal energy accumulation. One potential advantage of such a system is the substantial reduction in costs associated with the acquisition of solar thermal energy. Also, it is assumed that even short periods of sunshine can be used for energy acquisition. This form of energy acquisition is particularly useful in agricultural buildings, as large roof areas are frequently available. The accumulated energy can be used in agricultural enterprises for heating water for consumption and supporting heating systems, or for air-conditioning in buildings. Current developments in the energy market prompt the adoption of the concept of "accumulated heat utilisation" and considering it purposefully, making use of a pilot installation.

1 Einleitung

Angesichts der steigenden Energiepreise gewinnt die Nutzung von Sonnenenergie zunehmend an Bedeutung. Eine bekannte und vielfach angewandte Technologie ist die Nutzung von solarer Strahlungsenergie mit Hilfe von Kollektoren oder fotovoltaischen Zellen. Die Umsetzung dieser kostenintensiven Lösungen ist jedoch derzeit nicht ohne finanzielle Förderung wirtschaftlich. Weniger bekannt ist die kostengünstige Verwertung der Sonnenstrahlung durch die Nutzung der unter Dachflächen entstehenden Stauwärme. Bereits in den 80er-Jahren wurde nachgewiesen, dass mit handelsüblichen Metallprofilen eingedeckte Dachflächen zur Energiegewinnung geeignet sind. Diese Alternative bietet sich besonders für Gebäude mit großen Dachflächen an.

2 Aufbau und Prinzip eines Solardaches zur Stauwärmenutzung

Der Aufbau eines Solardaches zur Stauwärmenutzung unterscheidet sich kaum von dem eines konventionellen hinterlüfteten Metalldaches. Zur solaren Nutzung wird das Dach lediglich in einzelne Felder aufgeteilt, am Frist verschlossen und durch eine in Längsrichtung verlegte Konterlattung angehoben (Abb. 1).

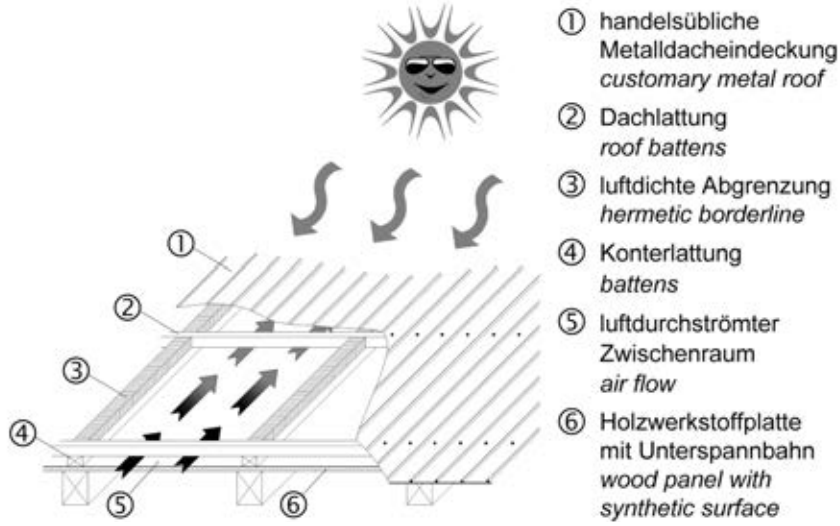


Abb. 1: Aufbau des Solardaches zur Stauwärmenutzung
Fig. 1: Design of a solar roof for accumulated energy utilisation

Der für die Luftführung notwendige Strömungskanal ergibt sich auf der Oberseite aus der Metalleindeckung und auf der Unterseite durch eine Holzwerkstoffplatte. Die zusätzlich angebrachte Konterlattung hebt die Dachlattung so weit an, dass zwischen der Oberseite der Metalleindeckung und der Holzwerkstoffplatte ein Strömungskanal entsteht. In diesem Kanal nimmt die von der Traufe einströmende Luft Wärme von der durch die Sonne erhitzten Dachhaut auf und wird zum First geleitet. In Strö-

mungsrichtung der Luft wird der Kanal in regelmäßigen Abständen durch die Lattung der Dacheindeckung verengt. Die Verengung des Kanalquerschnittes bewirkt eine intensive Verwirbelung der einströmenden Luft und gewährleistet eine gleichmäßige Lufterwärmung. Über ein Rohrleitungssystem wird die erwärmte Luft mit der Unterstützung eines Ventilators aus dem Dach abgesaugt und energetisch genutzt.

Das Prinzip der Stauwärmenutzung ist einfach: Umgebungsluft wird unter der von der Sonne erhitzen Dachhaut entlanggeführt und erwärmt. Im Tagesablauf auftretende Strahlungsschwankungen werden durch die Wärmespeicherfähigkeit des Daches gedämpft. Grundvoraussetzung für die effektive Lufterwärmung ist die gleichmäßige Durchströmung des Daches. Der Wirkungsgrad des Stauwärmdaches ist im Vergleich zu Kollektoren mit Abdeckung relativ niedrig. Der niedrige Wirkungsgrad kann zum einen durch die kostengünstige Nutzung großer Dachflächen kompensiert werden. Zum anderen ist eine Erhöhung des Wirkungsgrades durch eine vergrößerte Strömungsgeschwindigkeit und zusätzlichen Luftverwirbelungseinbauten möglich. Die Globalstrahlung übt nur einen begrenzten Einfluss auf den Wirkungsgrad des Solardaches aus.

Der Vorteil des Solardaches liegt in der kostengünstigen Nutzung großer Dachflächen, da lediglich die übliche Ziegeleindeckung durch ein in der Regel kostengleiches Metalldach ersetzt werden muss. Es wird davon ausgegangen, dass bereits kurze Sonnenscheinphasen zur Energiegewinnung genutzt werden können. Der einfache Aufbau des Solardaches stellt nicht nur eine Alternative für Neubauten dar, sondern eignet sich gleichermaßen für die Sanierung von Altbauten. Der Bauherr muss sich lediglich für eine Metalldacheindeckung entscheiden, um ganzjährig Energiekosten einsparen zu können.

3 Anwendungsbeispiele in der Landwirtschaft

Die erfolgversprechende Energiedachlösung eignet sich im besonderen Maße für landwirtschaftliche Gebäude, da häufig große Dachflächen zur Verfügung stehen. Das Anwendungsgebiet des Solardaches liegt im Niedertemperaturbereich. Je nach Verwendungszweck und notwendigem Temperaturniveau ist neben der direkten Nutzung der erwärmten Luft eine Umwandlung der gewonnenen thermischen Energie notwendig.

Eine direkte Nutzung der erwärmten Luft bietet sich bei landwirtschaftlichen Trocknungsanlagen an. Durch den Einsatz der kostengünstigen Energiedachlösung kann der Anteil an Fremdenergie reduziert und somit die Betriebskosten der Anlage deutlich gesenkt werden. Im Gegensatz zu den klassischen Heizsystemen ist die Trocknungsluft prinzipbedingt frei von Verbrennungsrückständen. Ein weiterer Vorteil ist der Wegfall der verlustbehafteten thermischen Umwandlung, wie sie bei herkömmlichen Trocknungsverfahren vorhanden ist. Das Solardach eignet sich im besonderen Maße für Trocknungsanlagen mit minimiertem Energieeinsatz. Bei leistungsmaximierten Trocknungsanlagen können die Betriebskosten durch den Einsatz von vorgewärmter Luft gesenkt werden.

Durch die Umwandlung der gewonnenen thermischen Energie eröffnen sich weitere Nutzungsmöglichkeiten. Vornehmlich eignet sich das Energiedach in Verbindung mit einer Wärmepumpe zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung. Diese Nutzungsform ist gleichermaßen für landwirtschaftliche Betriebe und Haushalte

geeignet. Neben der Warmwassererzeugung kann die gewonnene Energie zur Heizungsunterstützung für Wohn-, Verwaltungsgebäude, Werkstätten und Stallanlagen in der Nutztierhaltung verwendet werden.

Ein zusätzlicher Effekt der Stauwärmenutzung ist die Kühlung des Gebäudes an heißen Sommertagen. Es wird vermutet, dass sich die Nutzung der heißen Dachluft positiv auf das Gebäudeklima auswirkt.

Neueste Überlegungen verfolgen den Ansatz, die Energiedachlösung zum Antrieb von sorptionsgestützten Klimatisierungen von Wohn-, Verwaltungsgebäude, Werkstätten und Stallanlagen in der Nutztierhaltung zu nutzen. Bei dieser Nutzungsform fällt das Angebot an solarer Strahlungsenergie und die Nachfrage nach solarer Kühlung proportional zusammen. Somit ist theoretisch ein völlig autonomer Solarbetrieb der Klima-anlage möglich. Ebenfalls denkbar ist eine Kombination der Nutzungsformen zur besseren Ausnutzung des Strahlungsangebotes im Jahresverlauf. Zum Beispiel ist es vorstellbar die sorptionsgestützte Klimatisierung mit einer Heizungsunterstützung zu kombinieren. In den Sommermonaten wird das Strahlungsangebot zur solaren Kühlung und im Winterhalbjahr zur Unterstützung der Gebäudeheizung genutzt.

Die Kosten der Stauwärmenutzung richten sich maßgeblich nach der jeweiligen Nutzungsform, da lediglich die Ziegeleindeckung durch ein in der Regel kostengleiches Metalldach ersetzt werden muss. Die Wirtschaftlichkeit der Stauwärmenutzung wird maßgeblich von der Verwendungsform, den Investitions- und Installationskosten und den Kosten für das zusätzliche Luftkanalsystem beeinflusst. Erste Schätzungen gehen davon aus, dass sich eine Anlage zur Stauwärmenutzung, je nach Verwendungsform und Entwicklung des Heizöl- und Strompreises, in einem Zeitraum von 5–10 Jahren amortisiert. Grundsätzlich eignet sich das Konzept der Stauwärmenutzung für alle Gebäudearten mit großen Dachflächen.

4 Pilotanlage zur Praxiserprobung

Die aktuellen Entwicklungen auf dem Energiemarkt gaben Anlass, das Konzept der Stauwärmenutzung erneut aufzugreifen und einem Praxistest zu unterziehen.

Zur Praxiserprobung wurde der Neubau der Jugendherberge des Deutschen Jugendherbergswerkes in Dahme (Ostsee) mit einem Prototyp des Solardaches mit Metalleindeckung ausgestattet. Das Gebäude verfügt über große Dachflächen, die eine Nutzung für Zwecke der Wärmegewinnung sinnvoll erscheinen lassen. Das Energiedach unterstützt in Verbindung mit einer Wärmepumpe das Heizsystem der Jugendherberge. Über einen Einlass an der Traufe (Abb. 2) wird die Luft mit der Unterstützung eines Ventilators angesaugt und in Richtung First unter dem Dach entlanggeführt. Die erwärmte Luft verlässt den Dachkanal über ein Rohrleitungssystem und wird einem Wärmetauscher zugeführt. Dieser entzieht der Luft die Energie und gibt diese über einen Solekreislauf an die Wärmepumpe weiter. Die Wärmepumpe hebt die gewonnene Energie auf ein höheres nutzbares Energieniveau und belädt einen Pufferspeicher. Der Pufferspeicher gibt die gespeicherte Sonnenenergie je nach Bedarf an das Heizsystem zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung ab. Die im Wärmetauscher abgekühlte Luft wird über ein Rohrleitungssystem aus dem Gebäude herausgeführt.

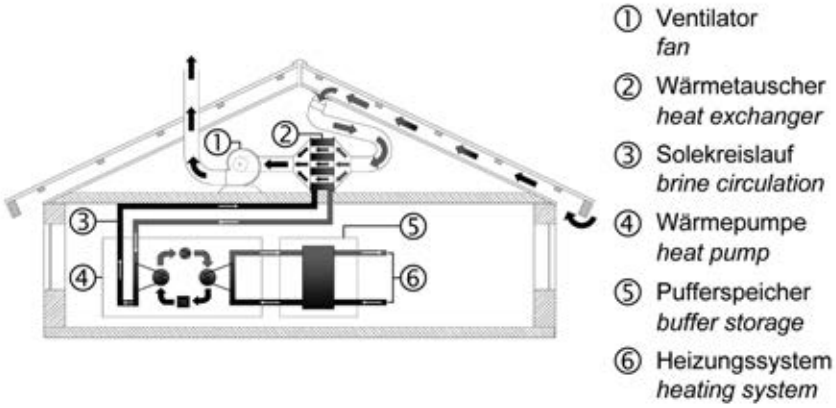


Abb. 2: Schematischer Aufbau der Stauwärmenutzung mit einer Wärmepumpe
Fig. 2: Schematic design for accumulated heat utilisation with a heat pump

In weiterführenden Untersuchungen wurde deutlich, dass durch die Zufuhr von vorgewärmter Luft die Arbeitszahl von Wärmepumpen deutlich erhöht und ein Betrieb selbst an Wintertagen bei ausreichendem Strahlungsangebot realisiert werden kann. Durch die Einsatzmöglichkeit eines geringfügig modifizierten Metalldaches werden die Potenziale der Stauwärmenutzung zum einem in einer erheblichen Kostenreduktion der solarthermischen Energiegewinnung gesehen. Zum anderen wird davon ausgegangen, dass gerade in der Übergangszeit im Frühjahr und Herbst eine Reduktion des Heizölverbrauches bereits durch die Nutzungsmöglichkeit kurzer Sonnenscheinphasen erzielt werden kann.

Die Ziele des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsprojektes sind die Integration und Optimierung der Wärmepumpe in das vorhandene Heizungssystem, sowie die Ermittlung des Betriebsverhaltens der Anlage. Unter Berücksichtigung von Klimadaten sollen neben der Wirtschaftlichkeit der Stauwärmenutzung auch die Potenziale für andere Standorte in Deutschland untersucht werden, um anhand dieser Daten eine Aussage über die möglichen Einsparungen an fossilen Energieträgern und klimarelevanten Emissionen zu ermitteln.

Investitionsbedarf für den Neubau von Mastschweineställen

Fatttening Pigs: Investment Demands for New Constructions

JÜRGEN GARTUNG, KERSTIN UMINSKI, CHRISTEL HOCH

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung
Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Mastschweine, Investitionsbedarf, Baunutzungskosten, Kostenblockmethode
Keywords: fattening pigs, investment requirements, utilisation costs, functional cost pool

Zusammenfassung

Im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogramms „Kalkulationsunterlagen" wurde der Investitionsbedarf für 25 verschiedene Mastschweineställe ermittelt. Kurz zusammengefasst ergibt sich:

Je größer die Bestände, desto kostengünstiger kann gebaut werden (Effekt der Kostendegression) und je größer die Gruppe desto kostengünstiger der Stallplatz. Dementsprechend schneiden Mastanlagen mit Großgruppen und Sortierställe mit Megagruppen am günstigsten ab. Bezogen auf den Mastplatz sind Außenklimaställe teurer als konventionelle Ställe gleicher Gruppengröße, da sie mehr Fläche pro Tier zur Verfügung stellen.

Summary

In the framework of the KTBL Working Program for Calculation Materials the investment demands for fattening pig facilities were calculated. Summarised briefly, it can be said:

The more pigs, the less expensive the building (effect of cost degression) and the larger the group, the less expensive the fattening place. Accordingly the least expensive are facilities for large group size and those with „mega groups" and automatic sorting device. As outdoor climate stables do provide more space per pig, they are at same group size more expensive than conventional systems.

1 Problemstellung

Sinkende Erzeugerpreise für landwirtschaftliche Produkte zwingen auch bei hohen Leistungen zu kostengünstigen Produktionsverfahren. Das gilt auch für die Mastschweinehaltung. Wenngleich die Gebäudekosten neben den Kosten für Ferkel, Futter, Arbeit und sonstiges vergleichsweise gering sind, so fallen sie insgesamt aber doch mit 10–15 % der Gesamtproduktionskosten ins Gewicht. Es handelt sich dabei um die Baunutzungskosten aus Abschreibung, Verzinsung und Instandhaltung (bauliche Jahreskosten).

2 Aufgabenstellung

Unter den Gebäudekosten versteht man die Baunutzungskosten aus Abschreibung, Verzinsung und Instandhaltung (bauliche Jahreskosten). Zur Vermeidung von Fehlinvestitionen sind Wirtschaftlichkeitsberechnungen vor der Bauentscheidung dringend erforderlich. Bei der Auswahl aus mehreren Investitionsmöglichkeiten ist zu entscheiden, ob überhaupt eine zur Wahl stehende Alternative wirtschaftlich ist. Wenn dies der Fall ist, kann die vorteilhafteste ausgewählt werden. Für Kostenvergleiche von Neubauten unterschiedlicher Haltungsverfahren, Konstruktionen und Bestandsgrößen sind Kostenkennwerte erforderlich. Eine Daueraufgabe des Arbeitsbereiches „Gebäude und bauliche Anlagen“ des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung besteht darin, derartige Kostenkennwerte aus gebauten Standardlösungen abzuleiten und unterschiedliche Gebäudesysteme hinsichtlich des Investitionsbedarfs zu untersuchen.

3 Methode

Basis für die Zusammenstellung der Kostenkennwerte ist das Baukosten-Verbundsystem des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL. Es ermöglicht die Aufbereitung der Baukostendaten, die aus gebauten und abgerechneten Bauvorhaben stammen, nach Kostenblöcken, Kostengruppen, Gebäude-Grobelementen und -Elementen.

4 Auswahl der Stallsysteme

Die Arbeit erfolgte im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogrammes „Kalkulationsdaten“. Die Auswahl der zu bearbeitenden Haltungssysteme, Bestandsgrößen und Bauausführungen erfolgte daher mit den Fachleuten der verschiedenen KTBL-Arbeitsgruppen. Die ausgewählten 25 Stallmodelle spiegeln in etwa den derzeitigen Stand bei Stallneubauten für die Schweinemast wieder. Die Untersuchung umfasste die in Tabelle 1 aufgelisteten Stalltypen, Fütterungsarten und Bestandsgrößen, von der einfachen Außenklimahaltung bis zum hoch technisierten Sortierstall.

