

6th 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 Constructions in Agriculture e. V. (KTBL)

2003

VDI-MEG

KTBL

6. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2003
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung



**6. Tagung Bau, Technik und Umwelt
in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2003**
25.-27. März 2003 in Vechta

6th Conference

**Construction, Engineering
and Environment in
Livestock Farming 2003**

March 25th-27th, 2003 in Vechta, Germany

Veranstalter/Organizer



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

*Max-Eyth-Society of Agricultural Engineering of the VDI
Düsseldorf*



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

*Association for Technology and Constructions in Agriculture e. V. (KTBL)
Darmstadt*



In Kooperation mit der European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)
Silsoe, GB

*Co-sponsored by the European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)
Silsoe, GB*

Ausrichter/Local Arrangements



Forschungs- und Studienzentrum für Veredlungswirtschaft
Weser-Ems, Georg-August-Universität Göttingen

*Research Centre for Animal Production and Technology,
Georg-August-University of Goettingen*

Programmausschuss **Scientific Committee**

Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe, Universität Göttingen (Vorsitz)
Prof. Dr. T. Jungbluth, Universität Hohenheim (stellvertretender Vorsitz)
Prof. Dr. F.-J. Bockisch, FAL, Braunschweig
Prof. Dr. R. Brunsch, ATB, Potsdam-Bornim
Prof. Dr. W. Büscher, Universität Bonn
Dr. H. de Baey-Ernsten, KTBL, Darmstadt
Prof. Dr. O. Kaufmann, Humboldt Universität zu Berlin
Prof. Dr. W. Meier, FAT, Tänikon, CH
Prof. Dr. Ir. J.H.M. Metz, Wageningen University, NL
Dr. J.-P. Ratschow, VDI-MEG, LK Westfalen-Lippe, Münster
Prof. Dr. Dr. h. c. (AE) H. Schön, LfL, Freising
Prof. Dr. H. Seufert, Universität Gießen
Dr. Ir. B. Sonck, DVL-CLO, Gent, B
Dipl.-Kaufm. M. Westerkamp, HOWEMA, Visbek

Die Veröffentlichung enthält die Beiträge der Tagung.
The publication contains the proceedings of the conference.

Sponsoren **Sponsors**

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL)
Landkreis Vechta
Niedersächsisches Kompetenzzentrum Ernährungswirtschaft (NIEKE)
Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsverwendung in der Landwirtschaft e. V. (AEL)
Bauförderung Landwirtschaft (BfL)
BIG Dutchman, Pig Equipment, Vechta
Moorgut Kartzfehn, Bösel
Firma H. Vogelsang, Essen i. O.
WEDA Dammann und Westerkamp GmbH, Lutten

Zusammenstellung **Composition of the Proceedings**

Sabine Van den Weghe, MSc., Braken Weg 2, 49635 Badbergen-Grönloh

© 2003

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 ■ <http://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 Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Druck

Druckerei Lokay ■ Reinheim

Vertrieb und Auslieferung

KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH ■ Münster-Hiltrup

Printed in Germany

ISBN 3-7843-2151-8

Vorwort

Im Rahmen der aktuellen internationalen Forschung einzelner Fachdisziplinen im Bereich der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung gewinnen Fragestellungen und Konzepte an Bedeutung, bei denen das spezialisierte sektorale Wissen zu einem ganzheitlichen Bild unter den Aspekten Umwelt, Tiergerechtigkeit, Wirtschaftlichkeit, Prozesssicherheit und gesellschaftliche Akzeptanz der einzelnen Produktionssysteme zusammengeführt wird.

Auf dieser 6. Internationalen Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ werden Forschungsarbeiten zu neuesten Entwicklungen in den einzelnen aktuellen Themenfeldern der Produktionssysteme für Nutztiere vorgestellt. In der Plenarsitzung werden zunächst die vielfältigen rechtlichen Rahmenbedingungen und gesellschaftlichen Erwartungen an die Nutztierhaltung präsentiert, die anschließend zu den einzelnen Schwerpunktthemen der Tagung überleiten.

Die diesjährige Tagung findet in der Weser-Ems-Region am Standort Vechta, quasi im Zentrum der deutschen Veredelungswirtschaft, statt und wird vom Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Georg-August-Universität Göttingen ausgerichtet.

Die Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen bietet neben den modular aufgebauten Bachelor- und Masterstudiengängen für die klassischen Studienrichtungen Tier- und Pflanzenproduktion sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus weitere gleichartig aufgebaute Studiengänge Agribusiness, Ressourcenmanagement sowie Agrarwissenschaften in den Tropen und Subtropen an. Das Ausbildungsangebot wird durch ein englischsprachiges „International PhD-Program for Agricultural Science“, ein Aufbaustudium Phytomedizin und eine Sommerakademie „Qualität der Lebensmittelwirtschaft“ als Weiterbildung für Führungskräfte der Ernährungswirtschaft vervollständigt.

HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems
Georg-August-Universität Göttingen

Preface

Within the wider scope of current international research, as conducted by individual disciplines' study groups in the area of farm animal production and livestock management regimes, those questions and concepts keep gaining in importance which bring together specific segmental knowledge into the framework of one single picture as a whole—and do so under the aspects of environmental issues, animal welfare, production efficiency, and process safety, as well as society's acceptance of each given production system.

At the 6th International Conference on "Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming" research studies will be presented which offer more insight into recent developments in those production systems which command most of today's topical interest. The plenary session will start out with an initial look into the various legal framework conditions, and the expectations today's society places on livestock farming, which together will subsequently open the way to the individual topics in focus that the conference's agenda holds out.

This year's conference venue is Vechta, located in the northwest German Weser-Ems region, i.e. the quasi stronghold of Germany's poultry and livestock production per se; it is staged and organized by the Research Centre for Animal Production and Technology Weser-Ems of Georg-August University, Göttingen, based in Lower-Saxony in Germany.

Apart from its modularly designed bachelor's and master's degree study courses in the classical fields of farm animal and plant production plus agricultural and social science in agriculture, that university's agricultural faculty also offers similarly designed study courses in agribusiness, resource management as well as agricultural sciences as relate to tropical and subtropical areas.

Rounding out the study platform are an English-language "International PhD program in Agricultural Science", an Educational Building Program in Phytomedicine, and a Summer Academy on "Food Business Quality" where executives in that field of industry can enroll in ongoing further education programs.

HERMAN VAN DEN WEGHE

Research Centre for Animal Production and Technology Weser-Ems
Georg-August-University Göttingen

Inhaltsverzeichnis

Vorträge

Plenarvortrag

Rechtliche Rahmenbedingungen und gesellschaftliche Erwartungen
an die Nutztierhaltung
*Regulation and Society Expectations on Animal Production –
State of the Art and Need for Action*

HERMAN VAN DEN WEGHE 17

Schweinehaltung

Einfluss des Tier-Fressplatz-Verhältnisses auf Gesundheit, Verhalten und
Leistung von Sauen in Gruppenhaltung bei ad libitum Fütterung
*Influence of the Animal-trough-ratio on Health, Behaviour and
Performance of Group Housed Sows Fed an ad Libitum Diet*

STEFFEN SENDIG, DIRK SCHÄFFER, JOACHIM SPILKE, ANNEROSE RUDOVSKY,
ECKHARD MEYER, EBERHARD VON BORELL 26

Grenzen überwinden: Systemlösungen zur integrierten Qualitätssicherung
in der Schweineproduktion

Cross Borders: Integrated Quality Assurance Systems in the Pig Production
GEREON SCHULZE ALTHOFF, ADRIANE MACK, THOMAS SCHMITZ, BRIGITTE PETERSEN..... 35

Automatische und mobile Datenerfassung für eine lückenlose Qualitätssicherung
am Beispiel Ferkelproduktion

*Automatic and Mobile Data Acquisition for a Complete Quality System
by the Example of Piglet Production*
BERNHARD MANNEBECK, FRIEDRICH NORDBECK, GUIDO KLEMENT 40

Erfahrungen mit verschiedenen Formen der Gruppenhaltung tragender Sauen
in der Schweiz

Experiences with Different Group-housing Systems for Dry Sows
ROLAND WEBER, BEAT WECHSLER, KATHARINA FRIEDLI 46

Bewegungsbucht im Abferkelstall: Auswirkungen auf das Aktivitätsverhalten
der Sauen in den 48 Stunden ante und post partum

*A non Confined Farrowing System: Influences to the Activity Behaviour of
Sows 48 Hours Ante and Post Partum*
ENGEL F. HESSEL, HERMAN VAN DEN WEGHE..... 51

Gruppenhaltung tragender Sauen: Abrufstation und Zweiraumbucht mit
offenen Fressständen – Vergleich des Tierverhaltens

*Group Housing of Pregnant Sows: Demand Feeding System and Groups
with Open Feeding Stalls – Comparison of Animal's Behaviour*
CHRISTINA JAIS, SANDRA TUTSCH, FRANZ MEISL, EVA NOACK 57

Ein Vergleich von Haltungssystemen mit unterschiedlichem Bewegungsangebot für ferkelführende Sauen hinsichtlich des Aktivitätsverhaltens der Muttertiere und ihrer biologischen Leistung

A Comparison between Different Farrowing Systems with Regard to the Activity Behaviour of the Sows and their Productivity

BARBARA KAMPHUES, HINRICH SNELL, ENGEL F. HESSEL, HERMAN VAN DEN WEGHE 64

Geflügelhaltung

Simulation des Nährstoffrückhaltevermögens verschiedener Abdeckmaterialien im Stallnahbereich von Hühnerausläufen im Lysimeterversuch

Simulation of the Potential Nutrient Retention of Covering Materials in the Area next to the Layer House in Free Range Layer Keeping

ULRIKE ELBE, ANTJE ROB, GÜNTER STEFFENS 70

Praxisuntersuchung zum Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast als Pilotprojekt in Deutschland

Practical Investigation on the Use of a Veranda During the Fattening of Turkeys as a Pilot Project in Germany

JUTTA BERK, STEPHANIE WARTEMANN, LUDGER FELDHAUS, TORSTEN HINZ, STEFAN LINKE 76

Die Luftgüte in einem Putenmaststall mit natürlicher Lüftung und Außenklimabereich

Air Quality in a Naturally Ventilated Turkey House with Veranda

TORSTEN HINZ, STEFAN LINKE, JUTTA BERK, STEPHANIE WARTEMANN 82

Rinderhaltung

Cross-Sectional Study on Claw Health in Dairy Cattle: Impact of Floor System

Untersuchung der Klauengesundheit bei Milchvieh: Auswirkungen der Bodenbeschaffenheit

JOAN SOMERS, JOS H.M. METZ, ELSEBETH N. NOORDHUIZEN-STASSEN, KLAAS FRANKENA 88

Epidemiologische Untersuchungen zum Liegeverhalten von Milchkühen in nordwestdeutschen Praxisbetrieben – Einfluss des Haltungssystems

Epidemiological Studies on Lying Behaviour of Dairy Cows in North-Western German Commercial Farms – Influence of the Housing System

CHRISTOPH WINCKLER, JAN BRINKMANN, KATHARINA KÜFMANN, STEFANIE WILLEN 93

Neue Erkenntnisse und Strategien zur Vermeidung des gegenseitigen Besaugens bei künstlich aufgezogenen Kälbern im Zusammenhang mit der Milchaufnahme am Saugnuckel

New Results and Strategies Against Cross-sucking Behaviour Among Artificially Reared Calves with Regard to the Milk Intake at the Rubber Teat

FRANK ZERBE 97

Untersuchung zum Nährstoffaustrag auf Sandböden im Freiland-Winterquartier von Mutterkühen

Investigation of Leaching of Nutrients on Sandy Soils in Outdoor Hibernacle of Suckler Cows

WOLF-DIETER KALK, REINER BRUNSCH 103

Melktechnik

Ergebnisse zu Funktionssicherheit und Tierverhalten bei verschiedenen Automatischen Melksystemen <i>Cluster Fixation Accuracy and Animal Behaviour in Different Automatic Milking Systems</i> ISABELLE NEUFFER, RUDOLF HAUSER, BEAT WECHSLER	109
Prüfstand zur Erfassung von Dreh-, Zug- und Hebelkräften an der Zitze durch unterschiedliche Melkzeuge <i>Test Rig for Recording Rotary, Pulling and Lever Forces Exerted on the Teats by Different Milking Clusters</i> WOLFRAM HUSCHKE, HANS-JOACHIM HERRMANN, JÖRG KLIMETSCHKE	113
Melkkapazität und Milchleistungssteigerung beim Einsatz von Einzelbox-Melkverfahren <i>Milking Capacity and Increases in Milk Performance through Automatic Milking with a Single Box Equipment</i> RUDOLF ARTMANN	118
Untersuchungen zur Erkennung von Veränderungen der Milch mit Hilfe der Farbmessung <i>Detection of Changes in Milk by Using Colour Measurement</i> MARTIN WIEDEMANN, GEORG WENDL	124
Veränderung der Milchbeschaffenheit zu Laktationsbeginn <i>Variation of Milk Composition at Start of Lactation</i> DIETER ORDOLFF	130
Auswirkungen der Einführung eines automatischen Melksystems auf die Eutergesundheit <i>Effects of Introducing an Automatic Milking System on Udder Health</i> FRIEDRIKE REINECKE	134
Vergleich der Trockensubstanzaufnahme und Milchleistung von österreichischen Fleckvieh- und Braunviehkühen in einem automatischen Melksystem (AMS) im Vergleich zum Melkstand <i>Comparison of Dry Matter Feed Intake and Milk Yield of Austrian Simmental- and Brown Swiss Cows in an Automatic Milking System (AMS) versus Milking Parlour</i> ANDREA RÖMER, KARL LUGER, RUDOLPH VOGELAUER, GERALD SPULLER	138

Fütterungstechnik

Ergebnisse der automatisierten Konditionsfütterung für Sauen am Brei-Nuckel <i>Results of the Automated Condition Feeding System for Sows at the „Brei-Nuckel“</i> ANDREA HESSE, DIRK HESSE, FRANZ-JOSEF BOCKISCH, ERHARD KALLWEIT, HERMANN HEEGE, MARTINA HENNING, DIERK-DIETER STRAUB	143
Fressverhalten abgesetzter Ferkel <i>Feeding Behaviour of Weaned Piglets</i> HINRICH SNELL, HERMAN VAN DEN WEGHE	148

Ferkelaufzucht mit einem sensorgesteuerten Anfütterungssystem: Aufzucht- leistung und Fressverhalten im Vergleich zum konventionellen Rohrbreiautomaten <i>Rearing Piglets with a Sensor Controlled Feeder: Performance and Eating Behaviour Compared with the Conventional Tube Feeder</i>	
ENGEL HESSEL, KATRIN CORDES, HERMAN VAN DEN WEGHE	155

Der Kombifeeder – ein neues Fütterungs- und Haltungsverfahren für die Gruppenhaltung güster und tragender Sauen <i>The Combifeeder – A New Feeding and Housing System for Group Housing of Non-Pregnant and Pregnant Sows</i>	
STEFFEN HOY, JÖRG BAUER.....	161

Tiergerechtheit

Auswahl von Parametern zur Beurteilung der Tiergerechtheit bei Rindern im Praxisbetrieb <i>Selection of Parameters for On-Farm Welfare Assessment Protocols in Cattle</i>	
CHRISTOPH WINCKLER, JACQUES CAPDEVILLE, GIRMA GEBRESENBET, BERNHARD HÖRNING, ULLA HOLMA, MARIAVITTORIA TOSI, SUSANNE WAIBLINGER.....	166

<i>The Ground Reaction Forces Applied to the Bovine Foot During Walking and the Distribution of the Vertical Ground Reaction Force over the Lateral and Medial Claw</i>	
Kräfteverhältnisse an der Rinderklaue beim Gehen und Verteilung der vertikalen Krafteinwirkung zwischen lateraler und medialer Klaue	
RIK P.P.J. VAN DER TOL, JOS H.M. METZ, ELSEBETH N. NOORDHUIZEN-STASSEN, W. BACK, C.R. BRAAM, W.A. WEIJS.....	171

Geräuschpegelmessung als Kriterium zur Bewertung der Tiergerechtheit von Stallfußböden <i>Noise Level Measurements as a Criterion for Assessing Suitability of Housing Floors for Animals</i>	
SVEN HÄUSER, HANS-JOACHIM HERRMANN, MATTHIAS ROSE	178

Entwicklung eines mobilen Gerätes zur Messung der Rutschfestigkeit der Laufflächen in Milchviehlaufställen <i>Development of a Mobile Unit to Measure Slip Resistance of Passage Ways in Loose Housing Systems for Dairy Cattle</i>	
KARSTEN MÜLLER, HERMANN SEUFERT, HANS-JOACHIM HERRMANN	183

Landwirtschaftliches Bauen

Stallsanierung per Computersimulation <i>Barn Renovation by Computer Simulation</i>	
KARL-HEINZ KRAUSE, STEFAN LINKE, MICHAEL MÜBLICK.....	188

Sauen in Gruppenhaltung – Baukostenvergleich unterschiedlicher Aufstallungsverfahren <i>Breeding Pigs in Group Housing – Comparison of Construction Costs for Different Housing Processes</i>	
JÜRGEN GARTUNG	194

Untersuchungen zu Auswirkungen der Dachflächen- und Wandgestaltung auf Temperaturentwicklungen im Gebäude <i>Investigations to the Influence of Roof- and Wallconstructions on the Temperature Development Inside of Buildings</i>	
KARL-WILHELM HAAKE, FRANZ-JOSEF BOCKISCH	200

Precision Livestock Farming

Computergestützte Milchproduktion – Möglichkeiten und Chancen <i>Computer-aided Milk Production – Possibilities and Chances</i>	
REINER DOLUSCHITZ, CHRISTOPH MORIZ	206

Stand der Entwicklung eines BUS-Systems für die Innenwirtschaft <i>Development Stage of a BUS System for Livestock Farming</i>	
JENS-PETER RATSCHOW, RUDOLF ARTMANN	212

Nutzung der Fuzzy Logic zur Erkennung von Eutererkrankungen bei automatischer Milchgewinnung <i>The Use of Fuzzy Logic for Detecting Udder Diseases in Automatic Milking Systems</i>	
STEFAN D. KÖHLER, OTTO KAUFMANN	217

Entnahme von Transpondern bei der Rinderschlachtung – Ergebnisse aus dem EU-weiten Feldversuch „IDEA“ zur elektronischen Tierkennzeichnung <i>Recovery of Transponders in the Slaughterline of Beef Cattle – Results of the German Part of an EU-wide Field Trial for Electronic Animal Identification “IDEA”</i>	
MICHAEL KLINDT WORTH, GEORG WENDL, GEORG FRÖHLICH	223

Emissionen

Wie viele Messtage sind für eine verlässliche Schätzung der Ammoniak- emissionen aus Stallgebäuden notwendig? <i>How many Measuring Days are Needed to Become a Reliable Estimation of Yearly Ammonia Emission from Livestock Buildings?</i>	
STEPHAN CLAES, ERIK VRANKEN, DANIEL BERCKMANS.....	228

Minderung von Emissionen aus Schweineställen durch innovative Lüftungssteuerung <i>Emission Reduction from Pig Facilities by Innovative Ventilation Control</i>	
ANGELIKA HÄÜBERMANN, EBERHARD HARTUNG, THOMAS JUNGBLUTH	234

Entwicklung und Einsatz einer Spülmistungsanlage in der einstreulosen Mastschweinehaltung zur Reduzierung gasförmiger Emissionen <i>Development and Use of a Slurry Flushing System in the Fattening Pig Husbandry to the Reduction of Gaseous Emissions</i>	
MARCUS KIUNTKE, HERMAN VAN DEN WEGHE	240

Immissionen von Ammoniak im Umfeld hoher Tierkonzentrationen – Entwicklung der Immissionssituationen <i>Nitrogen Dynamics in Vicinity of Large Scale Farm Animal Houses – Development of Models in the Surroundings</i>	
HANNES KREMP, THOMAS KUHLMANN, HELGA BÖHM	247

Möglichkeiten und Grenzen zur Minderung von Ammoniak-, Staub- und Geruchsemissionen durch Abluftreinigungsverfahren <i>Options and Limitations for the Reduction of Ammonia, Dust and Odor Emissions by Waste Gas Cleaning Systems</i>	
JOCHEN HAHNE, ROLF SCHICKE, KLAUS-DIETER VORLOP	253
Geruchsemissionen aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes eines Chemo-Sensor-Arrays <i>Odour Emissions from Animal Livestock – Possibilities and Limits of the Use of a Chemo-Sensor-Array</i>	
STEFAN NESER, BARBARA MAIER, ANDREAS GRONAUER	260
Quantifizierung von Emissionsquellen in Mastschweineeställen <i>Quantization of Emissions Sources in Pig Fattening Houses</i>	
ENRICO SIEBER, WERNER FROSCH, WOLFGANG BÜSCHER	266
Ist das Einhalten der Ammoniak-Emissionsminderungsziele Deutschlands ohne Viehbestandsabbau erreichbar? <i>Will Germany be Able to Meet the Emission Ceilings Targets Without Reducing Animal Livestock Numbers?</i>	
HELMUT DÖHLER, ANGELA BERGSCHMIDT, ULRICH DÄMMGEN, BRIGITTE EURICH-MENDEN, BERNHARD OSTERBURG, MANFRED LUETTICH	273
Einfluss der Fütterung auf die Geruchsfreisetzung in Mastschweinegülle <i>Effect of Feeding on Emissions of Odor from Pig Slurry</i>	
HELGA ANDREE, THOMAS HÜGLE, EIKE ROTH	278
Emissionen aus der Mastschweinehaltung nach groen lable Konzept im Vergleich zur Großgruppenhaltung auf Vollspaltenboden <i>Emissions from Fattening Pigs Kept in a Groen Lable Housing System Compared with Large Group Housing on Fully Slatted Floor</i>	
HORST CIELEJEWSKI, JENS-PETER RATSCHOW	284
<i>Sampling and Analysis of Bioaerosols in the Vicinity of Farm Animal Houses</i> Probenahme und Bestimmung von Bioaerosolen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen	
JÖRG HARTUNG, JENS SEEDORF	290
<i>Influence of Different Ventilation Systems on Inhalable and Respirable Dust Concentrations Distributions in Weaning Pig Houses</i> Einfluss verschiedener Lüftungssysteme auf inhalierbare und einatembare Staubkonzentrationen in Ferkelaufzuchtställen	
GORAN TOPISIROVIC, D. RADIVOJEVIC	296
<i>Investigation of How Ammomia Emissions from Buildings Housing Cattle Vary with the Time Cattle Spend Inside those Buildings</i> Ammoniak Emissionen aus Rinderställen und ihre Abhängigkeit von der Aufenthaltsdauer der Tiere im Stall	
JOHN WEBB, S. BALSDON, DAVID CHADWICK	303
Zur Variation der Emissionen aus der Broilermast <i>About Variation of Emissions in Broiler Fattening</i>	
REINER BRUNSCH, GÜNTER HÖRNIG	311

Auswirkungen der TA-Luft 2002 auf zukünftige Genehmigungsverfahren <i>Impacts of TA-Luft 2002 (German Emission Standard) on Future Permit Procedures</i> JENS-PETER RATSCHOW	317
Emissionsminderung durch die Kombination von Abdeckung und Absenkung des pH-Wertes von Gülle <i>Emission Reduction by a Combination of Covering and Acidifying Slurry</i> WERNER BERG	324
Moderne Entenhaltung – Langzeitstudie von Emissionen und Abluftreinigungssystemen <i>Modern Duck Farming – Long Time Investigations of Climate Gases and Air Cleaning Systems</i> GUNNAR BREHME	330
Biogas und Reststoffe	
<i>Agricultural Biogas Plants – Actual State and Future Trends</i> Landwirtschaftliche Biogasanlagen – Aktueller Stand und zukünftige Trends PETER WEILAND	336
Entwicklung eines standardisierbaren Biogasertragstestes zur Ermittlung der Methanausbeute organischer Substanzen <i>Development of a Standard Method to Determine the Methane Yield of Organic Matter</i> DOMINIK HELFFRICH, HANS OECHSNER	342
Energetische Verwertung hygienisch bedenklicher Nahrungsmittelabfälle durch Monofermentation in Biogasanlagen <i>Monofermentation of Hygienically Critical Nutritional Wastes in Biogas Plants for Energetic Use</i> JAN ADOLPH, JÜRGEN BECK, THOMAS JUNGBLUTH	348
Anaerobbehandlung von Gülle und Kofermenten – Seuchen- und phytohygienische Aspekte im Rahmen der Novellierung der Bioabfallverordnung (BioAbfV) <i>Anaerobic Treatment of Manure and Biological Wastes – Sanitation Problems under the Aspect of Future German Laws (Bioabfall-Verordnung)</i> WERNER PHILIPP, KATJA ADE, MILAN DRCA, HELGE LORENZ, REINHARD BÖHM	354
Arbeitswirtschaft, Arbeitsschutz, Management	
Arbeitsschutz in der Nutztierhaltung – Grundlagen, Ziele und offene Fragen <i>Occupational Safety and Health in Livestock Farming</i> MONIKA A. RIEGER	361
Analyse arbeitswirtschaftlicher Bewertungen bei Modernisierungsplanungen tierhaltender Betriebe <i>Analysis of Working Conditions in Planning Livestock Farms</i> URBAN HELLMUTH.....	367
<i>Risk Assessment of Sick Leave Among Farmers in Dutch Livestock Farming</i> Risikoanalyse des krankheitsbedingten Fehlens von Landwirten in der niederländischen Nutztierhaltung ESTHER HARTMAN, HUUB OUDE VRIELINK, RUUD HUIRNE, JOS H. M. METZ	370

Bewertung der Arbeitsqualität in der Milchviehhaltung – unter Einbezug von Körperhaltung und Massenfluss <i>Assessment of the Working Quality in Dairy Farming – Taking into Consideration Working Postures and Mass Flow</i> MARION RIEGEL, MATTHIAS SCHICK	376
Arbeitszeitbedarf und Kosten verschiedener Futtervorlagetechniken bei wachsenden Milchviehbeständen <i>Labour Requirement and Labour Costs of Different Feeding Technology in Growing Dairy Herds</i> MATHIAS RADMACHER, HANS-PETER SCHWARZ, HERMANN SEUFERT	381
Arbeitszeitbedarf für die Pensionspferdehaltung in landwirtschaftlichen Betrieben <i>Labour Time Requirement for Boarding Horses on Farms</i> BERNHARD HAIDN, NATALIE BERGER.....	386

Poster

Schweinehaltung

Strohangebot in einstreulosen Mastschweineeställen unter besonderer Berücksichtigung des Auftretens von Magenläsionen <i>Provision of Straw in Fully Slatted Floor Housing Systems for Fattening Pigs Systems with Regard to Lesions of the Stomach</i> BETINA MONIKA KRESS, ANTJE ROß, CHRISTOPH WINCKLER, HERMAN VAN DEN WEGHE	393
<i>Design and Tests of Equipment and Pen to Feed Sugar Beet Pulp Silage to Pregnant Sows</i> Entwurf und Test von Anlagen zur Fütterung trächtiger Sauen mit silierten Zuckerrübenschnitzeln WIM J. HOUWERS, MONIQUE KAEMMERER	397
Ergebnisse zur Heizenergieaufwandmessung der Zonenheizung mit Fista-Platte im Vergleich zur Warmluftgebläse- und Deltaheizung mit Fußbodenheizung in der Ferkelaufzucht <i>Differences in the Efficiency of Heating-energy Between Three Heating-systems in the Piggery: Zone-heating with Fista-plate, Hot-air-blower and Hot-water-radiation with Floor-heating</i> MANFRED WEBER, UDO SCHULZE, PETRA STENZEL, ANTJE GRIMMER, ULF GIESCHLER	401

Rinderhaltung

Der Liegeboxenlaufstall als alternatives Haltungssystem für Mastbullen <i>The Cubicle Housing System as an Alternative Housing System for Fattening Bulls</i> HEIKE SCHULZE WESTERATH, TIM MEIER, CLAUD MAYER	405

<i>Indoor Climatic Characteristics Influence of the Materials Used and Produced in Technological Processes on Climate Parameters of Cowsheds</i> Einfluss der in technologischen Prozessen verwendeten Materialien auf Klima-Parameter in Kuhställen V. VIJASOO, I. TOMSON.....	409
Weiche-elastische Beläge für planbefestigte Laufflächen im Milchviehlaufstall <i>Soft and Elastic Mats for Concrete Walking Areas in Dairy Cows</i> BARBARA BENZ, HERMANN WANDEL.....	414
Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen bei der Nutzung von automatischen Einboxenmelkanlagen in Praxisbetrieben <i>Investigations of behaviour of dairy cows using automatic single milking boxes in practice</i> OLAF TOBER, PETER SANFTLEBEN, RITA MARQUART.....	418
Milchviehställe mit automatischen Melkverfahren – Erste Ergebnisse zum Herdenverhalten (BMVEL-Modellvorhaben 2001/03) <i>Dairy Stables with Automatic Milking Systems – First Results Concerning Herd Behaviour (BMVEL Model Project 2001/03)</i> JOCHEN BAUMEISTER, FRANZ FREIBERGER, JAN HARMS, WILFRIED HARTMANN, BERND LEHMANN, GEORG WENDL	422
About Milking Parlour Efficiency Effektive Verwendung der Melkstandanlagen AVO LEOLA, H. KIIMAN, K. KOITLA	428
Ursachen und Auswirkungen von Lärm und Vibration in Melkständen <i>Effects and Reasons for Noise and Vibration from Milking Parlours</i> DUSAN NOSAL, ERWIN BILGERY	433
Zur Messung der Sitzgummibewegung <i>Measurement of the Liner Wall Movement</i> MARKUS MAYER, HARTMUT GRIMM	436
Messung der Belastung am Buggelenk und der individuellen Reichweite von Kühen bei der Futteraufnahme am Fressgitter als Parameter einer tiergerechten Fressplatzgestaltung <i>Measurement of Forces on Point of Shoulders and Individual Reach of Cows at the Feeding Rack for the Monitoring of Animal Welfare</i> GRACIA UDE, HEIKO GEORG.....	440
Precision Livestock Farming	
Analysen von Tieraktivitätsmessungen mit Pedometern zur Einschätzung des Verhaltens von Mutterkühen im geburtsnahen Zeitraum <i>Analysis of Animal Activity Measurement with Pedometers for Assessing Suckler Cow Behaviour in Calving Time</i> CLAUDIA BAHR, ULRICH BREHME	444
Aufbau und Erprobung von Verfahren des Precision Dairy Farming <i>Construction and Prooftesting of Methods of Precision Dairy Farming</i> STEFFEN PACHE, HANS-JÜRGEN RUDOVSKY, UWE BERGFELD	448

Bauwesen

Spezielle Auflagen beim Bau und Betrieb von Güllelagern aus StB sowie Untersuchungen zu deren Dichtheit <i>Special Requirements for Building and the Operation of Concrete Slurry Storage and Experiments on their Tightness</i> JAN-GERD KRENTLER	453
Neue Baukonstruktionen, Herstellungsverfahren und Baumethoden <i>New Building Constructions, Manufacturing Processes and Building Methods</i> JÜRGEN GARTUNG, KERSTIN UMINSKI.....	457
Vergleich der Baukosten von eingestreuten Ställen versus Ställen mit Spaltenböden bei Milchvieh und Mastschweinen <i>Cost Price Comparison Between Littered Houses and Slatted Houses for Dairy Cattle and Slaughter Pigs</i> KATRIEN BOUSSERY, BART SONCK	461

Emissionen

Notwendigkeit und Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen aus österreichischer Sicht <i>Necessity and Measures to Abate Ammonia Emissions in Austria</i> ALFRED PÖLLINGER	465
Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Schweine- und Geflügelhaltung <i>Odour and Ammonia Emissions from Livestock Buildings for Pigs and Poultry</i> HANS-JOACHIM MÜLLER	469
Reduzierung der Geruchs-, Ammoniak- und Methanemissionen in der einstreulosen Mastschweinehaltung durch Ausspülen der anfallenden Gülle <i>Reduction of Odour-, Ammonia- and Methane-emissions in Pig Stables with Slatted Floors Through Flushing the Produced Slurry</i> PABLO MEISSNER, HERMAN VAN DEN WEGHE.....	473
Modellierung der Ammoniakemissionen aus der Gülleausbringung mit dem Ziel der Verfahrensoptimierung <i>Modeling of Ammonia Emissions from Slurry Application with the Aim to Optimise the Process</i> MATTHIAS PLÖCHL.....	477
Methan-, Lachgas- und Ammoniakemissionen während der Lagerung und nach der Ausbringung von Rinder- und Schweineflüssigmist <i>Methane, Nitrous Oxide and Ammonia Emissions from Management of Liquid Dairy Cattle and Pig Manure</i> BARBARA AMON, CHRISTIANE WAGNER-ALT, GERHARD MOITZI, VITALIY KRYVORUCHKO, THOMAS AMON, EVELYN HACKL, SOPHIE ZECHMEISTER-BOLTENSTERN	481

Abluftreinigung

Entwicklung einer technischen Verfahrenslösung zur Nutzung der Ozonierung bei der Abluftbehandlung in Tierhaltungsanlagen

Development of a Technical Process for the Use of Ozonation in the Treatment of Exhaust Air in Animal Husbandry Plants

JENS UNRATH, BORIS HABERMANN 485

Emissionsmessungen [Ammoniak, Keime, Geruch] an drei verschiedenen Abluftreinigungsanlagen der Schweinehaltung

Emission Measurements [Ammonia, Micro-Organisms, Odour] at three Different Waste Air Cleaning Installations in Pig Breeding and Fattening Plants

STEPHAN SCHIRZ, MARTIN ZWOLL 489

Management of Biofilters to Maximize the Removal of Volatile Organic Compounds and to Minimize Greenhouse Gas Formation

Biofilter-Management zur Erhöhung der Abscheideleistung von Organischen Flüchtigen Kohlenwasserstoffen und zur Reduktion der Treibhausgasbildung

JOACHIM CLEMENS, CARSTEN CUHLS, MANFRED TRIMBORN 494

Arbeitswirtschaft

Arbeitszeitbedarf systemspezifischer Arbeitsteilvorgänge in einstreuintensiven Milchviehlaufställen

Specific Labour Requirements in Straw Yard and Bedded Sloped Floor Systems for Dairy Cows

BERNHARD HÖRNING, KATJA BUSCH, H. GUNDLACH 498

Arbeitsorganisation und Zeitplanung in der Milchviehhaltung

Labour Organisation and Time Planning in Dairy Farming

MATTHIAS SCHICK 503

Biologische Belastungen in der Nutztierhaltung

Biological Hazards in Livestock Farming

MONIKA A. RIEGER, HEIKO DIEFENBACH, MICHAEL LOHMEYER 507

Physikalische und chemische Belastungen in der Nutztierhaltung

Physical and Chemical Hazards in Livestock Farming

MONIKA A. RIEGER, WILHELM W. JÜRGENS, HEIKO DIEFENBACH 511

Freie Themen

Untersuchungen zur Persistenz von Tetracyklinen in Masthähnchenfestmist

Studies on the Persistence of Tetracycline in Poultry Manure

HEIKE ENGELS, CHRISTOPH WINCKLER 515

Luftkeimgehalte (Bioaerosole) in je einer landwirtschaftlichen und gewerblichen Biogasanlage (Kofermentation)

Germ Concentrations in the Air (Bioaerosols) in an Agricultural and in a Commercial Biogas Plant (Cofermentation)

RENATE HAUMACHER, WERNER PHILIPP, WOLFRAM MARTENS, REINHARD BÖHM 519

Zum Vorkommen von Pilzen und Hefen in der Schweinehaltung in Abhängigkeit der Stalleinrichtung und Fütterungstechnik <i>To the Occurrence of Moulds and Yeasts in Pig Stalls in Dependence of the Sty Facilities and Feeding Technology</i>	
MARTINA RETTENMAIER, RENATE HAUMACHER, WOLFRAM MARTENS, REINHARD BÖHM	523
Entwicklung eines „Methanenergiewertsystem (MEWS)“ zur Bewertung des Methanbildungsvermögens von Biomasse <i>Development of the „Methane Energy Value System (MEVS)“ to Estimate Methane Productivity from Biomass</i>	
THOMAS AMON, VITALIY KRYVORUCHKO, BARBARA AMON, ERICH PÖTSCH, WERNER ZOLLITSCH	527
Untersuchungen zur Validität des Tiergerechtheitsindex TGI 35 L/1995 für Mastschweine bei der Bewertung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen <i>Investigations of Validity of Animal Welfare Assessments by the TGI 35 L Austrian Animal Needs Index for Fattening Pigs</i>	
ELFRIEDE OFNER, THOMAS AMON, MARTINA FRÖHLICH, BARBARA AMON, JOSEF BOXBERGER	531
Einsatz der elektronischen Tierkennzeichnung zur Untersuchung des Verhaltens von Legehennen in Volierenhaltung mit Auslauf <i>Electronic Animal Identification for Behavioural Investigations of Laying Hens in Housing Systems with an Open Yard</i>	
KLAUDIA KLINDTORTH, GEORG WENDL, STEFAN BÖCK	535
Ausgewählte Maßnahmen und ihre Bewertung zur Verbesserung der Auslauf- nutzung bei der Freilandhaltung von Legehennen: Rasenschutzgitter und Leitelemente <i>Improvement of Layers Free Range Use: Selected Measures and Their Appraisal: Sward Protection Grids and Guiding Elements</i>	
ULRIKE ELBE, ANTJE ROß, GÜNTER STEFFENS	539
Beton für Biogasanlagen <i>Concrete for Biogas Plants</i>	
THOMAS RICHTER	543
NAWAROs in landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Wirtschaftlichkeits- voraussetzungen <i>Field Products in Agricultural Biogas Arrangements – Economic Viability Presuppositions</i>	
GERD REINHOLD, MICHAEL MUßLICK	547
Autorenliste.....	551

Rechtliche Rahmenbedingungen und gesellschaftliche Erwartungen an die Nutztierhaltung

Regulation and Society Expectations on Animal Production – State of the Art and Need for Action

HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Georg-August-Universität Göttingen, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Nutztierhaltung, rechtliche Anforderungen, gesellschaftliche Erwartungen
Keywords: animal production, regulations, society expectations

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft ist ein wichtiger Teil der Gesellschaft und sie kann nur dann in Übereinstimmung mit anderen Gruppen der Bevölkerung leben, wenn sie auf deren Erwartungen reagiert. Aufgabe der Politik ist es, Argumente verschiedener gesellschaftlicher Gruppen und wissenschaftliche Erkenntnisse angemessen zu berücksichtigen und daraus eine sachorientierte Politik zu entwickeln. Wichtige Felder, in denen die Politik steuern und handeln muss, gibt es dort, wo es sich um öffentliche Güter handelt, die der Markt nicht bereitstellen kann (z. B. Gewässerschutz, Klimaschutz) oder bei ethischen Grundfragen (z. B. Tierschutz).