Tab. 1: Ausgewählte Stalltypen und Bestandsgrößen
Tab. 1: Facilities and livestock size

Bezeichnung	Tiere/Bucht	Zahl der Stallplätze		
Kammstall				
Kleingruppen				
Rohrbreiautomaten	11	385	517	649
Flüssigfütterung, Längströge	10	350	470	590
Großgruppen, Rohrbreiautomaten	33	385	517	649
Megagruppen, Sortierstall				
Rohrbreiautomaten	268	804		
Flüssigfütterung, Tröge, Sensor	268	804		
Doppel-Kammstall				
Großgruppen				
Rohrbreiautomaten	40	960	1 600	1 920
Flüssigfütterung, Tröge, Sensor	40	960	1 600	1 920
Megagruppen, Sortierstall				
Rohrbreiautomaten	268	1 608		
Flüssigfütterung, Tröge, Sensor	268	1 608		
System „Neuland"				
Kleingruppen, Rohrbreiautomaten	22	385	517	649
System „Pig Port III"				
Kleingruppen, Rohrbreiautomaten	20	400	520	1 040

Haltungsverfahren und Bauausführung

Neubauten größerer Anlagen zur Schweinemast werden aus Gründen des Immissionsschutzes heute vorwiegend im Außenbereich errichtet. Die Spannweite bezüglich der Gebäudegrößen, Aufstallungsverfahren und Bauausführungen ist außerordentlich groß.

Die überwiegende Zahl der Neubauten in Deutschland wird derzeit konventionell, mit mehreren Stallräumen an einem zentralen Erschließungsgang (Kamm- oder Doppelkamm) und einer geschlossenen Gebäudehülle und steuerbarem Stallklima erstellt. Durch bauliche und technische Maßnahmen kann bei dieser Bauart für jedes Stallabteil ein möglichst optimales Raumklima erzeugt werden, was für die Gesundheit der Tiere und deren Leistung von großer Bedeutung ist. Die richtige Dimensionierung und Technisierung der Lüftungsanlage reicht aber allein nicht aus. Auch die richtige Auswahl der Baustoffe für die Raum umschließenden Bauteile und deren einwandfreie Ausführung ist eine wichtige Voraussetzung für ein gutes Stallklima. Die Stallräume sollten möglichst stützenfrei überspannt werden. Dadurch ist der Einbau der Haltungs- und Fütterungstechnik frei wählbar. Außerdem sind spätere bauliche Veränderungen leichter möglich. Als Dachtragwerke kommen in der Regel Holz-Dreiecksbinder zum Einsatz. Sie werden auf die tragenden Außen- oder Innenwände aufgelegt. Fundamente und Stallboden werden üblicherweise aus Beton hergestellt. Tragende Wände bestehen bei Neubauten vorzugsweise aus Mauerwerk.

Neben geschlossenen Ställen mit Zwangslüftung werden bei Neubauten auch Außenklimaställe mit freier Lüftung, vorwiegend in Leichtbauweise gebaut. Sie bieten nach

bisherigen Erfahrungen und Erkenntnissen eine Reihe von Vorteilen im Hinblick auf Tiergesundheit und Tierverhalten. Hierzu zählen vor allem die gute Luftqualität und die einwirkenden Klimareize. Für den Fall extremer Witterungsbedingungen müssen aber Vorkehrungen getroffen sein, um übermäßige Belastung der Tiere zu vermeiden. Für den Winter ist die Bereitstellung ausreichender Mengen Einstreu erforderlich oder es sind Kisten bzw. Betten mit oder ohne Heizung aufzustellen. Für hohe Temperaturen im Sommer sind Suhlen oder Duschen einzurichten.

Die Wahl des Fütterungsverfahrens ist in der Schweinemast von entscheidender Bedeutung. Die Grundrisse der Mastschweineställe werden, abgesehen vom Haltungsverfahren, im Wesentlichen durch die Fütterung, d.h. die Trogform und -anordnung bestimmt. In der Regel wird das Futter in Außensilos gelagert. Von hier gelangt es mit einer Förderanlage in das Stallinnere. Bei Trockenfütterungsanlagen wird es direkt in den Trog oder in den Futterautomaten gefördert. Standard sind hier in letzter Zeit Rohrbreiautomaten. Die Automaten eignen sich zur ad libitum oder tagesrationierten Fütterung, wobei sich mehrere Tiere einen Fressplatz teilen. Bei Flüssigfütterung wird die jeweilige Ration in einem Mischbehälter angemischt. Durch Transportleitungen wird der Brei in die Tröge gepumpt. Bei Fütterung am Kurztrog mit Füllstandsensor wird ad libitum gefüttert. In kleinen Buchten (10 Tiere) sind auch Längströge üblich. Hier haben die Tiere in jedem Abteil die Möglichkeit, gleichzeitig zu fressen.

Am Stalleingang befinden sich Vorräume mit Hygieneschleuse, bzw. Garderobe, in der Kleidung und Schuhe gewechselt werden müssen, WC, Dusche sowie ein Büro. Die Einrichtung einer rutschfesten Rampe für die direkte Verladung der Schweine auf den Transporter ist auch in kleineren Betrieben anzuraten, um den Abtransport für Mensch und Tier so stressfrei wie möglich zu gestalten.

Derzeit Standard ist die strohlose Haltung der Tiere auf Vollspaltenboden. Die Kanäle unterhalb des perforierten Bodens werden häufig so ausgebildet, dass der Flüssigmist über einen bestimmten Zeitraum angestaut wird. Durch schlagartiges Öffnen eines Schiebers oder Stöpsels wird die Gülle aus den quer angeordneten Kanälen in einen tieferliegenden Sammelkanal (meist unter dem Versorgungsgang) geleert und weiter in die Vorgrube geleitet. Von dort wird die Gülle zumeist in den Außenbehälter gepumpt. Die Lagerung des Flüssigmistes erfolgt außerhalb des Stallraumes in einem Güllebehälter. Festmistverfahren sind in großen Schweinemastbetrieben, nicht zuletzt aufgrund des Arbeitsaufwandes, eher die Ausnahme. Da in Biobetrieben, die zum Beispiel nach den Richtlinien von „Neuland“ wirtschaften, Einstreu Pflicht ist, werden entprechend auch neue Festmistlager gebaut. Die Entmistung erfolgt in diesen Fällen mit einem Schlepper.

5 Ergebnisse

Einen Überblick über den Investitionsbedarf für die untersuchten Stallmodelle gibt Abbildung 1. Der Investitionsbedarf ist in Euro pro Stallplatz dargestellt. Kurz zusammengefasst ergibt sich:

Je größer die Bestände, desto kostengünstiger kann gebaut werden (Effekt der Kostendegression) und je größer die Gruppe, desto kostengünstiger der Stallplatz. Dementsprechend schneiden Mastanlagen mit Großgruppen und Sortierställe am günstigsten

ab. Unter der Annahme, dass sich Tiere in größeren Gruppen gleiche Bereiche und Einrichtungen teilen, wurde der Sortierstall ursprünglich mit einer Fläche von 0,60 m²/Tier berechnet, so wie er in der Praxis bis vor Kurzem noch betrieben wurde. Der Kostenkennwert betrug bei einem Stall mit sechs Abteilen für je 300 Tiere je nach Fütterung zwischen 338 €/Platz (Rohrbreiautomaten) und 353 €/Platz (Flüssigfütterung, Kurztröge, Sensor).

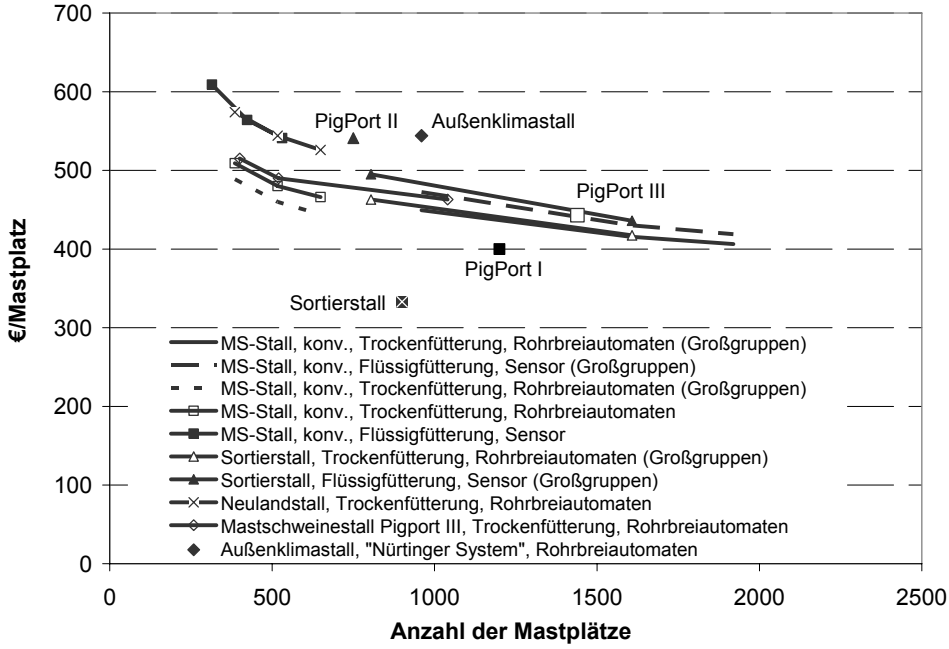


Abb. 1: Investitionsbedarf
Fig. 1: Investment demands

Seit Inkrafttreten der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung im August 2006 ist aber auch in den Megagruppen des Sortierstalles jedem Mastschwein eine Fläche von 0,75 m² zur Verfügung zu stellen. Dadurch können beispielsweise statt 1 980 (6 Abteile mit je 300 Plätzen + 180 Plätze in Verkaufsbuchten) nur noch 1 608 Tiere untergebracht werden. Durch diese Entscheidung erhöhen sich die Stallplatzkosten von 338 auf 417 €/Platz, d. h. um 79 € bzw. 23 %.

Die Spannweite der Kostenkennwerte liegt abhängig von Bauform, Ausstattung und Bestandsgröße zwischen 406 und 676 €/Mastplatz. Die vorgeschriebene Mindestfläche von 0,75 m² pro Mastschwein ist dabei in allen Fällen berücksichtigt. Nach den Neuland-Richtlinien für artgerechte Schweinehaltung sind bis 120 kg Lebendgewicht mindestens 1,0 m² Stallfläche plus 0,5 m² Auslauf pro Mastschwein vorzuhalten. Im „Pig Port III" beträgt die Buchtenfläche im Stall 0,75 m² und zusätzlich im Auslauf 0,50 m².

6 Fazit

Allgemein lässt sich aus der Darstellung ablesen, je größer die Fläche, je höher sind die Stallplatzkosten. Werden dem Schwein 1 m² statt 0,75 m² zur Verfügung gestellt sowie ein zusätzlichen Auslauf, muss der Stall teurer werden. Das gilt auch für Außenklimaställe. Erst durch die Möglichkeit zur Eigenleistung und zur Verwendung alternativer Baumaterialien werden diese Stalltypen insgesamt günstig. Zahlreiche Beispiele dieser Art konnten in Praxisbetrieben besichtigt werden. Aus den vorgelegten Abrechnungen der Betriebsleiter ließen sich vergleichbare Kostenkennwerte erfassen. Das Ergebnis zeigt, dass Einsparungen um 10 bis 20 % bei einigen Baumaßnahmen möglich waren. Es zeigt aber auch, dass bei anderen Baumaßnahmen die Kosten gegenüber Standardlösungen nicht gesenkt werden konnten, bzw. die von den Verfassern ermittelten Normalherstellungskosten dadurch bestätigt wurden.

Literatur

Gartung, J.; Uminski, K.; Hoch, C. (2006): Forschungsbericht zum Investitionsbedarf für Mastschweineställe, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Institutsbericht Nr. 389/2006 der FAL

Gartung, J; Uminski, K.; Hoch, C. (2007): Investitionsbedarf für Mastschweineställe, Landtechnik 62, H.1: 42–43

KTBL (2004) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt; Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. ISBN 3-7843-2178-X

KTBL (2004) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt; [www.ktbl.de] Stallbaukosten

Verminderung der Hitzebelastung in einem Milchviehstall durch ein Sumpfpflanzendach

Decreased Heat Load in a Dairy Building Using a Wet Green Roof

HEIKO GEORG

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Hitzestress, Milchkühe, Kühlung, Gründach
Keywords: heat stress, dairy cows, cooling, green roof

Zusammenfassung

Die Hitzebelastung von Milchkühen wird zunehmend auch in gemäßigten Klimazonen zu einem Problem. Hitzestress für Kühe beginnt bereits bei 21 °C Stalltemperatur und wirkt sich ab 25 °C auch negativ auf die Milchleistung aus. Eine Verbesserung des Stallklimas bei Hitze ist derzeit mit folgenden Lösungen möglich: Große, langsam laufende Ventilatoren unter dem Dach oder am Giebel sowie Reihen von Ventilatoren, die die Quer- und Längslüftung im Stall unterstützen. Teilweise werden Lüfter auch mit Wasserdüsen kombiniert, um zusätzliche Verdunstungskälte zu erzeugen. An der FAL Braunschweig wurde für einen bestehenden Milchviehstall nach einer Lösung gesucht, mit der energieneutral gekühlt werden kann und sommerliche Temperaturspitzen gedämpft werden können. Auf zusätzliche Sprinkleranlagen sollte dabei verzichtet werden, um die Keimbelastung der Luft so gering wie möglich zu halten. Durch die gewählte Dachbegrünung konnte die Stallinnentemperatur um 5 °C im Vergleich zur Bedachung mit Faserzementplatten abgesenkt werden.

Summary

Heat stress of dairy cows is a major problem even in moderate climate. Heat stress starts at approximately 21 °C and shows a negative impact on milk yield at 25 °C. Common solutions to reduce heat stress are fans, sprinkler and nozzles to support evaporation. Tunnel ventilation as well as cross ventilation support cooling strategies. The solution used at the FAL was a green roof to reduce summer heat loads at a low energy input level. Sprinklers were not taken into consideration in order to avoid aerial bacterial load. The wet green roof lead to 5 °C decreased temperature within the dairy barn compared to the control variant without green roof.

1 Einleitung und Stand des Wissens

Die Frage nach Lösungen zur Minderung des Hitzestresses für Milchkühe wird auch in gemäßigten Breiten immer wichtiger (Armstrong 1994, Bockisch 1991, Brandes 2005). Die Ursachen für die zunehmende Bedeutung des Hitzestresses liegen nicht nur in der vielfach diskutierten globalen Erwärmung, sondern auch in der seit zwei Jahrzehnten nahezu verdoppelten Milchleistung der Kühe. Mit der erhöhten Milchleistung steigt auch die metabolische Energieleistung der Tiere (Collier et al. 2006) und damit die Notwendigkeit der Ableitung zusätzlicher Energie. Hitzestress für Kühe beginnt bereits bei 21 °C Stalltemperatur und wirkt sich ab 25 °C auch negativ auf die Milchleistung aus. Als Indikator für die Belastung der Tiere bereits ab 21 °C können auch Verhaltensänderungen dienen (Cook et al. 2007). Kühe liegen bei thermoneutralem Stallklima signifikant länger, möglicherweise ist dies auch eine Ursache für den Rückgang der Milchleistung bei zunehmender Hitze. Eine weitere negative Auswirkungen von Hitzestress auf Milchkühe ist die geringere Fruchtbarkeit (Jordan 2003).

Als Indikatoren für Hitzestress dient in erster Linie der Temperatur-Luftfeuchte-Index (THI). Allerdings sollte der THI je nach Klimazone unterschiedlich gewichtet werden (Bohmanova et al. 2007). Je nach Standort, humid oder semiarid, sind THI mit Gewichtung der Feuchte oder der Temperatur besser geeignet, während die dry-bulb-Temperatur besser für aride Gebiete geeignet ist.

Eine Verbesserung des Stallklimas bei Hitze ist mit großen langsam laufenden Ventilatoren (vertikal und horizontal) sowie Reihen von Ventilatoren möglich. Teilweise werden Lüfter auch mit Wasserdüsen kombiniert, um zusätzliche Verdunstungskälte zu erzeugen (Smith et al. 2006). Urdaz et al. (2006) nutzten ein System von Beschatten, Sprinkler und Ventilatoren im Vergleich zur ausschließlichen Sprinklerverwendung und erzielten 1,4 kg Milch/Kuh mehr pro Tag. Bei der Bewertung wirtschaftlicher Einbußen durch Hitzestress in der Tierhaltung wurde von St-Pierre et al. (2003) ein Verlust von 897 Mio $ pro Jahr im Bereich der Milchviehhaltung in den USA ermittelt.

Vor diesem Hintergrund sind die Anforderungen an Stallgebäude der Zukunft zu sehen, die den Anforderungen von Milchkühen im Hinblick auf Komfort und Klima gerecht werden.

2 Material und Methoden

An der FAL Braunschweig wurde daher für einen bestehenden Milchviehstall nach einer Lösung gesucht, mit der energieneutral gekühlt werden kann und sommerliche Temperaturspitzen gedämpft werden können. Auf zusätzliche Sprinkleranlagen sollte dabei verzichtet werden, um die Keimbelastung der Luft so gering wie möglich zu halten.

Als neuartige Lösung zur Kühlung des Stalls wurde ein Sumpfpflanzendach gewählt, das vom Sächsischen Textilforschungsinstitut (STFI) in Chemnitz entwickelt wurde.

In der Milchviehanlage der Versuchstation der FAL wurde auf einem von zwei gleichgroßen und parallel ausgerichteten Milchviehställen mit Faserzementdächern diese spezielle Gründachvariante aufgebracht (Abb. 1). Beide Ställe wurden mit Sensoren für die Messung von Temperatur und Luftfeuchte in der Stallluft ausgestattet, um Vergleichs-

messungen zu ermöglichen. Direkt an der Stallanlage wurde mit Hilfe einer Wetterstation das Außenklima erfasst.

In einer zweiten Ausbaustufe soll das zur Bewässerung eingesetzte Wasser aus Dachablaufzisternen entnommen und im Kreislauf wieder zurückgeführt werden. Das Wasser kann dann über eine solarbetriebene Pumpe auf das Dach gepumpt werden.



Abb. 1: Luftaufnahme der Milchviehanlage auf der Versuchsstation der FAL in Braunschweig. Die rechte Stallhälfte wurde begrünt, die linke im Originalzustand belassen
Fig. 1: Aerial photograph showing the dairy barn of the FAL experimental farm Brunswick. The building on the right is covered with a green roof, the left one remained as it is

Die Pflanzen, zumeist Seggenarten (Carex), Mimulus lutues, Lythrum salicaria, Iris pseudacorus u. a., wurden ohne Erdsubstrat in den vom STFI entwickelten Matten vorkultiviert und danach auf dem Dach befestigt. Zwischen Dach und Pflanzmatte wurde eine Wurzelschutzfolie zum Schutz der vorhandenen Bedachung ausgelegt. Gesteuert über einen Bewässerungscomputer werden die Pflanzen vom First aus mit Wasser versorgt, das im Ablauf über die Regenrinne und Fallrohre wieder aufgefangen werden kann.

3 Ergebnisse

Die Auswertung der Stallklimadaten zeigten, dass mit der gewählten Art der Steildachbegrünung durch Sumpfpflanzen eine Temperaturabsenkung im Stall von 5 °C erreicht werden kann. Die Temperaturen (Mai 2006) im begrünten Stall betrugen maximal 25 °C, während das Vergleichsgebäude etwa 30 °C in der Nachmittagsphase verzeichnet. Abbildung 2 stellt den tageszeitlichen Temperaturverlauf im Mai 2006 für zwei baugleiche Stallgebäude mit gleicher Tierbelegung dar. Die Differenz von 5 °C konnte auch an warmen Tagen von Juni bis September zwischen beiden Ställen gemessen werden.

Ein Vergleich der Temperaturen der Dachunterseiten von Gründach und Standard mit Faserzement ohne Gründach zeigt Temperaturunterschiede von 25–30 °C (Abb. 3), die sich letztlich auf die Stallinnentemperatur auswirken. Durch das grüne Dach wird die Strahlungsenergie weitgehend abgeschirmt. Die Sumpfpflanzen werden durch die Sonneneinstrahlung zusätzlich zur Atmung angeregt, wodurch Verdunstungskälte entstehen kann.

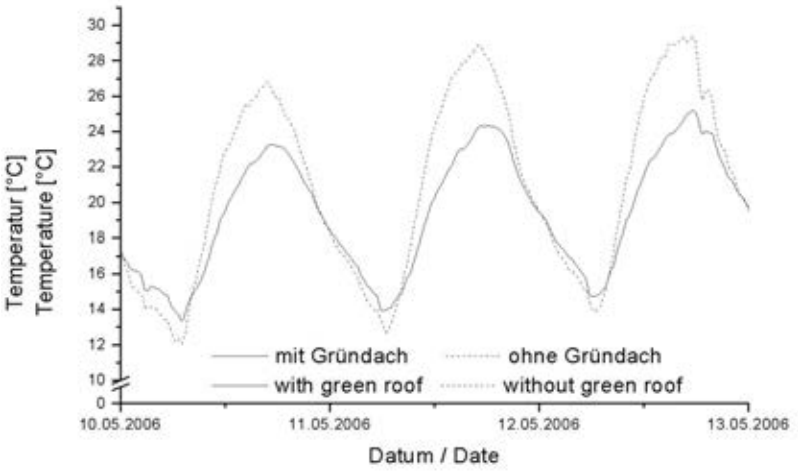


Abb. 2: Tagesprofile der Stallinnentemperatur der Gründachvariante und der der unbegrünten Variante im Mai 2006

Fig. 2: Profile of daily temperature measures of the green roof and roof without plants during a certain period (May 2006)

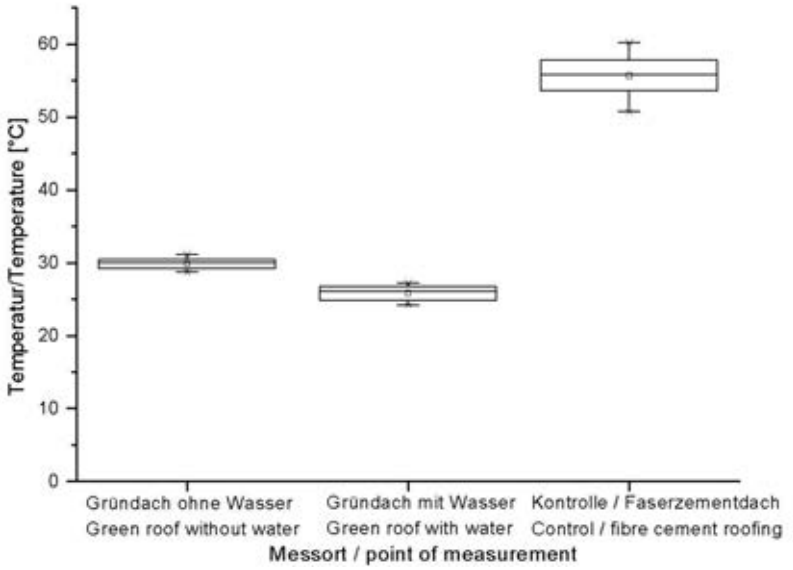


Abb. 3: Temperaturverteilung an der Dachunterseite des Gründachs im Vergleich zur Kontrolle ohne Begrünung

Fig. 3: Distribution of temperature measures at the bottom side of the green roof compared to control without green roof

4 Fazit

Durch die gezeigte Lösung der Minderung der Hitzebelastung in einem Milchviehgebäude durch Begrünung und die damit erzielte Reduzierung der Strahlungslast durch die umgebenden Bauteile konnte im ersten Versuchsjahr eine Temperaturreduzierung von 5 °C im Vergleich zur Kontrollvariante erzielt werden. Im weiteren Verlauf sollen weitere Messungen zur Bestimmung der Behaglichkeit und des Zusammenhangs zwischen Temperatur und rel. Luftfeuchte im Vergleich zum THI durchgeführt werden, um zu ermitteln, ob bei der Dachbegrünung die rel. Luftfeuchte (und damit auch der THI) niedriger gehalten werden kann als bei einer Luftbefeuchtung in Kombination mit Ventilatoren. Weitere Versuchsansätze in Form einer Vergleichsuntersuchung des Gründachs zu einfachen Dachbewässerungen und anderen Techniken zu Dachkühlung sind geplant.

Literatur

Armstrong, D.V. (1994): Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. J. Dairy Sci., 77(7): 2044–2050

Bockisch, F.J. (1991): Quantifizierung von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren Haltungsumwelt als Grundlage zur Verbesserung von Stallsystemen und ihrer ökonomischen Bewertung. 153 ill., 50 tables. Bibliography 178 ref. Summary (De), ISBN: 3-927835-23-4 Giessen, Germany, F.R., Ferber'sche Universitätsbuchhandlung, 1991: p. 270

Bohmanova, J.; Misztal, I.; Cole, J.B. (2007): Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. J. Dairy Sci., 90(4): 1947–1956

Brandes, C. (2001): Wie Sie Hitzestress im Kuhstall vermeiden können. Top agrar spezial. Landwirtschaft aktuell für Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen Germany, 2001, (no. 6): p. 9–11

Collier, R.J.; Dahl, G.E.; Van Baale, M.J. (2006): Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. J. Dairy Sci., 89(4): 1244–1253

Cook, N.B.; Mentink, R.L.; Bennett, T.B.; Burgi, K. (2007): The Effect of Heat Stress and Lameness on Time Budgets of Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci., 90(4): 1674–1682

Jordan, E.R. (2003): Effects of Heat Stress on Reproduction. J. Dairy Sci., 86(13_suppl), E104–E114

Smith, T.R.; Chapa, A.; Willard, S.; Herndon, C., Jr.; Williams, R.J.; Crouch, J., Riley, T.; Pogue, D. (2006): Evaporative Tunnel Cooling of Dairy Cows in the Southeast. I: Effect on Body Temperature and Respiration Rate. J. Dairy Sci., 89(10): 3904–3914

St-Pierre, N.R.; Cobanov, B.; Schnitkey, G. (2003): Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. J. Dairy Sci., 86(13. suppl), E52-E77

Urdaz, J.H.; Overton, M.W.; Moore, D.A.; Santos, J.E.P. (2006): Technical Note: Effects of Adding Shade and Fans to a Feedbunk Sprinkler System for Preparturient Cows on Health and Performance. J. Dairy Sci., 89(6): 2000–2006

Neue Entwicklungen beim Bau von Fahrsilos unter Umweltgesichtspunkten

New Developments in the Building of Horizontal Silos with Regard to the Environment

Jan-Gerd Krentler

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Fahrsilos, Baurecht, Umweltschutz
Keywords: horizontal silos, building law, enviromental protection

Zusammenfassung

Seit Jahren werden die Dauerstandfestigkeit sowie mögliche Einwirkungen auf die Umwelt von Fahrsilos diskutiert. Bei den heutigen Baugenehmigungsverfahren wird beobachtet, dass verstärkt auf Umweltgesichtspunkte geachtet wird.

Aus diesem Anlass stellte das Institut für Betriebstechnik und Bauforschung eine umfassende Erhebung zum Stand der Technik an.

Es zeigte sich, dass die heute gebauten Fahrsilos mit Ausnahme der Bodenplatte kaum noch in situ betoniert werden, sondern es werden teilweise auch sehr großformartige Fertigteil-Wandelemente in der Betonfabrik hergestellt, dann mit Spezial-Fahrzeugen zur Baustelle gebracht und dort aufgerichtet.

Summary

Since many years there is a discussion about the technical reliability and possible environmental impact of horizontal silos. Building permit procedures of today showed that moreover environmental aspects were considered by the authorities. Therefore, the Institute of Production Engineering and Building Research launched a wide range survey concerning the technical state-of-the-art.

The results showed that modern horizontal silos except the ground plate are no longer concreted in situ. The concrete industry produces large side-wall elements which are hauled to the construction site with special heavy vehicles and erected there.

1 Allgemeines

In den vergangenen Jahren wurde weltweit, besonders auch in Deutschland, bei den Genehmigungsverfahren zum Bau von Güllelagern (im weitesten Sinne) verstärkt auf Umweltgesichtspunkte geachtet. Es konnte nachgewiesen werden, dass die heute von der Industrie angebotenen Baulösungen dem in vollem Umfang Rechnung tragen [1].

Eine sehr ähnliche Diskussion und Entwicklung zeichnet sich nun beim Bau von Fahrsilos und Silagebehältern ab. Als Baumaterial hierzu wird fast ausschließlich Stahlbeton verwendet. Dieser kann entweder als Ortbeton auf der Baustelle geschüttet werden oder zunehmend als Stahlbetonfertigteile genutzt werden; es lassen sich auch beide Fertigungsarten kombinieren. Bei der Lagerung von Silage mit hohem Trockensubstanzgehalt ist zurzeit auch noch die Futterlagerung in unabgedichteten Feldmieten möglich, vorausgesetzt, dass die Standorte jährlich wechseln. Bei einer ortsfesten Lagerung ist jedoch eine feste Bodenplatte erforderlich. Da bei hohem Trockensubstanzgehalt kein Gärsaft auftritt, können solche Bodenplatten auch gepflastert werden. Allerdings entsprechen diese nicht der DIN 11622 „Gärfuttersilos und Güllebehälter“ [2]. Diese Norm, deren erste Vorgängerin bereits im Jahre 1949 (!) erschienen war, wurde erneut zum Januar 2006 vollständig überarbeitet und an die anderen neuen Regelwerke, besonders mit Blick auf die statischen Nachweise angepasst. Im Anhang A dieser Norm sind tabellarisch charakteristische Werte für Gärfutterlasten im Gärfuttersilo zusammengestellt.

1.1 Problemstellung

Wichtigste Forderung beim Bau von Gärfuttersilos, Mistlagern und Güllebehältern ist, dass keine flüssigen oder festen Bestandteile unkontrolliert in die Umwelt (Boden und Wasser) gelangen können. Hierzu sind die entsprechenden baulichen Vorkehrungen zu treffen.

Außer den statischen Anforderungen, die in den Normen DIN 1045-1 bis DIN 1045-4 geregelt sind, ist zu beachten, dass Sickersaft für Beton eine chemisch stark angreifende Umgebung darstellen kann. Dies folgt aus DIN EN 206-1. Laut DIN EN 206-1:2001-07 sind Gärfuttersilos aus Stahlbeton (Ortbeton) und Stahlbetonfertigteilen der Expositionsklasse (Umweltklasse) XA 3 zuzuordnen.

1.2 Aufgabenstellung

Wegen der gestiegenen Anforderungen sowie der Beobachtung, dass die heutigen Gärfutter-Flachsilos in Abhängigkeit von den ansteigenden Bestandsgrößen immer größer werden, stellte das Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) eine Erhebung zum derzeit gebauten Standard an.

Auf dem Gelände der FAL wurde in der Versuchsstation Braunschweig eine neue Anlage zur Lagerung eines großen Miststapels sowie mit fünf Fahrsilobahnen und den entsprechenden Lagerbehältern und Ableitungssystemen gebaut, die in der Lage sein soll, alle bisher bekannten Möglichkeiten von Umweltbeeinträchtigungen auszuschließen. Das gilt auch für extremen Starkregen.

2 Material und Methode

Stützwände von Fahrsilos werden in der Regel in Höhen zwischen 1,50 m und 2,50 m ausgeführt. Die Silobreiten werden als ganze Vielfache der Schnittbreiten des Entnahmegeräts gewählt. Unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung von Randverlusten haben sich Breiten von 7,00–8,00 m bewährt. Dabei wird in Abhängigkeit vom Futterbedarf eine geringe Anschnittsfläche angestrebt. Bei flachen Fahrsilos ist es auch möglich, durch überhöhen des Futterstocks in der Silomitte dennoch ein erhebliches Volumen zu erreichen. Auf jeden Fall ist ein gutes Abdichten des Futterstocks, besonders an den Rändern mit Hilfe von Silofolie erforderlich.

Eine praktikable Zusammenstellung des Lagerraumbedarfs ausgewählter Futterpflanzen entsprechend ihres Ernteertrags wurde im Zement-Merkblatt Landwirtschaft [3] über Planung und Bau von Gärfutter-Flachsilos veröffentlicht. Der Lagerraum gesamt lässt sich dann mit Hilfe folgender Formel berechnen:

$$Lr = \frac{n \cdot F \cdot D}{\text{Raumgewicht}} \quad [m^3]$$

Lr = Lagerraum in m³
n = Anzahl der Tiere
F = tägliche Futterration je Tier in kg pro Tier und Tag (bei Milchvieh in der Regel 30 kg)
D = Anzahl der Tage der Fütterungs-Periode
Raumgewicht der Silage in kg/m³

$$Lr = \frac{n \cdot F \cdot D}{\textit{specific weight}} \quad [m^3]$$

Lr = *storage capacity in m³*
N = *number of animals (herd size)*
F = *daily fodder ratio per cow and day in kg (average for cows: 30 kg)*
D = *number of days of the winter fodder period*
specific weight of silage in kg/m³

Tab.1: Ernteertrag und Lagerraumbedarf von Futterpflanzen nach [3]
Tab. 1: Yield an storage space demand of fodder plants according to [3]

Futtermittel *fodder plant*	Ernte-ertrag *yield* dt/ha	T-Gehalt[1] des Ernteguts *dry matter content* %	Gärsaft-anfall *silage juice* m³/ha	Lagerraumbedarf Gärsaftgrube / Flachsilo *demand of storage space* *fermentation* / *horizontal silo* m³/ha	m³/ha[2]
Zuckerrübenblatt *sugar beet leaves*	300–500	12–18	8–17	4,5	26–40
Zwischenfrucht Raps *Raps*	300–400	10	14–18	4,5	34–40
Gras Anwelksilage *dry grass*	180–550	28	0	0	23–28
Silomais milchreif *maize silage (a)*	450–550	25	4–6	1,5	67–82
Silomais teigreif *maize silage (b)*	400–500	30	0	0	67–82

[1] Trockensubstanzgehalt.
[2] Einschließlich Befüllungszuschlag und Saftverluste.

Gärfutter-Flachsilos benötigen einen Beton mit hohem Widerstand gegen chemische Angriffe und einen hohen Verschleißwiderstand. Außerdem kann die Silobodenplatte im Winter starkem Frost ausgesetzt sein. Deshalb ist die genaue Einhaltung der Zusammensetzung des Betons für Gärfutterflachsilos unabdingbar. Eine neue Tabelle der Richtwerte für die Betonzusammensetzung dieser Silos wurde von BRAND und KLOSE (2001) gegeben [3].

3 Neue Fahrsilos

Wegen der gestiegenen Anforderungen und besonders wegen der immer größer werdenden Anlagen werden Gärfutter-Flachsilos heute fast nur noch in Unternehmerleistung gebaut. Dabei ist es durchaus üblich, dass der Landwirt als Bauherr seine Arbeitskraft und eventuell auch seine Fahrzeuge zur Verfügung stellt. Selbstverständlich sind Art und Umfang dieser Leistungen vor Baubeginn vertraglich zu regeln.

Beim Bau von Fahrsilos zeigen sich, geschichtlich bedingt, regionale Unterschiede. Die holländische Firma Bosch–Beton in Barneveld bietet Fahrsiloanlagen an, bei denen in der Fabrik gefertigte Wandwinkelelemente eingebaut werden. Diese sind zwischen 100 cm und 250 cm hoch und zwischen 60 cm und 140 cm breit; die Standardlänge beträgt 400 cm. Der Hersteller betont jedoch, bei entsprechender Bestellung auch hiervon abweichende Längen liefern zu können. Besonderes Merkmal dieser Anlagen sind strebelmauerartig anbetonierte Stützen, welche die oft sehr langen Silobahnen gliedern [4] und zugleich die Horizontallasten ableiten (Abb. 1, links).

Eine ganz andere Tragwerksphilosophie verfolgt die Firma Farmbau in Hohenlohe [5]. Auch hier werden großformatige Fertigteilelemente hergestellt, jedoch mit anderer Form und Wirkungsweise (Abb. 1, rechts). Diese werden nicht nur für Fahrsilos, sondern auch als Lagerboxen oder Stützwände von Getreideboxen oder Kartoffellagern verwendet. Diese Elemente mit einem Standard von 10 m Fertigteillänge bei möglichen Radlasten von 1–10 t sind für besonders große Anlagen gedacht. Als Beton wird ein C 35/45 eingesetzt. Standardhöhen sind 3,20 m, 3,80 m und 4,00 m; durch ein Aufsatzelement kann eine Höhe von 6,00 m erreicht werden. Als besonderer Vorteil wird genannt, dass nur ein minimaler Fundamentaufwand nötig ist. Die Firma Böck in Trostberg [6] setzt auf ihre Weiterentwicklung des Traunsteiner Silos unter Verwendung ihrer „Böck-Wandplatten". Durch deren einfache Bauart ist sehr viel Eigenleistung möglich. Schräge Wandelemente in Ein- und Ausfahrt ermöglichen optimales Verdichten bis direkt an die Wand. Da die Wände gegen Erdwälle gelegt werden, gibt es keine Arbeitssicherheitsprobleme beim Ab- und Aufdecken des Futterstocks.

Durch die Buckelform des Silos entwässert die Abdeckfolie das Regenwasser auf den Erdwall und damit nicht in den Silostock.