Dazu gibt es unterschiedliche Wege die gegeneinander abgewogen werden müssen. Dies wird in allen Themenfeldern, die den Tier- und Umweltschutz berühren zu Einschränkungen in der Produktionstechnik und im Prozessmanagement führen. Gleichzeitig wird hier die Basis für zukünftige Transferleistungen gelegt, die sich verstärkt an der Honorierung von Tierschutz- und Umweltleistungen orientieren werden.

Summary

Agriculture is an important part of our society, but also one that can only exist in harmony with other segments of the overall population if it responds to people's expectations. As such, politicians must give due consideration to the views and feelings of various groups of society as well as research findings, making both input to an issue-focused policy. Important sectors where policy-making must exercise control and take action include those where public goods (e. g. water and climate protection) or fundamental ethics (e. g. animal welfare) are at stake. At the crossroads of bringing this objective to political reality, each and every path must be carefully evaluated and weighed against other possible routes. This will clearly entail restrictions in production technology and process management at all levels affecting animal welfare and environmental protection, while at the same time creating a new base for all future subsidiary factors such as transfer funding which, in turn, will take increasing orientation from their own contribution to animal welfare and protection of the environment.

1 Einleitung

Die Landwirtschaft ist ein wichtiger Teil der Gesellschaft und sie kann nur dann in Übereinstimmung mit anderen Gruppen der Bevölkerung leben, wenn sie auf deren Erwartungen reagiert. Es ist undenkbar, dass sich ein Wirtschaftssektor auf Dauer gedeihlich entwickeln kann, wenn seine Leistungen von der Gesellschaft nicht akzeptiert oder anerkannt werden. Dies gilt auch für die Landwirtschaft im Allgemeinen und für die Veredelungswirtschaft insbesondere.

So selbstverständlich eine derartige Feststellung ist, so wenig ist damit ausgesagt, wie gesellschaftliche Erwartungen zustande kommen, wie sie dem Sektor Veredelungswirtschaft übermittelt werden und wie gegebenenfalls im Spannungsfeld zwischen den gesellschaftlichen Anforderungen und den wirtschaftspolitischen Möglichkeiten die richtige Position festgelegt wird.

Zu diesem schwierigen Fragenkomplex sollen hier nur einige allgemeine Anmerkungen zu aktuellen politischen Handlungsfeldern vorgetragen werden, um anschließend die Bereiche Tierschutz und Umweltschutz konkret zu behandeln.

2 Gesellschaftliche Erwartungen und politisches Handeln

Die Ausformulierung gesellschaftlicher Erwartungen erfolgt in demokratischen Gesellschaften in einem breit angelegten Diskussionsprozess, in dem Interessen einzelner Gruppen in unterschiedlicher Intensität vertreten werden und von den Medien aufgegriffen werden.

Aufgabe der Politik ist es Argumente verschiedener gesellschaftlicher Gruppen und wissenschaftliche Erkenntnisse angemessen zu berücksichtigen und daraus eine sachorientierte Politik zu entwickeln. Wenn die Politik zu der Erkenntnis gelangt, dass bestimmte Phänomene änderungsbedürftig sind stellt sich die Frage ob hierfür direkte staatliche Eingriffe erforderlich sind oder ob es reicht, dass der institutionelle Rahmen geschaffen wird, in dem gesellschaftliche Gruppen miteinander verhandeln und gemeinsame Lösungen erarbeiten können. In einigen Fällen kann die offene Informationspolitik (z. B. durch Produktkennzeichnung jeglicher Art) manchmal ausreichen und die gewünschten Veränderungen können dann der freien Entscheidung der Konsumenten überlassen werden.

Der Staat muss dann direkt eingreifen wenn die Gesellschaft dem Individuum die Wahlmöglichkeit nicht überlassen will oder kann z. B. bei ethischen Grundfragen wie der Tierschutz, oder wenn es sich um öffentliche Güter handelt die der Markt nicht bereitstellen kann. Wo unter diesen Prämissen staatliches Handeln unvermeidbar ist gibt es zwei unterschiedliche Wege die gegeneinander abgewogen werden müssen: die Festlegung von Mindeststandards und/oder wirtschaftliche Anreize zur Lenkung des individuellen Verhaltens (z. B. im Rahmen des Erneuerbaren Energie-Gesetzes). Ein weiteres Beispiel hierzu: Soll der Schutz des Grundwassers durch Vorschriften der Düngung oder durch Prämien für geringe Nährstoffbilanzüberschüsse bzw. Steuern für erhöhte Bilanzüberschüsse erreicht werden? Dabei ist es wichtig die wirtschaftlichen Folgen und die mögliche Wirkung der Maßnahme zu berücksichtigen (z. B. Abwanderung der Produktion in anderen Ländern).

3 Tierschutz

Obwohl bei vielen Verbrauchern ein Interesse an Produkten aus tiergerechten Haltungssystemen besteht, ist es für den Verbraucher schwierig, sich in Bezug auf die Tiergerechtigkeit der einem Endprodukt zugrunde liegenden Haltungsform zu orientieren. Es gibt z. B. eine große Anzahl von Fleisch-Siegeln und Marktprogrammen, die mit Begriffen werben, die eine besondere Tiergerechtigkeit suggerieren, ohne wesentlich oder überhaupt nicht über die bisherigen gesetzlichen Mindeststandards hinausgehende Haltungsformen zu etablieren. So etwas stärkt nicht das Vertrauen der Verbraucher, sondern schürt Misstrauen. Lediglich im Bereich der Haltungssysteme für Legehennen ist derzeit aufgrund der gesetzlichen Kennzeichnungspflicht der Eier Transparenz hinsichtlich der praktizierten Haltungsverfahren gegeben. Zu diesem Zweck wäre möglicherweise der generelle staatliche Schutz des Begriffs „besonders tiergerecht“ zur Kennzeichnung derartiger Produkte sinnvoll.

Die Tierschutzmindeststandards in der Nutztierhaltung werden derzeit europaweit angehoben. Das ist m. E. auf Basis der wissenschaftlichen Erkenntnisse sehr zu begrüßen. Die heutigen nationalen Mindeststandards entsprechen in vielen Bereichen nicht mehr dem gesellschaftlichen Diskussionsstand. In einigen Bereichen müssen gesetzliche Standards erst noch etabliert werden. Tierschutzmindeststandards müssen für die gesamte Nutztierhaltung auf einem Niveau liegen, das breite gesellschaftliche Akzeptanz erfährt. Wichtig ist, dass diese Mindeststandards europaweit gelten, überprüfbar sind und auch kontrolliert werden. Das Prüf- und Zulassungsverfahren komplexer Haltungssysteme (z. B. ausgestaltete Käfige) ist häufig sinnvoller als die Festlegung einzelner technischer Elemente. Ein Teil der auftretenden Probleme resultiert daraus, dass die Einhaltung der Mindeststandards ungenügend kontrolliert wird oder in der Praxis schlichtweg nicht kontrolliert werden kann. An wissenschaftlich fundierten Bewertungsschemen und -kriterien um z. B. auf Betriebsebene die Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen zu bewerten wird derzeit europaweit gearbeitet.

4 Umweltschutz

In unserer Gesellschaft besteht generell und nach wie vor eine Nachfrage nach einer hohen Umweltqualität. D. h. auch, dass die einzelnen Regelwerke im Umweltbereich weiter ausgebaut und die produktionstechnischen Freiräume zukünftig noch enger gezogen werden. Im Bereich der Veredelungswirtschaft besteht darüber hinaus in einigen Regionen, aufgrund einer steigenden Bevölkerungsdichte und zunehmenden negativen Effekten der konzentrierten Intensivtierhaltung, eine erhöhte Nutzungskonkurrenz hinsichtlich flächenbezogener Umweltgüter.

In Zukunft kommt es daher in der Umweltpolitik darauf an, positive wie negative externe Effekte zu internalisieren. Das heißt zum einen, dass der einzelne Betrieb für die Umweltleistungen, die er für die Gesellschaft erbringt, entsprechend honoriert werden muss. Die Internalisierung der externen Effekte sollte sich anhand der Ergebnisse und weniger aufgrund der durchgeführten Maßnahmen erfolgen. Sogenannte Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren sind hierfür prinzipiell gut geeignet. Als Beispiele gelten Stoffsalde, Energieeffizienz, Stoffeffizienz u. a. Nach Möglichkeit sollte hierbei die Kooperation zwi-

schen den gesellschaftlichen Gruppen im Vordergrund stehen. Dafür gibt es im Rahmen des Vertragsnaturschutzes und des Gewässerschutzes durchaus wertvolle Beispiele.

4.1 Oberflächengewässer- und Grundwasserschutz

Im Bereich Gewässerschutz sind im Bezug auf die Veredelungswirtschaft vor allem die Nährstoffausträge problematisch. So liegt der durchschnittliche Stickstoffbilanzüberschuss in Deutschland bei etwa 100 kg N/ha LF pro Jahr und ist aus Umweltgesichtspunkten als zu hoch zu betrachten. In vielen spezialisierten Veredelungsbetrieben in Weser-Ems und Westfalen liegt dieser Überschuss mit etwa 180 bis 300 kg noch deutlich darüber hinaus. Die in der Durchführungsverordnung fixierten Obergrenzen für die Ausbringung von Stickstoff aus organischem Dünger sollten deshalb deutlich reduziert werden.

Für die jetzt schon vorgeschriebenen Nährstoffvergleiche auf Betriebsebene sind zukünftig Grenzwerte für die Stickstoff-Salden vorgesehen, da Stickstoff-Salden gute Indikatoren für den langfristig zu erwartenden Stoffaustrag darstellen. Ähnliches gilt für Phosphor.

Die konsequente flächendeckende Umsetzung einer bedarfsorientierten Phosphor- und Proteinversorgung unserer Nutztiere stellt ein erhebliches Potential zur Reduzierung des Stoffinputs in unseren Produktionssystemen bzw. zur Erhöhung der Stoffeffizienz dar. Dies nennen wir vorsorgender produktionsintegrierter Umweltschutz auch als Alternative zu einem nachgelagerten technischen Umweltschutz als *end-of-pipe technology*.

4.2 Antibiotika und antibiotische Leistungsförderer

Der Einsatz pharmakologisch wirksamer Substanzen erfolgt zur Therapie, Prophylaxe und zusätzlich zur Leistungssteigerung. Hauptanteil der eingesetzten Arzneimittel sind Antibiotika. Bei landwirtschaftlichen Nutztieren werden überwiegend ältere preiswerte Arzneimittel eingesetzt.

Eine weitere Reduktion des Arzneimitteleinsatzes in der Tierhaltung wird als notwendig angesehen. Vieles deutet darauf hin, dass im Rahmen des Qualitätsmanagements der Einsatz von antibiotischen Leistungsförderer und therapeutisch eingesetzten Antibiotika effektiv gesenkt werden kann. Durch gutes Hygienemanagement, verbesserte Haltungssysteme und das Anpacken struktureller Probleme in den einzelnen Produktionssystemen ist es möglich mit deutlich weniger Antibiotika auszukommen.

4.3 Schwermetalle

Schwermetalle sind natürliche Stoffe, die in allen Teilen der Umwelt und damit prinzipiell auch in Lebensmitteln vorkommen. Sie stellen weder nach chemischen noch nach biologisch-toxikologischen Kriterien eine einheitliche Substanzgruppe dar. Die toxikologisch bedeutendsten Vertreter sind Cadmium, Blei und Quecksilber. Die genannten Schwermetalle können u. a. über mineralische Düngemittel, aber auch über biogene Reststoffe und Klärschlämme auf Felder gelangen. Dort kommt es zu einer Akkumulation mit entsprechender Auswirkung auf den Boden und insbesondere bei Cadmium zu einer Aufnahme durch die Pflanze und damit zu einer Belastung von Futter- und Lebensmitteln. Die Bundesregierung bemüht sich deshalb die Minderung dieser Schwermetalle in den Stoffkreisläufen zu forcieren.

Mengenmäßig gesehen haben aber insbesondere die Schwermetalle Zink und Kupfer eine hohe Relevanz und haben in der Veredelungswirtschaft produktionstechnisch gesehen eine große Bedeutung. Insbesondere in der Ferkelaufzucht, aber nicht nur dort werden Zink und Kupfer in erheblichen Mengen zur Vermeidung von Durchfallerkrankungen und zur Leistungsförderung eingesetzt (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Mittlere Schwermetallgehalte in Wirtschaftsdüngern und im Klärschlamm (mg/kg.TM) nach DÖHLER et al. (2001)

Schwermetall	Schweinegülle	Schweinemast	Geflügelkot (trocken)	Klärschlamm
Pb	7,0–18,0	-	-	150
Cd	0,5–1,8	0,43	-	2,0
Cr	2,2–14	11,0	-	50
Cu	250–759	740	32–50	350
Ni	12–32,5	13	-	25
Zn	691–1187	1220	192–300	1200

Die Gabe von Zink und Kupfer übers Futter ist weniger aus der Sicht der Lebensmittelsicherheit als vielmehr aus der Sicht des Umweltschutzes von Bedeutung. So wird über Schweinegülle im Durchschnitt 4-mal mehr Zink und 20-mal mehr Kupfer in den Boden eingebracht, als ihm durch Pflanzen wieder entzogen wird. Damit kommt es zu einer Akkumulation dieser Stoffe.

Aus diesem Grund sollte bei der Gabe von Zink und Kupfer (z. B. über das Futter) in Zukunft auch der Eintrag dieser Substanzen in die Umwelt berücksichtigt werden. Die Versorgung der Nutztiere mit Zink und Kupfer sollte zukünftig auf den physiologisch notwendigen Bedarf begrenzt bleiben.

4.4 Immissions- und Klimaschutz

Im Bereich des Immissionsschutzes muss zwischen lokalen bzw. regionalen Ereignissen und sog. globalwirkenden Emissionen unterschieden werden. Zu den primär lokalen Ereignissen gehören die Geruchs-, Lärm- sowie partikelförmige Emissionen. Zu den regionalen und überregionalen Ereignissen gehören die Ammoniakemissionen. Klimarelevante Gase (CO₂, CH₄ und N₂O) sind dagegen von globaler Bedeutung.

Zu den Ammoniakemissionen wie zu den partikelförmigen Emissionen sind internationale Standards der EU neuerdings in das nationale Gesetzeswerk aufgenommen worden und werden insbesondere in Regionen mit einer hochverdichteten Veredelungswirtschaft erhebliche Verschärfungen im Genehmigungsverfahren auslösen. Hier muss ein Bündel von Maßnahmen des produktionsintegrierten Umweltschutzes ggf. mit nachgelagerten Techniken kombiniert werden.

4.5 Umweltrelevante Auflagen für die Nutztierhaltung

Art und Umfang des Genehmigungsverfahrens hängen vom Standort, der Art und Anzahl der Tiere und den möglichen Umweltauswirkungen ab. Hinsichtlich der Umweltwirkun-

gen spielen Geruchsbelästigungen in der Nachbarschaft und die Einwirkungen von Ammoniak auf Pflanzen (insb. Wald) und Ökosysteme die größte Rolle (vgl. Tab. 2).

Für Stallbauvorhaben ist grundsätzlich eine Baugenehmigung einzuholen. Werden die Bestandsgrößen der Nr. 7.1 Spalten 1, 2a oder 2b der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) erreicht bzw. überschritten, ist ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG durchzuführen.

Bei gemischten Beständen werden die Vom-Hundert-Anteile, bis zu denen die jeweiligen Platzzahlen ausgeschöpft werden, addiert. Erreicht die Summe der Anteile den Wert 100, ist das der jeweiligen Spalte der 4. BImSchV zugeordnete Genehmigungsverfahren durchzuführen.

In Spalte 2b handelt es sich um Anlagen unabhängig von der Tierart und Nutzungsrichtung, deren Bestand 50 Großvieheinheiten (GV) überschreitet und deren Flächenbesatz über dem Wert von 2 GV/ha liegt. Als Flächen werden nur die angerechnet, die regelmäßig im eigenen Betrieb bewirtschaftet werden.

Voraussetzung für die bau- und immissionsschutzrechtliche Genehmigung eines Vorhabens ist, dass es öffentlich-rechtlichen Belangen nicht entgegensteht. Je nach Art, Umfang und Standort eines Bauvorhabens können dabei die öffentlichen Belange des Natur- und Landschaftsschutzes oder des Gewässerschutzes genehmigungsentscheidend sein.

Tab. 2: Genehmigungsrelevante Anlagenkapazitäten

Tierart	4. BImSchV, Nr. 7.1			UVPG, Anlage 1, Nr. 7.1 – 7.12		
	Spalte 1	Spalte 2a	Spalte 2b	Spalte 1 Generell	Spalte 2 Vorprüfung im Einzelfall	
					Standort- bezogen	Allgemein
Mastschweine (≥ 30 kg)	2.000	1.500	Anlagen	2.000	1.500	Anlagen
Sauen (inkl. Ferkel < 30 kg)	750	560	50 GV und > 2 GV je ha	750	560	> 50 GV und > 2 GV je ha
Ferkel (Aufzucht 10–30 kg)	6.000	4.500		6.000	4.500	
Legehennen	20.000	15.000		42.000	15.000	
Junghennen	40.000	30.000		84.000	30.000	
Mastgeflügel	40.000	30.000		84.000	30.000	
Truthühner	20.000	15.000		42.000	15.000	
Rind > 2 Jahre	350	250		350	250	
Kalb < 1 Jahr	1.000	300		1.000	300	
Pelztiere	1.000	750		1.000	750	

4.6 Umweltverträglichkeitsprüfung

Im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) werden die Umweltwirkungen eines Vorhabens medienübergreifend untersucht und bewertet. Zu Beginn eines immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens muss die zuständige Behörde feststellen, ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist (vgl. Tab. 2).

Kommt die zuständige Genehmigungsbehörde bei einer Anlage nach Spalte 2a oder 2b der Nr. 7.1 der 4. BImSchV zu dem Ergebnis, dass eine UVP erforderlich ist, dann ist ein

Genehmigungsverfahren unter Beteiligung der Öffentlichkeit nach § 10 BImSchG durchzuführen. Ansonsten ist ein vereinfachtes Verfahren ohne Beteiligung der Öffentlichkeit ausreichend.

4.7 IVU-Richtlinie der EU

Die Richtlinie 96/61 EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie der EU) gilt in der Landwirtschaft nur für die Intensivhaltung von Schweinen und Geflügel, beispielsweise in Beständen von über 2.000 Plätzen für Schweine (mehr als 30 kg), 750 Plätzen für Sauen und 40.000 Plätzen für Geflügel. Die Richtlinie zielt auf die integrierte Vermeidung und Verminderung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.

Bei den o. g. Anlagen handelt es sich um solche, die im deutschen Recht nach § 10 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) in einem Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung und Umweltverträglichkeitsprüfung genehmigungsbedürftig sind (Nr. 7.1, Spalte 1 der 4. BImSchV).

Neue Anforderungen aus der IVU-Richtlinie ergeben sich vor allem hinsichtlich des Standes der Technik in der Tierhaltung. Dieser Technikstandard wird zukünftig durch die Besten Verfügbaren Techniken (BVT) ersetzt, die die medienübergreifenden Ziele der IVU-Richtlinie sicherstellen sollen. Die BVT werden europaweit einheitlich definiert und sollen regelmäßig fortgeschrieben werden.

Darüber hinaus geht nach Artikel 2 Abs. 3 der IVU-Richtlinie der Begriff der Anlage über den des deutschen Immissionsschutzrechtes hinaus. Dem Standort einer Anlage werden alle Flächen zugeordnet, die zu einer Anlage zählen und auf denen mit der Anlage zusammenhängende Tätigkeiten ausgeübt werden. Daraus folgt, dass sich die BVT auf die gesamte Verfahrenskette der Tierproduktion beziehen, d. h. auf die Haltung (Aufstallung, Entmistung, Lüftung) und Fütterung (Futterlagerung, -aufbereitung, -zuteilung) sowie die Lagerung, Behandlung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger.

Bei der Festlegung der BVT sind neben den erzielbaren Emissionswerten u. a. für Gerüche, Ammoniak und Staub in die Luft, auch die Emissionen in Wasser und Boden, der effiziente Einsatz von Energie und Rohstoffen sowie Art und Menge der Abfällen entscheidende Kriterien.

Darüber hinaus umfasst der Begriff „Techniken“ neben der angewandten Technologie insbesondere auch die Art und Weise, wie eine Tierhaltungsanlage gewartet und betrieben wird (Management einer Anlage). Der Begriff „verfügbar“ setzt voraus, dass eine Technik im jeweiligen Sektor unter technisch vertretbaren Verhältnissen wirtschaftlich einsetzbar ist. Dazu sind ökonomische Daten erforderlich.

4.8 Neue Anforderungen nach dem BImSchG

Nunmehr sollen nach der neuen TA Luft (2002) die Anforderungen zum Schutz vor und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen auf die Begrenzung der Ammoniakimmissionen bzw. Stickstoffimmissionen ausgeweitet werden. D. h. die Immissionen wären unter bestimmten Voraussetzungen unabhängig von der Art der Tierhaltung zu prognostizieren und zu beurteilen.

Außerdem soll ein Mindestabstand zu empfindlichen Pflanzen und Ökosystemen nicht überschritten werden. Dieser Mindestabstand richtet sich im Wesentlichen nach der zu errechneten Ammoniakfracht. Kann der Mindestabstand nicht eingehalten werden, so wären zusätzliche Emissionsminderungsmaßnahmen (z. B. Abluftreinigungsanlagen) erforderlich.

Hinsichtlich der Stickstoffdeposition ist die Belastungsstruktur eines Gebietes (Kreis) ein wichtiges Kriterium. Ein Anhaltspunkt für schädliche Einwirkungen ist, ob die Viehdichte auf der Kreisebene den Wert von 2 GV/ha übersteigt. Zukünftig können auch die Emissionen und Immissionen von Schwebstaub bei Tierhaltungsanlagen genehmigungsrelevant sein. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit enthält die neue TA Luft Immissionswerte für Schwebstaub, die auf Vorgaben der EU beruhen.

4.9 Resümee im Bereich Emissionen, Immissionen

Regionalspezifische Standortfaktoren für die Tierproduktion werden sich in Zukunft europaweit deutlich stärker als bisher auch an ökologischen Kriterien orientieren und sollen weitere regionale Konzentrationsprozesse abbremsen, teilweise auch zurückfahren. Zu einer Verlagerung von Produktionsstandorten wird dies nur dann führen, wenn eine Produktion unter Einhaltung der geschilderten Mindeststandards nicht mehr gegeben ist.

Im übrigen wird gerade unter dem (Kosten) Druck massiver Auflagen der Strukturwandel in der Tierproduktion deutlich beschleunigt. Dies wird u. a. einen erhöhten Kapitaleinsatz des vor- und nachgelagerten Bereiches in der Primärproduktion nach sich ziehen.

4.10 Biodiversität, Landschaftspflege und Naturschutz

Biodiversität im Sinne des Schutzes oder Aussterben bedrohter Tierarten und Erhaltung ihrer Lebensräume ist ein Schutzgut von internationaler Bedeutung. Aus diesem Grund gehört die Zuständigkeit auch die finanzielle (z. B. Nachteilsausgleich in FFH-Gebieten) auf die EU-Ebene.

Biodiversität im Sinne lokaler Artenvielfalt gehört in die Zuständigkeit der Länder und sollte auf Basis der gemachten positiven Erfahrungen im Vertragsnaturschutz ausgebaut werden. Zumindest in Teilbereichen sollte eine erfolgsorientierte Honorierung im Vordergrund stehen.

5 Verbraucherschutz und Qualitätssicherung

Im Mittelpunkt steht hier die Einführung eines stufenübergreifendes Qualitätssicherungssystems mit Zertifizierung in allen Stufen der Wertschöpfungskette. Die Festlegung von verbindlichen Basiskriterien in den Bereichen Qualität, Dokumentation, Ausbildung, Rückverfolgbarkeit und Rückmeldung von Befunddaten über die gesamte Wertschöpfungskette ist dabei essentiell. Wichtig ist außerdem eine hohe Kontrollichte nicht nur hinsichtlich Dokumentation sondern auch hinsichtlich der festgelegten materiell-inhaltlichen Kriterien.

Über das heutige Niveau der festgelegten Standards kann man sich lange unterhalten. Viel wichtiger erscheint es zunächst, dass wir eine *Basissicherung* bekommen und das gesamte QS-System eine dynamische Funktionsentwicklung in sich trägt. Das QS-System

mit Markenfleischprogrammen oder Gütesiegeln zu vermischen macht wenig Sinn sondern beide müssen logisch aufeinander aufbauen. Eine nachhaltige zusätzliche Wertschöpfung für die Basisprodukte ist m. E. allerdings nur durch wertsteigernde Standards über QS hinaus zu erwarten.

6 Fazit

Die Akzeptanz der Veredelungswirtschaft kann und muss durch stärker an gesamtgesellschaftlichen Zielen und Werten ausgerichtete Produktionsmethoden sowie eine erhöhte Transparenz der Produktion erheblich verbessert werden. Die im Aufbau befindlichen Qualitätssicherungssysteme, wie der Umbau der Agrar- und Umweltpolitik auf europäischer und nationaler Ebene, können hierzu einen maßgeblichen Beitrag leisten. Viele neue rechtliche Instrumente sind auf europäischer Ebene auf den Weg gebracht worden, bedürfen aber noch eine adäquate Umsetzung auf nationaler Ebene.

Nationale und regionale Alleingänge zur Erreichung gesellschaftlicher Ziele können in der Sache kontraproduktiv sein und haben erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen für die betroffenen Wirtschaftssektoren. Die einzelbetriebliche Investitionsförderung wird in Zukunft auf solche Investitionen beschränkt werden, mit denen vorhin genannte gesellschaftliche Ziele wie z. B. Tier- und Umweltschutz verfolgt werden können.

Literatur

ALVENSLEBEN, R. (1988): Risikowahrnehmung des Verbrauchers: Woraus resultiert die Verunsicherung? In: BLL-Schriftenreihe, Heft 127, S. 28-43

DÖHLER, H.; SCHULTHEIß, U.; ECKEL, H.; ROTH, U. (2001): Schwermetallgehalte von Wirtschaftsdüngern in Deutschland und der EU, Vergleich mit anderen Düngemitteln und Minderungsansätze. In: KTBL (Hrsg.): Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm, Gülle und anderen Düngern unter Berücksichtigung des Umwelt- und Verbraucherschutzes. Kurzfassungen der Beiträge zur Gemeinsame wissenschaftliche Anhörung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 25.-26. Oktober 2001, Wissenschaftszentrum Bonn

http://www.niedersachsen.de/STK_zukunft_landwirtschaft.htm, 2001: Zukunft der Landwirtschaft – Verbraucherorientiert

JOHNSEN, P.F.; SANDØE, P. (1999): Validations of Methods for Assessing Animal Welfare at Herd Level. In: Regulation of Animal Production in Europe, KTBL-Schrift 270, p. 98-102, Landwirtschaftsverlag Münster

MC INERNEY, J. (1999): Private Profit and Public Interest: The Role of Regulation in a Market Economy. In: Regulation of Animal Production in Europe, KTBL-Schrift 270, p. 12-20, Landwirtschaftsverlag Münster

UBA (2002): Beste Verfügbare Technik in der Intensivtierhaltung (Schweine- und Geflügelhaltung). Texte 75/02, Umweltbundesamt Berlin

VAN DEN WEGHE, H., 2002: Umweltauflagen und Umweltwirkungen. In: Perspektiven für die Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft in Europa. Schriftenreihe der H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg, S. 117-132

Einfluss des Tier-Fressplatz-Verhältnisses auf Gesundheit, Verhalten und Leistung von Sauen in Gruppenhaltung bei ad libitum Fütterung

Influence of the Animal-trough-ratio on Health, Behaviour and Performance of Group Housed Sows Fed an ad Libitum Diet

STEFFEN SENDIG¹, DIRK SCHÄFFER¹, JOACHIM SPILKE², ANNEROSE RUDOVSKY³,
ECKHARD MEYER⁴, EBERHARD VON BORELL¹

¹ Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Adam-Kuckhoff-Str. 35, 06108 Halle (Saale)

² Arbeitsgruppe für Biometrie und Agrarinformatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Ludwig-Wucherer-Str. 82-85, 06108 Halle (Saale)

³ Institut für Agrartechnik und Landeskultur, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Ludwig-Wucherer-Str. 81, 06108 Halle (Saale)

⁴ Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich 8, Am Park 3, 04886 Köllitsch

Schlüsselwörter: Sauenhaltung, Gruppenhaltung, ad libitum Fütterung

Keywords: housing of sows, group housing, ad libitum diet

Zusammenfassung

Die Richtlinie des Rates der EU vom 23. 10.2001 über „Mindestanforderung für den Schutz von Schweinen“ schreibt vor, tragende Sauen ab der 4. Woche nach der Bedeckung in Gruppen zu halten. Eine Möglichkeit der Futtersversorgung der Sauen in Gruppenhaltung ist die ad libitum-Fütterung über Trockenfutterautomaten. Hierfür ist bei Mastschweinen ein Tier-Fressplatz-Verhältnis (TFV) von 4 : 1 gefordert, welches in Ermangelung detaillierter Erkenntnisse für die Sauen übernommen wurde. Ziel dieser Untersuchung ist es daher, weitere TFV auf Tiergerechtigkeit und praktisch sinnvolle Anwendbarkeit zu prüfen.

Hierzu wurden verschiedene TFV in zwei Praxisbetrieben und im Nutztierwissenschaftlichen Zentrum (NTWZ) Merbitz der Universität Halle gegeneinander geprüft. Erfasst wurden das Tierverhalten am Fressplatz, die Tiergesundheit (Integumentbeurteilung) und Leistungsparameter, wie Gewichtsentwicklung, Rückenspeckdicke und Fruchtbarkeit. Die Häufigkeiten aggressiver Auseinandersetzungen und Verdrängungen vom Fressplatz sanken in allen Betrieben nach der Gruppierung stetig. Weiterhin weisen die bisher vorliegenden Ergebnisse darauf hin, dass eine Verengung des TFV sowohl die Konditionierung der Sauen vor der Laktation als auch die Geburtsgewichte der Ferkel begünstigt. Für die Anzahl insgesamt, lebend und tot geborener Ferkel fand sich kein deutlicher Trend zwischen den unterschiedlichen TFV. Eine geringe Anzahl Sauen ließ meist harmlose Verletzungen erkennen, die durch die Haltung in Gruppen bedingt waren.

Die hier untersuchten TFV ließen keine Beeinträchtigungen des Wohlbefindens der Sauen erkennen. Die gesetzliche Forderung eines TFV von 4:1 in diesem Bereich kann daher nicht unterstützt werden. Um ein spezielles TFV zu favorisieren wären allerdings weiterreichende Untersuchungen notwendig.

Summary

The suggestion on the change of the guideline „Minimum requirement for the protection of pigs“ in Germany includes the prohibition of housing sows in single-crates. One conversion of these demands is group-housing ad libitum fed sows.

The prescribed animal-trough-ratio of 4:1 was transferred from housing systems for growing pigs in need of more detailed scientific findings. The aim of this study is to evaluate practically meaningful animal-trough-ratios with respect to animal welfare.

Therefore investigations with different animal-trough-ratios on three farms were accomplished. The animal behaviour at the feeder, as well as the animal health, bodyweight development, back fat thickness and fertility were recorded. The frequency of aggressive interactions and displacements at the feeder was constantly reduced in all tests after grouping the sows. Further the available results pointed out that narrowing the animal-trough-ratio positively affects both the conditioning of the sows before the lactation and the birth weights of the piglets. For the number of total, living and dead born piglets no clear trend between the different animal-trough-ratios of group-housing sows was found. A small number of sows showed harmless injuries, which are not unusual for group housing systems. The animal-trough-ratios evaluated here did not show impairments of the well-being for the sows. The legal demand of an animal-trough-ratio of 4:1 therefore cannot be supported. However, to favor a special animal-trough-ratio further investigations would be necessary.

1 Einleitung

In Deutschland werden momentan ca. 2,6 Millionen Zuchtsauen gehalten (Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung vom 17.08.2001). Die Haltungssysteme und Haltungsbedingungen sind dabei sehr vielgestaltig. Nach einer langen Phase der Intensivierung in der Landwirtschaft rücken durch die zunehmende Sensibilisierung der Verbraucher für die Aspekte der Tiergerechtigkeit in der Tierproduktion alternative Haltungssysteme mit mehr Bewegungsfreiraum für das Einzeltier immer mehr in den Vordergrund. Dieser Prozess vollzieht sich auch in der Sauenhaltung.