Wenn der Landwirt wenig oder gar keine Eigenleistung erbringen kann, empfiehlt die Firma Polysafe GmbH [7] einen Siloaufbau mit einer Tragschicht aus Bitukies.

Die Firma Suding [8] dagegen wirbt für ihre AS-Stellwandelemente der Typen L und T, die in verschiedenen Bauhöhen und Ausführungen angeboten werden. Auch die Konstruktion lässt sich nicht nur für Fahrsilos, sondern auch für Lagerboxen für mine-

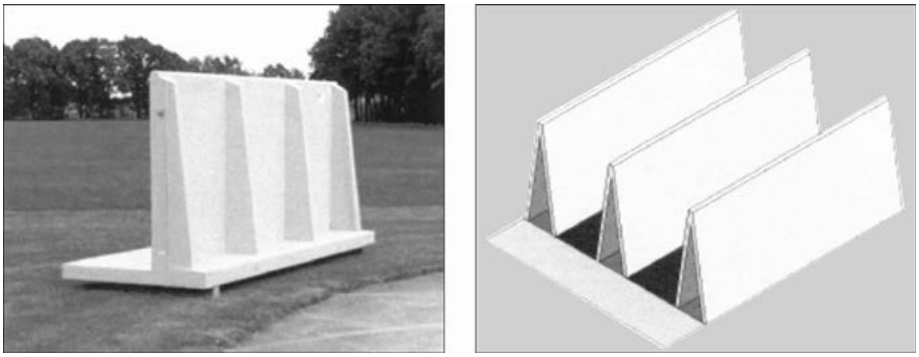


Abb. 1: Unterschiedliche Ableitung der Horizontallasten in Fahrsilos aus Betonfertigteilen [4, 5]
Fig. 1: Different transfers of horizontal loads into the soil in horizontal silos made of prefab concrete parts [4, 5]

ralische Schüttgüter, Getreidelager oder einfach zur Lagerflächenbegrenzung einsetzen. Besonderheit: Diese Elemente sind auch als Eckteile lieferbar.

Der Vergleich zwischen der holländischen und der Lösung aus Trostberg zeigt trotz gleicher Zielsetzung, nämlich dem Erzielen guter Silagequalität ohne Randverluste durch gleichmäßige Verdichtung, ganz andere statische Systeme. Der Wettbewerb zwischen beiden Lösungen wird somit durch die Baukosten entschieden werden. Dabei haben die Anbieter durch den insgesamt starken Wettbewerb wenig Spielraum.

4 Gewässerschutzrecht

Das deutsche Wasserschutzgesetz (WHG) regelt in verschiedenen Paragraphen die Lagerung von Wirtschaftsdüngern mit dem Tenor, dass der bestmögliche Schutz der Gewässer vor Verunreinigung erreicht wird [8]. Dazu führt Hackeschmidt [9] aus, dass bei einem Schadensfall der Verursacher (hier also meist der Landwirt) für den daraus entstandenen Schaden Ersatz leisten muss, es sei denn, die Ursache läge in höherer Gewalt nach der Definition des bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB).

5 Arbeitsschutz bei den Gärfutter-Flachsilos

Die landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften berichten regelmäßig über schwere Unfälle durch Abstürze von Personen und Fahrzeugen bei Gärfutter-Flachsilos [10]. Deshalb wird generell ein Schutz gegen solche Abstürze verlangt, wenn die Absturzhöhe mehr als 1,00 m beträgt. Bei der neuen Versuchsanlage in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (FAL) wurde das durch Geländer aus verzinkten Stahlstützen mit rostfreien Stahlsseilen erreicht.

6 Fazit

Auch beim Bauen für die Futterlagerung werden die Gesichtspunkte des Umweltschutzes (Boden, Wasser, Luft) in Zukunft noch stärker beachtet werden. Wenn dem auch die heutigen Baulösungen in vollen Umfang Rechnung tragen, ist immer Voraussetzung, dass die geltenden „Regeln der Baukunst", besonders mit Blick auf die Materialwahl und die Bauausführung, strikt eingehalten werden.

Besonders auch wegen der immer größer werden Anlagen werden neue Gärfutter-Flachsilos fast nur noch in Unternehmensleistung gebaut. Bauliche Eigenleistung als Teil der Bauausführung sollte vor Baubeginn genau vertraglich geregelt werden.

Literatur

[1] Krentler, J.-G.; Wieland, H. (2003): Probleme bei den Genehmigungsverfahren zum Bau von Güllelagern, Landtechnik 58, H. 1, S. 48–49

[2] DIN 11622 (2006) Gärfuttersilos und Güllebehälter, Beuth – Verlag, Berlin

[3] Brand, J.; Klose, N. (1993): Planung und Bau von Gärfutter-Flachsilos, Zement-Merkblatt Landwirtschaft, Bauberatung Zement, Beton-Verlag, Düsseldorf

[4] Bosch-Beton (2007): Bebilderter Firmenprospekt mit technischen Angaben, Barneveld/Niederlande

[5] Farmbau (2007): Bebilderter Firmenprospekt mit technischen Angaben, Hohenlohe

[6] Böck Traunsteiner Silo (2007): www.silonetz.de

[7] Polysafe landwirtschaftlicher Bautenschutz: www.polysafe-gmbh.de

[8] Krentler, J.-G. (2002): Storage of Animal Waste in Concrete Containers and its Effect on the Environment, Diss. Technical University of Lublin/Poland

[9] Hackeschmidt, A. (2000): Gewässerschutzrecht bei landwirtschaftlichen Bauvorhaben, Landtechnik 55, H.5, S. 372–373

[10] Kramer, J. (2003): Arbeitsschutz bei Gärfutter-Flachsilos, Bauen für die Landwirtschaft, H. 1, S. 12–13

Zum Einfluss von Jahresmilchleistung und Reproduktionsrate auf den kumulierten Energieaufwand in der Milchproduktion

To the Influence of Yearly Milk Production and Reproduction Rate on the Cumulative Energy Demand in the Milk Production

CRISTINA GABRIELA RUS[1], SIMONE KRAATZ[2], REINER BRUNSCH[1], WERNER BERG[2]

[1] Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik in der Tierhaltung, Max-Eyth-Allee 100, D-1449 Potsdam

[2] Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Futterenergie, kumulierter Energieaufwand, Milchleistung, Reproduktionsrate, Erstkalbealter
Keywords: feed energy requirement, cumulative energy demand, milk yield, reproduction rate, age of first calving

Zusammenfassung

Eine der wichtigsten Aspekte der Nachhaltigkeit ist die Energieeffizienz. Ziel dieser Studie ist die Darstellung der Ergebnisse zur Berechnung des Energiebedarfs für die Aufzucht und Milchproduktion in Abhängigkeit von Erstkalbealter, Reproduktionsrate und Herdenmilchleistung. Die durchschnittlichen Herdenleistungen in Nordost-Deutschland liegen bei 8 500 kg FCM/Kuh und Jahr und werden mit einer Reproduktionsrate von mehr als 40 % erreicht. Die Berechnungen haben erwartungsgemäß gezeigt, dass der Futterenergiebedarf je kg FCM innerhalb einer Reproduktionsratenstufe mit steigenden Milchleistungen abnimmt. Mit steigender Milchleistung reduziert sich auch der produktbezogene, kumulierte Energieaufwand zur Futterbereitstellung, wobei dieser Effekt bei Milchleistungen über 8 000 kg FCM/Kuh und Jahr nur noch sehr gering ist bzw. ausbleibt.

Summary

An important aspect of the sustainability is the efficiency of the energy. A goal of this study is to represent the results of the calculation of the energy requirement for the raising and milk production in dependence of age of first calving, reproduction rate and herd milk yield. The average herds in northeast of Germany are about 8 500 kg FCM/cow and year with a reproduction rate of over 40 %.

Calculations showed that feed energy requirement per kg FCM decreases within a reproduction stage with rising milk production. With rising milk production decreases the cumulative energy demand for feed supply, whereby this effect is very small or lost by a milk production over 8 000 kg FCM/cow and year.

1 Methodische Vorgehensweise

Die Daten zur Milchleistung wurden am Beispiel des Landkreises Uckermark vom Landeskontrollverband (LKV) Brandenburg bereitgestellt.

Der Futterenergiebedarf für Milchproduktion und Aufzucht wurde auf der Basis von KTBL-Datensammlungen ermittelt.

Gemäß der VDI-Richtlinie 4600 zum kumulierten Energieaufwand (KEA) wurde an der Weiterentwicklung einer Methode zur Energiebilanzierung in der Tierhaltung gearbeitet. Für Szenariorechnungen wurde ein Produktionsverfahren der Milchviehhaltung definiert. Dieses Standardverfahren ist für einen Milchkuhbestand von 180 Tieren und eine Milchleistung von 8 000 kg FCM/Kuh und Jahr ausgerichtet (Kraatz et al. 2006). Die Ermittlung des kumulierten Energieaufwandes für die Futterbereitstellung erfolgt unter Berücksichtigung des direkten und indirekten Energieaufwandes in den Produktionsverfahren des Pflanzenbaus. Der KEA zur Futterbereitstellung wird sowohl für die Milchkuh als auch für deren Aufzucht ermittelt. Anteilig wird der KEA für die Futterbereitstellung für Aufzucht in Abhängigkeit der Reproduktionsrate zu dem für die Milchleistung der Kuh dazugerechnet.

Innerhalb dieses Standardverfahrens wird die Reproduktionsrate und die Herdenmilchleistung stufenweise variiert.

2 Einfluss der Reproduktionsrate auf den Futterenergiebedarf

Kennzeichnend für die Entwicklung der tierischen Erzeugung in den zurückliegenden Jahrzehnten ist eine hohe Steigerung der naturalen Leistungen je Einzeltier.

Die Milchleistung der Kühe wurde in den letzten zehn Jahren in den neuen Bundesländern um durchschnittlich 3 000 kg FCM/Kuh und Jahr erhöht (Rus & Brunsch 2006).

Anhand der Abbildung 1, am Beispiel der 54 Betriebe des Landkreises Uckermark, ist zu sehen, dass sich die meisten Kühe in der Milchleistungsgruppe 6 000 bis 10 000 kg FCM/Kuh und Jahr befinden und nur wenige über 10 000 kg FCM/Kuh und Jahr. Die positive Entwicklung der Milchleistung geht mit einer steigenden Reproduktionsrate einher, die in Verbindung mit dem Erstkalbealter von über 24 Monaten die Selektion innerhalb der Aufzucht der weiblichen Rinder erschwert.

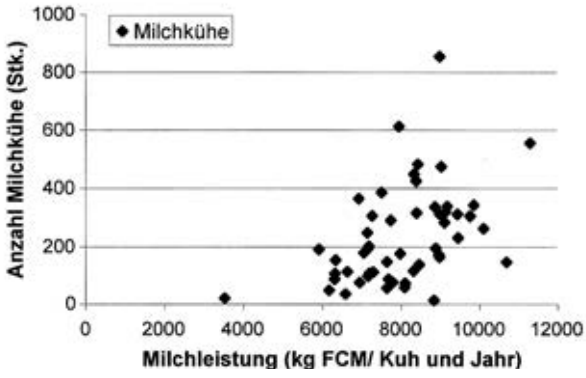


Abb. 1: Verteilung der Milchkühe in unterschiedlichen Milchleistungsgruppen im Landkreis Uckermark (Land Brandenburg)
Fig.1: Distribution of dairy cows in different levels of milk yield in the county Uckermark (Area Brandenburg)

Mit zunehmender Leistung steigt auch der Energie- und Nährstoffbedarf

der Tiere. Koppelt man zusätzlich den Energiebedarf mit der Reproduktionsrate, zeigt sich erwartungsgemäß, dass trotz der Steigerung des Futterenergiebedarfs je Kuh und Jahr und der Reproduktionsrate der relative Futterenergiebedarf je kg FCM innerhalb einer Stufe der Reproduktionsrate mit steigender Milchleistung abnimmt (Abb. 2).

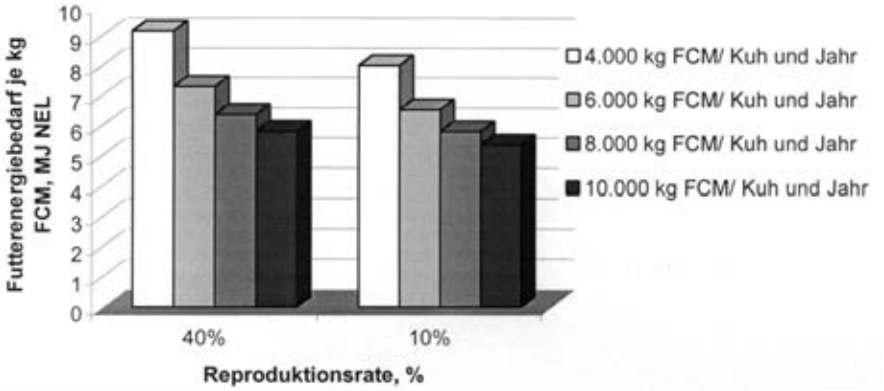


Abb. 2: Aufzucht- und Futterenergiebedarf (MJ NEL) je kg FCM bei einem Erstkalbealter von 24 Monaten und unterschiedlichen Milchleistungen (nach KTBL 2004/05)
Fig. 2: Rearing and fodder energy requirement (MJ NEL) per kg FCM with an age of first calving of 24 months and different milk productions (according to KTBL 2004/05)

3 Kumulierter Energieaufwand in Abhängigkeit von Futtergrundlage und Leistung

Sowohl die Fütterung als auch die Milchleistung und die Reproduktionsrate bestimmen den kumulierten Energieaufwand in der Milchproduktion maßgeblich.

Zunächst erfordert die Produktion der einzelnen Futtermittel einen unterschiedlich hohen Energieaufwand (Tab. 1).

Tab. 1: Kumulierter Energieaufwand für die Bereitstellung verschiedener Futtermittel
Tab. 1: Cumulative energy demand for the feed supply of different feed stuffs

Futtermittel	Mineraldünger kg N ha^{-1}	TME[f] dt ha^{-1}	KEA[g] MJ kg^{-1} TM	Vergleich Futtermittel %	KEA[g] MJ MJ^{-1} NEL	Vergleich Futtermittel %	KEA[g] MJ kg^{-1} nXP	Vergleich Futtermittel %
Maissilage	132	110	1,66	84	0,259	80	0,013	88
Triticale	135	50	2,64	133	0,318	97	0,016	107
Grassilage[d]	65	70	1,99	100	0,326	100	0,015	100
Weide	80	60	0,84	42	0,131	40	0,006	40
Heu[e]	74	70	1,78	90	0,336	103	0,015	101

[a] 15 % Verluste [b] 20 % Verluste [c] 30 % Verluste [d] 3 Schnitte
[e] 2 Schnitte [f] Trockenmasseertrag [g] Kumulierter Energieaufwand

Der Vergleich des Energieaufwandes der einzelnen Futtermittel miteinander zeigt, dass die Produktion von Grassilage, Heu und Triticale bezogen auf den produzierten Nährwert mit einem höheren Energieaufwand verbunden ist als die Erzeugung der anderen Futtermittel. Die Herstellung von Grassilage benötigt einen um bis zu 20 % höheren kumulierten Energieaufwand als die Produktion von Maissilage. Die Hauptgründe dafür sind die mehrfachen Schnitte und der niedrigere Ertrag der Grassilage. Die Weidefütterung erfordert einen wesentlich geringeren kumulierten Energieaufwand als die anderen Futtermittel.

Neben der Erzeugung der einzelnen Futtermittel hat die Zusammensetzung der Futterration einen starken Einfluss auf den kumulierten Energieaufwand. Mit steigenden Milchleistungen steigen der Futterenergiebedarf der Tiere und somit auch die Anforderungen an die Futterration. Der kumulierte Energieaufwand je kg FCM nimmt im Bereich der Milchleistung von 4 000 kg bis 8 000 kg FCM je Kuh und Jahr ab (Abb. 3).

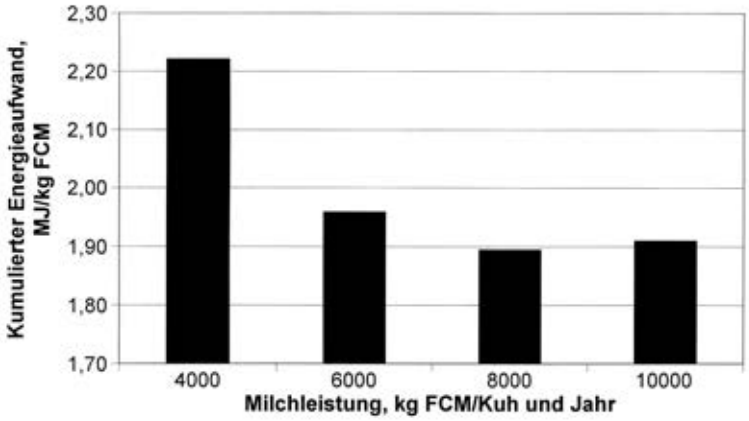


Abb. 3: Kumulierter Energieaufwand für die Bereitstellung bei unterschiedlichen Milchleistungen
Fig. 3: Cumulative energy demand for the feed supply for different milk yields

Bei höheren Milchleistungen verringert sich dieser Effekt. Aufgrund des zunehmenden Anteils von Kraftfuttermitteln in der Ration kompensieren die weiter steigenden Milchleistungen nicht mehr den höheren Energieaufwand für die Rationen.

Mit zunehmender Reproduktionsrate steigt der kumulierte Energieaufwand zur Futterbereitstellung bei allen betrachteten Milchleistungen nahezu linear an (Abb. 4).

Mit steigender Milchleistung nimmt der spezifische kumulierte Energieaufwand ab, wobei dieser Effekt bei Milchleistungen über 8 000 kg FCM je Kuh und Jahr kaum noch zum Tragen kommt (wie bereits aus Abbildung 3 ersichtlich). Damit werden im darüber liegenden Milchleistungsbereich zu erwartende höhere Reproduktionsraten immer weniger ausgeglichen, so dass es, bezogen auf die erzeugte Milch, zu einem höheren kumulierten Energieaufwand kommt.

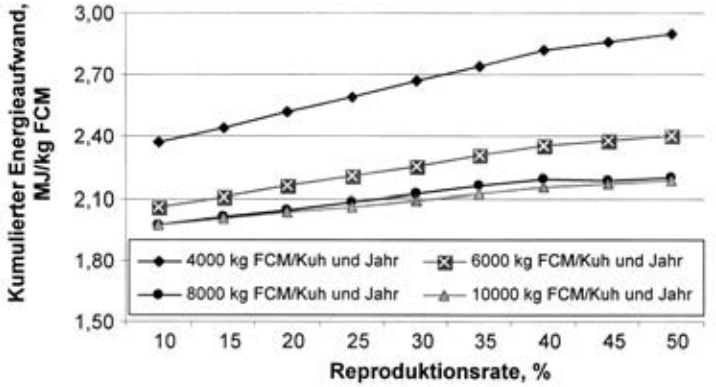


Abb. 4: Kumulierter Energieaufwand für die Futterbereitstellung in Abhängigkeit von der Reproduktionsrate für unterschiedliche Milchleistungen

Figure 4: Cumulative energy demand for feed-supply in dependence on the reproduction rate and for different milk yields

4 Schlussfolgerungen

Die Zunahme der Reproduktionsrate und Milchleistung bewirkt den Anstieg des Futterenergiebedarfs und des kumulierten Energieaufwandes für die Futterbereitstellung in allen untersuchten Milchleistungsklassen. Der Futterenergiebedarf je kg FCM/Kuh und Jahr nimmt innerhalb einer Reproduktionsstufe mit steigender Milchleistung ab. Die Grenze der Abnahme des kumulierten Energieaufwandes für die Futterbereitstellung bezogen auf ein kg FCM liegt aber bei ca. 8 000 kg FCM/Kuh und Jahr. Bei weiterer Leistungssteigerung wird die Zunahme des kumulierten Energieaufwandes nicht mehr durch die höhere Milchleistung kompensiert. Für die mögliche energetische Optimierung von Milchproduktionssystemen sind detaillierte Kalkulationen erforderlich. Es wird jedoch deutlich, dass die Energieeffizienz mit der Herdenleistung nicht unbegrenzt gesteigert werden kann.

Literatur

Landeskontrollverband Brandenburg e.V. (LKV) (2005): Jahresbericht 2005

Kraatz, S.; Berg, W.; Küstermann, B.; Hülsbergen, K.-J. (2006): Energy and Carbon Balancing in Livestock Keeping. World Congress: Agricultural Engineering for a Better World, Bonn, 3.-7.9.2006, VDI-Bericht Nr. 1958, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf

KTBL-Betriebsplanung Landwirtschaft (2004/05): S. 352, 382

Rus, C.; Brunsch, R. (2006): The Impact of Intensity in Cattle Production on Environment, Economic Viability and Employment. Prospects for 3rd Millennium Agriculture, 5.–6.10.2006, Proceedings, pp. 359–364, Cluj-Napoca (Rumänien)

Einfluss der Partikelstruktur auf die Verdichtbarkeit verschiedener Siliergüter

Influence of Particle Composition on Compressibility of Different Materials Adapted for Silage

Christian Maack, Andrea Wagner, Wolfgang Büscher

Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nussallee 5, D-53115 Bonn

Schlüsselwörter: Partikelgröße, Elastizität, Feuchtegehalt, Verdichtung
Keywords: particle size distribution, elasticity, moisture content, density

Zusammenfassung

Die Siliergutverdichtung ist von wesentlichem Einfluss auf die Qualität von Silage. Ziel der Untersuchungen war die Bestimmung der Auswirkung variierender Stoffeigenschaften (Partikelgröße, Trockenmassegehalt) auf die Verdichtbarkeit verschiedener Siliergüter. Zur Bestimmung der Partikelstruktur wurden die Siliergüter in Größenfraktionen eingeteilt, weiterhin wurden standardisierte Messreihen im Labor mit einer Materialprüfmaschine durchgeführt. Die erreichte Dichte wurde dabei bei Belastung sowie nach Rückfederung erfasst, um die Elastizität des zu untersuchenden Materials zu beschreiben.

Eine Vergrößerung der Partikelstruktur durch eine größere theoretische Häcksellänge zeigte beim Mais deutliche Wirkung vor allem auf die Rückfederung des Materials, während dieser Einfluss bei Grasanwelkgut wesentlich geringere Auswirkungen aufwies. Bei allen Siliergütern nahm die Frischmassedichte mit zunehmendem Trockenmassegehalt ab, wohingegen die Pressdichte bezogen auf die Trockensubstanz nahezu konstant blieb.

Summary

The density of silage has important effects on its quality. The intention of the analysis was the determination of the effects concerning material properties (moisture, particle bulk) on density of maize, grass and grind cereals (wheat, barley, corn). Therefore the material has been fractionated by sieving and pressed in a cylinder considering standardized technique. In order to describe the elasticity the density inside the cylinder has been detected before and after relaxation.

The magnification of the particle structure in order to a longer calibration of the chopper tends especially in case of maize to an increased resilience. In contrast to maize this effect could not be certified in case of grass. The density of fresh mass decreased in order to higher dry matter contents at all tested materials, whereas the dry matter density stays on a constant level.

1 Einleitung

Sowohl die energetische Nutzung von Silagen als nachwachsender Rohstoff in Biogasanlagen als auch deren Einsatz in der Tierfütterung stellen hohe Anforderungen an die Konservierungstechnik. Zur Vermeidung von hohen Energieverlusten und Qualitätseinbußen stellen Verdichtung und Siloabdeckung die wichtigsten Maßnahmen dar, wodurch anaerobe Bedingungen im Silo sichergestellt werden. Die Lagerungsdichte ist bei Partikelgemischen eine indirekte Größe zur Beschreibung des Porenvolumens, das den Gasaustausch an der Anschnittfläche im Silo und damit die Nacherwärmung beeinflusst.

Eine für die Verdichtung relevante physikalische Stoffeigenschaft ist die Verformbarkeit (Plastizität/Elastizität) des zu silierenden Erntegutes. Diese wird von Inhaltsstoffen, TM-Gehalt und Partikelgröße beeinflusst. Erste technische Entwicklungen zur Onlinemessung des Feuchtegehalts über NIR-Sensoren bzw. des Abreifegrades über fotooptische Sensoren bieten daher bereits die Möglichkeit, die Häckselläng e „online“ an den aktuellen Trockensubstanzgehalt anzupassen. Vor diesem Hintergrund sollen in den noch laufenden Untersuchungen am Institut für Landtechnik der Universität Bonn verschiedene Ausgangsmaterialien in Abhängigkeit von Trockenmassegehalt und Partikelgrößenverteilung hinsichtlich ihrer Verdichtbarkeit verglichen werden, um daraus Anforderungen für die Prozesse der Einlagerung und Verdichtung abzuleiten.

2 Material und Methoden

In verschiedenen Projekten (Leurs 2005, Wagner 2005, Matthiesen 2005) wurden die Ausgangsmaterialien Maishäckselgut, Gras-Anwelkgut, Feuchtmais und Feuchtgetreide hinsichtlich der Größenstruktur der Partikel sowie der Verdichtbarkeit untersucht. Diese unterscheiden sich hinsichtlich des Anteils an pflanzlichen Gerüstsubstanzen (Rohfaseranteil, Lignin), des Feuchtegehalts und der durchschnittlichen Partikelgröße. Für die Ernte und Aufbereitung von Silomais und Gras wurde ein Feldhäcksler bzw. Kurzschnittladewagen eingesetzt. Feuchtmais Weizen und Gerste wurden gedroschen und anschließend in einer Walzenmühle zerkleinert. Die Fraktionierung der Partikel wurde für die Siliergüter Mais, Feuchtmais und Feuchtgetreide unter Verwendung eines Siebturms mit Rundlochsieben durchgeführt, wohingegen das Gras-Anwelkgut von Hand vermessen wurde. Die Einwaage von jeweils 100 g wurde nach der Fraktionierung in die Größenklassen einzeln rückgewogen und so der jeweilige prozentuale Anteil bestimmt. Um Differenzen in der Partikelgrößenverteilung durch den Trocknungsvorgang zu erfassen, wurde die Siebung mit originalfeuchtem und getrocknetem Material durchgeführt. Bei den Proben des Gras-Anwelkgutes wurden in frischem Zustand von Hand die Partikellängen vermessen und anschließend die Fraktionen gewogen. Standardisierte Messreihen zur Untersuchung der zu erzielenden Lagerungsdichten bei definiertem Verdichtungsdruck erfolgten im Labor mit einer Materialprüfmaschine. Die erreichte Dichte wurde vor sowie nach der Rückfederung des verdichteten Materials erfasst, um die Elastizität des Materials zu beschreiben. Zur Simulierung des mehrmaligen Überfahrens im Flachsilo wurde der Verdichtungsvorgang dreimal wiederholt.

3 Ergebnisse

Die Partikelgrößenverteilung von Feuchtmais gegenüber Feuchtgetreide zeigt eine deutlich feinere Vermahlung der Maiskörner durch die Quetschwalzenpaare der Walzenmühle. Annähernd die Hälfte der Schrotmasse gehört der Fraktion <2 mm und 80 Prozent <4 mm an. Bei Weizen und Gerste liegt der Massenanteil der Fraktion >4 mm bei 50 bzw. 80 Prozent, wohingegen der Anteil der Fraktion <2 mm bei nur 10 bzw. 5 Prozent liegt (Abb. 1). Die Unterschiede in der Partikelgrößenverteilung zwischen originalfeuchtem und getrocknetem Material sind nur sehr gering. Bei Silomais und Gras-Anwelkgut ist eine deutliche Verschiebung der Fraktionsanteile im Größenbereich von 5–15 mm bzw. 50–240 mm infolge der Vergrößerung der theoretischen Häcksellänge festzustellen.

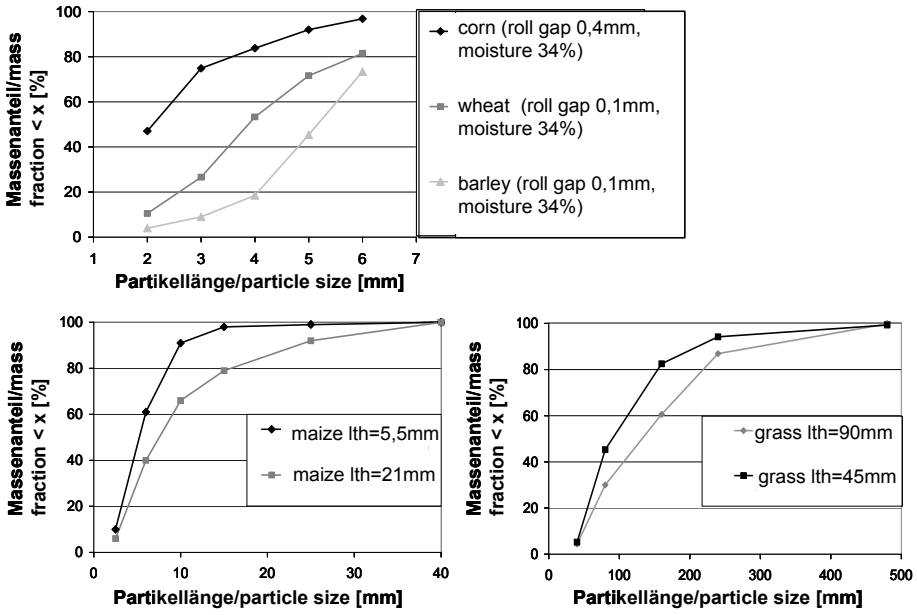


Abb. 1: Einfluss der Zerkleinerungsintensität auf die kumulierte Partikelgrößenverteilung der verschiedenen Siliergüter (lth = theoretische Schnitt- bzw. Häcksellänge)
Fig. 1: Effect of crushing resp. chopping on accumulated particle fractions of corn, wheat, barley, maize and grass

Presstopfversuch

Maishäckselgut weist mit knapp 1 200 kg FM/m³ bei maximalem Verdichtungsdruck vergleichsweise die höchste Lagerungsdichte auf (Abb. 2). Die Dichte von Anwelksilage liegt mit ca. 700 kg FM/m³ deutlich unter der von Mais. Bei der Verdichtung von Feuchtgetreide und Feuchtmais liegen Weizen und Feuchtmais mit ca. 1 000 kg FM/m³ auf gleichem Niveau, während die Werte von Gerste mit 600–800 kg FM/m³ ca. 30 % darunter liegen.

Die Rückfederung bei der Verdichtung von Gras- und Maishäckselgut liegt mit knapp 50 % auf einem wesentlich höheren Niveau als bei Feuchtgetreide und Feuchtmais. Die Rückfederung von Feuchtweizen und Feuchtmais ist mit ca. 10 % am geringsten, während Gerste um ca. 20–25 % rückfedert. Bei allen Siliergütern steigt die Rückfederung mit zunehmendem Trockenmassegehalt.

Nach der Rückfederung haben Weizen und Mais mit knapp 900 kg FM/m³ eine ähnlich hohe Lagerungsdichte, wohingegen Gerste mit 650 kg FM/m³ eine wesentlich geringere maximale Lagerungsdichte aufweist. Die Dichte von Anwelkgut ist trotz des hohen Verdichtungsdruck von 0,45 MPa mit 300–400 kg FM/m³ deutlich geringer als die von Maishäckselgut bei einem Verdichtungsdruck von 0,2 MPa.

Bei Betrachtung der Dichte der Originalsubstanz hat der Anwelkgrad von Gras-Schnittgut einen größeren Einfluss auf die Konservierungsfähigkeit als die Schnittlänge bzw. die Zerkleinerungstechnik. Bei Silomais hat eine Vergrößerung der theoretischen Häcksellänge auf 22 mm eine deutlich schlechtere Verdichtbarkeit im Presstopfversuch zur Folge (Abb. 2 und Abb. 3).

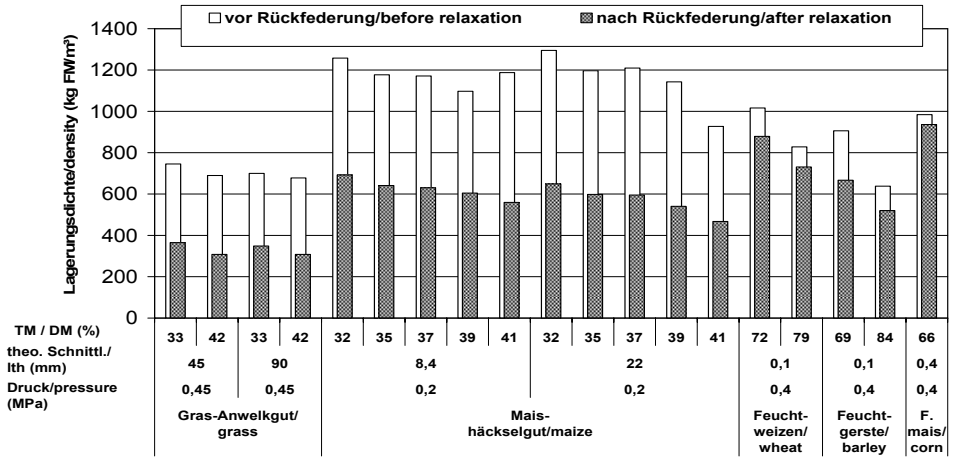


Abb. 2: Einfluss von TM-Gehalt, Zerkleinerung (theoretische Partikellänge) und Druckintensität auf die Verdichtbarkeit (kg FM/m³) verschiedener Ausgangsmaterialien

Fig. 2: Effect of dry matter, crushing resp. chopping and intensity of pressure on density of several silage materials

Die Dichte der Frischmasse von Maishäckselgut nimmt mit zunehmendem Trockenmassegehalt ab, wohingegen die Pressdichte bezogen auf die Trockensubstanz nahezu konstant bleibt. Zur Verminderung des Risikos von Nacherwärmung an der Anschnittfläche werden für Silagen mit höheren TS-Gehalten steigende Dichtewerte gefordert, die jedoch bei gleicher Verdichtungsintensität nicht erreicht werden (Abb. 3).

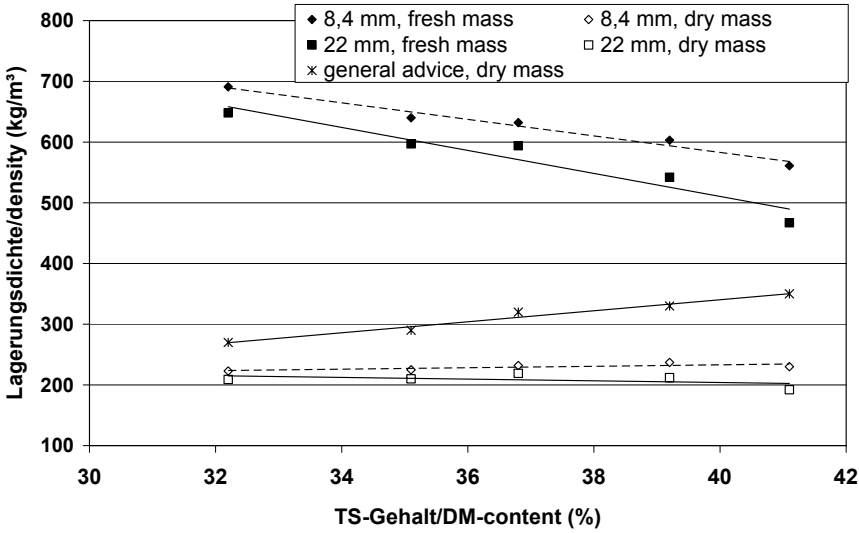


Abb. 3: Einfluss des TS-Gehaltes auf die erzielbare Lagerungsdichte bezogen auf die Frisch- und Trockenmasse im Presstopfversuch (Silomais) (WAGNER, PRIES 2006)
Fig. 3: Effect of dry matter content on density concerning fresh mass and dry mass (maize) (WAGNER, PRIES 2006)

4 Diskussion

Die feinere Vermahlung der Maiskörner gegenüber Weizen und Gerste in einer Walzenmühle ist in der Morphologie der Körner begründet, wobei vor allem die größere Korngröße und der daraus resultierende geringere Schalenanteil von Bedeutung sind, da das Verhältnis von Kornvolumen zu Oberfläche mit zunehmender Korngröße steigt. Bei Weizen und Gerste werden viele Körner nur gebrochen oder angequetscht und nicht vollständig zerstört. Vor allem bei Gerste verhindert der größere Spelzenanteil eine vollständige Zerstörung der Kornstruktur durch die Reibwirkung der Quetschwalzen.