Tragenden Sauen im Wartebereich wurden aus Gründen der Arbeitseffizienz der individuellen Fütterung und wegen der besseren Bestandsübersicht lange Zeit in Einzelbuchten oder sogar angebunden gehalten. Tierartspezifische Besonderheiten der Schweine, wie z.B. das ausgeprägte Kontaktbedürfnis, Erkundungs-, Komfort-, Ruhe- und Hygieneverhalten sowie das starke Beschäftigungsbedürfnis mit dem Futter fanden dabei keine ausreichende Berücksichtigung.

Die Richtlinie 2001/88/EG des Rates vom 23.10.2001 zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über die Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen schreibt vor: „... Sauen und Jungsauen für einen Zeitraum, der vier Wochen nach dem Decken beginnt und eine Woche vor der letzten Woche vor dem voraussichtlichen Abferkeltermin endet, in Gruppen zu halten. ...“ Diese EU-Richtlinie soll mit entsprechenden Übergangsfristen in ganz Europa bis 1. Januar 2003 in nationales Recht umgesetzt werden. In anderen Ländern Europas, wie England, Schweden und der Schweiz, werden leere bzw. tragende Sauen schon erfolgreich in Gruppen gehalten. Die Gestaltung der Gruppenbuchten ist dabei auch vom gewählten Fütterungssystem abhängig. Ein Fütterungsverfahren ist die ad libitum Fütterung.

Ihre Praktikabilität hängt stark von der Rationsgestaltung und der Fütterungstechnik ab. Um eine Verfettung einzelner Tiere bei freier Futteraufnahme zu verhindern muss eine spezielle, rohfaserreiche (10–15 % XF) und energiearme (9–10 MJME/kg) Ration verabreicht werden. Die verwendeten Futterautomaten müssen eine möglichst ungestörte und arttypische Futteraufnahme gewährleisten. Zur Realisierung dieser Anforderungen muss ein ausreichendes Tier-Fressplatz-Verhältnis eingestellt werden.

Die Verordnung über die Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen (SHVO – Schweinehaltungsverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Februar 1994 (BGBl. I S. 311), geändert durch: 2. Änd. VO v. 2. August 1995 (BGBl. I S. 1016)) beinhaltet unter anderem auch das vorgeschriebene Tier-Fressplatz-Verhältnis (TFV) für die Gruppenhaltung tragender Sauen bei verschiedenen Fütterungsverfahren. Die aktuelle Vorgabe des TFV von 4:1 für Mastschweine bei ad libitum Trockenfütterung wurde in Ermangelung wissenschaftlicher Erkenntnisse für tragende Sauen in Gruppenhaltung übernommen (KIRCHER et al. 2001).

Um in der Gruppenhaltung kosten- und arbeitssparend zu arbeiten und gleichzeitig den Verhaltensansprüchen der Sauen bei der Futteraufnahme Rechnung zu tragen, sind daher dringend fundierte Kenntnisse über die Gestaltung des TFV notwendig.

2 Ziel der Arbeit

Das TFV von 4 : 1 bei Verabreichung des Futters über Trockenfutterautomaten ist für Mast-schweine ermittelt worden, bei welchen eine hohe Futteraufnahme angestrebt wird. Tra-gende Sauen hingegen sollen konditioniert werden. Es stellt sich also die Frage, ob ohne negative Auswirkungen für die Sau ein weiteres TVF gewählt werden kann.

In dieser Untersuchung sollen TFV von mehr als 4 : 1 unter Versuchsbedingungen und praxisnahen Verhältnissen sowohl auf ihre Tiergerechtheit als auch auf ihr praktisch sinn-volle Anwendbarkeit überprüft werden.

Bei der Gegenüberstellung von je zwei unterschiedlichen TFV pro Untersuchungsbe-trieb soll geklärt werden, ob sich bezüglich der Merkmale Tierverhalten ,Tiergesundheit und Fruchtbarkeit unter den jeweils gegebenen Bedingungen die Über- bzw. Unterlegen-heit eines TFV ergibt. Letztendlich steht die Frage, welches TFV über 4:1 eine tiergerechte Fütterung der tragenden Sauen gestattet. Das Ziel dieser Untersuchung ist daher, praxisre-levante TFV auf ihre Tiergerechtheit zu überprüfen.

3 Material und Methode

In zwei Praxisbetrieben und im Nutztierwissenschaftlichen Zentrum Merbitz der Universi-tät Halle (NTWZ Merbitz) erfolgte die vergleichende Überprüfung von definierten TFV (s. Tabelle 1) in stabilen Gruppen tragender Sauen. Die Untersuchungen erfolgten vom 35. bis 110. Trächtigkeitstag. Für die Beurteilung wurde das agonistische Verhalten der Tiere am Fressplatz- direkt nach der Einstallung für 72 h und dann im 2-Wochen-Rhythmus für je 24 h - auf Video aufgezeichnet. Außerdem wurden ausgewählte Leistungsparameter (Gewichtsentwicklung, Rückenspeckdicke, Fruchtbarkeit) und die Tiergesundheit in Form der Integumentbeurteilung erfasst.

Tab. 1: Charakterisierung der drei Versuchsbetriebe

	Betrieb 1	Betrieb 2	NTWZ Merbitz
Anzahl Versuchstiere	90	40	32
Anzahl Wiederholungen	2	2	2
Anzahl Gruppen	2	2	2
Anzahl Tiere/Gruppe	45	20	16
Geprüfte TFV	9 : 1 und 11 : 1	10 : 1 und 20 : 1	8 : 1 und 16 : 1
Futter	energiereduziertes Quelfutter für tragende Sauen		
Genetik	(DExDL)		
Versuchszeitraum	35. bis 110. Trächtigkeitstag		

Die Videoaufnahmen der Sauen über jeweils 24 Stunden wurden hinsichtlich der An-zahl Aggressionen und Verdrängungen pro Bucht und Tag ausgewertet. Um sowohl die absolute Häufigkeit von aggressiven Auseinandersetzungen und Verdrängungen als auch deren zeitliche Entwicklung während der beobachteten Gravidität vergleichend darstellen zu können, wurde das Verfahren der linearen bzw. nichtlinearen Regression verwendet.

Um die Auswirkungen der zwei unterschiedlichen TFV je Betrieb auf die Parameter Le-bendmasseentwicklung, Zunahme der Rückenspeckdicke, Ferkelgeburtsgewichte sowie

Anzahl insgesamt, lebend und tot geborene Ferkel pro Sau vergleichen zu können, wurden die Mittelwerte und deren Standardfehler mit dem Programm SAS (SAS-INSTITUTE Release 8.02, 2001) mittels gemischtem linearen Modell (PROC MIXED) geschätzt.

4 Ergebnisse

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass die Anzahl aggressiver Auseinandersetzungen am Futterplatz von der Einstellung bis zur Ausstallung aus dem Gruppenhaltungssystem in Betrieb 2 und im NTWZ Merbitz erwartungsgemäß stetig sank. In Betrieb 1 verringerte sich die Häufigkeit von Aggressionen über den Verlauf der Trächtigkeit nur in der Sauengruppe mit einem TFV von 9:1 (Gruppe 9:1). In Gruppe 11:1 stieg die Häufigkeit bis zur Ausstallung hingegen stetig an.

Die gleichen Tendenzen wie für die Anzahl Aggressionen ließen sich für die Häufigkeit von Verdrängungen vom Fressplatz in allen drei Betrieben feststellen.

Die Tiere der Gruppen mit dem jeweils engeren TFV in Betrieb 1 und 2 wiesen tendenziell höhere Gewichtszunahmen (siehe Abb. 1) auf als die Sauen mit den weiteren TFV (s. Abb. 2). Die höhere Lebendmassezunahme während der Gravidität von Gruppe 9:1 (48,99 kg) gegenüber der Gruppe 11:1 (40,81 kg) war für den Betrieb 1 signifikant. Auffällig war in Betrieb 2 eine relativ große Streuung in diesem Merkmal (Gruppe 10:1 51,54 kg; Gruppe 20:1 40,62 kg). Im NTWZ Merbitz zeigten sich im genannten Parameter keine nennenswerten Unterschiede zwischen Gruppe 8:1 mit 54,24 kg und Gruppe 16:1 mit 53,37 kg.

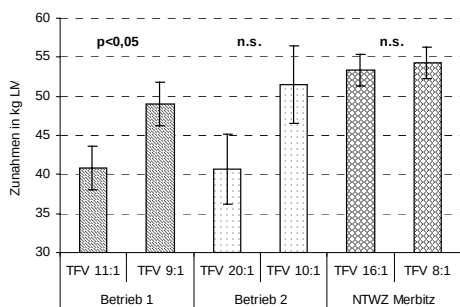


Abb. 1: Mittelwerte ($\pm$ Standardfehler) der Lebendmassezunahmen der Sauen während der Trächtigkeit

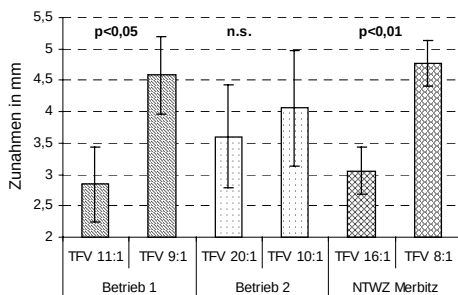


Abb. 2: Mittelwerte ($\pm$ Standardfehler) der Rückenspeckdickezunahmen der Sauen während der Trächtigkeit

Auch die Zunahme der Rückenspeckdicke während der Trächtigkeitsphase war in allen drei Betrieben für das jeweils engere TFV höher. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen war in Betrieb 1 signifikant ($p > 0,05$) und im NTWZ Merbitz hoch signifikant ($p > 0,01$). In Betrieb 2 wichen die Gruppenmittel hingegen weniger stark voneinander ab, streuten aber stärker als in den anderen beiden Untersuchungsbetrieben.

Absolut erreichten die Tiere in Betrieb 1 zur Einstellung nur durchschnittliche Rückenspeckdickenmaße von 13,23 (Gruppe 11:1) und 13,83 (Gruppe 9:1) bzw. zur Ausstallung von 15,81 (Gruppe 11:1) und 16,18 (Gruppe 9:1).

Die Geburtsgewichte der Ferkel (Tab. 2) lagen in Betrieb 2 und im NTWZ Merbitz für die Gruppen mit den jeweils engeren TFV signifikant höher als bei den Ferkeln der Sauen aus den Gruppen mit den weiteren TFV.

Tab. 2: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardfehler (σ_n) der Ferkelgeburtsgewichte (kg/Ferkel) für die Sauen bei unterschiedlichen TFV in allen drei Betrieben

Betrieb	TFV	$\bar{x}$	σ_n	
Betrieb 1	11:1	1,42	0,08	
	9:1	1,38	0,10	
	Differenz	0,04	0,06	n.s.
Betrieb 2	20:1	1,40	0,05	
	10:1	1,54	0,05	
	Differenz	0,14	0,06	(*)
NTWZ Merbitz	16:1	1,48	0,03	
	8:1	1,55	0,03	
	Differenz	0,06	0,03	(*)

(*) Signifikanzniveau $p > 0,05$

In Betrieb 1 unterschieden sich die Geburtsgewichte der Ferkel mit durchschnittlich 1,42 kg LM in Gruppe 11:1 und 1,38 kg LM in Gruppe 9:1 nur geringfügig. Die Ferkel der Gruppe 10:1 in Betrieb 2 waren hingegen mit 1,54 kg LM um 140 g signifikant schwerer als die der Sauengruppe 20:1 mit 1,40 kg LM. Im NTWZ Merbitz erzielten die Nachkommen der Gruppe 8:1 mit 1,55 kg LM durchschnittlich 60 g höhere Geburtsgewichte als die Ferkel der Sauen aus Gruppe 16:1. Auch dieses Ergebnis war signifikant.

Demgegenüber wurde weder die Anzahl insgesamt geborener noch die Anzahl lebend und tot geborener Ferkel pro Wurf in den Untersuchungsbetrieben vom TFV während der Trächtigkeit beeinflusst (Tab.3). Die geringen Unterschiede zwischen den Gruppen stellten weder einen klaren Trend dar noch waren sie signifikant.

Tab. 3: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardfehler (σ_n) der Anzahl insgesamt, lebend und tot geborener Ferkel für die Sauen bei unterschiedlichen TFV in allen drei Betrieben

Betrieb	TFV	Anzahl insgesamt geborene Ferkel/Sau		Anzahl lebend geborene Ferkel/Sau		Anzahl tot geborene Ferkel/Sau	
		$\bar{x}$	σ_n	$\bar{x}$	σ_n	$\bar{x}$	σ_n
Betrieb 1	11:1	11,28	0,69	10,65	0,64	0,24	0,10
	9:1	11,45	0,81	10,73	0,76	0,27	0,12
Betrieb 2	20:1	12,56	0,66	10,43	0,81	2,12	0,43
	10:1	12,93	0,60	10,41	0,74	2,52	0,39
NTWZ	16:1	12,09	0,58	11,37	0,61	0,60	0,15
Merbitz	8:1	11,57	0,57	11,18	0,59	0,34	0,15

Die Anzahl insgesamt geborener Ferkel pro Sau war in Betrieb 2 in beiden Gruppen gegenüber den anderen Betrieben relativ hoch. Allerdings war die Häufigkeit toter Ferkel (mit über 2,5) zur Geburt auch deutlich höher, wodurch die Zahl lebend geborener Ferkel

wiederm gering ausfiel, als an den beiden anderen Untersuchungsstandorten. In Betrieb 1 wurden in beiden Gruppen weniger als 0,3 Ferkel und im NTWZ Merbitz weniger als 0,6 Ferkel tot geboren.

Bei der Integumentbeurteilung der Sauen zur Feststellung von äußeren, durch das Haltungssystem verursachten Schäden an den Tieren, ließen sich vor allem im Bereich der Ohren, der Brust-/Flankenregion des Rückens und der Anogenitalregion Schäden feststellen. Es handelte sich dabei um meist harmlose Schürf- und Kratzverletzungen, die sich die Tiere bei agonistischen Auseinandersetzungen um Ressourcen zugefügt hatten. Auffällig war ein relativ hoher Anteil von Verletzungen im Genitalbereich im ersten Durchgang in Betrieb 1, der sich allerdings im zweiten Durchgang nicht wiederholte. Bemerkenswert war weiterhin der durchgehend gute Zustand von Fundament und Klauen in allen Betrieben.

5 Diskussion und Schlussfolgerung

Die vorgefundene Verringerung der Häufigkeit aggressiver Auseinandersetzungen nach dem Zusammenstellen der Trächtigkeitsgruppen bis zur Ausstallung in die Abferkelabteile entspricht den bisherigen Erkenntnissen der Ethologie, da sich die meisten Aggressionen im anfänglichen Kampf um die Rangposition ereignen. Ist die Haltungsumwelt den Bedürfnissen der Tiere grundlegend angepasst und die Rangfolge gefestigt, pegeln sich die aggressiven Handlungen auf einem gruppenspezifischen Niveau ein. Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese Situation bei fünf von sechs untersuchten TFV eintrat. Nur der Anstieg der Aggressionen und Verdrängungen in Gruppe 11:1 des ersten Betriebes deutet auf eine Störung des Wohlbefindens der Gruppenmitglieder hin. Ob der Grund hierfür allein in der Wahl des TFV von 11:1 zu suchen ist, kann mit den vorliegenden Daten nicht geklärt werden. Bekannt ist, dass individuelle Unterschiede im Aggressionspotential einzelner Tiere oder auch spezifische Ereignisse die Ergebnisse von Datenerfassungen zum Tierverhalten stark beeinflussen können.

Die Zielvorstellungen für die Lebendmasseentwicklung bei Sauen, von der Konzeption bis zur Geburt der Ferkel, variieren je nach Genetik, Alter und Fütterungsverfahren zwischen 70 kg im 1. Wurf und 35 kg ab dem 6. Wurf (WIESEMÜLLER und LEIBETSEDER 1993). Die Lebendmassezunahmen aller Sauen lagen im untersuchten Zeitraum in diesem Bereich. Die tendenziell besseren Zunahmen bei dem jeweils engeren TFV deuten auf eine Beeinflussung der Lebendmasseentwicklung durch das TFV hin.

Die Gewichtszunahme ist für die Beurteilung der Kondition der Tiere allerdings nur bedingt aussagefähig und immer im Zusammenhang mit Alter, Genetik und Fütterungsweise für jedes einzelne Tier zu betrachten. Ein genaueres Maß für die Konditionierung der Sauen ist die Rückenspeckdicke. Diese sollte bei der Belegung mindestens 15 mm und bei hochtragenden Sauen mindestens 20 mm betragen (WIESEMÜLLER und LEIBETSEDER 1993), um ausreichende Energiereserven für die anschließende Laktation zu garantieren. In Betrieb 2 und im NTWZ Merbitz erreichten die Sauen beider Gruppen diese Zielstellungen. In Betrieb 1 hingegen waren die Sauen beider Gruppen sowohl zur Einstallung als auch zur Ausstallung unterkonditioniert. Gründe hierfür können zum einen in der Gruppengröße (45 Tiere) und zum anderen in der Bestandsdichte vermutet werden.

Die Rückenspeckdicken der Sauen entwickelten sich während der Trächtigkeit in allen drei Betrieben bei dem jeweils engeren TFV (in Bezug auf die folgende Laktation) vorteil-

hafter. Am deutlichsten war der Unterschied zwischen den beiden geprüften TFV im NTWZ Merbitz, gefolgt von Betrieb 1. Dieser statistisch gesicherte Trend weist darauf hin, dass sich eine Verengung des TFV positiv auf die Konditionierung der graviden Sauen auswirkt. Ausreichende Energiereserven in Form von Körperfett zum Ende der Trächtigkeit stellen laut GLODEK (1992) eine wichtige Reserve für die folgende Laktation dar und sind Grundvoraussetzung für eine langfristig gute Zuchtkondition der Sauen.

So führte in zwei Betrieben erwartungsgemäß die höhere Rückenspeckzunahme während der Trächtigkeit beim engeren TFV zu signifikant höheren Ferkelgeburtsmassen. In Betrieb 1 ließ sich allerdings kein Einfluss des TFV der Sauen auf die Einzelferkelgewichte nachweisen.

Aus der Anzahl insgesamt, lebend und tot geborener Ferkel ließ sich kein klarer Trend erkennen. Die Ursache hierfür ist in der Tatsache zu sehen, dass die Anzahl der Föten zur Einstellung gravider Sauen in die Gruppenhaltung um den 30. Trächtigkeitstag schon feststeht. Somit sollten Effekte des Haltungssystems der Sauen während der Trächtigkeit eher auf die Anzahl lebend bzw. tot geborener Ferkel erwartet werden. Für die durchschnittlich 2,12 (Gruppe) bzw. 2,52 (Gruppe) tot geborenen Ferkel in Betrieb 2 konnte keine gesicherte Ursache gefunden werden.

Kleinere Verletzungen am Integument der Tiere ließen sich an Tieren aller Gruppen in den Regionen feststellen, die für Kampfverletzungen typisch sind. So beißen sich die Tiere bei Auseinandersetzungen um die Ressource Futter in die Seiten bzw. Flanken (PUTTEN, 1978) oder in die Ohren. Diese Kratz- und Bißwunden sind in der Regel harmlos und verheilen schnell. Eine besondere Form der Aggression stellt das auch im Fressbereich auftretende Scheidenbeißen dar (RIZVI et al. 1998). Hierfür ließ sich ein gehäuftes Auftreten im ersten Durchgang in Betrieb 1 feststellen, dass sich im darauffolgenden Durchgang nicht bestätigte.

Zusammenfassend lässt sich anhand der bisher ermittelten Ergebnisse dieser Untersuchung feststellen, dass sich ein Einfluss des TFV in der Gruppenhaltung tragender Sauen auf deren Kondition nachweisen ließ. Dieser Effekt war für die Körpermasseentwicklung weniger deutlich als für die Rückenspeckdicke. Auch die Geburtsgewichte der Ferkel wurden vom TFV in der Haltung ihrer Mütter während der Gravidität beeinflusst. Die Anzahl insgesamt, lebend und tot geborener Ferkel hingegen lies keinen klaren Trend erkennen.

Des weiteren traten für die Haltungsform übliche, meist harmlose Verletzungen am Integument der Tiere auf, die keine Unterschiede in der Intensität der Auseinandersetzungen zwischen den Gruppen mit verschiedenen TFV erkennen ließen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verletzungen im Anogenitalbereich im ersten Durchgang in Betrieb 1 von einer Sau oder einigen wenigen Tieren, die eine individuelle Prädisposition für dieses Verhalten zeigten, verursacht wurden.

Die hier dargestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich eine Verengung des TFV in der Gruppenhaltung tragender Sauen bei ad libitum Fütterung positiv auf die Konditionierung der Tiere vor der Laktation auswirkt. Außerdem ließ sich eine Erhöhung der Geburtsgewichte der Ferkel nachweisen. Auf die Anzahl insgesamt, lebend und tot geborener Ferkel sowie auf die Schäden am Integument der Sauen hatte die Anzahl Tiere pro Fressplatz keinen Effekt. Somit können die geprüften TFV unter den gegebenen Bedingungen als praktikabel bezeichnet werden. Die klare Favorisierung eines TFV für die Gruppenhaltung tragender Sauen bei ad libitum Fütterung ist allein aufgrund der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht möglich. Dazu wären weitreichende Untersuchungen zu

alternativen TFV unter definierten Bedingungen nötig. Die vom Gesetzgeber geforderte Vorgabe von 4:1 kann allerdings als nicht gerechtfertigt dargestellt werden, da bei den untersuchten Praxisvarianten keine Einschränkung im Wohlbefinden der Tiere erkennbar war.

6 Literatur

GLODECK, P. (1992). Schweinezucht. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag.

KIRCHER, A., R. WEBER, B. WECHSLER UND T. JUNGBLUTH, (2001). "Ethologische und produktionsrelevante Einflüsse des Tier-Fressplatz-Verhältnisses bei der Fütterung von Mastschweinen an Rohrbreiautomaten." Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim 6.-7-März 2001.

PUTTEN, G. V. (1978). Spezielle Ethologie: Schwein. Nutztierethologie. H. H. Sambras. Berlin und Hamburg, Verlag Paul Parey: 168 - 213.

RIZVI, S., C. J. NICOL, L., E. GREEN, (1998). "Risk factors for vulva biting in breeding sows in south-west England." Veterinary Record 143 (24): 654-658.

SAS-INSTITUTE (Release 8.02, 2001). SAS for Windows V8, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

WIESEMÜLLER, W. und J. LEIBETSEDER (1993). Ernährung monogatsrischer Tiere. Jena, Gustav Fischer Verlag.

Grenzen überwinden: Systemlösungen zur integrierten Qualitätssicherung in der Schweineproduktion

Cross Borders: Integrated Quality Assurance Systems in the Pig Production

GEREON SCHULZE ALTHOFF¹, ADRIANE MACK¹, THOMAS SCHMITZ²,
BRIGITTE PETERSEN¹

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät,
Präventives Gesundheitsmanagement, Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn

² PLATO AG Lübeck, Breitestraße 6-8, 23552 Lübeck

Schlüsselwörter: Qualitätsmanagement, Qualitätssicherung, Rückverfolgbarkeit, Risikomanagement,
Keywords: qualitymanagement, auditmanagement

Zusammenfassung

Qualitätsmanagement in der fleischerzeugenden Kette lebt vom Wissens- und Informationsaustausch der beteiligten Unternehmen. Daher hat ein deutsch-niederländisches Expertenteam die Initiative ergriffen, gemeinsam ein grenzüberschreitendes Netzwerk aufzubauen, das einen produktionsbegleitenden Informationsaustausch zwischen den Teilnehmern an Qualitäts- und Gesundheitsmanagementsystemen ermöglicht. Es steht Unternehmen der Schweinefleischerzeugung in den Euregios Rhein Waal und Gronau entlang der deutsch-niederländischen Grenze zur Verfügung. Dieses internetbasierte Portal ist ein Werkzeugkasten von Systemlösungen mit fünf Kernbausteinen: Identifikation & Rückverfolgbarkeit, Vor- und Rückmeldesystem, Präventives Risikomanagement, Dokumentenmanagement sowie Auditmanagement.

Summary

Quality Management in the meat industry depends on knowledge- and information exchange among the various stakeholders. Dutch-German experts have taken the initiative to develop a trans-border network. It will enable internet based data-interchange on food chain information among participants of quality assurance and health management systems within pig production in the Euregios Rhine Waal and Gronau along the Dutch-German border. This internet-based portal consists of an Tool Box of IT-Systems. The portal includes five tools: Tracking and Tracing, Food Chain Information System, Preventive Risk Management, Documents Management Systems and Audit Management.

1 Einleitung

Ein deutsch-niederländisches Expertenteam hat die Initiative ergriffen, gemeinsam ein grenzüberschreitendes Netzwerk aufzubauen, um den Wissens- und Informationsaustausch in Wertschöpfungsketten zu unterstützen. Die Zielregion für das Projekt stellt eines der wichtigsten Zentren der Schweinefleischherzeugung in Europa dar, die Euregioregionen Rhein-Waal und Gronau. Hier werden mehr als 16 Millionen Schweine in ca. 30.000 Betrieben gehalten, davon 80 klein- und mittelständische Unternehmen mit einer Spezialisierung auf das Schlachten und die Fleischverarbeitung. Noch fehlen praxistaugliche Lösungen zur Unterstützung des Qualitätsmanagements von Wertschöpfungsketten, denn insbesondere da, wo grenzübergreifende Handelsbeziehungen bestehen, existiert eine Vielzahl von Barrieren bei der Einführung integrierter Systeme.

2 Qualitätsmanagement braucht Kommunikation

Der Aufbau kettenorientierter QM-Systeme ist nur schrittweise möglich (JÜRGENS und PETERSEN, 1996; WEINDLMAIER et al., 1997; JÜRGENS et al., 1996; PETERSEN et al., 1997; LEHNERT, 1998). Am Anfang steht die Einführung von fünf Kernbausteinen eines kettenbezogenen QM-Systems (in der DIN EN ISO 9000 beschriebene Qualitätselemente):

- Identifikation und Rückverfolgbarkeit,
- Vor- und Rückmeldesysteme (PÖNSGEN-SCHMIDT et al., 1999; PETERSEN und PÖNSGEN-SCHMIDT, 1999; PETERSEN, 2000; PETERSEN, 2001),
- Präventives Risikomanagement (WELZ und PETERSEN, 1995; LEHNERT et al., 2000),
- Einheitliches Dokumentenmanagement und
- Auditmanagement.

Die Voraussetzung für die Umsetzung dieser Normenforderungen innerhalb der Qualitätskette ist der Aufbau eines überbetrieblichen Qualitätsinformations-Systems als Eckbaustein des kettenbezogenen QM-Systems. Klein- und mittelständische Unternehmen der Agrar- und Ernährungswirtschaft in den Euregioregionen wären alleine nicht in der Lage, den notwendigen Abstimmungsaufwand untereinander zu erbringen. Deshalb wurden lange Zeit überbetriebliche, grenzüberschreitende Innovationen im Bereich des Qualitäts- und Gesundheitsmanagements verschoben oder vermieden. Seit März 2002 wird unter der Trägerschaft des Vereins GIQS (Grenzüberschreitende Integrierte Qualitätssicherung) ein dreijähriges deutsch-niederländisches Projekt durchgeführt mit Unterstützung des EU Interreg IIIa Programms.

3 Die QM-Werkzeuge im GIQS Portal

Kern des Projektes ist der Aufbau des internetbasierten GIQS Portals bestehend aus operativen Software Werkzeugen und einer Wissensdatenbank, die den Nutzern des Systems wie eine Art Leitfaden beim Aufbau kettenorientierter QM-Systeme dient. Die GIQS Werkzeuge unterstützen die Agrar- und Ernährungswirtschaft in Deutschland und in den Niederlanden; sie werden für alle zugänglich, die ein kettenorientiertes Gesundheits- und Qualitätsmanagement einführen oder ein vorhandenes System verbessern wollen. Als Mittler schaffen sie außerdem Verbindungen zwischen Systemen beiderseits der Grenze. Im Sinne eines „Data Warehouse“-Konzeptes sollen verdichtete Informationen aus bestehenden

Datenquellen, auch grenzüberschreitend, aggregiert und langfristig online verfügbar gemacht werden. Die Produkte sollen als Lizenzen oder über „Application Service Providing“ (ASP) Lösungen angeboten werden. Damit können auch klein- und mittelständische Unternehmen für sie nötige Software nach Bedarf und auf Zeit nutzen. Sie haben Zugriff auf Rechnerkapazitäten und Software, die bislang nur für große Unternehmen bezahlbar waren. Rechnergestützte, stufenübergreifende Informationssysteme als zentrale Werkzeuge im Qualitätsmanagement stellen die technischen Voraussetzungen zur Umsetzung eines Identifikations- und Rückverfolgbarkeitssystems bis zur Letztverteilerstufe dar. Sie erlauben:

- schnelle Analysen der erfassten Qualitätsdaten mit dem Ziel, Fehler und deren Ursachen schnell zu erkennen, durch Rückführung von Informationen Gegenmaßnahmen einzuleiten und Schwachstellen zu beseitigen;
- Verdichtung von Qualitätsinformationen zu aussagefähigen Qualitätsberichten für Steuerungsteams der Kette;
- Unterstützung von Qualitätssicherungsmethoden im planerischen Bereich (z. B. FMEA, HACCP);
- ebenenübergreifende Nutzung von Qualitätsinformationssystemen (z. B. Trendanalysen, Lieferantenbewertung u.ä.).

Folgende Werkzeuge werden interessierten Ketten nach Bedarf einzeln oder in Kombination angeboten.

3.1 Werkzeug: Identifikation & Rückverfolgbarkeit

Die Möglichkeit Fleisch und Fleischprodukte zurückzuverfolgen, und die Garantie dafür, dass das Fleisch von Tieren aus bestimmten Regionen stammt, sind heute wichtige Marketinginstrumente geworden. Im GIQS Backbone werden Lieferpartien in den vielschichtigen Kunden-Lieferanten-Identifikation und I

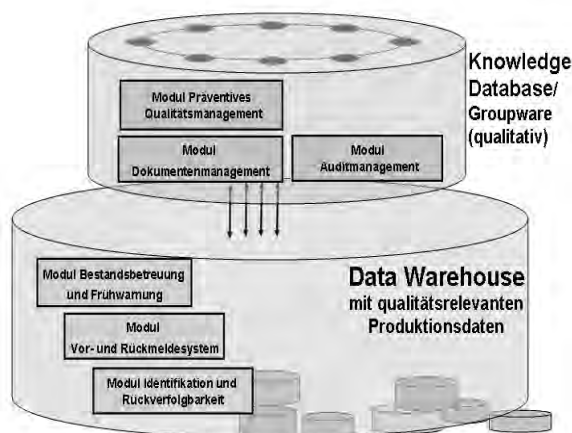


Abb. 1: GIQS-Werkzeuge

3.2 Werkzeug: Vor- und Rückmeldesystem

Qualitätsrelevante Informationen aus vorhandenen Datenbanken aber auch aus lokal verfügbaren Quellen werden entlang der gesamten Produktionskette gewonnen und an die Herkunftsbestände und Lieferpartien gekoppelt. Somit werden durch einen produktbegleitenden Informationsaustausch zwischen Kunden und Lieferanten jene Informationen verfügbar, die für Entscheidungen zur Verbesserung von Produktivität und Qualität nötig sind. Detailgrad des Vor- und Rückmeldesystems sowie Zugriffsrechte werden für einzelne Ketten individuell abgestimmt. Die einzelnen Informationsgeber bleiben Besitzer ihrer Daten und können über Zugriffsrechte entscheiden.

3.3 Werkzeug: Präventives Risikomanagement

Eng verbunden mit den Aufgaben der Beschaffung ist das Risikomanagement. Da Fehler in der Produktion hohe Kosten verursachen ist es sinnvoll, schon in der frühen Phase der Produkt- und Prozessplanung und -entwicklung möglicherweise auftretende Fehler zu beachten.

Ein bereits in vielen Branchen (z. B. Automobilindustrie) bewährtes Toolkit für präventives Risiko- und Wissensmanagement kombiniert verschiedene Programme mit Werkzeugen zur Risikobewertung, Risikominimierung und Prüfplanung (z. B. FMEA/Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse, HACCP-Konzept). Das GIQS-Portal liefert den Zugang zu solchen Softwaresystemen, die erstmals an das Einsatzfeld in der Agrar- und Ernährungswirtschaft angepasst werden und eine effektive Fehlervermeidung in den verschiedenen Stufen der fleischerzeugenden Kette ermöglichen.

3.4 Werkzeug: Dokumentenmanagementsystem

Das Dokumenten-Managementsystem ist die zentrale Plattform zur Erstellung, Verwaltung und Verteilung gelenkter Dokumente wie z. B. Verfahrensanweisungen und Arbeitsanweisungen. Ein Workflow automatisiert den Erst-, Prüf-, Freigabe-, Verteilungs- und Wiedervorlageprozess und minimiert somit den Organisationsaufwand. Definierte Zugriffsrechte integrieren die Kettenakteure per Internet in den Dokumentenlebenszyklus.

3.5 Werkzeug: Audit Management

Das Audit-Managementsystem lenkt den gesamten Auditprozess, stellt alle Informationen auf einer Datenbasis den berechtigten Personen zur Verfügung und steuert den permanenten Verbesserungsprozess. Ein webfähiges, zentrales Datenbanksystem ermöglicht eine unternehmensübergreifende und standortunabhängige Planung, Durchführung und Maßnahmenverfolgung entlang der fleischerzeugenden Kette. Alle Normen und Anforderungen, die die Kettenakteure erfüllen müssen, werden transparent auch grenzüberschreitend über definierte Zugriffsrechte zur Verfügung gestellt.

Vier Pilotanwendergruppen in Deutschland und in den Niederlanden setzen derzeit jeweils unterschiedliche Kombinationen der GIQS Kernbausteine ein und testen sie auf ihre Praxistauglichkeit.

Literatur

- JÜRGENS, P.; PETERSEN, B. (1996): Management entlang der Wertschöpfungskette. QZ, 41, 12, 1996
- WEINDLMAIER, H.; KOCHAN, A.; PETERSEN, B. (1997): Notwendigkeit von Qualitätsmanagementsystemen in der Deutschen Ernährungswirtschaft Einführung von Qualitätsmanagementsystemen nach ISO 9000f in der landwirtschaftlichen Produktion und im Nahrungs- und Genussmittelgewerbe, FQS-DGQ-Band, S. 92-05, S. 96-115
- JÜRGENS, P.; PETERSEN, B.; ROUX, N. (1996): Aufbau und Zertifizierung von QM-Systemen in der Agrarwirtschaft – Lösungsbeispiele, Erfahrungen, Perspektiven FCL-Schriftenreihe Bd. 5, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Münster
- PETERSEN, B.; LEHNERT, S.; JÜRGENS, P. (1997): Qualitätssicherung bei der Rohstoffeffassung und Qualitätsmanagement im landwirtschaftlichen Betrieb. Einführung von Qualitätsmanagementsystemen nach ISO 9000ff. in der landwirtschaftlichen Produktion und im Nahrungs- und Genussmittelgewerbe, FQS-DGQ-Band, S.92-05, S. 96-115
- LEHNERT, S. (1998): Aufbau von Qualitätsmanagement-Systemen in landwirtschaftlichen Betrieben am Beispiel der Fleischproduktion Dissertation Agrar, Bonn
- PÖNSGEN-SCHMIDT, E.; GYMNIICH, S.; PETERSEN, B. (1999): Data Recording and Processing to Support Supplier Assessment in Meat Production Chain, in: Proc. EFITA 99 Perspectives of Modern Information and Communication Systems in Agriculture, Food Production and Environmental Control, Volume B, S. 541-548, Bonn, 27.-30. September 1999
- PETERSEN, B., PÖNSGEN-SCHMIDT, E. (1999): Development and Use of Reference Methods for Quality Assurance in Meat Production, in: KTBL-Arbeitspapier 270 Regulation of Animal Production in Europe, International Congress, Wiesbaden, 9.-12. Mai 1999
- PETERSEN, B. (2000): Know-How-Transfer beim Aufbau von QM-Systemen, in: FCL-Schriftenreihe Band 7 – Anstoß und Vision - Qualitätsmanagement in der fleischerzeugenden Kette (Hrsg: S. Lehnert, B. Petersen)
- PETERSEN, B. (2001): Computerised Food Safety Monitoring in Animal Production. Book of Abstract No 7 (2001) of the 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Budapest, Hungary, 26-29. August 2001
- WELZ, M.; PETERSEN, B. (1995): Nutzung produktionskettenbezogener Daten bei der FMEA im Rahmen der präventiven Qualitätssicherung Agrarinformatik 3, S. 52-58
- LEHNERT, S.; SCHMITZ, T.; PETERSEN, B. (2000): Risk and Weak Point Analysis in the Range of the Chain oriented Data Acquisition, in: Proceedings of 4th International Conference on Chain Management in Agribusiness and the Food Industry, Wageningen, 25.-26.05.2000, Trienekens, J.H. and Zuurbier, P.J.P., eds, 2000, S. 409-416

Automatische und mobile Datenerfassung für eine lückenlose Qualitätssicherung am Beispiel Ferkelproduktion

Automatic and Mobile Data Acquisition for a Complete Quality System by the Example of Piglet Production

BERNHARD MANNEBECK, FRIEDRICH NORDBECK, GUIDO KLEMENT

Mannebeck Landtechnik GmbH, Industriestraße 7, 48465 Schüttorf

Schlüsselwörter: Mobile Datenerfassung, Management in der Ferkelerzeugung, Herstellerübergreifender Datenaustausch

Keywords: mobile data acquisition, management for piglet production, manufacturer spreading data exchange

Zusammenfassung

Qualitätssicherung spielt in der Tierhaltung eine immer größere Rolle. Die Vorteile für den Landwirt dabei sind höhere Verbraucherakzeptanz durch mehr Transparenz und Produktsicherheit, Schutz vor Produkthaftung bei lückenlosem Nachweis ordnungsgemäßer Produktion sowie Rationalisierungs- und Leistungsfortschritte durch mehr Information aus Produktionstechnik und Management. Die momentane Situation ist gekennzeichnet durch Insellösungen die miteinander nicht oder kaum kommunizieren. Es werden nur wenig Daten automatisch erfasst. Manuell aufgenommene Daten müssen oft mehrfach erfasst werden. Nachdem in der Produktionstechnik oft bereits alle Reserven für weitere Kostensenkungen ausgeschöpft sind stellen Rationalisierungen im Managementbereich noch eine oft unterschätztes Potenzial dar. Ziel ist es, wo immer möglich die automatische Datenerfassung zu nutzen, und Mehrfacheingaben durch Kopplung von Daten zu vermeiden. Möglichkeiten dazu bieten ein bilateraler Datenaustausch, eine standardisierte Schnittstelle oder ein genormter Datenbus.

Summary

Quality assurance plays a even larger role in animal husbandry. The advantages for the farmer are higher consumer acceptance by more transparency and product security as well as rationalization and achievement by more information from product engineering and management. The current situation is characterized by isolated solutions those not, or hardly communicates. Only few data are automatically seized. Manually taken up data must be seized often several times. After all reserves for further cost lowering in the product engineering are exhausted, rationalization within the management represents an often underestimated potential. A goal is it, to use the automatic data acquisition when ever it is possible and to avoid multiple data input by exchange of data. Possibilities are bilateral data exchange, a standardized interface or a standardized data bus.

1 Einleitung

Qualitätssicherung spielt in der Landwirtschaft, und speziell in der Tierhaltung eine immer größere Rolle. Die Vorteile für den Landwirt liegen dabei auf der Hand, werden aber leider zu wenig in den Mittelpunkt gestellt:

- Höhere Verbraucherakzeptanz durch mehr Transparenz und Produktsicherheit.
- Schutz vor Produkthaftung bei lückenlosem Nachweis ordnungsgemäßer Produktion.
- Rationalisierungs- und Leistungsfortschritte durch mehr Information aus Produktionstechnik und Management.

2 Ist-Zustand

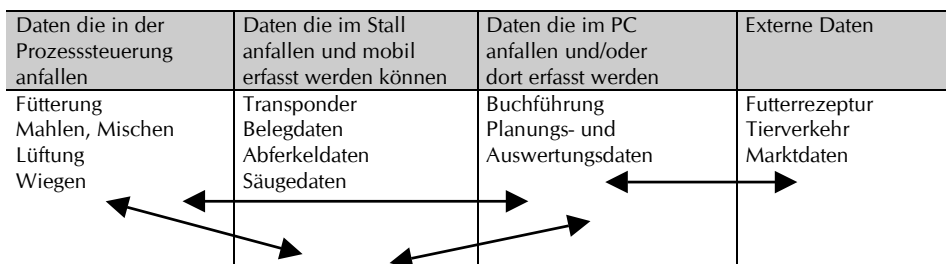
Die momentane Situation ist gekennzeichnet durch Insellösungen die miteinander nicht oder kaum kommunizieren. Es werden nur wenig Daten automatisch erfasst. Manuell aufgenommene Daten müssen oft mehrfach erfasst werden (Papier, PC, Prozesssteuerung...). Dadurch werden viel weniger Informationen festgehalten als möglich und sinnvoll wäre. Selbst die Daten die tatsächlich erfasst sind, erfahren oft nur eine unzureichende Weiterverarbeitung und Interpretation, weil die Datenstruktur dafür nicht geeignet ist.

3 Möglichkeiten der Datenerfassung am Tier

Voraussetzung für die Erfassung von einzeltierspezifischen Daten ist eine individuelle, fälschungssicher automatisch lesbare und preiswerte Kennzeichnung. Dafür stehen heute ISO-Transponder in verschiedenen technischen Ausführungen zur Verfügung, die bei entsprechenden Stückzahlen auch preislich interessant sind. Im Rahmen eines QS-Programms ist es auch möglich die Daten an eine übergeordnete Institution weiter zu leiten. In großen Produktionseinheiten kann ein Management per DFÜ die Daten aus mehreren Anlagen zusammen ziehen und kontrollieren.

Grundsätzlich fallen im Stall an drei verschiedenen Stellen Daten an, in der Prozesssteuerung also dem Fütterungs- oder Lüftungscomputer, bei der mobilen Datenerfassung also im Handterminal und direkt am PC. Zusätzlich können externe Daten aus dem Internet oder Email übernommen werden.

Tab. 1: Datenanfall und Datenfluss in einem Ferkelerzeugerbetrieb
Data accumulation and data flow in piglet production



- Im folgenden einige Daten die automatisch erfasst werden: Identität (Transponder), Futtermengen des Einzeltieres in Abhängigkeit von Reproduktionsstatus und Rezeptur, Gesamtfuttermengen zur Siloverwaltung, Körpergewicht und Gewichtsverlauf,

Körpertemperatur und Temperaturverlauf, Lüftungsdaten wie Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, Schadgasgehalte, Luftraten,

- Die Liste der Daten aus der mobilen Erfassung mit Kopplung ist noch länger, deshalb hier nur die Datengruppen: Sauenstammdaten (15), Fütterungsdaten (17), Belegdaten (6), Selektionsdaten (4), Absatzdaten (7), Wurfdaten (17). Insgesamt sind z. Z. mehr als 60 Daten vom mobilen Handterminal zum Sauenplaner koppelbar.
- Externe Daten die übernommen werden, sind z. B. Eberkataloge auf Diskette oder Futterrezepturen.

4 Kosten der Datenerfassung

Werden je Durchgang nur ca. die Hälfte diese Daten erfasst (Typpdaten, Deckdaten, Futterdaten, Abferkeldaten, Ferkeldaten), ergeben sich etwa 30 Eingaben pro Tier. Bei manueller Erfassung mit Papier und Bleistift und ohne Kopplung, werden diese Daten noch einmal in den PC eingegeben und ca. die Hälfte der Daten ein weiteres mal in eine Prozesssteuerung. Die Anzahl der notwendigen Eingaben erhöht sich dann auf 75.

Die jährlich benötigte Arbeitszeit bei einem 250 Sauen Betrieb beträgt in diesem Fall:

250 Sauen x 2,2 Umtriebe x 75 Eingaben x 10 Sekunden Eingabedauer

= 114 Stunden (dies entspricht ca. 2 Stunden je Woche)

Bei einer Übernahme der Daten in den Sauenplaner und in die Prozesssteuerung ergibt sich ein anderes Bild:

250 Sauen x 2,2 Umtriebe x 30 x 10 Sekunden Eingabedauer

= 46 Stunden

Die Arbeitszeiterparnis beträgt also 68 Stunden im Jahr. Bei einem Ansatz von € 15,- je Stunde ergeben sich daraus € 1020,-. Wird diese Zeit genutzt um 8-10 Sauen mehr zu halten, kann mit einem durchschnittlichen Deckungsbeitrag von ca. € 3000,- je >Jahr gerechnet werden!

5 Möglichkeiten zur Verbesserung des Datenaustausches

5.1 Bilateraler Datenaustausch

Je zwei Hersteller verständigen sich über das Austauschverfahren, Format und die Elemente der Datei die untereinander ausgetauscht werden sollen. Oft muss auch noch der Ablauf (Reihenfolge) des Datenaustausches definiert werden, damit es keine inkonsistenten Daten gibt. Hierbei definiert das Austauschverfahren die Anzahl der Dateien, die für den Im- und Export benötigt werden. Das Format besagt, um welche Art der Datei es sich handelt und in welcher Reihenfolge die Elemente in der Datei zu finden sind. Wie z. B. CSV-, XML-, XLS- oder spezielle ASCII-Datei. Die Elementbeschreibung definiert den Aufbau eines zu tauschenden Wertes, wie z. B. Tiernummer: 10-stellig, alphanumerisch rechtsbündig; Belegdatum: 6-stellig; Futterzuteilung: 4-stellig mit 2 Nachkommastellen; Transpondernummer 16-stellig numerisch linksbündig; etc. Dieses Verfahren wird in Deutschland z. Z. angewandt bei der Kopplung zwischen dem mobilen Handterminal und verschiedenen Sauenplanerprogrammen.

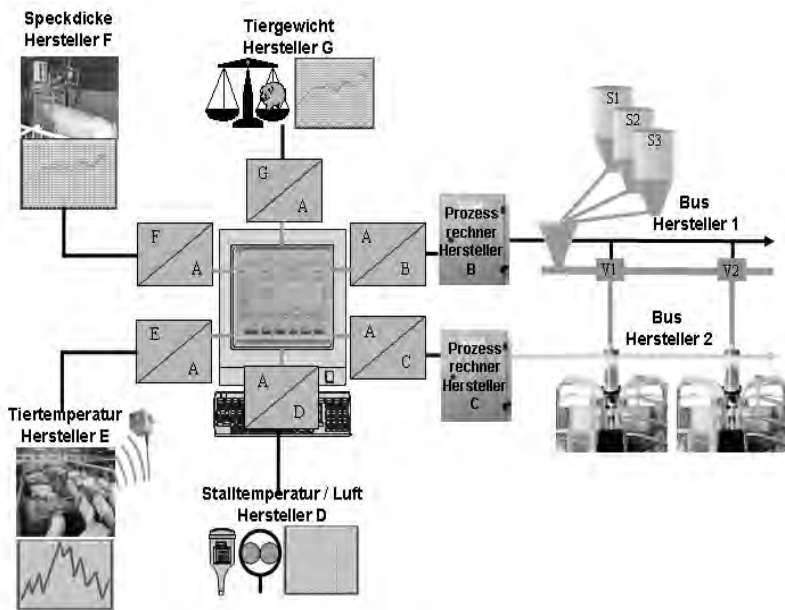


Abb. 1: Beim bilateralen Datenaustausch einigen sich zwei Firmen über Form und Inhalt der zu tauschenden Daten

With the bilateral data exchange two companies agree on form and contents of the data which can be exchanged

5.2 Standardisierte Datenschnittstelle

Bei der standardisierten Datenschnittstelle wird wie oben beschrieben das Austauschverfahren, das Format, die auszutauschenden Elemente und Ereignisse (Tätigkeitsabläufe) einmalig in einem Dictionary beschrieben. Anhand dieses Dictionary kann jeder Hersteller dann die Daten mit einem anderen Hersteller austauschen. Das Erstellen neuer herstellereinspezifischer Datenschnittstellen entfällt. Der Datenaustausch eines solchen Systems findet auf dem PC statt. Hierfür muss für jeden Hersteller eine explizite serielle Hardwareschnittstelle am PC bereitgestellt werden. Dadurch stößt dieses Verfahren, auf Grund der begrenzten Möglichkeiten zusätzliche Schnittstellen auf dem PC einzurichten recht schnell an seine Grenzen. Dieser Weg wird gegenwärtig in den Niederlanden beschränkt und steht allen an der Teilnahme interessierten Firmen offen

5.3 Genormter Datenbus mit genormter Datenschnittstelle

Ein genormter Datenbus definiert das Übertragungsverfahren der auszutauschenden Daten von Hersteller zu Hersteller und den elektrischen Busanschluss am Gerät. Hierdurch kann der PC als Verknüpfungsglied zwischen den Herstellern entfallen, um die Daten untereinander auszutauschen. Ein genormter Datenbus, z. B. Ethernet, und eine genormte Datenschnittstelle vereinen den herstellereinspezifischen Datenaustausch, ohne das hierbei die herstellereigenen Bussysteme in ihrer Funktion eingeschränkt werden.

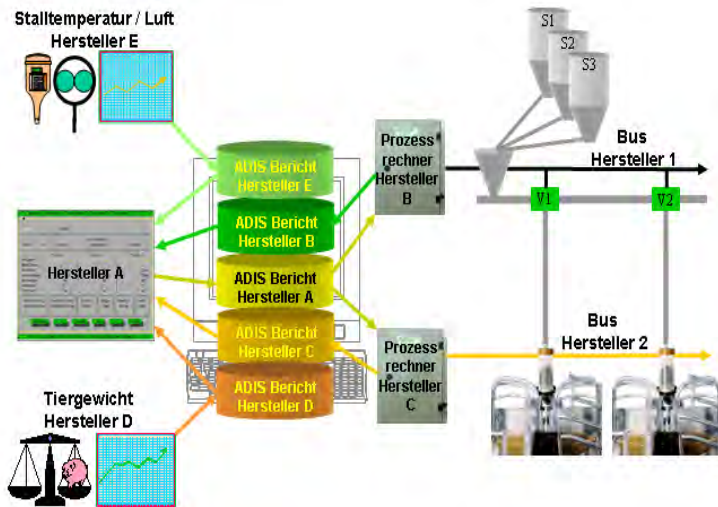


Abb. 2: Datenaustausch mit standardisierter Schnittstelle
Data exchange by means of a standardized interface

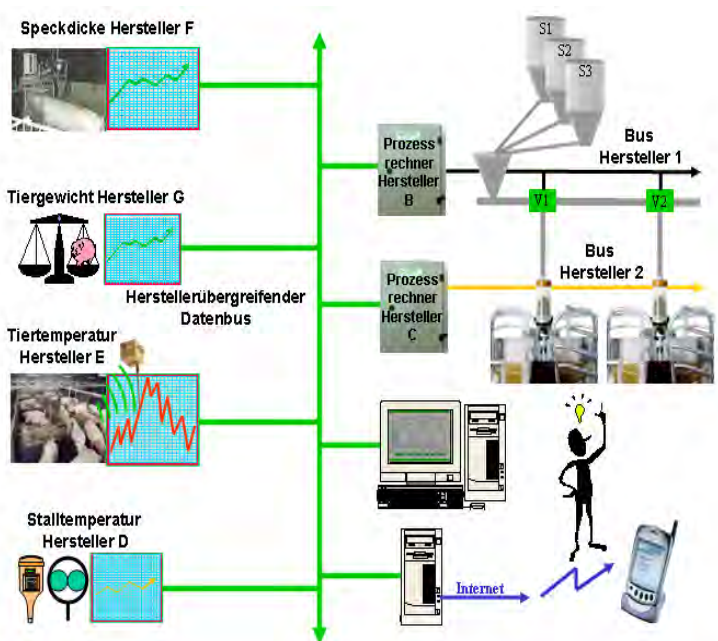


Abb. 3: Datenaustausch mit herstellereübergreifendem Datenbus
Data exchange by means of a standardized data bus

6 Ausblick

Qualitätssicherung setzt Informationen über Produktion und Management voraus. Wenn diese Informationen automatisch gesammelt und weiterverarbeitet werden, entsteht dadurch auch ein ökonomischer Nutzen für den Betrieb. Die Möglichkeiten zum Datenaustausch zwischen verschiedenen Anlagen auf einem Betrieb können noch verbessert werden bieten aber bei konsequenter Nutzung schon heute klare Vorteile.

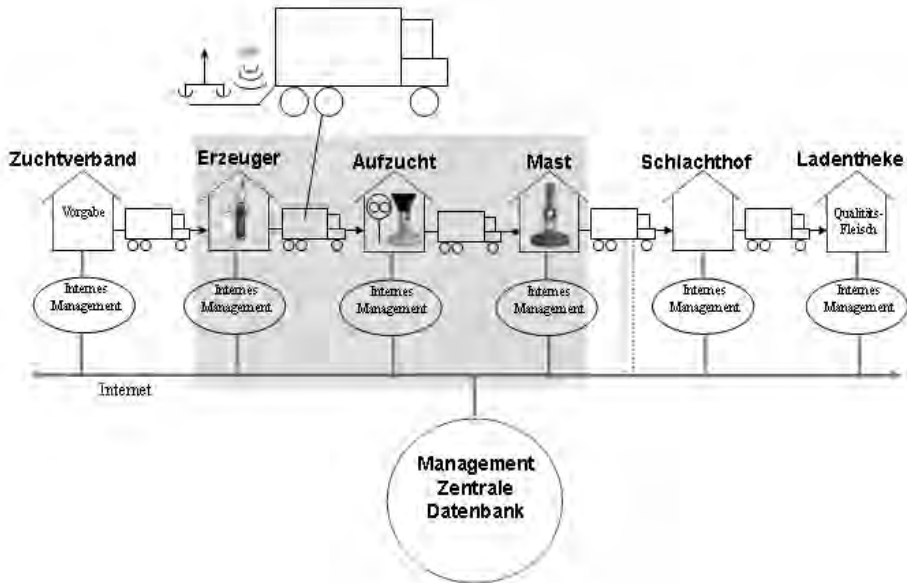


Abb. 4: Betriebsübergreifender Datenaustausch
Firm spreading data exchange

Erfahrungen mit verschiedenen Formen der Gruppenhaltung tragender Sauen in der Schweiz

Experiences with Different Group-housing Systems for Dry Sows

ROLAND WEBER¹, BEAT WECHSLER², KATHARINA FRIEDLI²

¹ Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, CH-8356 Ettenhausen

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

Schlüsselwörter: Sauenhaltung, Gruppenhaltung, tragende Sauen

Keywords: housing of sows, group-housing, dry sows

Zusammenfassung

In der Schweiz besteht die gesetzliche Vorschrift, dass tragende Sauen in Gruppen gehalten werden müssen (mit Übergangsfrist bis 2007). Der Staat und Großverteiler bieten auf freiwilliger Basis Förder-, bzw. Label-Programme an, deren Vorschriften für die Tierhaltung über die Mindestanforderungen der Tierschutzgesetzgebung hinausgehen. Diese Rahmenbedingungen haben dazu geführt, dass die Mehrheit der tragenden Sauen bereits in Gruppenhaltungssystemen gehalten wird.

Neben traditionellen Gruppenhaltungsverfahren in Kleingruppen werden bei Neu- und Umbauten zunehmend Systeme mit Abruffütterungsanlagen eingebaut. Dabei setzen sich in der Schweiz vor allem Abruffütterungsanlagen mit Mehrfachstationen durch. Gegenüber dem Ausland werden relativ wenige Sauen pro Futterstation gehalten, die Liegeflächen werden eingestreut und den Sauen wird Raufutter als Beschäftigungsmaterial angeboten. Mit diesen Maßnahmen können die Aggressionen im Wartebereich der Futterstationen reduziert werden.

Summary

In Switzerland, the law requires that dry sows be kept in groups (transitional period until 2007). The government and large supermarket chains provide incentives and label programmes on a voluntary basis. The requirements made by these programmes go beyond the requirements of the Swiss Federal Act on Animal Protection. This legal framework explains why most pregnant sows are kept in groups.

Apart from traditional housing systems for small groups, group housing systems involving electronic sow feeding (ESF) are being increasingly installed in new and refurbished buildings. In Switzerland, ESF systems equipped with multiple feeding stations can be increasingly encountered in practical use. As compared to the situation in other countries, the number of sows per feeding station is relatively low, the lying areas are littered, and the sows are offered roughage as occupation material. These measures help to reduce aggressive behaviour in the waiting area of the feeding stations.

1 Gesetzliche Rahmenbedingungen, Förderprogramme und Labelproduktion

Gemäss der EU-Richtlinie 2001/88/EG (EU-Richtlinie, 2001) müssen Sauen und Jungsauen im Zeitraum zwischen der fünften Woche nach dem Decken und einer Woche vor dem Abferkeln in Gruppen gehalten werden. Für Neu- und Umbauten in der EU gilt diese Bestimmung ab dem 1. Januar 2003 und für alle anderen Betriebe ab dem 1. Januar 2013.

Die Schweizer Tierschutzverordnung (TSCHV, 1981) enthält seit 1997 eine ähnliche Bestimmung. Kastenstände für Zuchtsauen dürfen nur noch während der Deckzeit und höchstens während zehn Tagen verwendet werden. Die Übergangsfrist zur Umsetzung dieser Bestimmung dauert bis zum 1. Juli 2007.

Über die Mindestanforderungen der Tierschutzgesetzgebung hinaus bietet der Staat auf freiwilliger Basis zwei Förderprogramme als Anreiz für eine tiergerechte Haltung an. Die Anforderungen an die Tierhaltung im Rahmen dieser Förderprogramme werden in der „Verordnung über besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme“ (BTS-Verordnung, 1998) und in der „Verordnung über den regelmäßigen Auslauf von Nutztieren im Freien“ (RAUS-Verordnung, 1998) geregelt. Die beiden Förderprogramme können kumuliert werden, d.h. es können Beiträge für BTS und RAUS oder nur für eines der beiden beantragt werden. Im Jahr 2002 wurden für jedes dieser Programme 27.80 pro Zuchtschwein und Jahr bezahlt.

Zusätzlich bieten private Organisationen und Großverteiler sogenannte Labels an, deren Vorschriften für die Tierhaltung in einzelnen Bereichen oder bei einzelnen Tierkategorien über jene der beiden staatlichen Förderprogramme hinausgehen. Für Mastschweine aus der Labelproduktion werden um etwa 0.55 bis 0.76 höhere Schlachtpreise bezahlt als für Schweine aus Produktion gemäss Mindestanforderungen der Tierschutzverordnung. Dies entspricht etwa einem Mehrerlös von 20 %. Voraussetzung für die Beteiligung an einem Label ist die Einhaltung der Vorschriften von BTS und bei einigen Labels auch das Erfüllen der Vorschriften von RAUS. Die Bestimmungen zur Haltung tragender Sauen gehen bei den Labels in einigen wenigen Punkten noch über die Bestimmungen von BTS und RAUS hinaus. Je nach Label, bei dem ein Schweinehalter mitmacht, kann er demnach einen oder beide Beiträge der staatlichen Förderprogramme beziehen und zusätzlich einen höheren Schlachtschweinepreis erzielen. Die Labelproduktion im Schweinesektor hat zur Zeit einen Anteil von etwa 40 % an der gesamten Produktion.

2 Haltungsverfahren bei tragenden Sauen

Für den Bezug von jährlichen staatlichen Fördermitteln sowie für Mehrerlöse aus Labelprogrammen ist die Gruppenhaltung von tragenden Sauen Voraussetzung. In der Schweiz sind verschiedene Gruppenhaltungssysteme in Gebrauch. Kleinere und mittlere Betriebe arbeiten oft mit Zwei- oder Dreifächensystemen mit manueller Futterzuteilung. Die Zweifächensysteme bestehen aus einem Liegebereich und einem Aktivitäts-/Kotbereich. Die Fütterung erfolgt an mit Schulterblenden unterteilten Trögen. Dabei können die Sauen allerdings nicht individuell gefüttert werden. Die Dreifächensysteme, die aus einem Liegebereich, Fressständen und einem Aktivitäts-/Kotbereich bestehen, erlauben dagegen eine individuelle Fütterung. Bei den Zwei- und Dreifächensystemen ist der Liegebereich als Festfläche ausgebildet und der Aktivitäts-/Kotbereich üblicherweise perforiert. Einstreu auf

der Liegefläche ist gesetzlich nicht vorgeschrieben, außer beim Bezug von Beiträgen im Rahmen von BTS und bei den Label-Programmen.

Die herkömmliche Abruffütterung mit nur einer Futterstation pro Gruppe fand in der Schweiz ab Ende der 1980er-Jahre bis Mitte der 1990er-Jahre eine gewisse Verbreitung. Heutzutage werden in mittleren und größeren Betrieben (bei Umbauten oft auch in kleineren Betrieben) jedoch Abruffütterungen mit Mehrfachstationen eingebaut, von denen in der Schweiz mehrere Fabrikate auf dem Markt sind. Im Gegensatz zur herkömmlichen Abruffütterung besteht dieses System aus mehreren Stationen, die wegen des Vorderausgangs schräg versetzt nebeneinander angeordnet sind. Vereinfacht ausgedrückt handelt es sich dabei um Selbstfangkastenstände mit Tiererkennung und automatischer Futterausdosierung. Bei einigen Fabrikaten wird die Eingangstüre durch den Fütterungscomputer ver- und entriegelt, bei anderen Fabrikaten schließt sich die Sau selbst ein und gibt die Eingangstüre wieder frei, wenn sie die Station verlässt. Die Investitionskosten für eine Abruffütterung mit Mehrfachstationen liegen im selben Bereich wie die für eine herkömmliche Abruffütterung.

Die Abruffütterung mit Mehrfachstationen wurde entwickelt, da bei der herkömmlichen Abruffütterung Probleme mit Aggressionen im Wartebereich der Futterstation auftreten können (WEBER und FRIEDLI, 1991). Mit den Mehrfachstationen reduziert sich die Fütterungszeit für die Gesamtgruppen und damit die Häufigkeit von Verdrängungen im Wartebereich der Futterstationen.

Im Rahmen des in der Schweizer Tierschutzgesetzgebung verankerten Prüf- und Bewilligungsverfahrens für serienmäßig hergestellte Stalleinrichtungen (eine Bewilligung wird nur erteilt, wenn ein System tiergerecht ist) wurden verschiedene Fabrikate von Abruffütterungen mit Auflagen bewilligt. So dürfen pro Station bei der herkömmlichen Abruffütterung maximal 36 und bei der Abruffütterung mit Mehrfachstationen in Abhängigkeit von der Gruppengröße 12 bis 20 Sauen gehalten werden. Die Gesamtfläche pro Sau muss mindestens 2,5 m² betragen und die Liegefläche muss eingestreut sein. Zusätzlich muss beim Start eines Futterzyklus Raufutter (Stroh, Heu, Silage, usw.) angeboten werden. Diese Auflagen gewährleisten, dass sich die Sauen ausreichend beschäftigen können und ihr Interesse nicht nur auf die Futterstation gerichtet ist. Da dadurch die Aggressionen im Wartebereich der Futterstationen wesentlich reduziert werden können (WEBER und FRIEDLI, 1991), sind Abruffütterungssysteme in der Schweiz bei Neu- und Umbauten bei Betrieben ab einer Bestandesgröße von etwa 40 Sauen Standard.

Die Dribbelfütterung ist nur vereinzelt anzutreffen. Dies dürfte darin begründet sein, dass in kleineren Betrieben, für die dieses System in Frage käme, die arbeitswirtschaftlichen Vorteile einer automatischen Fütterung die höheren Investitionskosten der Dribbelfütterung gegenüber Zweiflächenbuchten mit manueller Futterzuteilung nicht aufwiegen.

3 Bisherige Erfahrungen mit der Gruppenhaltung von Sauen

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Aggressionen um die Futterstationen bei der Abruffütterung kein Problem darstellen, sofern diese mit den erwähnten Managementmaßnahmen betrieben wird. Großgruppen bringen sogar den Vorteil, dass kaum Rankämpfe auftreten, wenn die Sauen nach dem Decken wieder in die Gruppe eingegliedert werden, da sich diese auch nach fünf- bis siebenwöchiger Abwesenheit noch kennen (DEININGER, 1998). Jungsauen können ebenfalls problemlos in Großgruppen eingegliedert werden.

Nachteilig bei Großgruppen mit Abruffütterung sind dagegen die verminderte Übersicht und die erschwerte Kontrolle der einzelnen Sauen. Für viele mittlere und größere Betriebe, die sich bei einem Um- oder Neubau für die Haltung der Sauen in Kleingruppen entschieden haben, war diese erschwerte Kontrolle der Grund, nicht eine Abruffütterung einzubauen.

Kleingruppen haben den Vorteil der einfacheren Kontrolle der Sauen. Nachteilig ist aber, dass eine automatische individuelle Fütterung nicht möglich ist. Deshalb werden bei einer automatischen Fütterung alle Sauen einer Gruppe mit der selben Ration gefüttert. Gerade bei kleineren und mittleren Betrieben ist es aber schwierig, Gruppen mit Sauen ähnlicher Konstitution zusammenzusetzen. Ein weiterer Nachteil sind die Rangkämpfe, die etwas heftiger ablaufen als in der Großgruppe, da nicht immer Sauen gruppiert werden können, die schon in der vorhergehenden Trächtigkeit zusammen waren und sich somit kennen würden.

3.1 Gruppieren von Sauen

Es wird immer wieder davon gesprochen, dass das Gruppieren von Sauen unmittelbar nach dem Decken zu kleineren Würfen führt, weil sich die befruchteten Eier noch nicht eingenistet haben. In der Schweiz werden die Sauen in fast allen Betrieben, die die Sauen in Gruppen halten, kurz nach dem Decken gruppiert.

In einer Untersuchung wurde das Management beim Gruppieren in 57 Betrieben erhoben (DEININGER, 1998). Zusätzlich erfolgte ein experimenteller Vergleich von zwei Absatzbuchten („Arena“ mit Sichtblenden als Strukturierung und unstrukturierte Bucht) im Versuchsstall der FAT. Aus den Ergebnissen dieser Studie kann gefolgert werden, dass die Bucht, in der Sauen gruppiert werden, eine Fläche von mindestens 2,2 m² pro Tier aufweisen sollte, um Verletzungen zu vermeiden. Zudem sollten die Sauen nur einmal während der Trächtigkeit gruppiert werden. Die Anzahl der Kämpfe lässt sich durch das Wiedergruppieren vertrauter Sauen senken. Fressliegebuchten sind für das Gruppieren ungeeignet. Unterlegene Sauen flüchten oft in die Kastenstände, die jedoch Sackgassen sind. Dies führt dazu, dass sie dort von hinten gebissen werden. Der Anteil der Vulvaverletzungen ist deshalb in Systemen mit Fressliegebuchten höher als in anderen Buchten.

Eine neuere Untersuchung (BAUER und HOY, 2003) konnte zeigen, dass eine Gruppenbildung direkt nach dem Besamen im Vergleich mit einer späteren Gruppenbildung zu weniger Rangordnungskämpfen führt.

4 Fazit und Ausblick

Allgemein kann aus den bisherigen Erfahrungen mit der Gruppenhaltung tragender Sauen in der Schweiz geschlossen werden, dass wenig Probleme auftreten. Dies liegt hauptsächlich daran, dass bei den meisten Neu- und Umbauten die Vorgaben von BTS, RAUS oder Label-Programmen berücksichtigt wurden. Durch das relativ großzügige Flächenangebot und die Beschäftigungsmöglichkeiten werden Aggressionen unter den Sauen stark reduziert. Dies gilt insbesondere für Haltungssysteme mit Abruffütterung, wo im Rahmen des Prüf- und Bewilligungsverfahrens für serienmäßig hergestellte Stalleinrichtungen Auflagen bezüglich Anzahl Sauen pro Station, Flächen und Beschäftigungsmöglichkeiten gemacht wurden.

In Zukunft wird die Labelproduktion in der Schweiz durch die Großverteiler wahrscheinlich noch weiter ausgedehnt werden. Einige Labelprogramme suchen nach Möglichkeiten, wie Sauen auch während der Deckzeit in Gruppen gehalten werden können. Denn aus der Sicht der Kunden, die bereit sind, mehr für Labelprodukte zu bezahlen, ist die Kastenstandhaltung während der Deckzeit noch unbefriedigend.

Literatur

BAUER, J.; HOY, S. (2003): Zur Häufigkeit von Rankämpfen beim ersten und wiederholten Zusammentreffen von Sauen zur Gruppenbildung. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2002. KTBL-Schrift (in Press).

BTS-VERORDNUNG (1998): Verordnung des EVD über besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme. SR 910.132.4. Eidgenössische Drucksachen und Materialzentrale (EDMZ), Bern.

DEININGER, E. (1998): Gruppierung von Galtsauen. Sind aggressive Auseinandersetzungen und Verletzungen beim Zusammenstellen von Galtsauengruppen beeinflussbar? FAT-Berichte Nr. 519. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon.

EU-RICHTLINIE (2001): Richtlinie 2001/88/EG des Rates vom 23. Oktober 2001 zur Änderung der Richtlinie 91/630/EWG über Mindestanforderungen für den Schutz von Schweinen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 316/1.

RAUS-VERORDNUNG (1998): Verordnung des EVD über den regelmäßigen Auslauf von Nutztieren im Freien. SR 910.132.5. Eidgenössische Drucksachen und Materialzentrale (EDMZ), Bern.

TSCHV (1981): Schweizer Tierschutzverordnung. SR 455.1. Eidgenössische Drucksachen und Materialzentrale (EDMZ), Bern.

WEBER, R.; FRIEDLI, K. (1991): Abruffütterung für Zuchtsauen - Ergebnisse und Schlussfolgerungen. FAT-Berichte Nr. 410. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon.

Bewegungsbucht im Abferkelstall: Auswirkungen auf das Aktivitätsverhalten der Sauen in den 48 Stunden ante und post partum

A non Confined Farrowing System: Influences to the Activity Behaviour of Sows 48 Hours Ante and Post Partum

ENGEL F. HESSEL¹, HERMAN VAN DEN WEGHE²

¹ Institut für Agrartechnik der Georg-August-Universität, 37075 Göttingen

² Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft der Georg-August-Universität Göttingen, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Sauen, Abferkelbucht, Aktivitätsverhalten

Keywords: sows, farrowing pen, activity behaviour

Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wird das Aktivitätsverhalten von Sauen in strohlosen Abferkelbuchten mit Bewegungsfreiraum mit dem von Tieren im konventionellen Kastenstand verglichen. Hierfür wurde das Verhalten der Tiere an den beiden Tagen vor und nach dem Abferkeln erfasst. Als Verhaltensmerkmale wurden die Aktivitäten Stehen, Sitzen, Bauch-, Schräg- und Seitenlage sowie in der Bewegungsbucht Laufen und die Position im Raum herangezogen.

Im Vergleich zu Sauen im Kastenstand führt die Haltung von Sauen in einer Bewegungsbucht zu einer Erhöhung der Anzahl an Aktivitätswechseln an allen Beobachtungstagen. In den 24 Stunden vor dem Abferkeln sind die Sauen in der Bewegungsbucht aktiver und nehmen signifikant häufiger und insgesamt länger stehende Aktivitäten (Stehen und Laufen) ein. In diesem Zeitraum wird besonders die Bewegungsmöglichkeit im Raum ausgenutzt. Hinsichtlich der Ferkelverluste unterscheiden die Systeme sich nicht voneinander.