Die stärkere Zerkleinerung von Weizen und vor allem von Mais im Vergleich zu Gerste wirken sich positiv auf deren Verdichtbarkeits- und Rückfederungsverhalten aus. Der wesentlich höhere Spelzenanteil und der geringere Vermahlungsgrad von Gerste führen zu stärkeren Rückstellkräften und vermindern die plastische Verformung während der Verdichtung, was eine stärkere Rückfederung nach Druckentlastung zur Folge hat. Die Verdichtung von Silomais ist ebenfalls stark von der Siliergutzerkleinerung und dem Trockenmassegehalt abhängig, da die Rückstellkräfte von längeren Partikeln größer sind und kleinere Poren während der Verdichtung weniger ausgefüllt werden.

Literatur

Bönig, I. (2006): Die Verdichtung von Laub in Rundballenpressen. Freundes und Förderkreis des Instituts Landmaschinen und Fluidtechnik, Braunschweig

Leurs, K. (2006): Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais. Forschungsbericht Agrartechnik 438, Selbstverlag, Diss. Bonn

Matthiesen, M.; Wagner, A.; Büscher, W. (2006): Preservation of Crimped High Moisture Grain in a Plastic Tube Silo – Influence of the Moisture Content. XVI. CIGR World Congress "Agricultural Engineering for a Better World", 3.–7.09.2006 in Bonn. Book of Abstracts

Molenda, M; Motross, M.D. (2002): Mechanikal Properties of corn Soybean meal American Society of Agricultural engineers, Vol 45.(6): 1929–1936

Wagner, A.; Büscher, W. (2005): Informationsmanagment für die Qualitätssicherung in der Futterernte und -konservierung. 7. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" am 2./3. März 2005 in Braunschweig

Wagner, A.; Pries, M. (2006): Silomais – Häcksellänge in Abhängigkeit vom Trockenmasse-Gehalt. Landtechnik 5 (2006): 260–261

Melken ohne Sammelstück: Auswirkungen des MultiLactors® auf Tier und Mensch

Clawless Milking: Effects of the MultiLactor® on Animals and Humans

Maren Kauke[1], Sandra Rose[2], Jacob Maier[3], Wilfried Hatzack[3], Reiner Brunsch[2]

[1] Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

[2] Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam

[3] Siliconform GmbH und Co. KG, Schelmengriesstr. 1, D-86842 Türkheim

Schlüsselwörter: Melktechnik, MultiLactor®, Arbeitsbelastung, Kraftmessung
Keywords: milking technology, MultiLactor®, workload, force measurement

Zusammenfassung

Im Rahmen eines gemeinsamen Projekts von Industrie und Forschung wird der MultiLactor® entwickelt, ein halbautomatisches Melksystem, das sich insbesondere durch die viertelindividuelle Ableitung der Milch in Kombination mit sequenzieller Pulsation sowie durch eine neue Form der automatischen Stimulation des Euters, den „Aktuatorarm", von konventionellen Melksystemen unterscheidet. Kraftmessungen am Euter ergaben eine gleichmässige Kraftverteilung bei unterschiedlich geformten Eutern, daher kann die Anpassungsfähigkeit der Einzelschlauchführung des MultiLactors® als gut bis sehr gut bezeichnet werden.

In weiteren Versuchsreihen wird die Arbeitsbelastung des Melkers sowie die Auswirkungen auf den Milchentzug, die Milchqualität, das Melkverhalten und das Wohlbefinden der Tiere untersucht.

Summary

Within the scope of a joint project, industry and research institutions are developing the MultiLactor®, a semi-automatic milking system which differs in particular from conventional milking systems in that it evacuates the milk individually for each quarter in combination with sequential pulsation, and automatically stimulates the udder with a new type of "actuator arm". Force measurements performed on the udder showed a uniform force distribution for differently shaped udders. The adaptability of the individual hose control of the MultiLactor® can thus be described as good-to-very-good. Further test series will investigate the workload for the milker, as well as the effects on milking process, milk quality, milking behaviour and animal welfare.

1 Hintergrund

Das Melkzeug stellt die Schnittstelle zwischen Tier, Mensch und Technik dar. Grundvoraussetzung für einen optimalen Milchentzug ist daher ein an die biologischen Mechanismen und die Anforderungen der Kuh angepasstes Melksystem. Gleichzeitig sollte der Melkstand ergonomisch optimal gestaltet sein, um die Arbeitsbelastung des Melkers auf ein Minimum zu reduzieren.

Dennoch weisen zahlreiche Faktoren bei Mensch und Tier darauf hin, dass es im Bereich der maschinellen Milchgewinnung weiterer Optimierung bedarf. Ein schlechter Ausmelkgrad der Kühe, häufig in Kombination mit Problemen hinsichtlich der Eutergesundheit, verursacht große wirtschaftliche Verluste. Die Verbreitung von arbeitsbezogenen Skelettmuskelerkrankungen ist bei Milchviehhaltern überdurchschnittlich groß (Pinzke 1999).

Eine optimale Positionierung des Melkzeuges reduziert die auf das Euter wirkenden Dreh- und Hebelkräfte. Allerdings führt die relativ starre Konstruktion des Melkzeugs mit Sammelstück insbesondere in Kombination mit ungleichmäßigen Euterformen zu ungünstigen Kräfteverteilungen am Euter (Rose et al. 2005, Rose 2006). Durch eine viertelindividuelle Schlauchführung ist eine optimale Positionierung des Melkbechers am Euter möglich.

Durch den Einsatz verbesserter Melktechnik kann die Qualität des Milchentzugs weiter verbessert und dadurch auch die Eutergesundheit positiv beeinflusst werden. Die optimale Stimulation in Kombination mit einem euterschonenden Milchentzug fördern die Gesunderhaltung des Euters.

Die zunehmende Technisierung und Automatisierung der Milchgewinnung führt zwar zu einer Arbeitserleichterung, gleichzeitig aber auch zu einseitigen, sich häufig wiederholenden Arbeitsabläufen (Ståhl 1999, Paper IV). Des Weiteren stellten Ståhl et al. (1999, Paper V) eine hohe statische Belastung von Bizeps und Extensormuskeln in dem Arm fest, der beim Ansetzen das Melkzeug hält. Hohe Belastungen der Muskulatur in Kombination mit extremen Positionen und schnellen Bewegungsabläufen von Unterarmen und Handgelenken können zu Skelettmuskelkrankheiten führen (Pinzke et al. 2001). Eine mögliche Präventionsmaßnahme sieht der Autor in der Reduktion der zu bewegenden Masse.

Vor diesem Hintergrund entwickelt die Firma Siliconform GmbH und Co.KG ein neues Melksystem, den MultiLactor®. Dieser wird bereits in der Entwicklungsphase von unabhängigen Forschungseinrichtungen wissenschaftlich untersucht.

2 Systembeschreibung MultiLactor®

Der MultiLactor® ist ein halbautomatisches Melksystem, das sowohl für neue als auch bestehende Autotandem- und Fischgrätenmelkstände bzw. für die entsprechenden Melkkarusselle geeignet ist. Er unterscheidet sich von konventionellen Melksystemen unter anderem durch die viertelindividuelle Ableitung der Milch in Verbindung mit einem periodischen Lufteinlass (System „Biomilker“) und sequenzieller Pulsation (Abb. 1). Dadurch soll der gleichmäßige Abtransport der Milch gewährleistet werden; eine Erre-



Abb. 1: Viertelindividuelles Melken mit dem MultiLactor®

Fig. 1: Milking each quarter individually with the MultiLactor®



Abb. 2: Automatische Reinigung und Desinfektion

Fig. 2: Automatic cleaning and desinfection

gerübertragung durch ein Rücksprayen von Viertel zu Viertel wird ebenfalls verhindert. Durch den Verzicht auf das Sammelstück wird das Auftreten von Dreh- und Hebelkräften auf das Euter auf ein Minimum reduziert.

Der Aufbau des Vakuums erfolgt erst mit dem Umschließen der Zitze durch den Zitzengummi bzw. alternativ per Knopfdruck; zur Melkzeugabnahme sowie bei plötzlichem Lufteinbruch erfolgt die Vakuumabschaltung viertelindividuell.

Während des gesamten Melkvorganges wird das Euter durch den „Aktuatorarm" mechanisch stimuliert. Dieser versetzt in unregelmässigen Abständen nach dem Zufallsprinzip die Milchschläuche und Zitzenbecher in Schwingung. Dies soll zur Lockerung der Eutermuskulatur führen.

Die automatische Zwischenreinigung und -desinfektion der Zitzenbecher von innen und außen verhindert die Übertragung euterpathogener Keime von Tier zu Tier (Abb. 2).

Durch den hohen Grad der Automatisierung soll die Belastung des Melkers auf ein Minimum reduziert werden. Dies zeigt sich vor allem in der Reduktion der zu bewegenden Masse beim Ansetzen der Melkbecher. Während bei konventionellen Melksystemen das bis zu 3.5 kg schwere Melkzeug mit einer Hand unter dem Euter positioniert wird und die andere Hand die Melkbecher ansetzt, schwenkt das Melkmagazin des MultiLactors® automatisch unter die Kuh; der Melker muss lediglich mit einer Hand die Melkbecher mit einer Masse von jeweils ca. 500 g ansetzen.

3 Untersuchungen

3.1 Arbeitsbelastung des Melkers

Die Untersuchungen der Arbeitsbelastung des Melkers erfolgt im Rahmen des ART Tänikon Projekts „Arbeitsbelastung beim Melken". Ausgehend von der Durchführung von Belastungsanalysen in den verschiedenen Melksystemen werden Belastungsmodelle auf der Basis von sog. belastenden Arbeitsstunden erstellt. Diese dienen einerseits als Grundlage für Verfahrensvergleiche und ermöglichen andererseits eine monetäre

Bewertung der Belastung. Davon ausgehend können Optimierungsstrategien erarbeitet werden, die wiederum der Prävention gesundheitlicher Langzeitschäden dienen.

In diesem Zusammenhang wird anhand geeigneter Methoden der Belastungsanalyse aus Industrie und Landwirtschaft untersucht, inwieweit der MultiLactor® bereits eine Verbesserung im Vergleich zu konventionellen Melksystemen darstellt. Insbesondere der Vergleich des MultiLactors® mit verschiedenen Servicearm-Techniken ist dabei von Interesse. Erste Ergebnisse werden im Herbst 2007 erwartet.

3.2 Kraftmessungen am Euter

Um den Einfluss der Einzelschlauchführung in konventionellen Melksystemen zu erfassen, wurden die Vertikal-, Dreh- und resultierenden Horizontalkräfte in Kooperation mit der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) im Labor und in Praxisbetrieben gemessen. Der verwendete Prüfstand wurde von der DLG entwickelt (HUSCHKE 2003). Die Kräfte werden dabei mithilfe von Dehnmessstreifen erfasst. Drei verschiedene Euterformen, wurden in die Untersuchungen einbezogen. Bei allen Einstellungen wurden fünf Wiederholungen durchgeführt. Die Daten des MultiLactors® wurden mit den Daten der Datenbank von verschiedenen Kraftmessungen in konventionellen und automatischen Melksystemen (AMS) verglichen.

3.3 Gleichmäßige Kraftverteilung auf jedes Euterviertel

Entscheidend für einen guten Melkverlauf und die Eutergesundheit ist eine gleichmäßige Verteilung der auftretenden Kräfte auf die einzelnen Euterviertel. Problematisch bei Melkzeugen mit Sammelstück sind die vom Melkzeug auf das Euter übertragenen Kräfte.

In Abbildung 3 sind die Vertikalkräfte für die einzelnen Euterviertel und Melksysteme bei stufiger Euterform dargestellt. Dabei wird deutlich, dass in den viertelindividuellen AMS und konventionellen Melksystemen eine optimale Anpassung an verschiedene Euterformen möglich ist. Die Vertikalkräfte werden dabei gleichmäßig auf alle Zitzen verteilt. Das konventionelle Melkzeug zeigt die größten Unterschiede zwischen den vorderen und hinteren Zitzenpaaren. Das Maximum beträgt dabei 12,5 N. Das bedeutet, dass die vorderen Zitzen mit einer Kraft belastet werden, die um ein vielfaches größer ist als an den hinteren Zitzen. WORSTORFF und GÖFT (1989) vermuten durch die höhere Zugkraft ein früheres Ausmelken der vorderen Euterviertel im Vergleich zu den Hintervierteln.

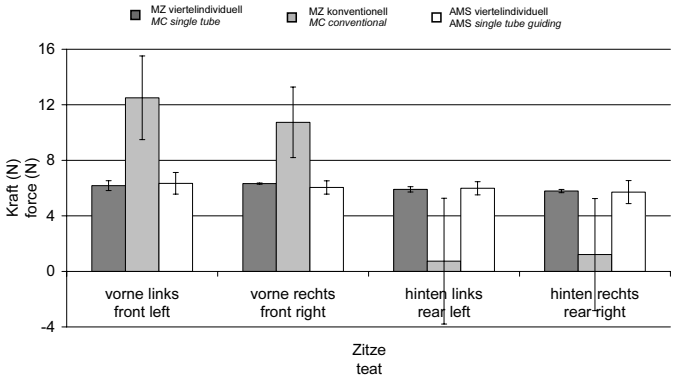


Abb. 3: Vertikalkräfte am Euter bei verschiedenen Melksystemen bei stufiger Euterform (MZ = Melkzeug)

Fig. 3: Vertical force in different milking systems with stepped udder formation (MC = Milking Cluster)

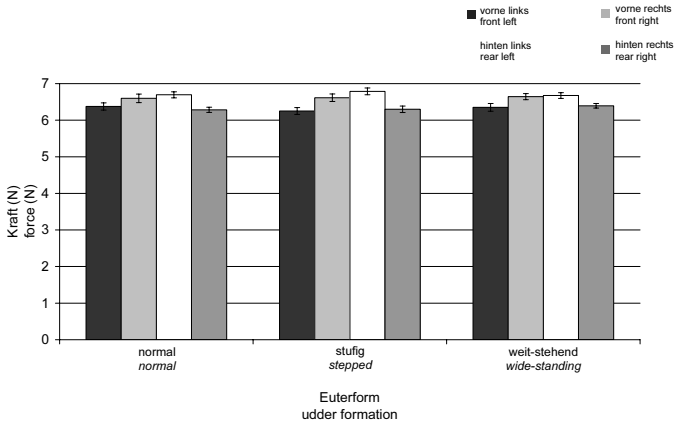


Abb. 4: Vertikalkräfte im MultiLactor® bei verschiedenen Euterformen
Fig. 4: Vertical force in MultiLactor® with different udder formation

Im AMS und bei Melkzeugen mit Einzelschlauchführung lässt sich eine gleichmäßige Kraftverteilung feststellen. Die Anpassungsfähigkeit bei unterschiedlich geformten Eutern kann als gut bis sehr gut bewertet werden (Abb. 4). Dies trägt dazu bei, Gewebeschädigungen am Euter vorzubeugen. WORSTORFF und WEISS (2002) zeigten, dass bei AMS mit Einzelschlauchführung das durchschnittliche Hauptgemelk verglichen mit konventionellen Melkzeugen um 0,18 min reduziert werden kann. Automatisches Melken pro Viertel stellt eine mögliche Variante zur Reduzierung der Melkbecherhaftzeit dar. Daher sollten viertelindividuelle Systeme in Zukunft auch in konventionellen Melkständen eingesetzt werden.

4 Ausblick

Im Herbst 2007 können erste Aussagen hinsichtlich der Arbeitsbelastung des Melkers in verschiedenen Melksystemen getroffen werden. Insbesondere die Auswirkungen der Reduktion der zu bewegenden Masse sowie des Ansetzvorgangs mit nur einer Hand im System MultiLactor® sind dabei von Interesse. Des Weiteren wird das Ausmaß der Entlastung der oberen Extremitäten durch verschiedene Servicearm-Modelle untersucht und mit den Ergebnissen der Körperhaltungsstudien am MultiLactor® verglichen.

Ab Herbst 2007 werden außerdem im Rahmen diverser Versuchsreihen die Auswirkungen des MultiLactors® auf die Qualität des Milchentzugs, Melkparameter, die Milchqualität sowie die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere analysiert.

Mit Erreichen der Marktreife des MultiLactors® werden, aufbauend auf die bei der Untersuchung des Prototyps gewonnenen Erkenntnisse, Langzeitstudien durchgeführt, die unter anderem die Auswirkungen der neuen Melktechnik auf Leistung, Persistenz, Entwicklung der Eutergesundheit etc. beinhalten.

Literatur

Huschke, W. (2003): Prüfstand zur Erfassung von Dreh-, Zug- und Hebelkräften an der Zitze durch unterschiedliche Melkzeuge. 6. Tagung „Bau, Technik und Umwelt in landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“, Tagungsband, S. 114–117

Pinzke, S. (1999): Towards the good work. Methods for Studying Working Postures to prevent Musculoskeletal Disorders with Farming as Reference Work. Dissertation Lund University, Lund, Sweden

Pinzke, S.; Stål, M.; Hansson, G-Å. (2001): Physical workload on upper extremities in various operations during machine milking. Ann Agric Environ Med 8, pp. 63–70

Rose, S. (2006): Untersuchung mechanischer Belastungen am Euter bei verschiedenen Melksystemen. Dissertation, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Nr. 436

Rose, S.; Brunsch, R.; Schroter, K.; Huschke, W.; Klimetschek, H. (2005): Kraftmessungen am Euter in automatischen Melksystemen Agrartechnische Forschung 11. H. 2, S. 11–17

Stål, M. (1999): Upper Extremity Musculoskeletal Disorders in Female Machine Milkers. PHD-Thesis, Department of Physical Therapy, Lund University, Lund, Sweden and Department of Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden, Paper IV and V

Worstorff, H.; Göft, H. (1989): Bessere Milchabgabe durch fachgerechtes Ausrichten des Melkzeuges. Milchpraxis, 27, 1, pp. 16–19

Worstorff, H.; Weiss, D. (2000): Effects of quarter take-off with and without machine stripping under simulated automatic milking conditions. In: Robotic Milking. Proceedings of the International Symposium held in Lelystad, The Netherlands, 17.–19.08.2000

Eigenkontrolle mit Hilfe betriebsindividueller Checklisten in der Landwirtschaft

Self-auditing with Individually Designed Check lists for Farmers

JOHANN LECKER, ULRICH BODMER

Technische Universität München-Weihenstephan, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus, Alte Akademie 14, D-85354 Freising

Schlüsselwörter: Qualitätssicherung, Dokumentation, Eigenkontrolle, Checkliste
Keywords: quality management, documentation, self audit, check list

Zusammenfassung

Die europäische Landwirtschaft ist geprägt von stetig steigenden und sich verändernden Anforderungen. Eine gesamtbetriebliche Eigenkontrolle mit Hilfe von Checklisten kann dabei helfen alle Anforderungen sicher umzusetzen.