Summary

In this investigation a farrowing pen allowing locomotion for the sow is compared with the conventional farrowing crate, regarding activity behaviour. Therefore the behaviour of sows was recorded both on the two days pre partum and post partum and also on the 20th and 21st day after farrowing. The activities standing, sitting, lying ventral, lying lateral and lying tilted as well as walking and position within the pen of sows housed in pens were taken in consideration.

In comparison to sows housed in farrowing crates the housing in farrowing pens leads to a higher number of activity changes. 24 hours before farrowing sows housed in pens were more active. They chose significantly more often and for a longer time of the day upright positions (standing and walking). Especially in this time sows used the possibility to move within the pen. Both housing systems do not differ concerning piglets losses.

1 Einleitung

In der modernen Sauenhaltung hat sich im Abferkelstall die strohlose Haltung im Kastenstand durchgesetzt, da dieses System eine Steigerung der Produktivität in der Ferkelerzeugung ermöglichte. In den letzten Jahren ist diese Form der Aufstallung immer stärker in Kritik geraten. Den Hauptangriffspunkt bildet dabei die Tiergerechtigkeit dieses Haltungssystems, vor allem die Bewegungseinschränkung der Sauen wird dabei als Negativ angesehen (LAWRENCE et al., 1994). Laut AREY (1993) sind aus Sicht der Tiergerechtigkeit Kastenstände während der Geburt nicht tolerabel, da diese nicht einmal die Grundbedürfnisse der Sauen befriedigen. Es ist denkbar, dass neue politische Vorgaben für eine artgerechtere Haltung von säugenden Sauen, wie es schon in nordeuropäischen Ländern der Fall ist, auch bei uns erlassen werden.

Aus diesen Gründen ist es sinnvoll, Alternativen zu dem konventionellen Kastenstand im Abferkelbereich umfassend zu prüfen. Die Auswirkungen der Bewegungsbucht zum geburtsnahen Zeitraum werden in diesem Beitrag näher untersucht.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden über einen Zeitraum von einem Jahr in einem zwangsbelüfteten Abferkelabteil der Größe 6 m x 10 m durchgeführt. Auf der linken Seite des Abteiles befanden sich vier Bewegungsbuchten, rechts vom Futtergang waren vier Buchten mit Kastenständen angeordnet. Alle acht Buchten verfügten über identische Fußböden und Ferkelnester.

Die Kastenstände war in Diagonalaufstellung in Buchten mit der Größe 2,40 m x 1,95 m aufgestellt. Der Stand bot in der Breite eine Verstellmöglichkeit von 0,49 m–0,72 m. Der Trog sowie das Ferkelnest befanden sich an der Wandseite.

Die äußere Abmessung der Bewegungsbucht betrug 2,70 m x 2,35 m. In dieser Bucht stand der Sau ein etwa 4 m² großer Bewegungsraum zur Verfügung (Abb. 1). Der Trog war wandständig angeordnet, die Ferkelnester befanden sich am Futtergang.

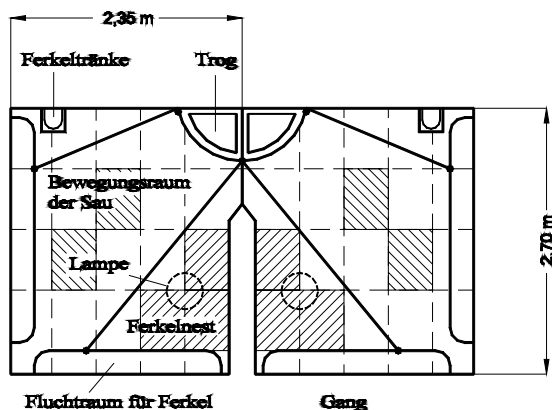


Abb. 1: Grundriss der Bewegungsbucht

Bei den Tieren handelte es sich um BHZP-Sauen, die im Wartestall in Gruppe mit Abfütterung gehalten wurden. Fünf Tage vor dem errechneten Geburtstermin wurden die Sauen in die Abferkelbuchten umgestallt. Während des gesamten Versuches ferkelten 36 Sauen ($\bar{X}$ 4,2 Würfe $\pm$ 2,4) in den Bewegungsbuchten, 31 Sauen ($\bar{X}$ 4,0 Würfe $\pm$ 2,6) wurden im Abferkelstall in einer Bucht mit Kastenstand gehalten. Routinemäßig wurden nach dem Abferkeln die Anzahl der tot und lebend geborenen Ferkel registriert. Bei verendeten Ferkeln wurden Gewicht, Geschlecht, Lebenstag und Tageszeit erfasst.

Das Verhalten der Sauen an den beiden Tagen vor und den beiden Tagen nach dem Abferkeln sowie am 20. und 21. Tag p.p. wurde mit Hilfe der Ereignis-Teil-Methode ausgewertet. Hierfür standen Videoaufzeichnungen der Sauen zur Verfügung, die kontinuierlich während des gesamten Versuchszeitraumes angefertigt wurden. Als Aktivitätsmerkmale wurden Seitenlage, Schräglage, Bauchlage, Stehen und Sitzen so wie zusätzlich in der Bewegungsbucht Laufen und Position im Raum berücksichtigt. Eine Veränderung der durchgeführten Aktivitäten wurde als Aktivitätswechsel definiert. An den Beobachtungstagen wurde über einen Zeitraum von 24 Stunden die jeweils ausgeübten Aktivitäten und ihre Dauer registriert. Insgesamt standen 16841 Einzelbeobachtungen von 27 Sauen für die statistische Bearbeitung zur Verfügung. Zwölf dieser Sauen wurden in den Bewegungsbuchten und 15 Tiere in Kastenständen gehalten. Die varianzanalytische Auswertung erfolgte mit der Prozedur „mixed“ des Programmpaketes „SAS“, hierbei wurden die fixen Effekte Haltung, Beobachtungstag, Wurflasse sowie die Interaktion Haltung*Beobachtungstag und der zufällige Effekt der Sau berücksichtigt.

Für die varianzanalytische Auswertung der Häufigkeiten und der Gesamtdauer der Aktivitäten wurden Tagesmittelwerte der Tiere herangezogen, diese unterlagen einer Normalverteilung. Die Daten der Dauer der einzelnen Aktivitäten mussten mit Hilfe einer logarithmischen Transformation in eine Normalverteilung überführt werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Aktivitätswechsel

Im Vergleich zu den Tieren im Kastenstand kann bei den Sauen in der Bewegungsbucht an allen sechs Beobachtungstagen eine höhere Anzahl von Aktivitätswechseln festgestellt werden (Abb. 2). Mit 220 bzw. 197 Aktivitätswechseln in den 24 Stunden vor dem Abferkeln ist die Anzahl der Wechsel signifikant am höchsten im Vergleich zu den anderen Beobachtungstagen. Die Sauen sind in den 24 a.p. unruhiger und wechseln im Mittel alle 6,5 Minuten (Bewegungsbucht) bzw. 7,3 Minuten (Kastenstand) ihre Aktivität. Dieser Anstieg der Anzahl der Aktivitäten vor dem Abferkeln kann auf das vorgeburtliche Verhalten der Sauen zurückgeführt werden.

Die geringste Anzahl an Aktivitätswechseln wurde an den beiden Tagen nach dem Abferkeln registriert. Im Kastenstand wechselten die Sauen an diesen beiden Tagen im Mittel alle 24,8 Minuten (58 Wechsel) bzw. 27,2 Minuten (53 Wechsel) ihre Aktivität. In den ersten 24 Stunden p.p. konnte bei den Sauen aus der Bewegungsbucht mit 79 Aktivitätswechseln eine etwas höhere Anzahl im Vergleich zu den Tieren im Kastenstand festgestellt werden. Bereits am zweiten Tag p.p. wechselten die Tiere in der Bewegungsbucht signifikant mehr als doppelt so oft ihre Aktivität im Vergleich zu den Tieren aus der konventionellen Haltung, es wurden im Mittel 112 Aktivitätswechsel registriert.

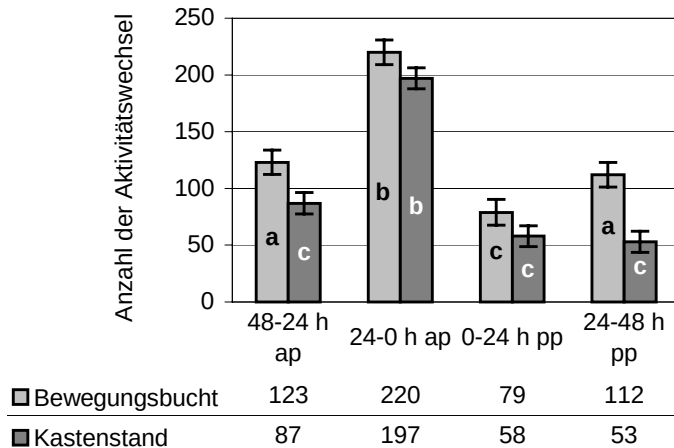


Abb. 2: Least Square Means (LSM) und Standard Error (SE) der Aktivitätswechsel je Sau in Abhängigkeit vom Beobachtungstag und vom Haltungssystem. LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden ($P < 0,05$)

3.2 Aktives Verhalten

Das aktive Verhalten der Sauen setzt sich aus den Aktivitäten Sitzen, Stehen und Laufen zusammen. An den beiden Tagen ante partum sind die Sauen in der Bewegungsbucht um 6,24 % (1,5 Stunden) bzw. 10,13 % (2,3 Stunden) signifikant aktiver (Abb. 3). In den 48 Stunden nach dem Abferkeln nimmt der Anteil des aktiven Verhaltens der Sauen in beiden Haltungssystemen nur noch 5,9 % bzw. 8,16 % in der Bewegungsbucht und 5,78 % bzw. 5,79 % im Kastenstand ein.

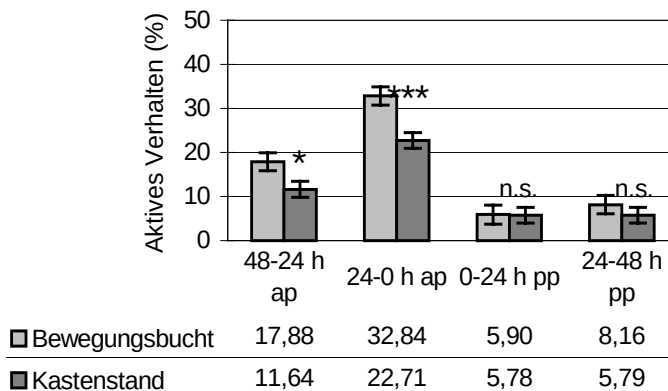


Abb. 3: Least Square Means (LSM) und Standard Error (SE) des aktiven Verhaltens in Abhängigkeit vom Beobachtungstag und vom Haltungssystem

3.3 Laufen

Sauen in der Bewegungsbucht haben die Möglichkeit zu Laufen und nutzen die an allen Beobachtungstagen (Abb. 4). Am ersten Beobachtungstag konnten im Durchschnitt 20,59 Laufaktivitäten je Sau beobachtet werden. Signifikant am häufigsten nahmen die Sauen die Bewegungsmöglichkeit mit 43,59 Laufaktivitäten in den 24 Stunden vor dem Abferkeln in Anspruch. An den beiden Tagen post partum konnten nur noch 10,23 bzw. 13,34 Laufaktivität je Sau und Tag festgestellt werden.

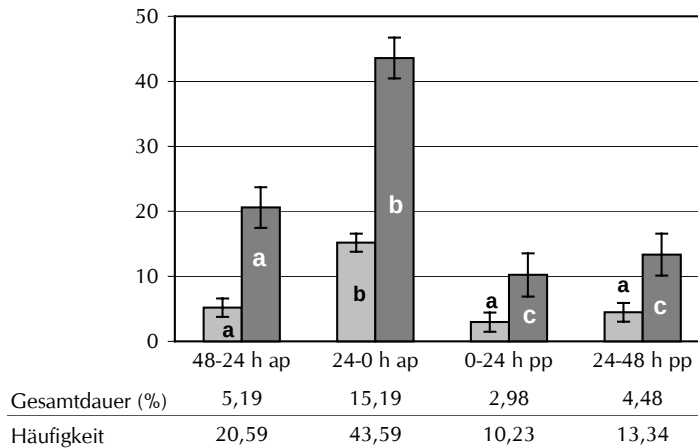


Abb. 4: Least Square Means (LSM) und Standard Error (SE) der Aktivitätswechsel je Sau in Abhängigkeit vom Beobachtungstag und vom Haltungssystem. LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden ($P < 0,05$)

Insgesamt nimmt die Aktivität Laufen in den 24 Stunden vor dem Abferkeln 15,19 % der Beobachtungszeit ein, so laufen die Sauen vor der Geburt mit 3,6 Stunden der Beobachtungszeit signifikant mehr als an den anderen Tagen. HASKELL et al. (1997) beobachteten ebenfalls das hohe Bedürfnis der Sauen vor der Geburt zu laufen. Sie beobachteten, dass Sauen ohne Bewegungseinschränkungen vor der Geburt eine Strecke von bis zu sechs Kilometern zurücklegen, diese Aktivität steigt 20 Stunden ante partum an. Besonders an den beiden Tagen post partum sinkt der Anteil des Laufens deutlich ab, lediglich 2,98 % bzw. 4,48 % der Beobachtungszeit wird mit Bewegung in der Bucht verbracht.

3.4 Reproduktionsleistung

Hinsichtlich der gesamten Ferkelverluste konnte kein signifikanter Einfluss zwischen den Haltungssystem festgestellt werden (Tab. 1). Die Verlustrate in der Bewegungsbucht lag bei 17 % , im Kastenstand betrug diese 19,5 %. In der Bewegungsbucht verendeten mehr Ferkel aufgrund von Erdrückungen, wogegen im Kastenstand mehr Ferkel an Lebensschwäche starben.

Tab. 1: LSM und SE der Reproduktionsdaten der Sauen in Abhängigkeit vom Haltungssystem

Anzahl	Bewegungsbucht (36 Sauen)		Kastenstand (31 Sauen)		Pr > t
	LSM	SE	LSM	SE	
Leb. geb. Ferkel	11,14	0,46	11,61	0,50	0,4861
Abgesetzte Ferkel	9,58	9,84	9,84	0,45	0,6813
Verluste	1,53	1,68	1,68	0,26	0,6784

In der Bewegungsbucht lag der Anteil von Sauen ohne Ferkelverluste bei 25 %, im Kastenstand wiesen 23 % der Sauen keine Ferkelverluste auf. Auch der Anteil der Sauen, bei denen Erdrückungsverluste beobachtet wurden, lag bei beiden Haltungssystemen mit 44 % in der Bewegungsbucht und 43 % im Kastenstand auf gleichem Niveau.

Diese Untersuchungen wurden dankenswerterweise von der Lehr- und Versuchsanstalt Futterkamp der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein unterstützt.

Literatur

AREY, D.S. (1993): The welfare of pigs in confined and non confined farrowing systems. Pigs News and Information 14/2, 81N-84N.

HASKELL, M. J.; HUTSON, G. D.; DICKENSON, L. G., PALMER, S. (1997): The pre-farrowing behaviour of sows with operant access to space for locomotion. Applied Animal Behaviour Science 51, 51-58.

LAWRENCE, A. B.; PETHERICK, J. C.; McLEAN, K. A.; DEANS, L. A.; CHIRNSIDE, J.; VAUGHAN, A.; CLUTTON, E.; TERLOUW, E. M. C. (1994): The effect of environment on behaviour plasma cortisol and prolactin in parturient sows. Applied Animal Behaviour Science 62, 43-59.

Gruppenhaltung tragender Sauen: Abrufstation und Zweiraumbucht mit offenen Fressständen – Vergleich des Tierverhaltens

Group Housing of Pregnant Sows: Demand Feeding System and Groups with Open Feeding Stalls – Comparison of Animal's Behaviour

CHRISTINA JAIS, SANDRA TUTSCH, FRANZ MEISL, EVA NOACK

Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 85586 Poing-Grub

Schlüsselwörter: Sauen, Verletzungen, Körperhülle, Verhalten, Futteraufnahme
Keywords: sows, injuries, integument, behaviour, feeding

Zusammenfassung

In beiden Systemen wurden die Verletzungen der Körperhülle der Sauen bewertet und ein Index berechnet. In beiden Haltungsverfahren stieg der Verletzungsindex nach dem Zusammenführen der Sauen in eine Gruppe deutlich an. Insgesamt ergab sich jedoch kein Unterschied zwischen den beiden Systemen.

Während der Fütterung in den offenen Fressständen ereigneten sich keine, im Wartebereich vor dem Eingang zur Abrufstation nur wenige heftige Kämpfe zwischen den Tieren.

Summary

In both systems the injuries of the sow's integument was classified and an index was calculated. In both housing systems the index of injuries rose significantly after bringing the sows together in group. There was no difference in injuries between the two systems.

There occurred no intensive aggressive interactions during feed intake in open feeding stalls. Only a few intensive aggressive interactions occurred in the waiting area in front of the entrance of a demand feeding system.

1 Einleitung

In Kürze müssen alle landwirtschaftlichen Betriebe ihre tragenden Sauen spätestens ab der 5. Trächtigkeitswoche in Gruppen halten. Dazu brauchen sie zuverlässige Entscheidungskriterien, Gestaltungshinweise und Managementempfehlungen.

Gespräche mit Landwirten zeigen, dass jedoch selbst bei der Abrufstation das Wissen der Forschung noch nicht bis zur Praxis durchgedrungen ist. Gestaltungsfehler führen häufig zu Unzufriedenheit mit dieser Form der Gruppenhaltung.

Zweiraumbuchten mit verschließbaren Einzelfressständen und gemeinsamem Laufbereich finden in der Praxis viel Zuspruch, sind aber anspruchsvoll hinsichtlich der Raumeinteilung und führen wohl nicht zu einer echten Herdenbildung. Zweiraumbuchten mit offenen Fressständen, die nur als kurze Fressplatzteiler ausgebildet sind, unterstützen die Herdenbildung und eignen sich besser für Umbaulösungen. Offen ist hier jedoch die Frage nach dem vielleicht aggressiven Verhalten der Sauen vor allem während der Futtervorlage, wenn diese auf einmal von Hand oder aus herkömmlichen Vorratsbehältern erfolgt.

Im Folgenden werden Untersuchungen an zwei Betrieben zu diesen Haltungsverfahren vorgestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Betrieb A: Abrufstation für bis zu 60 tragende und leere Sauen

Bei insgesamt knapp 100 Pietrain-Sauen werden alle 21 Tage etwa 12 bis 14 Sauen unmittelbar nach dem Absetzen der Ferkel aus dem Abferkelstall in die Gruppe an der Abrufstation gebracht. Am dritten Tag nach dem Einstallen werden alle neueingestellten Tiere aus der Gruppenbucht in die Einzelstände des benachbarten Deckbereiches gebracht, wo sie eine knappe Woche über die Belegung bis zum Abklingen der Rauschesymptome verbleiben.

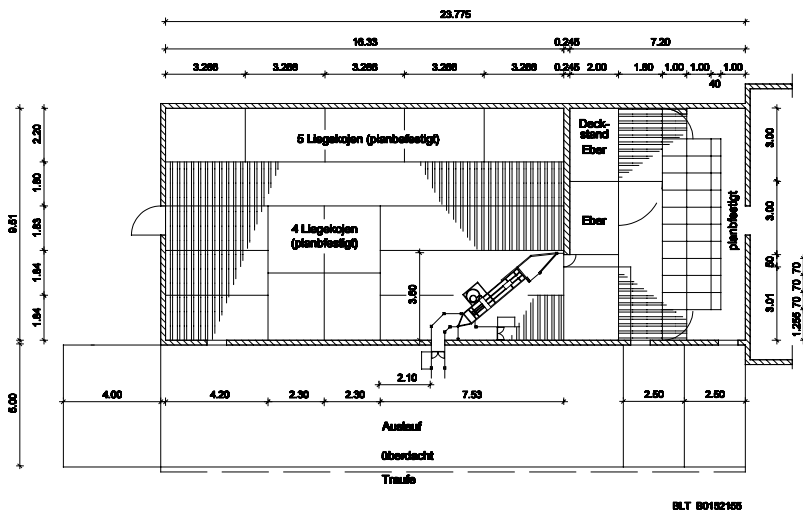


Abb. 1: Wartestall mit Abrufstation

Die Gruppenbucht bietet für maximal 60 Sauen 2,5 m² je Tier, davon 1 m² in insgesamt 9 Liegekojen mit geschlossenem Boden (Abb. 1). Zusätzlich stehen 1,9 m² teilüberdachte Außenauslauffläche je Tier zur Verfügung. Um die Abrufstation der Firma Schauer ist ein großzügiger Warteraum angeordnet. Die Sauen werden beim Verlassen der Abrufstation zwangsweise in den Auslauf geleitet und können den Stall nur durch einen einzigen Eingang am anderen Stallende wieder betreten. Im Auslauf stehen zwei Strohraufen zur Verfügung. Im Wartebereich vor der Futterstation befinden sich vier Tränkestellen.

2.2 Betrieb Z: Zweiraumbucht mit offenen Einzelfressständen für bis zu 19 tragende und leere Sauen

Bei insgesamt etwa 140 DL-Sauen werden alle 21 Tage ungefähr 20 Sauen unmittelbar nach dem Absetzen der Ferkel aus dem Abferkelstall in die Gruppenbucht gebracht. Diese 20 Tiere bleiben dann bis zum nächsten Wurf zusammen, lediglich nach der Belegung bzw. nach der Trächtigkeitsuntersuchung in der vierten Trächtigkeitswoche werden die nicht tragenden Sauen gegen trächtige Jungsaugen ausgetauscht.

Die Gruppenbucht bietet an den beiden Längsseiten insgesamt 21 Fressplätze, die durch 85 cm tiefe Gitter, die vordere Hälfte von Fressliegeständen, getrennt sind (Abb. 2). Die freie Fläche der Bucht ist gut 4 m tief und vollständig mit Betonspaltenboden ausgerüstet. Jedem Tier stehen 2,20 m² zur Verfügung. Am dritten Tag nach dem Einstellen werden die Sauen in Einzelständen fixiert, indem die hintere Hälfte der Fressliegestände heruntergeklappt wird. Die Tiere werden in den Einzelständen besamt. Erst nach der Trächtigkeitsuntersuchung, am Ende der vierten Trächtigkeitswoche, werden die hinteren Abtrennungen wieder weggeschwenkt und die Sauen erneut in Gruppe gehalten. Die Fütterung erfolgt in diesem System einmal am Tag am Morgen, bislang noch von Hand.

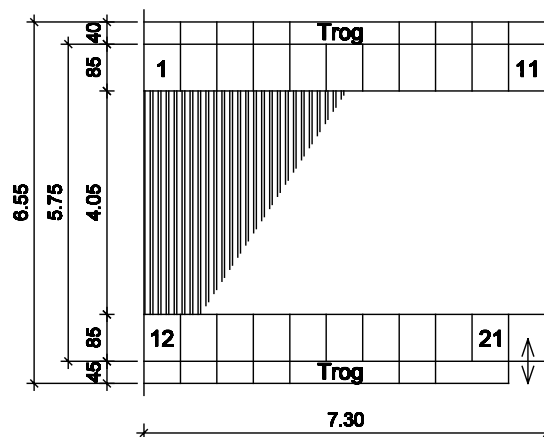


Abb. 2: Zweiraumbucht mit offenen Fressständen (hochgeklappten Fressliegeständen)

2.3 Verletzungen der Körperhülle

In beiden Haltungssystemen wurden zu mehreren Zeitpunkten bei jeweils zwei Sauengruppen die Verletzungen der Körperhülle in den Bereichen Rüsselscheibe, Ohren, Schulter (Schulter plus Hals plus Wangen), Flanke, Schinken und Anogenitalbereich als Folge von kämpferischen Auseinandersetzungen unter den Tieren beurteilt. Dabei wurden die beobachteten Wunden subjektiv nach Zahl, Größe und Tiefe als abgestimmtes Urteil zweier Beobachter in vier Stufen – keine (0 Punkte), leicht (1 Punkt), mittel (2 Punkte) und schwer (3 Punkte) – eingeteilt. Gezählt wurden sowohl frische, noch offene, als auch bereits in Abheilung befindliche Verletzungen. Der durchschnittliche Verletzungsindex je Sauengruppe ergibt sich als mittlere Punktesumme über alle Tiere und alle Körperregionen.

2.4 Verhalten am Fressplatz

Konkurrenz und aggressive Aktionen unter den Sauen im Umfeld des Futterplatzes wurden anhand von Videoaufzeichnungen bestimmt.

In Betrieb A wurden zweimal an je drei aufeinander folgenden Tagen nach dem erstmaligen Einstellen neuer Sauen in die Gruppe und nach der Rückkehr dieser Tiere aus dem Deckbereich alle aggressiven Aktionen im Wartebereich vor dem Eingang der Abrufstation erfasst und subjektiv als schwer (z. B. Bisse, Attacken mit Nachsetzen) bzw. leicht (z. B. einmalige, wenig intensives Schlagen mit dem Kopf) eingestuft. Die angegriffene Körperregion wurde notiert. Die neu zugestellten Tiere waren individuell markiert, so dass ihre aktive oder passive Beteiligung festgehalten werden konnte.

In Betrieb Z wurden zweimal an je zwei aufeinander folgenden Tagen nach der erstmaligen Gruppenbildung und nach der erneuten Zusammenführung der Tiere im Anschluss an die erfolgreiche Trächtigkeitsuntersuchung das Verhalten der Tiere während der morgendlichen Fütterung erfasst. Dabei wurden alle Fressplatzwechsel während der Fütterung gezählt und unterteilt nach Fressplatzwechsel mit Betreten eines leeren Standes und Versuchen, einen besetzten Stand zu betreten. Ebenso wurden aggressive Aktionen im Zusammenhang mit einem Fressplatzwechsel notiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Verletzungen der Körperhülle

Tabelle 1 zeigt die mittleren Verletzungsindices der Tiergruppen beider Systeme zu verschiedenen Zeitpunkten. Da die Sauen bei Betrieb A nur ca. eine Woche im Deckbereich blieben, bei Betrieb Z vier bis fünf Wochen, entspricht für Betrieb A die Beobachtung „4 Tage nach dem Einstellen“ zugleich der Beobachtung „3-5 Tage vor der Rückkehr aus dem Deckbereich“. Beide Haltungssysteme zeigen einen deutlichen Anstieg des Verletzungsindex bei jedem Zusammenführen der Sauen. Es gibt jedoch keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Haltungsverfahren. Methodisch erwies sich die dunkle Pigmentierung der Haut der Pietrain-Sauen für die Beurteilung der Körperhülle als schwierig. Möglicherweise wurden dadurch für das System „Abrufstation“ einige leichtere Wunden nicht gesehen.

Die Verteilung der Verletzungen auf die verschiedenen Körperregionen und Schweregrade zeigen Abbildungen 3 und 4, wobei nur die Beurteilungen an den Tagen unmittelbar nach dem Zusammenführen der Sauen dargestellt werden. In beiden Haltungssystemen war die Schulter die am stärksten betroffene Körperregion. Während für Ohren, Flanke und Schinken die Kategorien „keine“ und „leicht“ dominierten, waren für die Schulter vermehrt mittlere und schwere Verletzungen zu verzeichnen. Eine Konzentration der Verletzungen auf den Schulterbereich war besonders für das System „Zweiraumbucht mit offenen Fressständen“ festzustellen, wobei zwei Erklärungen möglich erscheinen. Die Kämpfe der Sauen fanden durchwegs im freien Raum zwischen den Fressständen statt. Gelegentlich wurde dabei eines der Tiere rückwärts in einen Fressstand gedrängt, wodurch sich die weiteren Angriffe auf die Schulterregion konzentrierten. Möglich sind auch Verletzungen unmittelbar an der Aufstallung, d. h., an den Enden der Fressplatzteiler.

Tab. 1: Durchschnittliche Verletzungsindizes der Sauengruppen

Haltungssystem / Zeitpunkt	Vor dem Einstellen in die Gruppe	4 Tage nach dem Einstellen	Vor der Rückkehr aus dem Deckbereich	3-5 Tage nach der Rückkehr aus dem Deckbereich	7 Wochen nach der Rückkehr aus dem Deckbereich
Abrufstation (Betrieb A, 1 Durchgang)	0,43 ¹⁾	0,86	-	1,03	0,51 ²⁾
Zweiraumbucht (Betrieb Z, 2 Durchgänge)	0,28 ²⁾	1,03	0,37	1,07	0,49 ³⁾

¹⁾ 8 von 43 Sauen im Abferkelstall. ²⁾ 2 Wochen nach der Rückkehr aus dem Deckbereich = Unmittelbar vor dem Einstellen einer neuen Sauengruppe. ³⁾ Alle Sauen im Abferkelstall. ⁴⁾ Diese Beobachtung liegt nur für einen Durchgang vor.

An Rüsselscheibe und Anogenitalregion waren sehr selten und fast nur leichte Verletzungen zu verzeichnen. Schwere Wunden im Anogenitalbereich traten nur zweimal auf, eine Bisswunde bei einem Tier an der Abrufstation und ein etwa 3 bis 4 cm langer Riss bei einem Tier in der Zweiraumbucht. In letzterem Fall kommt als Ursache sowohl eine Attacke einer anderen Sau als auch eine Verletzung an der Aufstallung in Frage.

3.2 Verhalten während der Fütterung in offenen Einzelfressständen

Die Sauen am Betrieb Z erhielten einmal täglich etwa 2,5 kg Getreidemischung in Mehlförmigkeit. Die Futterabgabe erfolgte von Hand, wobei die Zeitspanne von der Gabe der ersten bis zur letzten Portion ca. fünf Minuten betrug. Zum Zeitpunkt der Futterabgabe war der durchgehende Trog mit 2-3 cm Wasser gefüllt, so dass geringe Futtermengen auf dem Wasser zum nächsten benachbarten Fressplatz schwammen.

Die Tiere drängten bereits wenige Minuten vor der Futterabgabe in die Fressstände. Eine Bevorzugung der zuerst bedienten Plätze war besonders am ersten Tag nach dem Einstellen der Sauen zu beobachten und ließ an den folgenden Tagen deutlich nach, ebenso wie die Gesamtzahl an Fressplatzwechsel. Die Tiere lernten sehr schnell, dass alle Plätze mit Futterbedient wurden. In den 5 bis 10 Minuten kurz vor und während der Futterabgabe fanden 50 % aller Fressplatzwechsel statt und 85 % der Versuche, bereits belegte Fressstände zu betreten. In der folgenden Stunde wechselten die Sauen fast ausschließlich in

leere Stände. Im Mittel der vier Beobachtungstage erfolgten je Tier und Tag während der ca. 1,15-stündigen Fütterungszeit 4,1 Wechsel in leere Fressstände. 2,8mal wollten die Sauen bereits belegte Fressstände betreten. Nie führte dieser Versuch zur Vertreibung des dort stehenden Tieres. Leichte aggressive Aktionen wurden bei diesen Versuchen selten beobachtet, schwere Attacken, z. B. Bisse, nie.

3.3 Verhalten während des Wartens vor der Abrufstation

Während der Hauptaktivitätsphase am Morgen und am Vormittag erfolgte ca. alle 13 Minuten ein Tierwechsel in der Abrufstation. Diesem Rhythmus folgte die Anzahl der vor dem Stationseingang wartenden Sauen und der hier beobachteten aggressiven Handlungen. Im Tagesverlauf nahmen die Stationsbesuche ohne Futteraufnahme zu, die Tierwechsel folgten in kürzeren Abständen, die Zahl der wartenden Sauen ging zurück. Insgesamt wurden im Wartebereich der Abrufstation je Tier und Tag 17,2 leichte und 1,6 schwere Attacken vor allem gegen Kopf und Schulter anderer Sauen beobachtet. Angriffe auf die Anogenitalregion kamen nicht vor.

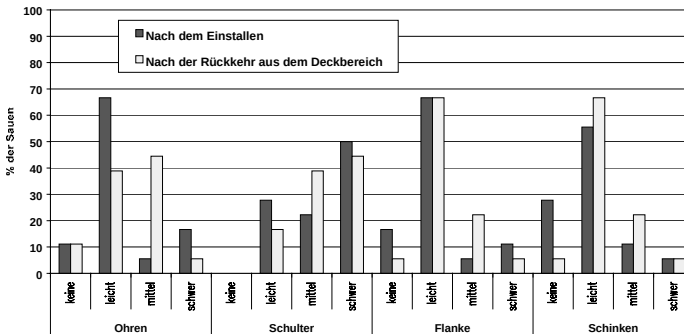


Abb.3: Schweregrad und Verteilung der Verletzungen der Körperhülle von Sauen in einer Zweiraumbucht mit offenen Fressständen

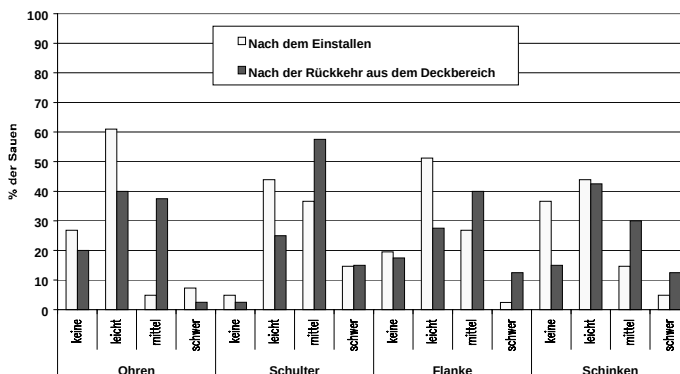


Abb. 4: Schweregrad und Verteilung der Verletzungen der Körperhülle von Sauen an einer Abrufstation

Die Zahl der aggressiven Handlungen an den verschiedenen Tagen zeigte keinen Bezug zum Einstellungstermin der neuen Sauen. Dies legt den Schluss nahe, dass die Auseinandersetzungen vor dem Eingang zur Futterstation der Futterkonkurrenz und nicht den Rankämpfen zuzuordnen sind. Die Beteiligung der neuzugestellten Sauen sowohl als attackierendes Tier als auch als angegriffenes Tier war individuell sehr unterschiedlich. Im Durchschnitt waren die neu zugestellten Sauen gemessen an ihrem Anteil in der Gruppe leicht überdurchschnittlich als Angreifer und deutlich unterdurchschnittlich als „Opfer“ an aggressiven Handlungen vor der Futterstation beteiligt. Drei der neuen Tiere konnten sich von Anfang an sehr gut durchsetzen. Auf sie gehen die meisten aggressiven Aktionen der neueingestellten Tiere zurück. Zwei andere Tiere verhielten sich betont defensiv und kamen z. B. erst spät am Tag zur Futterstation. Für die Eingliederung der neu zur Gruppe kommenden Sauen spielt erwartungsgemäß ihr Charakter und wohl auch ihre Erinnerung an die Rangposition während früherer Trächtigkeiten eine Rolle.

Ein Vergleich von Haltungssystemen mit unterschiedlichem Bewegungsangebot für ferkelführende Sauen hinsichtlich des Aktivitätsverhaltens der Muttertiere und ihrer biologischen Leistung

A Comparison Between Different Farrowing Systems with Regard to the Activity Behaviour of the Sows and their Productivity

BARBARA KAMPHUES¹, HINRICH SNELL², ENGEL HESSEL¹,
HERMAN VAN DEN WEGHE²

¹ Institut für Agrartechnik der Georg-August-Universität Göttingen, Gutenbergstr. 33, 37083 Göttingen

² Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Georg-August-Universität Göttingen, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Bewegungsbucht, Tierverhalten, Produktivität
Keywords: farrowing pen, animal behaviour, productivity

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen der Bewegungsmöglichkeit und der Vorlage von Stroh auf das Aktivitätsverhalten und auf die Produktivität der Sauen untersucht. Es zeigte sich, dass Sauen ein verbessertes Bewegungsangebot sowohl hinsichtlich des Aktivitätsverhaltens als auch bezüglich der Ausrichtung auf der Buchtenfläche nutzen. Ein Anstieg der Aktivität konnte durch das Angebot von Stroh verzeichnet werden. Im Bezug auf die Reproduktionsleistung der Sauen wurde deutlich, dass die gesamten Aufzuchtungsverluste mit 22,5 % sehr hoch waren. Die Aufzuchtungsverluste lagen in Abteil A₁ (Kastenstand) bei 17,9 %, in A₂ (Kastenstand, geöffnet nach der Kastration der Ferkel) bei 19,6 %, in A₃ (Bewegungsbucht) bei 26,9 % und in A₄ (Bewegungsbucht) bei 25,8 %. Als Hauptursache ist das Erdrücken durch die Muttersau anzuführen.

Summary

In this investigation the effects of locomotion pens and of the straw supply on the activity behaviour of the sows and their productivity were examined. The results point to the fact that improved possibilities for the sow to move in the pen affects both the activity behaviour and the choice of the position in the pen. Offering straw to the sows results in increased activities. Regarding the productivity it has to be stated, that the total losses were very high (22,5 %). The losses amounted to 17,9 % in A₁ (standard crate), 19,6 % in A₂ (standard crate opened after castration of the piglet), 26,9 % in A₃ (locomotion pen) and 25,8 % in A₄ (locomotion pen).

1 Einleitung

Als Standardverfahren für die Haltung säugender Sauen hat sich die Kastenstandhaltung ohne Einstreu durchgesetzt. In der heutigen Zeit wird diese Aufstallung von der Gesellschaft zunehmend negativ wahrgenommen. Gesetzliche Vorgaben und Erwartungen der Verbraucher fordern verstärkt eine tiergerechte und umweltverträgliche Nutztierhaltung. Aus diesen Gründen ist es sinnvoll, Alternativen zu dem konventionellen Kastenstand zu entwickeln und umfassend zu prüfen. Im Rahmen eines DFG-Projektes wurden vier Haltungssysteme für säugende Sauen hinsichtlich ihrer Tiergerechtheit sowie ökonomischer und ökologischer Aspekte verglichen. Weiterhin wurde die Bedeutung der Strohvorlage für den Zeitraum um die Geburt untersucht. Im Folgenden sollen Einflüsse auf das Aktivitätsverhalten und die biologische Leistung der Sauen dargestellt werden.

2 Tiere, Material und Methoden

Für den Versuch standen vier Abferkelabteile mit jeweils sechs strohlos betriebenen Abferkelbuchten für säugende Sauen zur Verfügung. Die Grundausrüstung der Buchten (Laake, Langen) war in allen vier Abteilen weitgehend identisch. Unterschiede zwischen den Aufstallungsvarianten beschränkten sich auf die Bewegungsmöglichkeit für die Sau sowie auf gegebenenfalls erhöhte Buchtenwände und zusätzliche Ferkelschutzbügel. Die Haltungssysteme können folgendermaßen beschrieben werden:

- Abteil 1 (A_1): Praxisüblicher Kastenstand, Fixierung der Sau bis zum Absetzen,
- Abteil 2 (A_2): wie A_1 , jedoch Öffnen des Kastenstandes nach dem Kastrieren der Ferkel,
- Abteil 3 (A_3): Bewegungsbucht, Schwenken der Abtrennung des Ferkelbereichs ermöglicht die Fixierung der Sau,
- Abteil 4 (A_4): Bewegungsbucht, wie Abteil 3; jedoch keine Fixierung der Sau möglich.

Von der Fixierungsmöglichkeit in A_3 wurde im Versuchsverlauf kein Gebrauch gemacht. Das Verhalten der Sauen wurde vom Einstalltag bis zum Absetzen der Ferkel nach einer dreiwöchigen Säugezeit aufgezeichnet. Die Verhaltensbeobachtung erfolgte in zwei Versuchsabschnitten mit jeweils sechs Durchgängen je Stallabteil. Der Unterschied zwischen den beiden Versuchsabschnitten bestand darin, dass im Abschnitt II den Sauen um den berechneten Abferkeltermin Stroh angeboten wurde. Hierzu wurden zwei Tage vor dem berechneten Abferkeltermin Raufen in A_1 und A_2 am Kastenstand und in A_3 am Gitter zum Ferkelnest befestigt. In A_4 wurden Bleche unter dem Trog angebracht und das Stroh direkt am Boden angeboten. Die Sauen erhielten 500 g Stroh. Die Raufen wurden zwei Tage nach dem Abferkeln aus den Buchten entfernt und das restliche Stroh zurückgewogen. Die Auswertung des Aktivitäts- und Ruheverhaltens erfolgte für den Zeitraum der ersten Woche ante partum (a.p.) bis einschließlich der dritten Woche post partum (p.p.). Erfasst wurden mit der Time-sampling Methode (5-Minuten Intervall) die Merkmale Gehen (Stehen), Sitzen und Liegen. Letzteres wurde differenziert in Bauchlage, Seitenlage rechts bzw. links, schrägrechts bzw. schräglings. Zusätzlich wurde für alle Verhaltensweisen die Ausrichtung der Sau auf der Buchtenfläche registriert. Bei der Kasten-

standhaltung entfiel diese Erfassung der Körperposition aufgrund der fehlenden Wahlmöglichkeit für die Sau.

Für die Beurteilung der Aufzuchtseistung wurden die Anzahl lebend- und totgeborener Ferkel pro Wurf, die Anzahl abgesetzter Ferkel pro Wurf sowie die Aufzuchtverluste mit Datum, Masse und Ursache erfasst. Für die varianzanalytische Auswertung des Aktivitätsverhaltens wurde das folgende lineare Modell gewählt:

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + I_{ijm} + e_{ijklmn} \quad (1)$$

Y_{ijklmn} = individueller Beobachtungswert, geschätzt durch Beobachtungsmittel

μ = Mittel der Grundgesamtheit

A_i = Abteil ($j = 1, 2, 3, 4$)

B_j = Strohvariante ($k = I, II$)

C_k = Säugetage (1-11 a.p., 0, 1-2 p.p., 3-6 p.p., 7-13 p.p., 14-18 p.p.)

D_l = Tageszeit ($m = 6:00 - 17:55, 18:00 - 5:55$ Uhr)

I_{ijm} = Laktation innerhalb Abteil und Strohvariante ($i = 1, \dots, 96$)

e_{ijklmn} = Resteffekt

Die 96 insgesamt ausgewerteten Laktationen des Aktivitätsverhaltens waren voneinander nicht völlig unabhängig, da die Daten nicht an 96 verschiedenen Sauen erhoben wurden. Aus diesem Grund wurde der Einfluß der Laktation innerhalb Abteil und Strohvariante betrachtet.

Die statistische Auswertung der Ausrichtung der Sau auf die Buchtenfläche erfolgte nachdem linearen Modell 1 des Aktivitätsverhaltens. Die Auswertung dieses Merkmals ist nur sinnvoll in den Bewegungsbuchten, so dass für die statistische Erhebung hier nur 48 Laktationen zur Verfügung standen.

Die Auswertung der Leistungsmerkmale erfolgte mittels der nicht parametrischen Varianzanalyse. Zur Entscheidung der Signifikanz eines Einflussfaktors wurde der Kruskal-Wallis Test herangezogen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 stellt die Aktivität der Sauen in Abhängigkeit von der Haltungsvariante für den Zeitraum von einer Woche a.p. bis drei Wochen p.p. dar. Auffallend ist, dass die Sauen im Kastenstand signifikant länger in der Körperposition Sitzen verharren als die Sauen in den Bewegungsbuchten. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei BÜNGER (1992). Die Beobachtung zeigte, dass die Sauen über 86% der Beobachtungszeit liegend verbrachten. Ergebnisse bei HESSEL (2000) bestätigen jedoch, dass eine hohe Liegefrequenz im Abferkelbereich nicht ungewöhnlich ist. Bei der Differenzierung des Liegens in verschiedenen Positionen zeigte sich, dass in allen vier Abteilen über 70% der Liegezeit auf die Seitenlage entfiel, die VAN PUTTEN (1978) als entspannteste Liegeposition für Schweine beschreibt.

Auffallend war, dass die Sauen in den Bewegungsbuchten signifikant häufiger in der Liegeposition Bauchlage beobachtet wurden als die Sauen im Kastenstand. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei HESSEL (2000). Auffallend war der geringe Anteil des Liegens Bauchlage im Versuchsabschnitt II mit der Vorlage von Stroh. Die Ergebnisse bestätigen die Aussage von PETERCORD ET AL. (1996), die in ihrer Untersuchung feststellte, dass Sauen in Buchten mit Strohraufen eine geringere Zeitdauer im Liegen auf dem Bauch verbrachten als Sauen in Buchten ohne Strohraufe.

Tab. 1: Häufigkeiten verschiedener Aktivitäten in Abhängigkeit von der Haltungsvariante, Zeitraum vom Einstallen bis zum Absetzen (V I + II; 12 h)

Frequency of different activities depending on the farrowing system

		Abteil 1	Abteil 2	Abteil 3	Abteil 4
Stehen	LSM	17,2	14,6	15,6	17,7
	SE	1,4	1,4	1,4	1,4
Sitzen	LSM	4,5 ^b	4,3 ^b	2,1 ^a	1,9 ^a
	SE	0,6	0,6	0,6	0,6
Liegen, gesamt	LSM	122,3	125,1	126,3	124,4
	SE	1,6	1,6	1,6	1,6
Liegen, Bauchlage	LSM	13,9 ^b	15,8 ^{ab}	18,7 ^{ac}	23,0 ^c
	SE	1,7	1,8	1,8	1,7
Liegen, Seitenlage	LSM	95,1 ^{ab}	99,1 ^{ab}	101,0 ^a	93,2 ^b
	SE	2,7	2,7	2,8	2,7
Liegen, Schräglage	LSM	13,3 ^b	10,2 ^{ab}	6,5 ^a	8,2 ^a
	SE	1,4	1,5	1,5	1,4

LSM, least squares means; SE, standard error; Angegeben ist die Häufigkeit der jeweiligen Aktivitäten je Einzeltier innerhalb eines 12-Stunden Beobachtungsblocks. Die Angaben sind auf einen einheitlichen Beobachtungszeitraum korrigiert.

In der Abbildung 1 ist dargestellt, wie sich die Sauen in den Bewegungsbuchten auf der Buchtenfläche ausrichteten. Es zeigt sich, dass die Sauen das Platzangebot in den Bewegungsbuchten nutzten. Die Beobachtung unterstützt die Aussage von SCHMID und WEBER (1992), dass die zusätzliche Möglichkeit der Bewegungsfreiheit von den Sauen voll ausgenutzt wird.

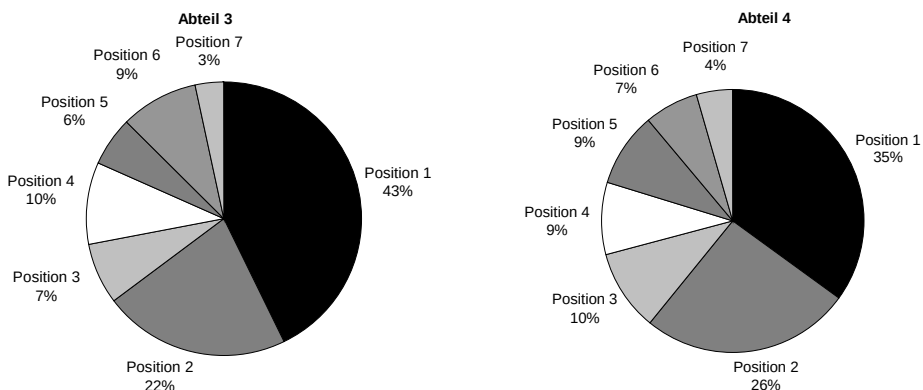


Abb. 1: Häufigkeiten verschiedener Positionen der Sauen in den Abteilen mit Bewegungsbuchten;

1 Trog; 2 Nest; 3 bzw. 4 Futtergang; 5 bzw. 6 Nachbarbucht; 7 Wand

Frequency of different positions of the sows in the compartments with locomotion pens

Für die Beurteilung der Aufzuchtsergebnisse wurden 316 Würfe ausgewertet. Es zeigte sich, dass die Verluste von 22,5 % insgesamt hoch waren. 85 % der Ferkel verendeten in den ersten drei Tagen. In der Tabelle 2 sind Aufzuchtsergebnisse in Abhängigkeit von der Haltungsvariante dargestellt. Die Aufzuchtungsverluste lagen in A₁ bei 17,9%, in A₂ bei 19,6%, in A₃ bei 26,9% und in A₄ bei 25,8%. Als Hauptursache ist das Erdrücken durch die Muttersau anzuführen. In den Bewegungsbuchten wurden durchschnittlich 0,7 bzw. 0,6 Ferkel pro Wurf mehr erdrückt als im konventionellen Kastenstand und im Kastenstand zum Öffnen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam HESSE (1992) in seiner Untersuchung. Die Aussage von HESSEL (2000), dass im Kastenstand mehr Ferkel durch Kümmern und in den Bewegungsbuchten mehr Ferkel durch Erdrücken verenden, konnte nicht bestätigt werden.

Tab. 2: Aufzuchtsergebnisse in Abhängigkeit von der Haltungsvariante
Productivity of the sows depending on the farrowing system

		Abteil 1	Abteil 2	Abteil 3	Abteil 4
Anzahl Ferkel/Wurf					
Lebend geboren	Avg	10,1	10,7	10,2	10,2
	$\pm$	3,1	3,7	2,9	3,4
Tot geboren	Avg	1,0	1,0	0,9	0,8
	$\pm$	1,3	1,5	1,2	1,1
Abgesetzt	Avg	8,3	8,6	7,5	7,7
	$\pm$	3,0	3,1	2,9	2,7
Anzahl verendeter Ferkel					
Erdrückt	Avg	1,4	1,4	2,1	2,0
	$\pm$	1,7	1,7	1,9	2,0
Verhungert	Avg	0,2	0,3	0,2	0,2
	$\pm$	0,5	0,9	0,6	0,6
Sonstige	Avg	0,2	0,2	0,3	0,3
	$\pm$	0,5	0,6	0,7	0,6
Aufzuchtungsverluste gesamt	Avg	1,8	1,9	2,6	2,6
	$\pm$	2,0	2,3	2,2	2,3

Avg, Mittelwert, $\pm$; Standardabweichung

4 Literatur

BÜNGER, B. (1992): Sauen- und Ferkelverhalten in Bezug zur Raumstruktur der Abferkelbucht, In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL, Darmstadt, KTBL-Schrift 351, 141-148

CRONIN, G.M.; SMITH, J.A (1992): Effect of accomodation type and straw bedding around parturition and during lactation on the behaviour of primiparous sows and survival and growth of piglets to weaning, Applied animal behaviour science, 191-208

HESSE, D. (1992): Beurteilung unterschiedlicher Haltungsverfahren für ferkelführende Sauen, Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 129

HESSEL, E.; KOLWEYH, U.; VAN DEN WEGHE, H. (2000): Die Bewegungsbucht für säugende Sauen, Landtechnik 55, Heft 1, 46-47

PETERCORD, B.; HESSE, D.; WEBER, R.; VAN DEN WEGHE, H. (1996): Vergleich unterschiedlicher Laufbuchten für die Einzelhaltung säugender Sauen unter besonderer Berücksichtigung des Angebots von Stroh in Raufen, In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1996. KTBL, Darmstadt, KTBL-Schrift 376, 155-177

SCHMID, H.; WEBER, R. (1992): Abferkelbucht: ein neues Konzept, Fat-Bericht 417, Hrsg.: Eidgenössische Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, Tänikon, Schweiz

VAN PUTTEN, G. (1978): Spezielle Ethologie – Schwein, In: Nutztierethologie, Hrsg: H.H. Sambras, Verlag Paul Parey, Hamburg, 168-213

Simulation des Nährstoffrückhaltevermögens verschiedener Abdeckmaterialien im Stallnahbereich von Hühnerausläufen im Lysimeterversuch

Simulation of the Potential Nutrient Retention of Covering Materials in the Area next to the Layer House in Free Range Layer Keeping

ULRIKE ELBE, ANTJE ROß, GÜNTER STEFFENS

Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Fachbereich 3.17, Mars-la-Tour-Str. 9, 26121 Oldenburg

Schlüsselwörter: Legehennen, Freilandhaltung, Auslauf, Nährstoffeintrag, Nitrat, Stickstoff
Keywords: laying hens, free-range, penetration of nutrients, nitrate, nitrogen

Zusammenfassung

Bei der Freilandhaltung von Legehennen wird insbesondere der stallnahe Auslaufbereich von den Tieren stark frequentiert. Dies kann zu einem erhöhten, punktuellen Nährstoffeintrag in den Boden führen. Als Maßnahmen zum Schutz des Bodens werden u. a. verschiedene Abdeckmaterialien diskutiert. In der vorliegenden Untersuchung wurden daher Lysimeter mit Holzhackschnitzel bzw. einem Stroh-Sandgemisch abgedeckt und auf das Nährstoffrückhaltevermögen untersucht. Über einen Zeitraum von einem Jahr wurde einmal wöchentlich Legehennenfrischkot aufgebracht. Es konnte festgestellt werden, dass bei allen Varianten mit Abdeckung in der Summe deutlich weniger Nitrat im Sickerwasser vorhanden war. Es bleibt zu prüfen, ob dies mit einer höheren N-Ausgasung an die Umgebungsluft, bedingt durch mikrobiologische Umsetzungen in den Abdeckungen einhergeht, ob zeitverzögert eine Abgabe ans Sickerwasser stattfindet und wann ein Austausch der Abdeckmaterialien vorgenommen werden soll, um die Auswaschung im Nahbereich der Ställe möglichst gering zu halten.

Summary

In free range layer keeping the run next to the hen house is highly frequented. For this reason the penetration of nutrients in the soil may increase strongly next to the hen house. As a first solution to prevent nutrients from getting into the soil, natural cover materials have been tested in a lysimeter experiment in order to reveal their potential nutrient retention. To simulate the free range environment, lysimeters were covered with either wood chips or straw mixed with sand and compared to lysimeters without a cover treatment. Within one year, samples of faeces were applied weekly. Nitrate measurements in the leachate showed a considerable reduction in nitrate N for all cover treatments. It has further to be checked if this may be due to higher microbial activity in the natural cover and therefore increased gaseous nitrogen losses from the covered lysimeters, if leaching is delayed and when the cover materials should be changed to keep leaching in the area next to the layer house as small as possible.

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei der Freilandhaltung von Legehennen wird insbesondere der stallnahe Auslaufbereich von den Tieren stark frequentiert. Entsprechend kann ein erhöhter, punktueller Nährstoffeintrag durch die Tiere in den Boden und somit auch ein erhöhter Nährstoffaustrag (insbesondere Nitrat) in diesem Bereich stattfinden. Diese Problematik besitzt derzeit Genehmigungsrelevanz bei Stallbauvorhaben. Daher werden verschiedene Möglichkeiten bzw. Maßnahmen zum Nahbereichsschutz diskutiert. Ein Lösungsansatz wird im Auftragen bzw. Austauschen von natürlichen Abdeckmaterialien gesehen. Seit kurzem werden bestimmte Materialien (Holzhackschnitzel, Stroh-Sandgemische) in der Praxis eingesetzt. Angaben zum tatsächlichen Nährstoffrückhaltevermögen der genannten Maßnahmen stehen bislang aus. Ziel der Untersuchung ist daher, die bisher praxisüblichen Bodenabdeckungen wie Holzhackschnitzel bzw. Stroh-Sandgemische bezüglich ihres Nährstoffrückhaltevermögens einzuschätzen.

2 Material und Methode

2.1 Lysimeter-Anlage

Ein Grundwasser-Lysimeter (vgl. Abb. 1) besteht aus einem 1,5 m tiefen Betonzyliner mit 1 m Durchmesser, in das ein für den Raum Weser-Ems standorttypischer Sandboden (Bodenart: humoser Sand, Bodentyp: Gley-Podsol) schichtweise eingebracht wurde. Der auf der Oberfläche des Lysimeters ($0,775 \text{ m}^2$) auftreffende Niederschlag sickert durch den mit Boden gefüllten Zylinder in ein Kiesbett und wird unter der Anlage über ein Drainrohr aufgefangen.

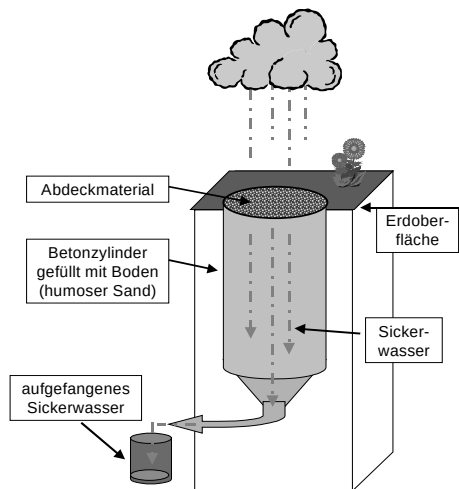


Abb. 1: Ansicht eines Lysimeters im Längsschnitt

Insgesamt wurden 16 Lysimeter (8 Varianten mit Wiederholung) für die Untersuchung herangezogen. Die einzelnen Varianten, die dazugehörigen Abdeckmaterialien und die jeweils aufgebrauchte Menge Kot können Tabelle 1 entnommen werden.

Tab. 1: Varianten des Lysimeterversuches und Untersuchungsbeginn

Variante	Bezeichnung der Variante	Abdeckmaterial	g Kot/ Woche	Beginn
1	0	Ohne Abdeckung	0	11/2001
2	80	Ohne Abdeckung	80	11/2001
3	300	Ohne Abdeckung	300	11/2001
4	600	Ohne Abdeckung	600	11/2001
5	300 HHS	Holz hackschnitzel	300	11/2001
6	600 HHS	Holz hackschnitzel	600	11/2001
7	300 LSS	Langstroh/Sand	300	01/2002
8	600 KSS	Häckselstroh/Sand	300	01/2002

Das Sickerwasser wurde alle 2–8 Wochen (je nach Sickerwasseranfall) auf die Gehalte an Nitrat- und Ammoniumstickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$; $\text{NH}_4\text{-N}$) sowie stichprobenartig auf die Gehalte an Kalium und Phosphor (K, P) untersucht. Der Oberboden (10–15 cm) wurde zu Beginn der Untersuchung auf den Gehalt an DL-löslichem P und K analysiert. Nach einem Jahr wurde diese Untersuchung wiederholt und zusätzlich der $\text{N}_{\text{min-}}$, $\text{N}_{\text{org-}}$ und C-Gehalt bestimmt. Zusätzlich wurden Sickerwasser- und Niederschlagsmenge, Luft- und Bodentemperatur sowie Luftfeuchte und Verdunstung erfasst.

2.2 Abdeckmaterialien

Vier Lysimeter wurden mit einer ca. 15 cm hohen Schicht Holz hackschnitzel bedeckt; vier weitere mit einer 15 cm starken Schicht aus Stroh (jeweils zwei mit Lang- bzw. Kurzstroh). Auf das Stroh wurde eine 15 cm starke Sandschicht aufgetragen (vgl. Abb. 2).

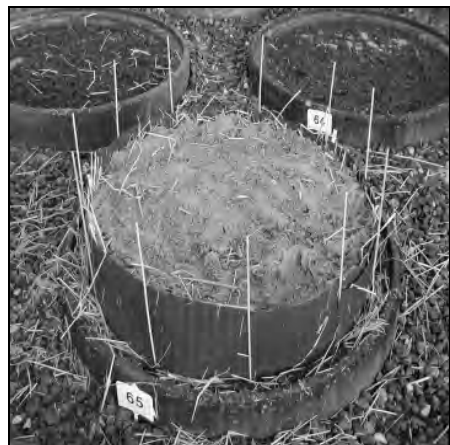


Abb. 2: Abdeckung des Lysimeters mit Holz hackschnitzeln (links), Stroh-Sandgemisch (rechts) und ohne Abdeckung (rechts hinten)

Zu Beginn der Untersuchung und nach einem Jahr wurde von allen Materialien bzw. vom entstandenen Substrat (Gemisch aus zersetztem Abdeckmaterial und Kot) der N-, P-, K- und C-Gehalt festgestellt.

2.3 Legehennen-Frischkot

Der Kot wurde wöchentlich aus einem Legehennenstall (Volierenaufstallung, Freilandhaltung) direkt vom Kotband entnommen und ca. 30 Minuten später gleichmäßig auf das Lysimeter ausgebracht. Dabei wurde versucht, die Tritt- bzw. Scharrtätigkeit der Hennen durch eine leichte Verfestigung bzw. Einarbeitung mit einer kleinen Harke zu simulieren. Um die jeweils aufzutragende Frischkotmenge zu berechnen, wurden folgende Annahmen/Schätzungen zugrunde gelegt:

1) Zeitliche Nutzung des Auslaufes

Einstellung: 18. Lebenswoche (LW), Zutritt zu Freiland: ab 25. LW, Ausstallung: 68. LW = 350 Stalltage, davon 301 Auslauftage; abzgl. 21 Schlechtwettertage = 280 Auslauftage (HILLER und MARTENS 2000; HILLER und MÜLLER 2000)

2) Kalkulation des Kotanfalls

Praxisübliche Herdengröße Raum Weser-Ems: 5 000 Hennen, durchschnittl. Frischkotproduktion pro Henne und Tag: 170 g (BESSEL und DAMME 1998), 5 000 Hennen x 280 Auslauftage x 0,17 kg Kot/Tag = 238 000 kg Kot/Auslaufsaison

3) Auslaufnutzung

HIRT et al. (2000) beobachteten, dass bei einer Herdengröße von 3 000 bzw. 500 Tieren ca. 20 % bzw. 30 % der Tiere den Auslauf nutzen. Weitere Erhebungen beziehen sich auf kleinere Herden, wobei max. 40 % der Herde den Auslauf aufsuchen. Eigene Erhebungen (unveröffentlicht) zeigen, dass ca. 15–20 % von 5 000 Hennen den Auslauf nutzen.

4) Ableitung: Auslaufnutzung und Anteil Kot im Auslauf vom Gesamtkotanfall

Nach MEIERHANS et al. (1996) nutzen ca. 60 % der Herde (insgesamt 400 Tiere) den Auslauf, wobei ca. 20 % des insgesamt pro Tag von der Herde ausgeschiedenen Kotes im Auslauf anfällt. Aufbauend auf diesen Angaben wurde für die folgenden Berechnungen angenommen, dass 30 % der Herde den Auslauf nutzen und analog dazu 10 % des insgesamt von der Herde ausgeschiedenen Kotes im Auslauf anfallen (85 kg Kot/Tag bzw. 23 800 kg Kot/Saison; 280 Auslauftage).

Unter Annahme von eher ungünstigen Bedingungen für die Auslaufnutzung (kaum Struktur, lange Stallphase etc.) wird davon ausgegangen, dass hauptsächlich der stallnahe Bereich (bis zu 20 m vom Stall entfernt) aufgesucht wird. Bei üblichen Stallanlagen von ca. 75 m Länge (5 000 Tiere) ergibt sich ein Stallnahbereich von $75 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 1 500 \text{ m}^2$. Daraus resultiert dass bei 85 kg Kotanfall pro Tag im Auslauf bzw. 57 g/m^2 (Kot im Nahbereich pro Tag) 397 g/m^2 Kot im Nahbereich pro Woche anfällt. Korrigiert auf die Oberfläche des Lysimeters ($0,775 \text{ m}^2$) ergibt sich eine auf das Lysimeter aufzutragende Menge pro Woche von ca. 300 g Kot.

Bei der Variante 600 g Kot/Woche wurde angenommen, dass 60 % der Herde den Auslauf nur im Nahbereich nutzen (worst case); bei 80 g Kot/Woche, dass sich 30 % der Herde im Auslauf befinden, davon aber nur zu einem Viertel im Nahbereich und zu drei Vierteln in den übrigen Auslaufbereichen aufhalten (gute Auslaufgestaltung).

4 Erste Ergebnisse und Diskussion

Von dem auf zwei Jahre ausgerichteten Versuch werden im folgenden die Ergebnisse nach einem Jahr vorgestellt. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass hier eine Simulation der Nährstoffauswaschung vorliegt, unter Annahme bestimmter Kotmengen etc. und ohne Berücksichtigung des Einflusses des Tierverhaltens auf den Boden (Scharren = Belüftung des Substrates; Picken = Aufnahme von Bodenlebewesen).

Das Sickerwasser wies ab dem Frühjahr kontinuierlich steigende NO_3 -Mengen (Summen seit Versuchsbeginn) in allen mit Kot (38 % TS, 4,6 % N in TS) beaufschlagten Varianten auf (vgl. Abb. 3). Bei den nicht abgedeckten Versuchsgliedern (80, 300, 600) stieg der NO_3 -Gehalt im Sickerwasser erwartungsgemäß parallel zur aufgetragenen Kotmenge an. Dagegen waren unter der Holzhackschnitzelschicht (300- bzw. 600 HHS) die festgestellten NO_3 -Mengen im Sickerwasser noch deutlich geringer.

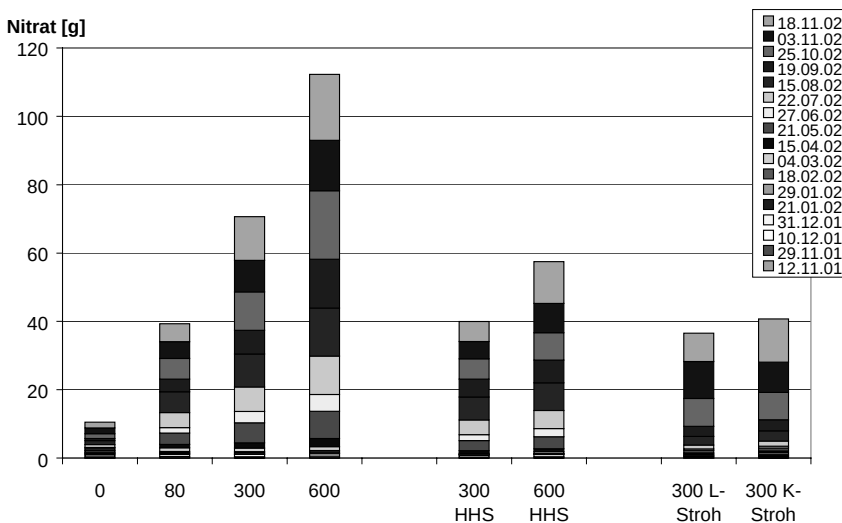


Abb. 3: Nitrat [g] im Sickerwasser der einzelnen Varianten (Summendarstellung seit Versuchsbeginn)

Ebenso wiesen bis dato die Abdeckungen aus Stroh-Sandgemisch (300 L- bzw. KSS) eine hohe Rückhaltefähigkeit auf, wobei der um zwei Monate spätere Startzeitpunkt dieser Varianten zu berücksichtigen ist (dadurch summierte Kotmenge um 2,1 kg geringer).

Weitere Untersuchungen, d. h. eine Fortführung der Versuche, müssen zeigen, ob die bisher geringen NO_3 -Austräge bei den abgedeckten Versuchsvarianten mit einer höheren N-Ausgasung an die Umgebungsluft einhergehen (bedingt durch mikrobiologische Umsetzungen in den Abdeckmaterialien) oder ob hier nur eine zeitverzögerte Abgabe an das Sickerwasser erfolgt. So ist insbesondere bei den Varianten mit Stroh-Sandgemisch, aber auch bei den übrigen Varianten festzustellen, dass die NO_3 -Austräge der letzten Probenahmezeitpunkte höher lagen als vorher.

Insgesamt waren die bis dato ausgewaschenen NO_3 -Mengen innerhalb eines Jahres noch relativ gering (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Prozentuale Auswaschung des N (g) im Lysimeter-Versuch nach einem Versuchsjahr

Variante	Lysimeteroberfläche g Kot/Jahr	Lysimeteroberfläche g N/Jahr	Sickerwasser g N/l	N-Auswaschung im Lysimeter %
80	4160	54	12	22
300	15600	203	21	10
600	31200	406	32	8
300 HHS	15600	203	12	6
600 HHS	31200	406	17	4
300 LSS	13200	172	11	7
300 KSS	13200	172	12	7

Auch hier bleibt die weitere Entwicklung der NO_3 -Auswaschung abzuwarten. Erst dann lassen sich gezielt Aussagen treffen, in welcher Höhe sich die Auswaschung insgesamt einstellt und in welchen Zeitabständen es vor diesem Hintergrund zweckmäßig ist, die Abdeckmaterialien auszutauschen, um die NO_3 -Auswaschung im unmittelbaren Nahbereich der Ställe möglichst gering zu halten.

Literatur

- BESSEI, W., DAMME, K. (1998): Neue Verfahren für die Legehennenhaltung. In: KTBL-Schrift 378, 1998: 35
- HILLER, P.; MARTENS, H. (2000): Wie wirtschaftlich ist die Legehennen-Freilandhaltung In: BauBriefe Landwirtschaft 41. Geflügelhaltung: Eierzeugung und Mast. 2000: 55–56
- HILLER, P.; MÜLLER, K. (2000): Vergleich der Haltungssysteme. In: BauBriefe Landwirtschaft 41. Geflügelhaltung: Eierzeugung und Mast. 2000: 43–50
- HIRT, H., HÖRDEGEN, P., ZELTNER, E. (2000): Laying hen husbandry: group size and use of hen-runs. Proc. 13th Int. IFOAM Sc. Conf.; Basel, 28.–31. August 2000: 363
- MEIERHANS, D., WIDMER, H., MENZI, H. (1996): Kotbelastung des Auslaufes bei der Freilandhaltung von Legehennen. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1996: 43–47

Praxisuntersuchung zum Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast als Pilotprojekt in Deutschland

Practical Investigation on the Use of a Veranda During the Fattening of Turkeys as a Pilot Project in Germany

JUTTA BERK¹, STEPHANIE WARTEMANN¹, LUDGER FELDHAUS², TORSTEN HINZ³, STEFAN LINKE³

¹ Institut für Tierschutz und Tierhaltung (FAL), Dörnbergstr. 25-27, 29223 Celle

² GS agri, Postfach 1165, 49685 Schneiderkrug

³ Institut für Technologie und Biosystemtechnik (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Puten, Außenklimabereich, Pilotprojekt, Verhalten, Tiergesundheit, Leistung
Keywords: turkeys, veranda, pilot project, behaviour, animal health, performance

Zusammenfassung

Über den Zeitraum von vier Mastperioden wurde der Einfluss eines alternativen Haltungssystems auf das Verhalten, die Gesundheit und die Leistungen von männlichen Puten als Pilotstudie in Deutschland untersucht. Ein zweiter Stall ohne Außenklimabereich war ebenfalls in die Untersuchungen einbezogen. Verhaltensbeobachtungen erfolgten mittels Videotechnik und als Direktbeobachtungen im Abstand von 14 Tagen. Monatlich erfolgte eine Beurteilung der Lokomotionsfähigkeit, der Beinstellung sowie des Befiederungszustandes anhand einer Stichprobe von 100 Puten in beiden Ställen. Am Ende der Mastperioden wurde der Anteil Tiere mit Schlachtkörperschäden auf dem Schlachthof ermittelt. Puten, die einen Außenklimabereich nutzen konnten, wiesen eine gute Gesundheit und praxiskonforme Leistungen auf.