In der vorliegenden Untersuchung wird dieser Einsatz von Checklisten bewertet und es werden Verbesserungsvorschläge abgeleitet. Die Untersuchung wird dabei am Beispiel des Systems „Kriterien Kompendium Landwirtschaft" (KKL) zur Erstellung betriebsindividueller Checklisten durchgeführt.

Für die Durchführung der Untersuchung kommt ein qualitatives Forschungsdesign zum Einsatz.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass Checklisten dazu in der Lage sein können nicht umgesetzte Anforderungen aufzudecken. Ein großes Problem stellt jedoch die mangelnde Motivation dar, diese durchzuführen. Um das gesamte Potenzial der Checklisten ausschöpfen zu können, ist eine Schulung der Anwender notwendig.

Summary

European agriculture is deeply influenced by EU-regulations. Self-checking by means of check lists done by the farmers might be helpful to meet all the requirements.

The "KKL-System" is used as an example to evaluate the usefulness of check lists meant for self-checking.

The own research, conducted with various farmers and other experts, show that check lists can help farmers to detect requirements which have not been fulfilled yet.

Nevertheless a lack of motivation can be the reason not to take full advantage of the check lists. Training courses for the users may increase their motivation.

1 Einleitung und Problemstellung

Die mit der Delors-Kommission beschlossene Vereinheitlichung der EU-Agrarpolitik führte dazu, dass die Landwirtschaft auf europäischer Ebene zu den am stärksten reglementierten Wirtschaftsbereichen gehört. Von den in den Jahren 1998–2004 erlassenen 18 167 EU-Verordnungen und 750 EU-Richtlinien betreffen mindestens die Hälfte die Landwirtschaft (BUTLER 2006). Mit der im Jahr 2003 beschlossenen Reform der gemeinsamen Agrarpolitik wird die Auszahlung der Prämien von der Einhaltung der Cross-Compliance-Anforderungen abhängig gemacht. Zudem sind von den Landwirten die Fachrechtsanforderungen aus der nationalen Gesetzgebung einzuhalten, da ein Zuwiderhandeln als Ordnungswidrigkeit gewertet und mit Bußgeldzahlungen belegt werden kann. Die Anforderungen des Marktes bedingen außerdem, dass viele Landwirte an Qualitätssicherungssystemen teilnehmen und die entsprechenden Anforderungen einhalten müssen.

Für die Landwirte entsteht dabei das Problem, aus der Fülle der sich ständig verändernden Anforderungen die relevanten zu identifizieren und diese zu erfüllen.

2 Zielsetzung

In der Untersuchung werden praktische und methodische Ziele verfolgt. Das praktische Ziel besteht darin, die Produktivität der landwirtschaftlichen Führungsorganisation im Bezug auf die an den Betrieb gestellten Anforderungen aus den Bereichen Fachrecht, Cross Compliance, Qualitätssicherungssysteme und Agrarumweltprogramme zu verbessern. Als Input-Variable wird in dieser Untersuchung die für die Erfüllung der Anforderungen notwendige Arbeitszeit betrachtet. Der Output umfasst den Wert der vermiedenen Prämienkürzungen, Bußgelder, Rückzahlungen oder den Absatzquellenverlust, der sich aus der Nichteinhaltung von Anforderungen ergibt.

Das methodische Ziel umfasst die Validierung und die Optimierung von Checklisten als Hilfsmittel zur Erreichung des praktischen Ziels. Dabei soll geklärt werden, ob der Einsatz von Eigenkontrollchecklisten für die Landwirte ein probates Mittel ist, um Verstöße gegen die an den Betrieb gestellten Anforderungen zu vermeiden.

3 Material und Methoden

3.1 KKL-System

Die Untersuchung wird am Beispiel des Systems „Kriterien Kompendium Landwirtschaft“ (KKL) durchgeführt. Dieses System ermöglicht es, betriebsindividuelle Checklisten zu erstellen und wurde vom Deutschen Bauernverband (DBV) und dem Verband der Landwirtschaftskammern (VLK) mit dem Ziel erarbeitet, bundeseinheitliches Fachrecht, Cross Compliance und Anforderungen aus bundesweit tätigen Qualitätssicherungssysteme zusammenzufassen, um Doppelarbeit durch Mehrfachdokumentation zu vermeiden.

Im Zentrum des KKL-Systems, dessen technische Realisierung von den Firmen LANDDATA, LANDDATA-EUROSOFT und VIT entwickelt wurde, steht eine Datenbank, in die

zunächst bundesweit geltende Anforderungen eingepflegt werden. Nach der Aktivierung der so entstandenen Bundescheckliste haben Landesredakteure die Möglichkeit, diese noch um landesspezifische Kriterien zu ergänzen.

Auf diese Landesversion können die Systemnutzer mit Hilfe des Online- bzw. Offline KKL-Assistenten zugreifen und erhalten nach der Übermittlung der Betriebsdaten die betriebsindividuelle Checkliste zurück. Der Datenaustausch erfolgt dabei über eine XML-Schnittstelle. Einen Überblick über das KKL-System bietet Abbildung 1.

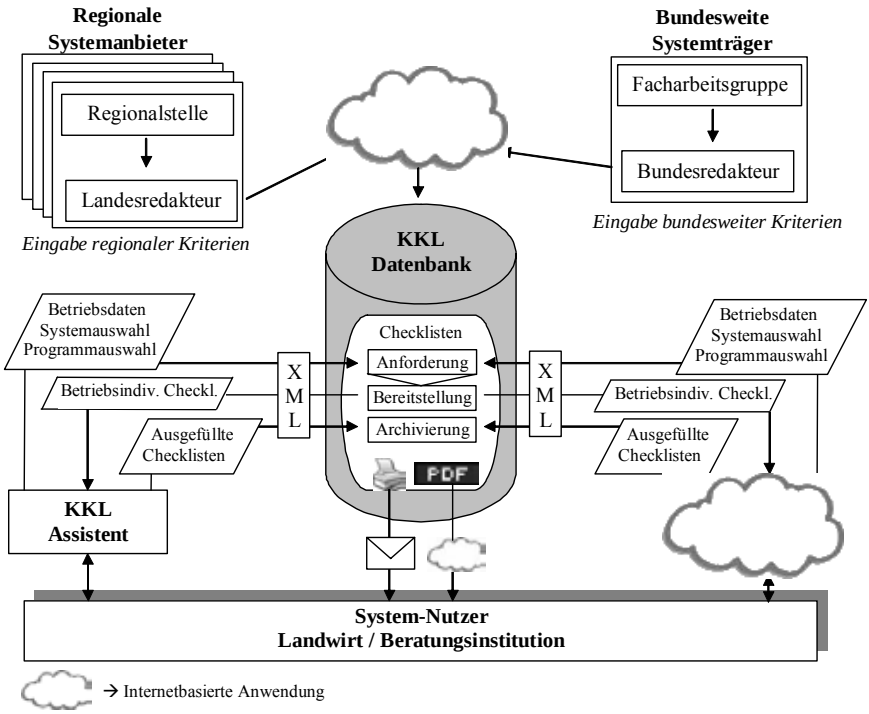
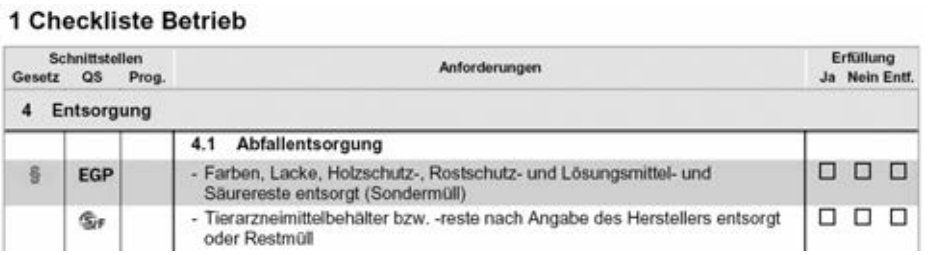


Abb. 1: Überblick über das KKL-System (eigene Darstellung)
Fig. 1: Scheme of the KKL-System

Die an den Nutzer zurück übermittelte Checkliste kann mit Hilfe der Assistenten am PC bearbeitet, aber auch als gedruckte Version den Landwirten zur Verfügung gestellt werden. Der Aufbau der Checklisten gliedert sich in mehrere Hierarchieebenen, wobei die unterste Ebene den beantwortbaren Kriterien entspricht. Um dem Bearbeiter zu zeigen, aus welchem Bereich die Anforderung stammt, werden auf der linken Seite die Schnittstellen dargestellt. Im rechten Bereich erfolgt die Beantwortung des Kriteriums in Form von Checkboxen mit den Antwortmöglichkeiten „Ja“, „Nein“ und „Entfällt“. Die Abbildung 2 zeigt einen Teil einer gedruckten Checkliste.



1 Checkliste Betrieb

Schnittstellen Gesetz	QS	Prog.	Anforderungen	Erfüllung Ja	Nein	Entf.
4 Entsorgung						
			4.1 Abfallentsorgung			
§	EGP		- Farben, Lacke, Holzschutz-, Rostschutz- und Lösungsmittel- und Säurereste entsorgt (Sondermüll)	☐	☐	☐
			- Tierarzneimittelbehälter bzw. -reste nach Angabe des Herstellers entsorgt oder Restmüll	☐	☐	☐

Abb. 2: Teil einer Checkliste (KKL-Checkliste 2007)
Fig. 2: Part of a check list

3.2 Forschungsdesign

Da in der Untersuchung die objektiven und auch die subjektiven Einstellungen der Landwirte zur Eigenkontrolle untersucht werden sollten und nicht ausreichend theoretisches Vorwissen aus anderen Untersuchungen vorhanden war, um sinnvolle Hypothesen für eine quantitative Analyse aufzustellen, wurde ein qualitativer Forschungsansatz gewählt.

Um die Schwächen einzelner Datenerhebungs- und -auswertungsmethoden auszugleichen und deren Stärken zu nutzen, wurde eine Methodentriangulation nach FLICK (2004, S. 330) durchgeführt. Dabei diente die teilnehmende Beobachtung in Verbindung mit dem ero-epischen Gespräch nach GIRTLER (2001, S. 147f) als Datenerhebungsmethode in der explorativ geprägten ersten Datenerhebungsphase. Das Sample enthielt fünf Landwirte, die unter Zuhilfenahme eines Beobachtungsleitfadens bei der Bearbeitung ihrer Checkliste beobachtet wurden. Dabei wurde ermittelt, welche Probleme auftreten und welcher zeitliche Aufwand für die Bearbeitung zu veranschlagen ist. In dem ero-epischen Gespräch wurde im Anschluss daran mit den untersuchten Landwirten ein natürliches Gespräch geführt und aufgezeichnet. Dabei wurden Daten erhoben die nicht durch die Beobachtung ermittelt werden konnten, z. B. die Gefühle des Befragten bei der Bearbeitung der Checklisten.

Die damit erhobenen Daten wurden in Schriftdeutsch transkribiert und mit der Methode des theoretischen Kodierens nach GLASER und STRAUSS (2005) ausgewertet.

Die daraus gewonnen Erkenntnisse dienten in der zweiten Untersuchungsphase als Grundlage für die Erstellung eines halbstandardisierten Leitfadens für 12 Experteninterviews nach GLÄSER und LAUDEL (2004). Der Leitfaden diente dazu, alle wichtigen Daten zu erheben und zu strukturieren. Er blieb dabei aber so offen, dass die Gedanken der interviewten Personen mit einfließen konnten.

Als Experten wurden Landwirte angesehen, die sich eine eigene Meinung zur Eigenkontrolle gebildet hatten. Bei der Auswahl der Interviewpartner wurde darauf geachtet, dass Landwirte ausgewählt wurden, die eine Multiplikatorenfunktion hatten, damit die Ergebnisse stärker generalisiert werden konnten.

Nachdem die aufgenommenen Interviews wieder in Schriftdeutsch transkribiert worden waren, wurden sie mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING (2003) mit dem PC ausgewertet. Die Ergebnisse der ersten Datenauswertung dienten dabei zur ersten Konstruktion des Kategoriensystems.

Da die Auswertung der Daten bis zur Erstellung dieses Beitrages noch nicht endgültig abgeschlossen war, können die nun folgenden Ergebnisse nur als vorläufig erachtet werden.

4 Vorläufige Ergebnisse

Die erste Untersuchungsphase zeigt im Ergebnis, dass Landwirte unterschiedliche Reaktionsstrategien auf die verschiedenen Anforderungen zeigen. Dabei kristallisieren sich folgende Handlungsalternativen heraus:

- Ignorieren bzw. Aussitzen der Anforderungen
- Umgehen der Anforderungen
- Unsystematische Schritt für Schritt Umsetzung der Anforderungen
- Eigenkontrolle mit Hilfe von Checklisten

Da sich die Untersuchungsfrage auf die Eigenkontrolle bezieht, soll diese im Folgenden weiter betrachtet werden.

Die Checkliste, die von den Landwirten bearbeitet werden musste, umfasste im Durchschnitt 482 Kriterien, die mit einer mittleren Leistung von 4,7 Kriterien/min bearbeitet wurde, wobei der Schnellste 6,2 Kriterien/min und der Langsamste 3,5 Kriterien/min beantwortete. Dabei war zu beobachten, dass die Landwirte im Laufe der Bearbeitung ihre Bearbeitungsgeschwindigkeit um mehr als 3 Kriterien/min im Durchschnitt steigerten.

Als Kritik an der Eigenkontrolle mit Hilfe einer Checkliste äußerten die Landwirte den hohen zeitlichen Aufwand, der für die Eigenkontrolle betrieben werden muss, die begrenzte Sicherheit der Erfüllung der Anforderungen, auch wenn die Eigenkontrolle durchgeführt wird und, dass in den Checklisten bereits bekanntes Wissen abgefragt wird. Als Hauptvorteile erkannten die Landwirte, dass:

- ihr Selbstvertrauen im Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen gestärkt wird,
- sie an vergessene Anforderungen erinnert werden und
- Anforderungen aufgedeckt werden die zuvor unbekannt waren.

Ziel der teilnehmenden Beobachtung war es auch, Probleme bei der Bearbeitung der Checklisten aufzudecken. Es traten auf:

- inhaltliche Fehler der Checkliste,
- Verständnisschwierigkeiten durch die Frageformulierung und
- Nichterkennen von Zusammenhängen zwischen den Fragen.

Als zentrales Problem der ersten Untersuchungsphase wurde dabei die mangelnde Motivation der Landwirte zur Durchführung der Eigenkontrolle festgestellt. Deshalb wurde in der zweiten Untersuchungsphase darauf verstärkt eingegangen. Dabei wurde zur Bestimmung der Motivation der Landwirte das Diagnoseschema von Rheinberg (2004) angewendet. Dabei lässt sich bis jetzt festhalten, dass die tätigkeitszentrierte Motivation der Landwirte, die Checklisten auszufüllen, sehr schlecht bzw. vergleichbar mit dem Ausräumen von Güllekanälen ist. Eine mangelnde tätigkeitszentrierte Motivation kann jedoch ausgeglichen werden, wenn das Ergebnis der Tätigkeit als hinreichend positiv erkannt wird. Die Einsparmöglichkeiten (Kürzung von Prämien etc.) durch die Beschäftigung mit Checklisten müssen somit deutlicher vermittelt werden.

5 Schlussfolgerungen

Das Ergebnis der ersten Untersuchungsphase zeigt, dass die Eigenkontrolle mit Hilfe von Checklisten dazu führen kann, dass nicht umgesetzte Anforderungen entdeckt werden können, womit nach dem Beheben der Schwachstellen das Risiko einer Sanktion bei einer neutralen Kontrolle vermindert wird.

Aus dem Ergebnis, dass sich die Leistung der Landwirte mit der fortschreitenden Bearbeitung der Checkliste steigert, lässt sich schließen, dass ein Lerneffekt bei der Bearbeitung eintritt. Dieser Lerneffekt könnte durch eine einführende Schulung vorweggenommen werden und damit die Checklistenbearbeitung beschleunigen. Zudem können durch eine Schulung Verständnisprobleme bei Fragen im Vorfeld behoben werden.

Nicht zuletzt könnte eine Schulung die Motivation der Landwirte zur Eigenkontrolle steigern, indem ihnen das positive Ergebnis der Eigenkontrolle verdeutlicht wird.

Damit zeigt sich, dass eine Schulung von Landwirten notwendig ist, um das volle Potenzial der Checklisten zur Eigenkontrolle ausschöpfen zu können.