Summary

During four fattening periods the influence of an alternative housing system on the behaviour, health and performance of tom turkeys was investigated in Germany as a pilot study. A second conventional stable without a veranda was also included in the investigation. Behavioural observations were made using video-recording and as direct observations in two-week intervals. In both stables, the walking ability, the leg posture and the feather condition of a sample of 100 animals were examined monthly. At the end of the fattening periods the percentage of animals with carcass damages was recorded at slaughterhouse. Turkeys, which could use a veranda showed a good health and performance conformable to praxis.

1 Einleitung

Die konventionelle Putenmast in Deutschland erfolgt überwiegend in freigelüfteten Ställen mit Tageslicht, in denen die Futter- und Tränkeinrichtungen die einzigen vorhandenen Strukturen sind. Diese Haltungsform ermöglicht die Produktion von marktgerechtem Putenfleisch und entwickelte sich aufgrund ökonomischer, arbeitswirtschaftlicher und hygienischer Vorteile. Aus der Sicht des Tierschutzes werden Probleme vor allen Dingen in der reiz- und strukturlosen Haltungsumwelt gesehen, in der die Ausübung art eigener Verhaltensweisen wie Aufbäum- und Sandbadeverhalten oder auch Erkundungsverhalten nicht bzw. nur in eingeschränktem Umfang möglich sind.

Änderungen im Verbraucherverhalten und in den politischen Rahmenbedingungen förderten auch in der Putenmast die Entwicklung von alternativen Haltungssystemen. Ziel der modifizierten Haltungssysteme ist eine Verbesserung des Tierschutzes und der Tiergerechtigkeit unter Beachtung von Ökonomie und Umwelt.

Die Verwendung eines überdachten Außenklimabereiches in der konventionellen Putenmast könnte die Vorzüge der konventionellen Haltungsform wie hohe Produktivität, optimales Stallklima und ökonomische Rentabilität mit Vorteilen im Bereich Verhalten und Tiergesundheit, die üblicherweise der Freilandhaltung zugeordnet werden, kombinieren. Nachfolgende Zielstellungen sollen durch die Verwendung des Außenklimabereiches realisiert werden:

- Verbesserung der konventionellen Haltungsform durch Erhöhung des Reizangebotes
- Anreiz zur Erhöhung der Bewegungsaktivität mit dem Ziel der Verbesserung der Lauffähigkeit der Puten
- Konstitutionsverbesserung durch Klima- und Umweltreize
- Prüfung der Effekte in Bezug auf Stallklima und Einstreuqualität
- Zusätzliches Angebot für die Ausübung art eigener Verhaltensweisen
- Verbesserung der Ökonomie durch Reduzierung der Schlachtschäden vor allem im Brustbereich sowie des Medikamenteneinsatzes
- Imageverbesserung der Putenmast.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsbeschreibung

2.1.1 Aufbau des Außenklimabereiches

An einen bereits vorhandenen Offenstall mit 3500 Tierplätzen wurde einseitig über fast die gesamte Stalllängsseite (85 m) ein überdachter Außenklimabereich (75,0 x 3,0 m) angebaut. Dieser besteht aus einer betonierten Fläche, die mit feinkörnigem Sand eingestreut wird und einer Holzkonstruktion mit überragendem Dachüberstand zum Schutz der Einstreu vor Nässe bei starkem Regen in Verbindung mit Wind. Die betonierte Fläche ist nach außen mit einem grobmaschigen Drahtgeflecht (2,0 x 3,0 cm) umspannt. Durch die Wahl der Maschengröße sollte die erforderliche freie Windanströmung des Stallinnenraumes auch mit vorgebautem Außenklimabereich gewährleistet werden. An beiden Giebelseiten des Außenklimabereiches befindet sich zusätzlich ein Tor, das ein maschinelles Ausmisten am Ende der Mastperiode bzw. im Bedarfsfall auch während der Mast, ermöglicht. Die Verbindung zwischen Innen- und Außenbereich ist durch 9 verschließbare

Auslauföffnungen (1,0 x 0,8 m), die mit Klappen und Seilwinden versehen sind, gewährleistet. Diese sind gleichmäßig über die gesamte Stalllängsseite verteilt.

Eine Strukturierung des Außenklimabereiches erfolgt mit Strohballen. Futter und Wasser werden ausschließlich im Stallinnenraum angeboten.

2.1.2 Versuchsdurchführung

In einem Praxistest wird seit 2000 der Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast als Pilotprojekt in Deutschland untersucht. Parallel zum Versuchsstall ist ein zweiter konventioneller Offenstall ohne Außenklimabereich in die Untersuchungen einbezogen. Die Küken beider Ställe stammten aus der gleichen Elterntierherde, waren in derselben Brüte-
rei zeitgleich geschlüpft und erhielten konventionelles 6-Phasenfutter von der gleichen Futterfirma.

Die Versuchsdaten werden über den Zeitraum von insgesamt 6 Mastdurchgängen, jeweils 2 Sommer-, 2 Winter- und zusätzlich 2 Herbstdurchgänge, erhoben. In den beiden Herbstdurchgängen steht den Putenhähnen zusätzlich zum Außenklimabereich ein Auslauf zur Verfügung. Die Putenhähne können den Außenklimabereich normalerweise witterungsabhängig ab der 6. Lebenswoche bis zum Ende der Mastperiode nutzen. Nachfolgende Versuchsdaten wurden in den 2 Sommer- und 2 Winterdurchgängen, teilweise nur im modifizierten Stall, erhoben:

Tierumwelt

- Messungen des Gesamtstaubgehaltes und der Schadgaskonzentrationen in der Stallluft
- Erfassung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit im Stallinneren und im Außenbereich, der Windrichtung und -geschwindigkeit
- Analyse der Einstreu
- Schallmessungen

Tierleistungen

- Körpergewichtsentwicklung
- Verluste
- Untersuchungen auf dem Schlachthof (Schlachtkörper- und Fleischqualität)

Tiergesundheit

- Medikamenteneinsatz
- Tierbeurteilung (Beinstellung, Lokomotionsfähigkeit, Befiederungszustand)

Tierverhalten

- Videobeobachtung
 - Nutzungsfrequenz des Außenklimabereiches
 - Ruhe-, Fortbewegungs-, Komfort- und Sozialverhalten
- Direktbeobachtung
 - Pickverhalten

Ökonomie

- Berechnung des Deckungsbeitrages

3 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse aus dem Bereich Verhalten und Tiergesundheit der ersten drei Versuchsdurchgänge dargestellt.

Die Nutzungsfrequenz des Außenklimabereiches wurde flächendeckend mittels 5 Videokameras erfasst. Im dargestellten Sommerdurchgang 2001 lag die durchschnittliche Nutzungsfrequenz des Außenklimabereiches als Mittelwert aus zwei Beobachtungstagen zwischen 6,3 % (7. Lebenswoche, Beobachtungsbeginn) und 12,8 % (19. Lebenswoche) bezogen auf den gesamten Tierbestand (Abbildung). Ab der 11. Lebenswoche war eine relativ konstante Nutzung des Außenklimabereiches vorhanden, wobei der Anteil Puten ab diesem Zeitpunkt stets über 12 % lag. Bezieht man diesen Tieranteil auf die Fläche des Außenklimabereiches, so ergeben sich dort Besatzdichten, die zwischen 1 bis 1,9 Tieren pro m² liegen.

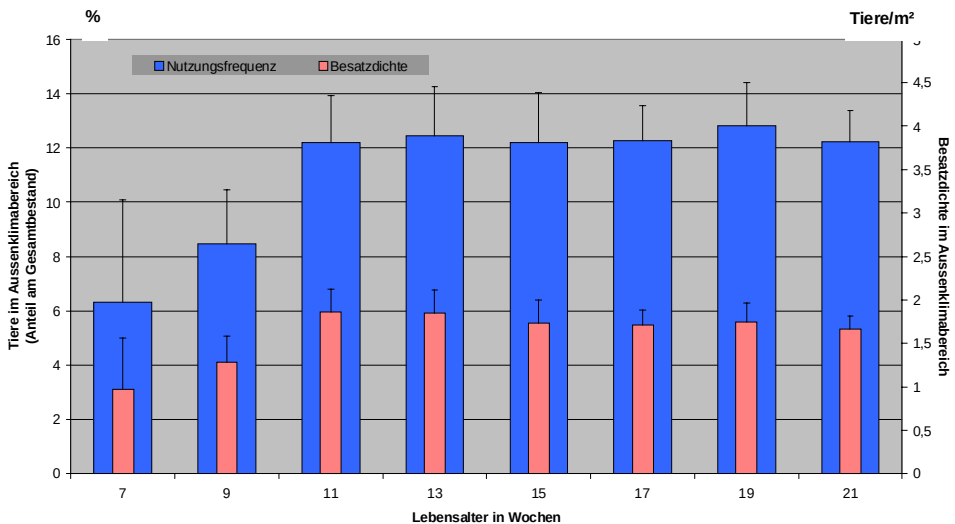


Abb. 1: Nutzungsfrequenz des Außenklimabereiches und daraus resultierenden Besatzdichten (Mai-August 2001)

Frühere Untersuchungen von BERK (2001) hatten gezeigt, dass schwere Mastputen in der Lage sind, angebotene Strukturen (erhöhte Ebenen, Strohballen, Auslauf) in Abhängigkeit vom Lebensalter, der Besatzdichte und der Herkunft zu nutzen. Es zeigte sich aber auch, dass die Puten mit zunehmendem Lebensalter und damit verbundenem Anstieg des Körpergewichtes zunehmend Probleme hatten, die angereicherte Haltungsumwelt zu nutzen. Der Anteil beobachteter Tiere im Außenbereich verringerte sich mit zunehmendem Alter der Puten. Im Gegensatz dazu zeigt der erste vollständig ausgewertete Sommerdurchgang eine relativ konstante Nutzungsfrequenz ab der 11. Lebenswoche. Allerdings wurden durchschnittlich nicht mehr als 12,8 % Puten des Gesamtbestandes im Außenklimabereich ermittelt. Da nur ein Stall mit Außenklimabereich in die Untersuchungen einbezogen war, kann die Frage, ob ein größerer Anteil Tiere den Außenbereich nutzen würde, wenn die angebotene zusätzliche Fläche mehr als 16 % der Stallfläche ausmachen

würde, nicht beantwortet werden. Diese Fragestellung kann nur durch die Einbeziehung weiterer Ställe mit Außenklimabereich bei differentem Nutzflächenangebot geklärt werden.

Beginnend mit der 9. Lebenswoche wurde monatlich in beiden Ställen eine Beurteilung der Hähne im Hinblick auf Lokomotionsfähigkeit, Beinstellung und Befiederungszustand anhand einer Stichprobe von 100 Tieren mittels eines Beurteilungsschemas von drei Personen vorgenommen.

Die Lokomotionsfähigkeit (Noten 1-4) bewegte sich vorrangig zwischen den Werten 1 (normal) und 2 (leicht behindert) in beiden Herden für die bis zum jetzigen Zeitpunkt ausgewerteten 3 Versuchsdurchgänge. Vereinzelt wurden auch die Noten 3 (stark behindert) und 4 (gehunfähig) besonders zum Mastende hin, vergeben. Im Stall ohne Außenklimabereich konnte zum Zeitpunkt der dritten Tierbeurteilung (17. Lebenswoche) ein etwas höherer Anteil Puten, die mit den Noten 3 und 4 bewertet wurden, in den drei einbezogenen Durchgängen beobachtet werden. Möglicherweise kann die Lauffähigkeit durch das Angebot eines Außenklimabereiches, der die Tieraktivität fördert, positiv beeinflusst werden. REITER und BESSEL (1995) zeigten, dass das Training von Broilern auf einem Laufband nicht nur die Lauffähigkeit verbesserte, sondern auch positiv auf die Knochenentwicklung wirkte. Sie schlussfolgerten, dass Managementfaktoren, die dazu beitragen, die Lokomotionsaktivität zu erhöhen, gegebenenfalls auch zu einer Reduktion der Beinschwächen beitragen können. Im Gegensatz dazu vertraten SCHLUP et al. (1991) sowie HIRT (1999) die Meinung, dass schwere Puten unabhängig von ihrem Haltungssystem Probleme mit der Lauffähigkeit haben.

Bezogen auf die Beinstellung wurde gefunden, dass bereits bei der ersten Tierbeurteilung in der 9. Lebenswoche weniger als 50 % der beurteilten Hähne eine normale Beinstellung aufwiesen. Mit zunehmendem Alter konnte eine Abnahme des Anteiles Puten mit normaler Beinstellung beobachtet werden. Zum Zeitpunkt der dritten Tierbeurteilung zeigten nur noch 7 bis 24 % der beurteilten Tiere eine parallele Ständerstellung mit kleinem Abstand. Bei den Fehlstellungen tritt X-Beinigkeit am häufigsten auf. Es folgen O-Beinigkeit und Breitbeinigkeit. HIRT (1996) fand in ihren Untersuchungen in der Schweiz ebenfalls einen Anstieg von Tieren mit Fehlstellungen der Beine ab der 8. Lebenswoche. In der 14. Lebenswoche wiesen nur noch 15 % der Puten eine normale Beinstellung auf. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen ihre Aussage, dass X-Beine bei Puten der Herkunft BUT Big 6 die am häufigsten beobachtete Fehlstellung der Ständer darstellt.

Der Gefiederzustand verschlechterte sich mit zunehmender Mastdauer in beiden Haltungssystemen. Kein Tier erhielt die Bewertungsnote 1 (Gefieder intakt, keine bepickten oder abgebrochenen Federspitzen). Die am häufigsten verteilte Gefiedernote war die 2 (Gefieder stellenweise leicht zerzaust oder bepickt), gefolgt von Note 3 (Gefieder zerzaust, Flügel- und/ oder Schwanzfedern) deutlich bepickt. Nur selten wurde die Note 4 (Gefieder stark bepickt, Schwanzfedern ausgefranst, weniger als die Hälfte der normalen Federlänge) vergeben. WYSS (1992) fand in ihren Untersuchungen, dass Puten der Herkunft BUT BIG 6 ein intaktes Gefieder während der ersten 6 Lebenswochen aufwiesen. Beginnend mit der 7. Lebenswoche beobachtete sie eine Verschlechterung des Gefiederzustandes vor allem an den Schwanzfedern und in der Brustregion. Die erste Tierbeurteilung im Projekt fand jeweils in der 9. Lebenswoche statt, so dass dies möglicherweise ein Grund dafür ist, dass kein Tier mit der Note 1 bewertet werden konnte.

Die Verluste als wichtiges Kriterium für den Gesundheitszustand der Herde lagen für den Stall mit Außenklimabereich mit ca. 5 % am Ende der Mastperioden unter den angegebenen Referenzwerten von BUT und deutlich unter denen des zweiten einbezogenen Stalles. Die Gewichtsentwicklungen im Stall mit Außenklimabereich waren im Normbereich, teilweise wurden auch höhere Endgewichte erzielt.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass schwere Mastputen, die einen Außenklimabereich zur Verfügung hatten, eine gute Gesundheit bei praxiskonformen Produktionsleistungen in dieser Untersuchung aufwiesen.

Literatur

BERK, J. (2001): Modified husbandry, productivity, health and animal behaviour. Proc. of International Meeting of the Working Group 10 (Turkey) on Turkey Production in the New Millenium, 103-110

HIRT, H. (1996): Beinschwäche bei Mastputen, Bericht für das Bundesamt für Veterinärwesen

HIRT, H. (1999): Zuchtbedingte Haltungsprobleme am Beispiel der Mastputen, Sonderdruck aus Tierärztliche Umschau 53, 137-140

REITER, K.; BESSEL, W. (1995): Einfluss eines Lauftrainings auf die Lauffähigkeit von schnell und langsam wachsenden Broilern, In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1994, KTBL-Schrift 370, 206-217

SCHLUP, P.; BIRCHER, L.; STAUFFACHER, M. (1991): Auswirkungen von Zucht und Haltung auf die Entwicklung des Fortbewegungsverhaltens von Hochleistungsmasttruten (*Meleagris gallopovo ssp.*), In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1990, KTBL-Schrift 344, 47-58

WYSS, C. (1992): Trutenhaltung in der Schweiz, Bericht des Bundesamt für Veterinärwesen

Die Luftgüte in einem Putenmaststall mit natürlicher Lüftung und Außenklimabereich

Air Quality in a Naturally Ventilated Turkey House with Veranda

TORSTEN HINZ¹, STEFAN LINKE¹, JUTTA BERK², STEPHANIE WARTEMANN²

¹ Institut für Technologie und Biosystemtechnik (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Institut für Tierschutz und Tierhaltung (FAL), Dornbergstr. 25–27, 29223 Celle

Schlüsselwörter: Puten, Pilotprojekt, Außenklimabereich, PM, NH₃, CO₂, Stallhygiene
Keywords: turkeys, pilot projekt, veranda, PM, NH₃, CO₂, stable hygiene

Zusammenfassung

In einer Pilotstudie zum Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast werden als ein Beurteilungskriterium für die Stallhygiene begleitend die Konzentrationen von Staub, NH₃ und CO₂ gemessen.

Aus quasi-online Messungen innerhalb der Mast werden Stunden-, Tages-, und Wochenmittelwerte zur Beschreibung von Zeitverläufen ermittelt.

Für alle Komponenten ergeben sich jeweils typische Verläufe, wobei der Wertebereich im Winter nahezu um den Faktor zwei höher liegt. Ein Einfluss der Mastfunktion ist nicht feststellbar.

Die z. Zt. diskutierten Grenzwerte von 4 mg/m³ (Staub), 20 ppm (NH₃) bzw. 3000 ppm (CO₂) werden im Tagesmittel nicht und im Stundenmittel gelegentlich erreicht oder überschritten. Eine gesundheitliche Beeinflussung von Mensch und Tier durch die untersuchten Stoffe ist nicht zu erwarten.

Summary

During a pilot project dealing with fattening turkeys an alternative housing system within a veranda, concentrations of dust (PM), ammonia and carbon dioxide are investigated as additional parameters of air quality in the stable.

Online measurements during a fattening period are used to calculate courses of hourly, daily and weekly averages.

For all components typical functions are shown. In winter time, measured values are almost twice as high as in summer time. An influence of fattening is not observed.

All the limited values, which are discussed at the present time reflecting to man and animal's health and welfare, are not exceeded – 4 mg/m³ (PM), 20 ppm (NH₃) and 3000 ppm (CO₂).

1 Inhalt und Aufgabenstellung

Seit einigen Jahren steigt der Konsum an Putenfleisch in Deutschland stetig an, so dass die Putenmast einen wichtigen Wirtschaftsfaktor in der Landwirtschaft darstellt. Von 1996 bis 2001 stieg der Verbrauch um über 50 %. Der Anteil am Gesamtverzehr von Fleisch stieg von 4,5 auf über 7 % /1/.

Um den erhöhten Ansprüchen bezüglich der Produktqualität und –sicherheit, des Tier- und des Umweltschutzes gerecht zu werden und um dennoch ökonomisch bestehen zu können, wird nach Alternativen in der Haltung gesucht. Die Anreicherung der Haltungsumgebung mit Strohballen oder durch erhöhte Ebenen ist ebenso eine Alternative wie die Verwendung eines Außenklimabereiches /2/. Diese Maßnahmen entsprechen zwar den Anforderungen der Tiere, können aber gleichzeitig zu Problemen mit der Umwelt, aber auch bezüglich der Tierhygiene führen. Ein Parameter zur Beurteilung von Stallsystemen ist die Luftgüte, d. h. der Anteil luftfremder Stoffe in der Stallluft. In der vorliegenden Pilotstudie werden neben den tierbezogenen Größen auch die Konzentration der bekanntesten luftfremden Stoffe in und aus der Tierhaltung gemessen – Stäube und Gase.

2 Material und Methoden

Im vorliegenden Projekt handelt es sich um einen natürlich belüfteten Stall mit Außenklimabereich und Auslauf. Eine detaillierte Beschreibung der Anlage und der Versuchseinrichtung findet sich bei BERK et al. /3/. Die Qualität der Stallluft wird als Faktor der Arbeitsplatz- und Tierhygiene untersucht. Hierzu sind seit Januar 2001 in vier Mastdurchgängen wöchentlich zwei online Messungen von 18 Uhr bis 18 Uhr (jeweils 24 h Dauer) durchgeführt worden. Dies geschieht in Anlehnung an die Erfahrungen aus einem umfangreichen EU-Projekt /4/ und soll den Einfluss unterschiedlicher Zeitmaßstäbe aufzeigen.

Gemessen werden die Konzentrationen von Ammoniak, Kohlenstoffdioxid und des Gesamtstaubes. Die Wirkung von Partikeln und Stäuben auf Individuen ist von der Substanz und hauptsächlich auch von der Partikelgröße abhängig, die die Eindringtiefe und die Deposition im Atemtrakt bestimmt. Durch den Einsatz größenselektiver Messtechniken werden die relevanten gesundheitsbezogenen Fraktionen in Stichproben, online über z. B. zwei Stunden gemessen.

Alle diesbezüglichen Messungen werden an einer zentralen Messstelle in der Mitte des Gebäudes in einer Höhe von 1,5 m über Grund ausgeführt. In einer früheren Arbeit /5/ konnte durch Simulationsrechnungen der Geschwindigkeits- und Schadstoffverteilung (Abb. 1), in einem natürlich belüfteten Stall gezeigt werden, dass eine derartige zentrale Messstelle geeignet ist, den Einfluss der für die Luftgüte relevanten Parameter wiederzugeben. Messungen des Staubgehaltes und der Ammoniakkonzentration in einem Louisianastall der Broilerproduktion bestätigen dies /6/.

Die Messgeräte zur Detektion der luftfremden Stoffe bedürfen einer sorgfältigen Kalibrierung. Der Staubmonitor nach dem gravimetrischen Prinzip arbeitet als elektronische Waage und lässt sich zuverlässig über Gewichte kalibrieren. Dieses Gerät gilt dann als Referenz für die Streulichtmessungen. Zum Kalibrieren des Gasmonitors kommt eine Gasmischstation unter Verwendung zertifizierter Prüfgase zum Einsatz /4/.

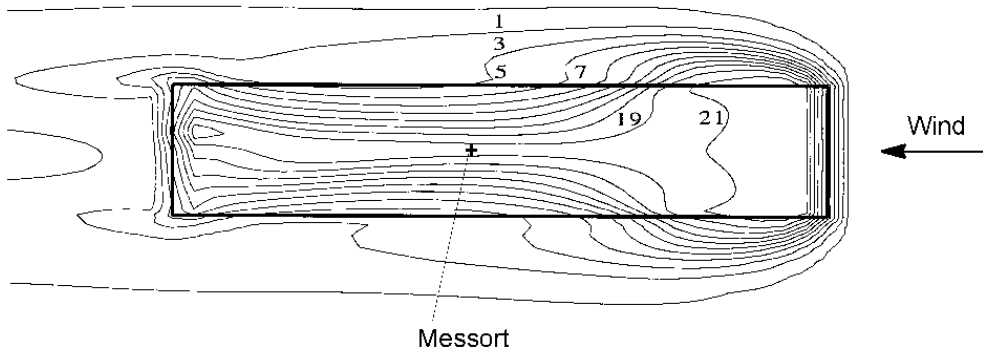


Abb. 1: Konzentrationsisoplethen in ppm im Louisianastall. Anströmung von rechts.

Tab. 1: Messgrößen und die dafür eingesetzte Messtechnik

Konzentrationen von NH ₃ und CO ₂	Brüel und Kjær 1302 Gasmonitor nach dem optoakustischen Prinzip
Konzentrationen des Gesamtstaubes	MLU 1400a Staubmonitor nach dem gravimetrischen Prinzip
Partikelanteil am Gesamtstaub	Grimm 1.105 Staubmonitor nach dem Streulichtprinzip
Windgeschwindigkeit nach Betrag und Richtung	Wetterstation mit telemetrischer Datenübertragung

3 Ergebnisse

Bei der Darstellung der Ergebnisse wird auf die Art der Messgröße und auf die unterschiedlichen Zeitmaßstäbe Rücksicht genommen. Die Messungen werden exemplarisch dargestellt.

3.1 Gesamtstaub

Der Einsatz des quasi online messenden Staubmonitors ermöglicht die Darstellung des Tagesganges der Staubkonzentration. In der vorliegenden Untersuchung wird auf die aerodynamische Trennung der Fraktionen verzichtet. Diese werden aus dem Gesamtstaub und einer zusätzlichen Partikelgrößenmessung bestimmt. Abbildung 2 zeigt den typischen Verlauf der Konzentration während eines Tages des Sommerdurchganges 2002.

Der Verlauf ist durch zwei Maxima um 21 Uhr und um 7 Uhr gekennzeichnet. Besonders ausgeprägt ist der Abfall mit Beginn der Dunkelphase gegen 22 Uhr. Im Tagesverlauf zwischen 8 Uhr und 18 Uhr bewegen sich die Werte für die Gesamtstaubkonzentration relativ konstant um den Wert 1 mg/m³, wenn auch die Schwankungsbreite in der gleichen Größenordnung liegt. Auch in den Maxima werden 3 mg/m³ nicht erreicht. Dies gilt auch bei der Betrachtung der Stundenmittelwerte. Kurzzeitige Ereignisse – wie z.B. das Einstreuen – können zu deutlich höheren Spitzenwerten führen (Abb. 3) die für bestimmte Personen eine Belastung darstellen können und dementsprechend behandelt werden sollten.

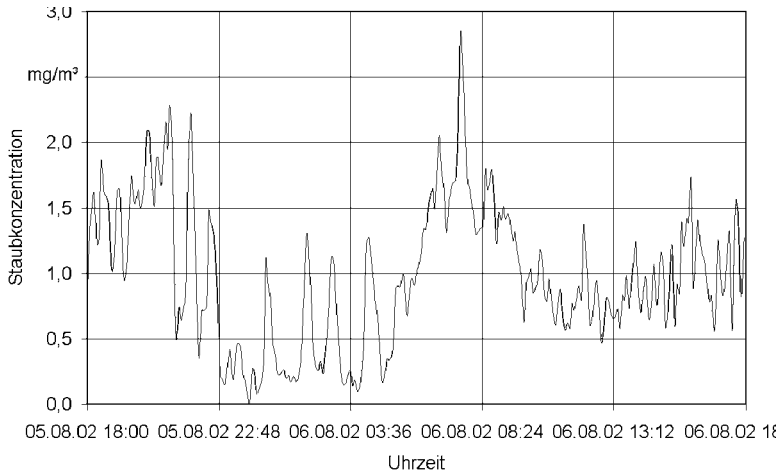


Abb. 2: Tagesgang der Gesamtstaubkonzentration

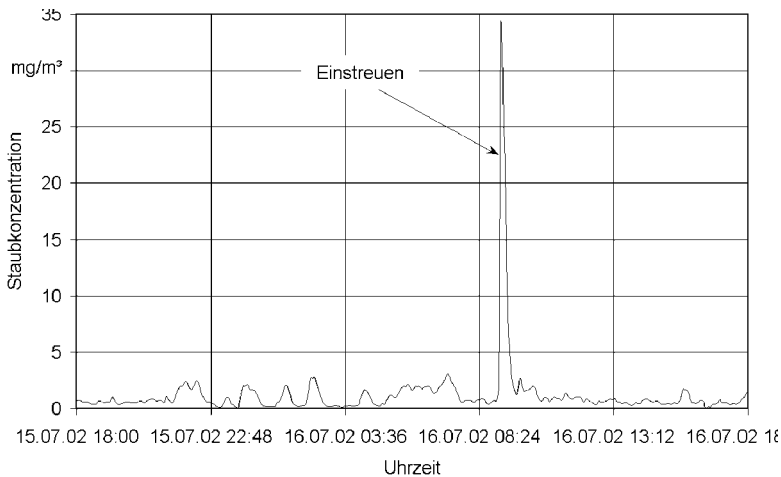


Abb. 3: Staubentwicklung beim Einstreuen

Der o. g. Verlauf der Staubkonzentration über der Tageszeit liegt qualitativ auch im Winterdurchgang vor. Die Werte erhöhen sich jedoch nahezu auf das Doppelte. Wird als Grenzwert für eine Beurteilung der Staubsituation der MAK-Wert von 4 mg/m^3 gewählt, so ist festzustellen, dass dieser im durchschnittlichen Tagesverlauf im Winter – wie auch im Sommer – nicht erreicht wird. Diese Aussage gilt auch bei Betrachtung der Staubkonzentration über der gesamten Mastdauer. Es können keine Einflüsse der Mastfunktion festgestellt werden.

Die Wirkung von Partikeln auf bzw. in Individuen ist vom Ort ihrer Deposition im Atemtrakt abhängig. Für den Menschen sind daher verschiedene Fraktionen definiert /7/. Aus den Größenverteilungen lassen sich weitere, interessierende Größen wie die Konzentrationen von PM10 und PM2.5 entnehmen. Für diese ergeben sich zusammen mit der Gesamtstaubkonzentration Werte von 0,55 bzw. 0,05 mg/m³.

3.2 Gase

Als weitere luftfremde Stoffe mit Relevanz auf die Gesundheit von Mensch und Tier werden in der Stallluft die Konzentrationen von Ammoniak und Kohlenstoffdioxid betrachtet. Hier sollen Grenzwerte von 20 ppm (angestrebt 10 ppm) bzw. 3000 ppm nicht überschritten werden.

Abbildung 4 zeigt den Tagesgang der Ammoniakkonzentrationen für alle Tage eines Sommerdurchganges, dargestellt über die Stundenmittelwerte von 18 Uhr–18 Uhr. Es ergibt sich nur ein erhöhtes Niveau in der Nacht.

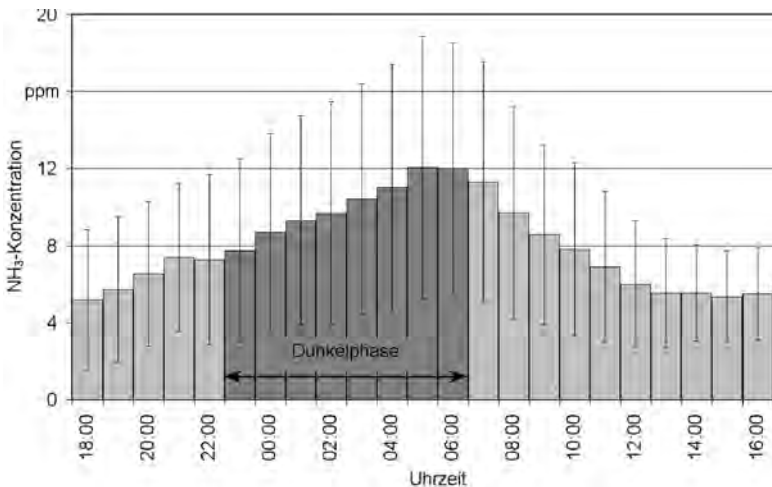


Abb. 4: Durchschnittlicher Tagesgang der NH₃-Konzentration als Mittelwert und Standardabweichung aller Messtage in der Sommerkampagne 2001

Wie schon für Staub berichtet, ergeben sich für den Winter höhere Werte als im Sommer. Zudem lässt sich auch für die Gase kein Einfluss der Mastfunktion auf die Höhe und den Verlauf der Konzentrationen im Stall feststellen, wie am Beispiel von Kohlenstoffdioxid in Abbildung 5 gezeigt.

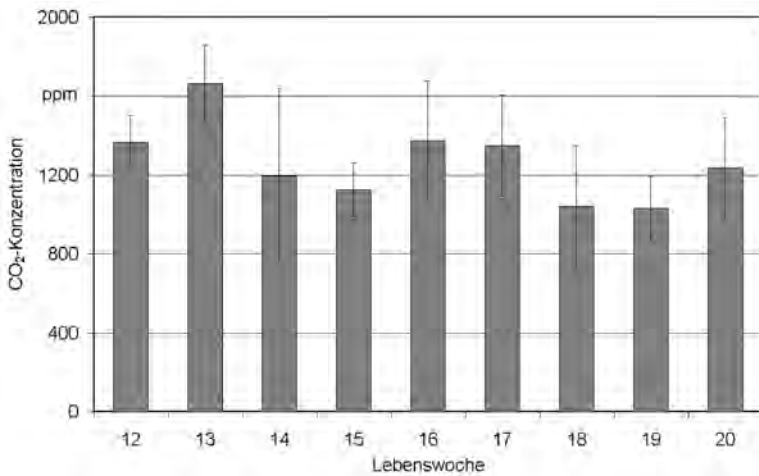


Abb. 5: Wochenmittelwerte und Standardabweichung der CO₂-Konzentration in der Winterkampagne 2001.

Literatur

- /1/ ZMP – Marktbilanz, Eier und Geflügel (2002): pp 128-132
- /2/ HINZ, T., BERK, J., HARTUNG, J., LINKE, S. (1999): Environment enrichments and dust emissions in turkey production. In: Danmarks Jordbrugsforskning <Tjele> (eds) International symposium on Dust Control in Animal Production Facilities : congress proceedings ; Scandinavian Congress Center, Aarhus, 30 May - 2 June 1999. Horsens DIAS, pp 237-243
- /3/ BERK, J., WARTEMANN, S., FELDHAUS, L., HINZ, T., LINKE, S (2003): Praxisuntersuchung zum Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast als Pilotprojekt in Deutschland. Artikel in diesem Tagungsband.
- /4/ Emissions of Aerial Pollutants in Livestock Buildings in Northern Europe. Special Issue. J. Agric. Eng. Res. 70 (1) 1998
- /5/ CASPARY, V., HINZ, T., KRAUSE, K-H., LINKE, S. (2000): Numerical modelling of aerial pollutant emissions in and from livestock buildings. Landbauforschung Völkenrode 50 (1-2) 76-84
- /6/ HINZ, T., LINKE, S. (1999): Luftfremde Stoffe in und aus einem Schweinemaststall und einem Hähnchenmaststall. Landbauforschung Völkenrode 49 (2) 90-101
- /7/ ISO 7708 (1995) Air-quality-size fraction definitions for health related sampling

Cross-Sectional Study on Claw Health in Dairy Cattle: Impact of Floor System

Untersuchung der Klauengesundheit bei Milchvieh: Auswirkungen der Bodenbeschaffenheit

JOAN SOMERS^{1,2}, JOS METZ¹, ELSBETH NOORDHUIZEN-STASSEN²,
KLAAS FRANKENA³

¹ Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG), Wageningen, The Netherlands

² Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, The Netherlands

³ Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen University, The Netherlands

Keywords: claw health, dairy cattle, floor system

Schlüsselwörter: Klauengesundheit, Milchvieh, Bodenfläche

Summary

Claw health was examined in a cross-sectional study on 83 Dutch dairy farms with either a slatted floor (SL), slatted floor with manure scraper (SL-SCR), solid concrete floor (SF), a straw yard (SY), or a zero-grazing feeding system (ZG). The number of study cows housed on concrete flooring (SL, SL-SCR, SF, or ZG) were 3078 cows and 3201 cows at the end of the pasture and housing period, respectively, and 592 cows in SY herds. On average, 80% of cows housed on concrete flooring had at least one claw disorder at the time of observation, whereas in SY this percentage is 58%. Infectious diseases and most secondary claw diseases are less prevalent and severe in SY than on concrete flooring. Within concrete flooring, cows on SL-SCR show lowest prevalence rates for infectious diseases. Little difference in claw health was found between CONC and SL. In common, cows in ZG herds show high prevalence rates for the examined claw disorders in both pasture and housing season.