Literatur

Butler von, C. (2006): Umfang neuer Rechtsvorschriften 1998–2004; E-Mail 29.05.2006; recht@bayerischerbauernverband.de

Flick, U. (2004): Triangulation – Eine Einführung. VS-Verlag, Wiesbaden

Girtler, R. (2001): Methoden der Feldforschung. Böhlau Verlag, Wien, Köln, Weimar

Glaser, B.; Strauss, A. (2005): Grounded Theory. Verlag Hans Huber, Bern

Gläser, J.; Laudel, G. (2004): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden

Rheinberg, F. (2004): Motivationsdiagnostik. Hogrefe, Göttingen, Bern

Anschriften der Autoren

Address of authors

Werner Achilles
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstr. 49
D-64289 Darmstadt

Pavel Ambrož
Research Institute of Agricultural
Engineering
Drnovská 507
CR-161 01 Prague 6

Barbara Amon
Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter-Jordan Str. 82
A-1190 Wien

Thomas Amon
Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter-Jordan Str. 82
A-1190 Wien

Helga Andree
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Str. 6
D-24098 Kiel

Friedrich Arends
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour-Str. 1–13
D-26121 Oldenburg

Volker Aschmann
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Johannes Bachmaier
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Matthias Baum
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Gutenbergstr. 33
D-37075 Göttingen

Johannes Baumgartner
Universität für Veterinärmedizin
Veterinärplatz 1
A-1210 Wien

Katharina Bayer
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Anton Beibl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Werner Berg
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Uwe Bergfeld
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
D-04886 Köllitsch

Günter Beyersdorfer
Thüringer Landesanstalt für
Landwirtschaft Jena
Außenstelle Clausberg 7
D-99834 Gerstungen

Erwin Bilgery
BITEC Engineering
Rütistr. 15
CH-8590 Romanshorn

Franz-Josef Bockisch
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Ulrich Bodmer
Technische Universität
München-Weihenstephan
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus
Alte Akademie 14
D-85354 Freising

Stefan Böck
Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik, Bauwesen und
Umwelttechnik
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Christoph Böging
Forschungs- und Studienzentrum
für Veredlungswirtschaft Weser-Ems
der Georg-August-Universität Göttingen
Driverstr. 22
D-49377 Vechta

Björn Börgermann
Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Institut für Nutztierwissenschaften
Philippstr. 13
D-10115 Berlin

Katja Bonkoss
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Eberhard von Borell
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
mit Tierklinik
Adam-Kuckhoff-Str. 35
D-06099 Halle/Saale

Josef Boxberger
Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter Jordan Str. 82
A-1190 Wien

Ulrich Brehme
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Reiner Brunsch
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Wolfgang Büscher
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Werner Butte
Universität Oldenburg
Institut für reine und angewandte Chemie
Postfach 2501
D-26111 Oldenburg

Horst Cielejewski
Landwirtschaftskammer
Nordhrein-Westfalen
Haltungsverfahren, Technik, Bauen
Nevinghoff 40
D-48147 Münster

Andrea Dahmen
Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Siebengebirgstr. 200
D-53229 Bonn

Bernd Diekmann
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Mathias Effenberger
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Michael Eise
DLG e.V.
Testzentrum Technik und Betriebsmittel
Max-Eyth-Weg 1
D-64823 Groß-Umstadt

Tetsuji Etoh
Kuju Agricultural Research Center
Faculty of Agriculture
Kyushu University
JP-8780201 Kuju

Max Fehr
Anicom AG
Tiervermarktung
Säntisstr. 2
CH-9501 Wil

Kathrin Fleming
Forschungs- und Studienzentrum
für Veredelungswirtschaft Weser-Ems
der Georg-August Universität Göttingen
Driverstraße 22
D-49377 Vechta

Bettina Frauz
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Landwirtschaftliches
Maschinen- und Bauwesen (740)
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Franz Freiberger
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
D-85586 Poing-Grub

Martina Fröhlich
Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter-Jordan Str. 82
A-1190 Wien

Christian Fürll
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Gabriela Garcés
Technische Universität München
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
Am Coulombwall
D-85748 Garching

Jürgen Gartung
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Heiko Georg
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Marwan Georges
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Ann-Katrin Gerwers
Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Senkenbergstr. 3
D-35390 Gießen

Dirk Giesenkamp
Fachhochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und
Landschaftsarchitektur
Am Krümpel 31
D-49090 Osnabrück

Michael Götz
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Takafumi Gotoh
Kuju Agricultural Research Center
Faculty of Agriculture
Kyushu University
JP-8780201 Kuju

Ewald Grimm
Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49
D-64289 Darmstadt

Andreas Gronauer
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Lorenz Gygax
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Karl-Wilhelm Haake
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Angelika Häussermann
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Str. 6
D-24118 Kiel

Jochen Hahne
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Technologie und
Biosystemtechnik
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Bernhard Haidn
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
D-85586 Poing

Eberhard Hartung
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Str. 6
D-24118 Kiel

Wilfried Hatzack
Siliconform GmbH & Co. KG
Schelmengriesstrasse 1
D-86842 Türkheim

Rudolf Hauser
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Anton Hausleitner
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
A-8952 Irdning

Alexander Hegger
Forschungs- und Studienzentrum
für Veredelungswirtschaft Weser-Ems
der Georg-August-Universität Göttingen
Driverstr. 22
D-49377 Vechta

Daniel Herd
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Engel F. Hessel
Forschungs- und Studienzentrum
für Veredlungswirtschaft Weser-Ems
der Georg-August-Universität Göttingen
Driverstr. 22
D-49377 Vechta

Christel Hoch
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Richard Hölscher
Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG
Siemensstr. 15
D-48488 Emsbüren

Ottfried Hörig
Sächsische Landesanstalt für Landwirschaft
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
D-04886 Köllitsch

Bernhard Hörning
Fachhochschule Eberswalde
Fachgebiet Ökologische Tierhaltung
Friedrich-Ebert-Str. 28
D-16225 Eberswalde

Dieter von Hörsten
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Gutenbergstr. 33
D-37075 Göttingen

Gundula Hoffmann
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Toshihide Honda
NTTWEST-Kyushu Corporation
JP-8120013 Fukuoka

René Horat
Anicom AG
Tiervermarktung
Säntisstr. 2
CH-9501 Wil

Christine Idler
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Ines Jahn
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
D-04886 Köllitsch

Christina Jais
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
D-85586 Poing-Grub

Thomas Jungbluth
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Otto Kaufmann
Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Institut für Nutztierwissenschaften
Philippstr. 13
D-10115 Berlin

Maren Kauke
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
CH-8356 Ettenhausen

Nina Maria Keil
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
CH-8356 Ettenhausen

Sabrina Kern
Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Senkenbergstr. 3
D-35390 Gießen

Yoshiya Kinno
NTT Advanced Technology Corporation
Network Solutions Business Headquarters
JP-1800006 Tokyo

Rainer Kissel
Bayerische Landesanstalt
für Landwirtschaft
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Michael Klindtworth
Fachhochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und
Landschaftsarchitektur
Am Krümpel 31
D-49090 Osnabrück

Ralf Kosch
Big Dutchman International GmbH
Auf der Lage 2
D-49377 Vechta

Simone Kraatz
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung Technikbewertung und
Stoffkreisläufe
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Paul Krampe
Vogelsang Maschinenbau GmbH
Holthöge 10-14
D-49632 Essen/Oldb.

Peter Kreimeier
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Jan-Gerd Krentler
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Anne Kresse
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Vera Krüger
Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Senkenbergstr. 3
D-35390 Gießen

Vitaliy Kryvoruchko
Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Landtechnik
Peter-Jordan Str. 82
A-1190 Wien

Armins Laurs
Latvia University of Agriculture
Institute of Agriculture Engineering
J. Cakstes bulv. 5,
Jelgava LV-3001

Michael Lebuhn
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Johann Lecker
Technische Universität
München-Weihenstephan
Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus
Alte Akademie 14
D-85354 Freising

Martin Leinker
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Garbenstraße 9
D-70599 Stuttgart

Andreas Lemmer
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Landwirtschafliches
Maschinen- und Bauwesen (740)
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Peter Leuschner
Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG
Siemensstr. 15
D-48488 Emsbüren

Wolfgang Lücke
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Gutenbergstr. 33
D-37075 Göttingen

Christian Maack
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Antonín Machálek
Research Institute of Agricultural Engineering
Drnovská 507, P. O. Box 54
CR-161 01 Prague 6

Makoto Maeda
Intellectual Property Management
Centerproject Support Department
Kyushu University
JP-8128581 Fukuoka

Yuji Maeda
NTT departments II
(R&D Strategy Department)
JP-1008116 Tokyo

Jacob Maier
Siliconform GmbH und Co. KG
Schelmengriesstr. 1
D-86842 Türkheim

Rosemarie Martetschläger
Universität für Bodenkultur
Peter Jordan Str. 82
A-1190 Wien

Momme Matthiesen
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Eckhard Meyer
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
D-04886 Köllitsch

Petr Miláček
Research Institute of Agricultural Engineering
Drnovská 507, P. O. Box 54
CR-161 01 Prague 6

Shinichi Mine
NTT Service integration Laboratories
JP-8120013 Fukuoka

Irene Mösenbacher-Molterer
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
A-8952 Irdning

Christoph Moriz
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Ehab Mostafa
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Katja Müller
Hochschule Neubrandenburg
Agrarwirtschaft
Brodaer Str. 2
D-17033 Neubrandenburg

Michael Mußlick
Thüringer Ministerium für Landwirtschaft
Naturschutz und Umwelt
Beethovenplatz 3
D-99096 Erfurt

Christoph Nannen
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Stefan Neser
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Heidrun Nitzer
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften
Adam-Kuckhoff-Str. 35
D-06110 Halle (Saale)

Hans Oechsner
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Landwirtschaftliches
Maschinen- und Bauwesen (740)
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Kazunori Okubo
NTT Neomate
JP-8700023 Oita

Steffen Pache
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierische Erzeugung
Am Park 3
D-04886 Köllitsch

Imre Pazsiczki
Ungarisches Institut für Landtechnik (MGI)
Tessedik Sámuel utca 4
H-2100 Gödöllõ

Rudolf Peis
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
D-85586 Poing

Andreas Pelzer
Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen
Landwirtschaftszentrum Haus Düsse
D-59505 Bad Sassendorf/Ostinghausen

Walter Peschke
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
D-85586 Poing-Grub

Alfred Pöllinger
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
A-8952 Irdning

Daniel Preißler
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Landwirtschaftliches
Maschinen- und Bauwesen (740)
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Juris Priekulis
Latvia University of Agriculture
J. Cakstes 5
Jelgava LV-3001

Heike Püschel-Peters
Fachhochschule Kiel
Fachbereich Landbau
Am Kamp 11
D-24783 Osterrönfeld

Elisabeth Quendler
Universität für Bodenkultur
Peter Jordan Str. 82
A-1190 Wien

Kerstin Reiners
Forschungs- und Studienzentrum
für Veredelungswirtschaft Weser-Ems
der Georg-August-Universität Göttingen
Driverstr. 22
D-49377 Vechta

Annett Reinhardt-Hanisch
Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Klaus Reiter
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
D-85586 Poing-Grub

Sylvia Rössner
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Fachbereich Landbau/Landespflege
Pillnitzer Platz 2
D-01326 Dresden

Sandra Rose
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Abteilung Technik in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Eberhard Rosenthal
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Cristina Gabriela Rus
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Abteilung in der Tierhaltung
Max-Eyth-Allee 100
D-14468 Potsdam

Mihaiela Rus
Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Institut für Nutztierwissenschaften
Philipsstr. 13
D-10115 Berlin

Norio Saito
MSK Agricultural Machine Co. Ltd.
JP-8691235 Kumamoto

Pascal Savary
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Dirk Schäffer
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und
Ernährungswissenschaften
Adam-Kuckhoff-Str. 35
D-06110 Halle/Saale

Walter Schaeren
Forschungsanstalt Agroscope
Liebefeld-Posieux ALP
Schwarzenburgstr. 161
CH-3003 Bern

Hartmut Schemel
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100
D-14469 Potsdam

Matthias Schick
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Janet Schmidtko
Georg-August-Universität Göttingen
Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
Albrecht-Thaer-Weg 3
D-37075 Göttingen

Friedhelm Schneider
Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG
Dorfstr. 9
D-83404 Ainring

Ute Schopfer
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2
D-85586 Poing-Grub

Sabine Schrade
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Stefan Schwengers
Fachhochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und
Landschaftsarchitektur
Am Krümpel 31
D-49090 Osnabrück

Hermann Seufert
Universität Gießen
Institut für Landtechnik
Senkenbergstr. 3
D-35390 Gießen

Yuji Shiotsuka
Kuju Agricultural Research Center
Faculty of Agriculture
Kyushu University
JP-8780201 Kuju

Regula Siegwart
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Jochen Simon
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Syuichi Takeishi
Oita Prefectural Agriculture, Forestry and
Fisheries Research Center
JP-8780201 Kuju

Hiroyuki Terauchi
Panasonic Communications Co. Ltd.
JP-8128531 Fukuoka

Eiko Thiessen
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche
Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Str. 6
D-24098 Kiel

Stefan Thurner
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Gerriet Trei
Fachhochschule Eberswalde
Fachgebiet Ökologische Tierhaltung
Friedrich-Ebert-Str. 28
D-16225 Eberswalde

Gracia Ude
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Kerstin Uminski
Bundesforschungsanstalt für
Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und
Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Shigeo Utsunomiya
Remote, Co. Ltd.
JP-8740919 Oita

Ludo Van Caenegem
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Herman Van den Weghe
Forschungs- und Studienzentrum
für Veredelungswirtschaft Weser-Ems
der Georg-August-Universität Göttingen
Driverstr. 22
D-49377 Vechta

Jiří Vegricht
Research Institute of Agricultural
Engineering,
Drnovská 507, P. O. Box 54
CR-161 01 Prague 6

Jochen Vogtherr
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Landwirtschaftliches
Maschinen- und Bauwesen (740)
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Andrea Wagner
Universität Bonn
Institut für Landtechnik
Nussallee 5
D-53115 Bonn

Jürgen Walter
Hochschule Neubrandenburg
Agrarwirtschaft
Brodaer Str. 2
D-17033 Neubrandenburg

Roland Weber
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
CH-8356 Ettenhausen

Beat Wechsler
Bundesamt für Veterinärwesen
Zentrum für tiergerechte Haltung:
Wiederkäuer und Schweine
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Ulrika Weinmann
Universität Hohenheim
Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Jörg Wendisch
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)
Rochusstr. 1
D-53123 Bonn

Georg Wendl
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Hansjörg Wieland
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Institut für Betriebstechnik und Bauforschung
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

Peter Wilderer
Technische Universität München
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
Am Coulombwall
D-85748 Garching

Michael Zähner
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon
CH-8356 Ettenhausen

Johannes Zahner
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36
D-85354 Freising

Axel Zimmermann
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Max-Eyth-Str. 6
D-24098 Kiel

Valdis Zujs
Latvia University of Agriculture,
J. Cakstes 5
Jelgava, LV-3001

Autorenindex

Index of authors

A

Ambrož, P. 358, 380
Amon, B. 85, 324
Amon, T. 85, 324
Andree, H. 21, 401
Arends, F. 39
Aschmann, V. 210

B

Bachmaier, J. 204
Baum, M. 412
Baumgartner, J. 318
Bayer, K. 97
Beibl, A. 270
Berg, W. 80, 434
Bergfeld, U. 264
Beyersdorfer, G. 390
Bilgery, E. 368
Bockisch, F.-J. 162, 168, 276
Bodmer, U. 451
Böck, S. 252
Böging, C. 240
Börgermann, B. 246
Bonkoss, K. 33
Borell, E. von 27, 132
Boxberger, J. 85, 318, 324
Brehme, U. 168, 380
Brunsch, R. 109, 434, 445
Büscher, W. 51, 62, 68, 91, 97, 138, 282, 288, 330, 439
Butte, W. 56

C

Cielejewski, H. 97

D

Dahmen, A. 138
Diekmann, B. 62

E

Effenberger, M. 198, 204
Eise, M. 352
Etoh, T. 407

F

Fehr, M. 120
Fleming, K. 174
Frauz, B. 192
Freiberger, F. 346
Fröhlich, M. 85, 324
Fürll, C. 294

G

Garcés, G. 198
Gartung, J. 417
Georg, H. 336, 341, 423
Georges, M. 276
Gerwers, A.-K. 312
Giesenkamp, D. 258
Götz, M. 74
Gotoh, T. 407
Grimm, E. 39
Gronauer, A. 198, 204, 210
Gygax, L. 180

H

Haake, K.-W. 276
Häussermann, A. 74
Hahne, J. 45
Haidn, B. 222
Hartung, E. 21, 27, 74, 401
Hatzack, W. 445
Hauser, R. 144
Hausleitner, A. 85
Hegger, A. 252
Herd, D. 312
Hessel, E. F. 114, 174, 240, 252
Hoch, C. 417

Hölscher, R. 51
Hörig, O. 264
Hörning, B. 156
Hörsten, D. von 412
Hoffmann, G. 168
Honda, T. 407
Horat, R. 120

I

Idler, C. 294

J

Jahn, I. 150
Jais, C. 346, 364
Jungbluth, T. 144, 186, 192, 216

K

Kaufmann, O. 97, 246
Kauke, M. 445
Keil, N. M. 120
Kern, S. 312
Kinno, Y. 407
Kissel, R. 210
Klindtworth, M. 258, 352
Kosch, R. 56
Kraatz, S. 434
Krampe, P. 396
Kreimeier, P. 162, 168
Krentler, J.-G. 428
Kresse, A. 330
Krüger, V. 312
Kryvoruchko, V. 85

L

Laurs, A. 385
Lebuhn, M. 198
Lecker, J. 451
Leinker, M. 27
Lemmer, A. 186, 216
Leuschner, P. 234
Lücke, W. 412

M

Maack, C. 282, 439
Machálek, A. 358, 380
Maeda, M. 407
Maeda, Y. 407
Maier, J. 445
Martetschläger, R. 318
Matthiesen, M. 282
Meyer, E. 150
Miláček, P. 358
Mine, S. 407
Mösenbacher-Molterer, I. 85
Moriz, C. 306
Mostafa, E. 91
Müller, K. 162
Mußlick, M. 390

N

Nannen, C. 68
Neser, S. 33
Nitzer, H. 132

O

Oechsner, H. 186, 192, 216
Okubo, K. 407

P

Pache, S. 264
Pazsiczki, I. 80
Peis, R. 222
Pelzer, A. 97
Peschke, W. 364
Pöllinger, A. 85
Preißler, D. 216
Priekulis, J. 374
Püschel-Peters, H. 336

Q

Quendler, E. 318

R

Reiners, K. 114, 252
Reinhardt-Hanisch, A. 27
Reiter, K. 364
Rössner, S. 264
Rose, S. 109, 380, 445
Rosenthal, E. 62
Rus, C. G. 434
Rus, M. 246

S

Saito, N. 407
Savary, P. 144
Schäffer, D. 132
Schaeren, W. 103
Schemel, H. 294
Schick, M. 300, 318
Schmidtko, J. 103
Schneider, F. 33
Schopfer, U. 364
Schrade, S. 103
Schwengers, S. 352
Seufert, H. 312
Shiotsuka, Y. 407
Siegwart, R. 180
Simon, J. 270

T

Takeishi, S. 407
Terauchi, H. 407
Thiessen, E. 21, 401
Thurner, S. 228, 252
Trei, G. 156

U

Ude, G. 336, 341
Uminski, K. 417
Utsunomiya, S. 407

V

Van Caenegem, L. 126
Van den Weghe, H. 39, 56, 114, 174, 240, 252
Vegricht, J. 358, 380
Vogtherr, J. 186

W

Wagner, A. 282, 288, 439
Walter, J. 162
Weber, R. 120
Wechsler, B. 144, 180
Weinmann, U. 192
Wendisch, J. 17
Wendl, G. 228, 252
Wieland, H. 276
Wilderer, P. 198

Z

Zähner, M. 103
Zahner, J. 270
Zimmermann, A. 21
Zujs, V. 374

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	Institut für Agrartechnik Bornim 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 Landwirtschaft, 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

8. Tagung

Bau, Technik und Umwelt

in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

8.–10. Oktober 2007 in Bonn

8th Conference

Construction, Engineering and Environment

in Livestock Farming

October 8th–10th, 2007 in Bonn, Germany

ISBN 978-3-939371-41-0