Zusammenfassung

Auf 83 holländischen Milchviehbetrieben wurde die Klauengesundheit bei Spaltenböden (SL), Spaltenboden mit Mistschieber (SL-SCR), planbefestigtem Boden (SF), Tiefstreu (SY) und bei ganzjähriger Stallhaltung (ZG) in einer cross-sectional Studie untersucht. Die Anzahl untersuchter Kühe auf betonierten Böden (SL, SL-SCR, SF, oder ZG) bezifferte 3078 Kühe; 3201 Kühe wurden am Ende der Weide- bzw. Stallhaltungsperiode und 592 Kühe auf Tiefstreu untersucht. Im Durchschnitt hatten 80 % der Kühe auf Betonboden mindestens eine Klauenläsion zur Zeit der Beobachtungen, auf Tiefstreu betrug der prozentuale Anteil 58 %. Infektiöse Krankheiten und meist sekundäre Klauenverletzungen sind auf Tiefstreu weniger weit verbreitet und weniger schwerwiegend als auf betonierten Böden. Unter den betonierten Böden zeigten Kühe auf SL-SCR die geringste Neigung zu Infektionskrankheiten. Zwischen SF und SL bestanden kaum Unterschiede in der Klauengesundheit. Im Allgemeinen zeigen Kühe aus Herden mit ganzjähriger Stallhaltung eine hohe Verbreitungsrate hinsichtlich der untersuchten Klauenkrankheiten sowohl in der Weidesaison als auch in der Stallperiode.

1 Introduction

Claw disorders are frequently observed in dairy cattle all over the world. The pain caused by foot lameness is an unequivocal source of suffering (WEBSTER, 1995). The causes of lameness are multifactorial. CLARKSON et al. (1993) stated that lameness in cattle is the result of an interaction between housing design, farm management and animals characteristics. In our study, floors are being hypothesised as a main factor influencing the frequency and severity of claw disorders. The design of livestock housing widely differs in many parts over the world. In The Netherlands, cubicle housing with a concrete floor is the predominant housing type for dairy cattle. Approximately 90 % of the dairy cows is kept in cubicle houses with a slatted floor, while about 10 % is kept on solid concrete floors with a manure scraper. A very small percentage of cows is housed in tie stalls or straw yard systems. In addition, an increasing number of dairy cattle is being housed indoors throughout the year (zero-grazing feeding system). This paper presents results of a cross-sectional study in which claw health was investigated in a large sample of dairy cows housed on several floor systems.

2 Materials and methods

The cross-section has taken place on 83 dairy farms with either slatted floor (SL), slatted floor with manure scraper (SL-SCR), solid concrete floor (SF), straw yard (SY) as well as zero-grazing (ZG). ZG-herds were housed on SL except for one farm that had a SF and two that had a SL-SCR. Clinical data of claw disorders were collected during routine herd trimming visits between September 1999 and July 2000. Both hind hooves of each animal were examined on the presence and severence of the following claw diseases: interdigital dermatitis/heel erosion (IDHE), digital dermatitis (DD), sole haemorrhage (SH), solar contusion (SOC), sole ulcer (SUL), white line separation (WLS), white line process (WLP), interdigital hyperplasia (HYP) and interdigital phlegmon (IP). The severity of IDHE was rated on a scale of 1 (slight lesion) to 3 (severe lesion), DD on a scale of 1 to 2 and SH on a scale of 1 to 4.

In addition to recording claw disorders, associated cow/herd, management and housing factors are studied. To identify risk factors, cow, management and farm data have been collected. Cow factors (e.g. parity, stage of lactation, production level, breed) were obtained from an on-farm registration system. Factors concerning the environment in which cows are housed (including management) were obtained by means of a questionnaire and additional farm inspection. In this paper only prevalence rates of claw disorders and the influence of several floor systems will be presented.

3 Results

3.1 Data validation

Data presented within this paper represent claw health records from herd hoof trimming visits at the end of the pasture and housing period (referred to as the P- and H-study). Only cows which were not yet longer than 15 days housed indoors at the time of hoof trimming were included in the P-study. Cows included in the H-study were no longer than 15 days at pasture at the time of observation. Because of a different strategy of hoof trimming in

most SY study herds, claw health records collected in SY herds were put together and analysed in a merged P/H-study. After data validation, claw health records of 3078 cows (49 farms), 3201 cows (46 farms) and 592 cows (12 farms) in the P-, H- and P/H-study respectively, were used for further analysis. On 34 farms claw health records were made during both the P- and H-study; 39 farms were visited only once, either in the P-, H- or P/H-study. Herds were primarily pure Holstein and Holstein crossbreeds. ZG herds showed highest median herd size: 76 and 94 in respectively P- and H-study (Table 1). The average 305-day herd milk yield was highest in SL-SCR herds: 9295 and 9155 kg in the P- and H-study, respectively. In SY herds, both median herd size (49 cows) and 305-day herd yield (6955 kg) were lower than on farms with concrete floor systems.

Table 1: Distribution of cow prevalence rates for claw disorders, average 305-day herd milk yield and median herd size within the study population in the P-, H- and P/H-study

Diagnosis	P-study				H-study				P/H-study
	SL	SL-SCR	CONC	ZG	SL	SL-SCR	CONC	ZG	SY
IDHE grade 1 ¹	34.7	32.8	34.1	27.9	39.3	44.3	37.3	40.6	56.2
grade 2	18.5	13.1	26.2	29.9	47.6	34.1	49.2	41.2	13.2
grade 3	2.2	1.7	4.2	10.5	5.7	1.9	5.1	2.2	0.0
DD grade 1	17.7	17.5	12.2	17.5	13.6	10.2	10.3	10.1	2.6
grade 2	11.9	10.0	13.1	31.5	17.9	9.9	22.4	20.4	1.6
H grade 1	33.0	34.7	34.4	40.3	30.0	33.2	15.4	22.0	16.3
grade 2	8.8	10.6	9.8	16.2	15.2	17.1	16.2	8.5	6.7
grade 3	2.9	2.5	2.5	5.4	3.9	4.5	5.8	1.5	1.0
grade 4	0.5	0.0	0.2	1.1	0.1	0.8	0.2	0.3	0.5
SOC	11.1	12.8	11.3	11.3	7.3	6.5	9.1	3.3	5.4
SUL	3.4	3.3	4.3	7.2	3.0	2.5	6.1	5.1	2.5
WLS	6.5	5.6	6.2	8.3	8.1	9.2	9.1	10.8	24.2
WLP	3.0	2.8	2.3	4.0	1.3	1.2	1.2	2.8	0.8
HYP	5.1	3.3	6.1	11.1	4.4	3.0	7.4	10.7	1.1
IP	0.2	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0
# Cows	1116	360	875	727	874	596	571	1160	592
# Farms	19	6	16	8	14	9	10	13	12
Median herd size ²	60	66	59	76	63	69	59	94	49
Average herd yield ³	8390	9295	8235	9030	8385	9155	8155	9030	6955

¹ Superficial IDHE (grade 1) was assumed as IDHE-negative in the analysis of claw health and floor system

² Dry cows included

³ 305-day milk production (kg)

3.2 Descriptive results

The prevalence rates of claw disorders found on several floor systems are presented in Table 1. The data show that the prevalence rate of DD was very low in SY (4.2 %). Considering the concrete floor systems (SL, SL-SCR, SF and ZG) in the P-study, cows on SL-SCR show lowest prevalences of IDHE and DD. In common, ZG-herds show high prevalences

for all diagnosed claw disorders in both the P- and H-study. WLP is extremely high prevalent in cows in SY (24,2 %). Comparing the P- and H-study, it appears that IDHE is more prevalent and more severe during housing. Prevalences of DD are less affected by season.

4 Discussion

The average DD cow prevalence found on concrete flooring (32.1 % and 26.8 % in the P- and H-study, respectively) was remarkably higher than in a similar study performed by FRANKENA et al. (1993): 8.1% at pasture and 13.8 % during housing. This indicates that the infection level of DD has increased considerably in Dutch dairy cattle over the last years. Not only herd prevalence but also the number of affected herds has increased. None of the herds housed on a concrete floor system showed a zero-prevalence for DD; only two farms showed a herd prevalence rate less than 5 %. Figure 1 shows herd prevalence rates for DD on 13 farms with SL-SCR included in both in the P- and H-study. It demonstrates the great variation between and within individual farms within the same floor system. This within farm variation can possibly be explained by changes in management because of the quick effects of it. So far only univariate analysis has been completed. More exact estimates for risk factors must be identified by multivariate analyses.

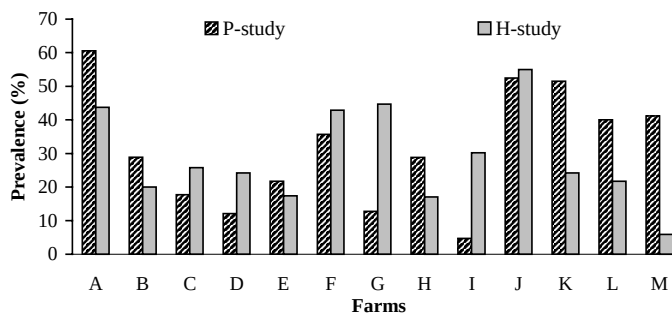


Fig. 1: Herd prevalence rates for digital dermatitis (DD) in the pasture (P) and housing (H) study for 13 farms with a slatted floor with manure scraper (SL-SCR)

Risk of infectious diseases like IDHE and DD was increased if slatted floors were not scraped regularly. This agrees with results found in the UK (WEBSTER, 1995). Univariate analysis of prevalences of DD (grade 0 vs. 1 + 2) in the H-study on SL versus SL-SCR show that $OR = 0.55$ ($p < 0.05$). The same procedure for IDHE (grade 0 + 1 vs. 2 + 3) yields $OR = 0.66$ ($p < 0.05$) and $OR = 0.49$ ($p < 0.05$) in the P- and H-study respectively.

Routine herd hoof trimming was not carried out routinely twice a year in SY herds presented in this paper (except for two herds). Five SY farms trimmed once a year; five other SY farms had not trimmed their cows for the last five years. In this last group of five farms, almost 65 % of the cows showed symptoms of WLS. We believe that if these farms had trimmed their herds for at least once a year, prevalences of WLS would be comparable with that in other SY study herds.

In contrast to WLS, all infectious diseases (IDHE, SH, and especially DD) and most secondary claw diseases (e.g. SOC, SUL, WLP, HYP) are less prevalent and less severe in SY than on concrete floor systems. Studies in the UK confirm the benefits of soft surfaces on

claw health. The incidence of foot lameness is less in herds housed in SY than on hard concrete surfaces (WEBSTER, 1995). A further risk analysis must quantify the (positive) effect of the soft surface. Most herds housed in SY in The Netherlands have a different, more extensive farm management and this certainly plays a role in the development of claw disorders.

Acknowledgement

This study was part of a PhD funded by the Technology Foundation (STW) and the Ministry of Agriculture.

References

CLARKSON, M.J. et al. (1993): An epidemiological study to determine the risk factors of lameness In dairy cows. University of Liverpool, CSA 1379.

FRANKENA, K. et al. (1991): Prevalence of lameness and risk indicators for dermatitis digitalis during pasturing and housing of dairy cattle. Proceedings of the Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine, p. 107-118.

WEBSTER, J. (1995): Animal welfare: a cool eye towards Eden: a constructive approach to the problem of man's domination over animals. University of Bristol, Oxford, Blackwell Sciences, p 273.

Epidemiologische Untersuchungen zum Liegeverhalten von Milchkühen in nordwestdeutschen Praxisbetrieben – Einfluss des Haltungssystems

Epidemiological Studies on Lying Behaviour of Dairy Cows in North-Western German Commercial Farms – Influence of the Housing System

CHRISTOPH WINCKLER, JAN BRINKMANN, KATHARINA KÜFMANN, STEFANIE WILLEN

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Universität Göttingen, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Milchvieh, Liegeverhalten, Tiergerechtigkeit, Haltungssystem
Keywords: dairy cattle, lying behaviour, welfare, housing system

Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung hatte zum Ziel, das Liegeverhalten von Milchkühen in Abhängigkeit vom Haltungssystem und der Ausgestaltung hinsichtlich Liegeplatzqualität zu erfassen. Dazu wurden in insgesamt 134 nordwestdeutschen Milchviehbetrieben die Gesamtliegezeit, die Anzahl der Liegeperioden sowie die mittlere Dauer der Liegeperioden an einer zufällig ausgewählten Stichprobe über einen Zeitraum von 48 h mittels eines auf einem Lagesensor basierenden automatischen Erfassungssystems erhoben.

Liegeboxenlaufställe ($n=118$) und Haltungssysteme mit eingestreuter freier Liegefläche ($n=16$) unterschieden sich nicht hinsichtlich der untersuchten Parameter. Innerhalb der Liegeboxenlaufställe hatte dagegen die Liegeboxenkategorie einen signifikanten Einfluss: In Betrieben mit eingestreuten Liegeboxen wurden die höchsten Liegezeiten ermittelt. Bei Komfortmatratzen war die Anzahl an Liegeperioden signifikant erhöht, gleichzeitig reduzierte sich die mittlere Dauer der Liegeperioden.

Summary

It was the aim of this study to investigate lying behaviour in commercial dairy herds as influenced by housing system and bedding type. Total lying time, number of lying bouts and mean duration of lying bouts were measured for 48 h in randomly selected animals in 134 northwestern German dairy farms using a sensor-based automatic recording device.

Lying behaviour did not differ between cubicle houses ($n=118$) and straw yard systems ($n=16$). However, within cubicle systems bedding type had a significant effect. Total lying time was highest in deep littered cubicles, whereas comfort mats resulted in a significantly increased number and reduced duration of lying bouts.

1 Einleitung

Das Wohlbefinden von Milchkühen unter modernen Haltungs- und Produktionsbedingungen ist in den letzten Jahren verstärkt in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Insbesondere dem Liegeverhalten kommt dabei entscheidende Bedeutung zu. Ausreichende Liegezeiten (> 12 h) wirken sich positiv auf die Wiederkautätigkeit und damit den Pansenstoffwechsel aus, während reduzierte Liegezeiten u. a. als Risikofaktor für das Auftreten von Lahmheiten angesehen werden (PHILLIPPS et al., 1994). Die Auswirkungen unterschiedlicher Boxentypen (z. B. Hoch-/Tiefbox) oder –beläge wurden häufig in experimentellen Untersuchungen erfasst (z. B. MANNINEN et al. 2002); die tatsächliche Situation in der Praxis war jedoch nur in geringem Umfang Gegenstand von Studien (z. B. WECHSLER et al., 2000).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war daher, das Liegeverhalten von Milchkühen in Abhängigkeit vom Haltungssystem und der Ausgestaltung hinsichtlich Liegeplatzqualität in Praxisbetrieben zu erfassen.

2 Tiere, Material und Methoden

In einer Querschnittsstudie wurden insgesamt 134 nordwestdeutsche Milchviehbetriebe (118 Boxenlaufställe (BLS), 16 Tiefstreusysteme mit freier Liegefläche (TLS)) einmalig während des Winterhalbjahrs besucht. Es handelte sich ausschließlich um Herden der Rasse Deutsche Holstein der Zuchtrichtungen Schwarzbunt bzw. Rotbunt.

Für die Erfassung des Liegeverhaltens wurden Neigungsschalter mit einem kritischen Winkel von 45° als Lagesensoren verwendet, deren Spannungssignal (0 bzw. 2500 mV) in regelmäßigen, frei wählbaren Abständen von einem Datenlogger (Tinytag®) aufgezeichnet wird. So ermöglicht die Speicherkapazität des Loggers bei einem Aufzeichnungsintervall von 11 s die Datenerfassung über einen Zeitraum von mehr als 48 h. Sensor und Datenlogger sind in einem stoßfesten Gehäuse integriert, dessen Abmessungen ein problemloses Befestigen an den Extremitäten erlauben.

Diese Lagesensoren wurden bei 8–15 zufällig ausgewählten Tieren je Betrieb eingesetzt. Die Datenerhebung erfolgte über 48 h nach einer Adaptationszeit von einem halben Tag. Die erhaltenen Daten wurden hinsichtlich Gesamtliegezeit sowie Anzahl und Dauer der Liegeperioden ausgewertet.

Zusätzlich wurden das Haltungssystem und das Herdenmanagement über Checklisten und Fragebögen erfasst.

3 Ergebnisse

Die durchschnittliche Liegezeit unterschied sich nicht zwischen Boxenlaufstallbetrieben und Betrieben mit freier Liegefläche (BLS: 671 ± 70 ; TLS 688 ± 51 min/24h; n.s., Mann-Whitney-Test).

Innerhalb der Boxenlaufstallbetriebe wurde zwischen Tiefboxen mit Stroh-/Sägespäne-matratze (T(+); $n = 24$), mäßig eingestreuten Tiefboxen (T(-); $n = 15$), komfortablen einstreulosen Hochboxen (Matratze/elastische Gummimatte) (HM; $n = 32$), tief eingestreuten Hochboxen (H(+); $n = 7$) und Hochboxen mit harter Gummimatte bzw. ohne Belag (H(-); $n = 38$) unterschieden. Die Liegeboxenkategorie hatte einen signifikanten Einfluss auf die Gesamt-

liegezeit ($p=0,015$; Kruskal-Wallis-Test). H(-)Betriebe wiesen die niedrigsten durchschnittlichen Gesamtliegezeiten auf (652 ± 64), während in tief eingestreuten Hochboxen die längste Liegedauer erreicht wurde (725 ± 28) (s. Abb. 1).

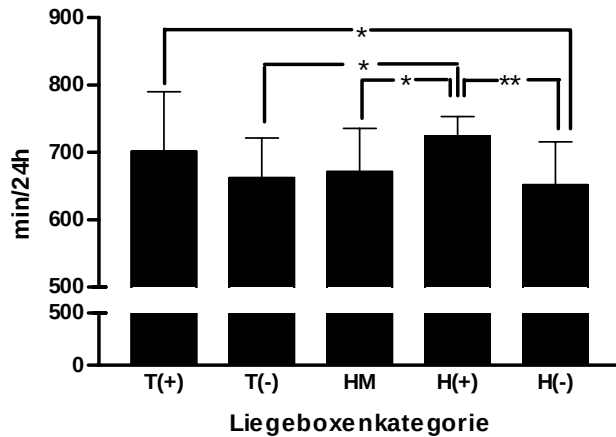


Abb. 1: Durchschnittliche Gesamtliegezeiten (min/24h) in unterschiedlichen Liegeboxenkategorien (*: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, Mann-Whitney-Test, $FG = 4$)

Auch die Anzahl der Liegeperioden (TLS: $10,8 \pm 1,8$; BLS: $10,0 \pm 2,0$; $p=0,059$, Mann-Whitney-Test) und deren mittlere Dauer (TLS: 65 ± 10 ; BLS: 70 ± 15 min; n.s., Mann-Whitney-Test) unterschieden sich nicht signifikant zwischen Haltungssystemen mit freier Liegefläche und Boxenlaufställen.

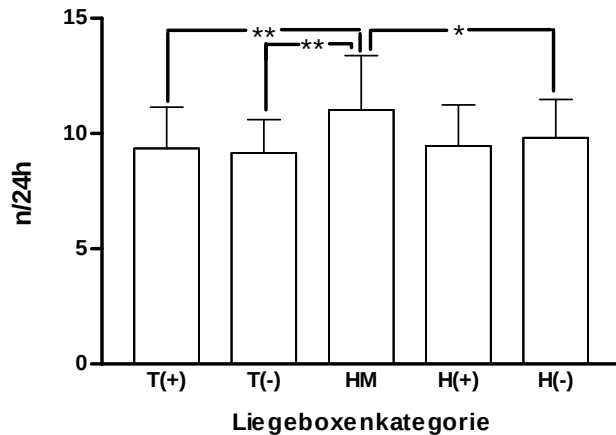


Abb. 2: Durchschnittliche Anzahl an Liegeperioden (n/24h) in unterschiedlichen Liegeboxenkategorien (*: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, Mann-Whitney-Test, $FG = 4$)

Dagegen bestand auf beide Parameter ein signifikanter Einfluss der Liegeboxenkategorie (Anzahl Liegeperioden: $p=0,006$; mittlere Dauer: $0,001$; Kruskal-Wallis-Test, $FG = 4$) (Abb. 2 und 3). In Betrieben mit Matratze/elastischer Gummimatte (HM) wurden gegen-

über fast allen übrigen Kategorien mehr Liegeperioden verzeichnet; dies resultierte in signifikant kürzeren Liegeperioden.

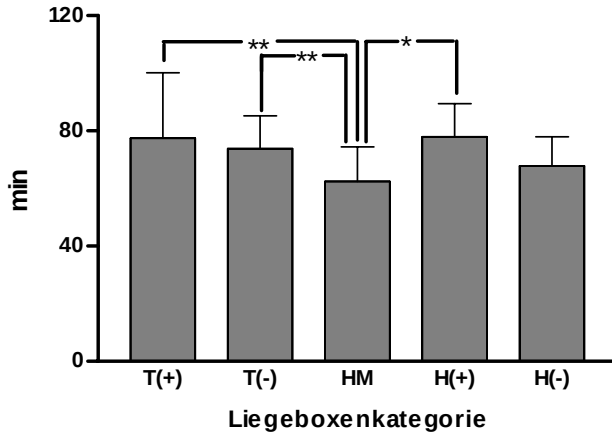


Abb. 3: Durchschnittliche Dauer der Liegeperioden (min) in unterschiedlichen Liegeboxenkategorien (*: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, Mann-Whitney-Test, $FG = 4$)

4 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich die Parameter des Liegeverhaltens in Liegeboxenlaufställen im Vergleich zu Tiefstreusystemen im Mittel nicht unterscheiden. Dagegen wird innerhalb der Liegeboxenkategorien die Vorzüglichkeit eingestreuter Haltungsverfahren deutlich. V. a. für die sogenannten Komfortmatratzen konnte kein positiver Beitrag hinsichtlich des Liegeverhaltens ermittelt werden.

Danksagung

Die vorliegende Untersuchung wurde dankenswerterweise vom Land Niedersachsen/EU (ProLand) sowie der Wilhelm H. Schaumann-Stiftung (Entwicklung des automatischen Erfassungssystems) unterstützt.

Literatur

WECHSLER, B.; SCHAUB, J.; FRIEDLI, K.; HAUSER R. (2000): Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats, *Applied Animal Behaviour Science* 69, 189-197

PHILLIPPS, C.J.C.; SCHOFIELD, S.A. (1994): The effect of cubicle and straw yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows, *Animal Welfare* 3, 37-44

MANNINEN, E.; DE PASSILLÉ, A.M.; RUSHEN, J.; NORRING, M.; SALONIEMI, H. (2002): Preferences of dairy cows kept in unheated buildings for different kind of cubicle flooring, *Applied Animal Behaviour Science* 75, 282-291

Neue Erkenntnisse und Strategien zur Vermeidung des gegenseitigen Besaugens bei künstlich aufgezogenen Kälbern im Zusammenhang mit der Milchaufnahme am Saugnuckel

New Results and Strategies Against Cross-sucking Behaviour Among Artificially Reared Calves with Regard to the Milk Intake at the Rubber Teat

FRANK ZERBE

Institut für Tierschutz und Tierhaltung (FAL), Dörnbergstr. 25-27, 29223 Celle

Schlüsselwörter: Kälber, MilCHFütterung, Unterdruck, Saugreflexe
Keywords: calves, milk feeding, negative pressure, sucking reflexes

Zusammenfassung

Bei mutterloser Aufzucht erhalten Kälber ihre Milch an einem künstlichen Nuckel. Die Dauer der Milchaufnahme ist jedoch sehr kurz (1-2 min/Liter), so dass häufig Ersatzsaugen und gegenseitiges Besaugen im zeitlichen Zusammenhang mit einer Mahlzeit beobachtet wird. Unterdruckaufzeichnungen bestätigen, dass die Kälber oft keine Saugpulse zeigen. Die hastige Milchaufnahme (Filling up Effekt) ist demnach Folge fehlender Saugreflexe. Es wurde ein Saugnuckel mit künstlichem Strichkanal untersucht, welcher nicht nur die Saugdauer verlängerte (5-8 min/Liter). Indem er die angesaugte Milchmenge für den Schluckakt limitiert, konnten Saugpulse auch bei einem oralen Unterdruck > 25 kPa stets nachgewiesen werden. Bei kleiner Milchflussrate bleibt die Koordination von Schlucken und Atmung unbeeinträchtigt. Es wird erwartet, dass das Erlebnis längerer Saugreflexfolgen zu einer Reduzierung der Saugmotivation beiträgt (negativer feedback). Weitere Untersuchungen müssen klären, ob der neue Bionicknuckel gegenseitiges Besaugen reduzieren oder gänzlich vermeiden kann.

Summary

Artificially reared calves suck their milk at a dummy teat. The duration of milk ingestion is very short (1-2 min/l). Object-sucking and cross-sucking behaviour were frequently observed after having a milk meal. In addition, their sucking pulses have often gone shown by negative pressure recordings. Therefore, the hurried milk intake (Filling up Effect) can be regarded as a result of missing sucking reflexes. A new nipple with an artificial teat canal increases the time budget to suck (5-8 min/l). It limits the sucked milk volume drawn to be swallowed every time. As the result of the lower milk flow rate the pulses are always present despite any oral pressure > 25 kPa. Swallowing and breathing are not interfered. It is supposed that the reduction of sucking motivation also depends on the length of the sucking reflex sequences (negative feedback). Further studies are required whether the new bionic nipple can prevent cross-sucking behaviour.

1 Einleitung

Gegenseitiges Besaugen unter Kälbern ist auf eine unbefriedigte Saugmotivation zurückzuführen (DE PASSILLÉ 2001). Daher sind die Ursachen in engem Zusammenhang mit der Milch und dem Milchaufnahmeverhalten zu betrachten. Das Besaugen von Artgenossen kann unerwünschte Auswirkungen haben. Neben Verdauungsstörungen (z.B. Bezoare) können Infektübertragungen (Hartrinken, Nabel), Schädigungen der Euteranlage bei Färsenkälbern auftreten und jene ontogenetischen Verhaltensgrundlagen gelegt werden, die zum Milchsaugen in Milchkuhherden führen (KEIL u.a. 2001). Eine Saugmotivation kann durch Hunger (Stoffwechsellaage) und durch sensorische Wahrnehmung (Milchkontakt) ausgelöst werden. Die Motivation löst sich auf bei Sättigung mit einer ausreichenden Milchmenge, die bei rationierter Fütterung nicht immer angeboten wird. Milchinhaltsstoffe beeinflussen die Stoffwechsellaage post-prandial (DE PASSILLÉ u.a. 1993). Daraufhin wurde ein Zusatz von schnell resorbierbarer Glukose empfohlen, welcher zur Reduzierung des Besaugens beitrug (ENGLE u.a. 2001). Monosaccharide sind jedoch keine natürlichen Bestandteile der Milch, wodurch die eigentlichen Ursachen des Besaugens nicht gelöst erscheinen.

Stets wurde auf die kurze Saugdauer bei künstlicher Milchtränke hingewiesen. Daher versuchte man, die Milchflussrate technisch zu verkleinern. Saugwiderstände, die man vor dem Nuckel platzierte (FRANZ 1997), bewirken einem Trinkröhrchen-Effekt und scheinen eher das Saugen zu behindern. Andere vertreten die Meinung, dass dies sogar häufigeres Besaugen auslöst. Untersuchungen des Saugvorgangs mittels Unterdruckaufzeichnungen sind daher ein möglicher Weg, die Rolle von Saugwiderständen, die physikalisch in jedem Tränkesystem vorhanden sind, zu klären, um diese so einzusetzen, dass die Saugreflexe des Kalbes unterstützt werden. Da die Lochöffnung des Nuckels meist bereits die engste Stelle des Strömungssystems darstellt, war die weitere Reduktion des Durchmessers ein logischer Lösungsansatz. HALEY u.a. (1998) stellten aber fest, dass die Milchflussrate beim Saugen nicht in linearer Abhängigkeit zur Durchmessergröße steht. Infolge der punktuell hohen Strömungsgeschwindigkeit wird eine kleinere Öffnung immer stark gedehnt. Diese Kräfte können die Elastizität des Kautschuks ermüden und die Lochöffnung letztendlich aufreißen (nicht die Kälber direkt). Zur Stabilisierung des Strömungswiderstandes wurde in dieser Untersuchung die Form eines künstlicher Kanals gewählt, welcher dem biologischen Vorbild analog ist – dem Strichkanal einer Euterzitze, der primär eine Verschlussfunktion hat. Um jedoch der möglichen physiologische Bedeutung des Strichkanals für das Saugen beizukommen, muss kurz die Saugmotorik (HAPPEL 1963) beschrieben werden. Der durch oralen Unterdruck induzierte Milchstrom wird durch einen Kauschlag auf den Zitzenkörper kurz unterbrochen. Die Zunge drückt ihn dann gegen den harten Gaumen und erzeugt einen Überdruck in der Zitze (z.B. RASMUSSEN u. a. 1998), so dass die Milch aus dem Hohlraum (der Zisterne) in die Maulhöhle gedrückt wird und abgeschluckt werden kann (Abschluckphase eines Pulses bei ↓ oralen Unterdruck). Danach erfolgt wieder ein Ansaugen (Ansaugphase eines Pulses bei ↑ Unterdruck).

Eine Saugpulsfolge wird generiert, indem das Kalb ständig zwischen einem Unterdruckgradienten und einem Überdruckgradienten wechselt, welche die Milch durch den Strichkanal saugen bzw. pressen. Der Saugvorgang erfordert damit eine enge zeitliche Koordination zwischen Kauschlag und Kehlkopffunktion. Die Milchströmung durch den Kanal wird nicht unterbrochen, was bereits BECKER (1955) aus seinen Untersuchungen schlussfolgerete.

2 Material, Methoden und Tiere

Männliche und weibliche Kälber (Holstein Friesian und Schwarzbunt, 14. bis 105. Lebens- tag) wurden in 2 Gruppen von je 15 Tieren an einem FÖRSTER-Tränkeautomaten aufge- zogen. Während einer Milchmahlzeit wurde der Unterdruckverlauf im Milchschauch und in der Maulhöhle aufgezeichnet. Parameter der Auswertung waren (1) mittlerer Unter- druck, (2) oberer Unterdruck [mittlerer Höchstwert aller Saugpulse] und (3) die mittlere Saugfrequenz [FOURIER-Analyse über mehrere 25 sec Intervalle je Mahlzeit]. Nicht- nutritives Saugen war ausgeschlossen. Zuerst wurde der konventionelle Nuckel (CN) un- tersucht (Lochdurchmesser 4 mm), in einem zweiten Aufzuchtsdurchgang der Bioniku- ckel (BN) mit einem in der Nuckelspitze fixierten Schlauch (20 mm lang, 1 mm Durch- messer). Die Untersuchungsmethode wurde beibehalten (siehe ZERBE 2000). Stets ging nur eine Aufzeichnung pro Tier und Beobachtungstag in die Auswertung ein.

3 Ergebnisse und Diskussion

Der in Tabelle 1 dargestellte Vergleich der Saugparameter am CN und BN zeigt, dass trotz des größeren Saugwiderstandes Kälber keinen signifikant höheren Unterdruck (Höchstwer- te der Pulse im Maul, hS2) produzieren und trotz geändertem Nuckeldesign auch ihre Saugfrequenz nicht verändern. Sie saugten durchschnittlich sogar mit einem signifikant ($p < .05$) niedrigeren mittleren Unterdruck (mS2), welcher im Kontext mit einer gegenüber dem CN um rund 100 % größeren Druckmodulation im Maul |hS2-mS2| steht.

Tab. 1: Ergebnisse der Unterdruckaufzeichnungen im Milchschauch(S1)und im Maul(S2) beim Saugen am konventionellen Lochnuckel (CN) und am Bioniknuckel (BN). Die an beiden Sensoren aufgezeichneten Zeitreihen wurden immer getrennt ausgewertet.

Saugnuckel Design		CN – Studie		BN – Studie	
Untersuchungsumfang		28 Kälber, 10 Tage		15 Kälber, 3 Tage	
Sensor (Ort)		S1 (Schlauch)	S2 (Maul)	S1 (Schlauch)	S2 (Maul)
Anzahl Mahlzeiten	n	209	209	38	38
Mittlerer Unterdruck [mS1] und [mS2]	x $\pm$ s (mbar) Max/Min	72.7 $\pm$ 10.3 95 ... 44	203.0 $\pm$ 66.1 403 ... 60	70.1 $\pm$ 8.9 * 92 ... 49	172.3 $\pm$ 75.0 ° 416 ... 70
Druckgradient mS2-mS1		203-73 = 130 mbar		172-70 = 102 mbar	
Oberer Unterdruck [hS1] und [hS2]	x $\pm$ s (mbar) Max/Min	152.9 $\pm$ 21.8 208 ... 94	256.9 $\pm$ 51.6 412 ... 101	110.9 $\pm$ 12.8 °° 142 ... 79	268.9 $\pm$ 74.3 * 495 ... 142
Druckgradient hS2 - hS1		257-153 = 104 mbar		269-111 = 158 mbar	
Unterdruckmodulation Oberer – Mittlerer Unterdruck		hS1-mS1 80 mbar	hS2-mS2 54 mbar	hS1-mS1 41 mbar	hS2-mS2 97 mbar
Mittlere Saugfrequenz	x $\pm$ s (mHz) Max/Min	2321 $\pm$ 151 2530 ... 1990	2319 $\pm$ 151 2534 ... 1991	2309 $\pm$ 142 * 2613 ... 2032	2302 $\pm$ 142 * 2627 ... 2017
Milchflussrate	invertiert	1 - 2 min pro Liter Milch		5 - 8 min pro Liter Milch	

Statistische Signifikanz im bilateralen t-Test: *n.s.; °P<.05; °°P<.01, BN vs. CN; 10 mbar = 1 kPa

Im Milchschauch entsteht nur dann ein Unterdruck, wenn Milch durch den Nuckel strömt (Ansaugphase). Weil der elastische Nuckel seine ursprüngliche Form nach jedem Kauschlag wieder herstellt und damit einen zusätzlich wirksamen Ansaugeffekt hat, hält

das Kalb immer einen Mindestunterdruck beim Saugen aufrecht. Dadurch strömt keine Milch aus dem Maul zurück. Je stärker die Strömung im Widerstand eingeengt ist, desto schneller führt der erzeugte Unterdruck zu einer lokal höheren Geschwindigkeit. Durch ihr Grenzzyklusverhalten (ZERBE 2000) verbraucht die Strömung ihre Impulskräfte in der Dehnungsarbeit und begrenzt dadurch das Milchvolumen, welches pro Zeiteinheit hindurch gelassen wird. Diese reduzierte Milchflussrate im Widerstand begründet, warum die Höchstwerte der Pulse (hS1) im Milchschauch signifikant kleiner ($p < .01$) sind und nun überwiegend den Ansaugeffekt des Nuckels darstellen. In der Konsequenz ist die gegenüber dem CN um 100 % geringere Druckmodulation |hS1-mS1| vor dem Saugwiderstand konformer Ausdruck der längeren Saugdauer des Kalbes am BN (beobachtetes Maximum 17 min).

Charakteristisch für das Saugen am CN ist der hohe orale Unterdruck (mS2) und, dass die Druckmodulation im Milchschauch größer ist als im Maul. Dies indiziert eine Fehlfunktion im Saugen, die dadurch entsteht, dass bei unzureichendem Widerstand mehr Milch pro Saugpuls aufgenommen wird, als in einem Schluckakt abgeschluckt werden kann (2–3 ml, BECKER 1955). Abbildung 1 und 2 zeigen beispielhaft, dass ab einem oralen Unterdruck $> 250\text{mbar}$ die Saugpulse, und damit vollständige Saugreflexe, verschwinden. Solche Abweichungen werden als „Filling up“ bezeichnet, weil die Milchaufnahme nicht mehr aktiv, sondern passiv und unter Ausnutzung des Höhengefälles zwischen dem Milchbecher am Automaten und dem Labmagen erfolgt. Die Körperhaltung des Kalbes beim Saugen verstärkt das Gefälle, weil der Labmagen dann noch tiefer positioniert wird. In den Aufzeichnungen konnten folgende Abweichungen in der Kauschlag- und Kehlkopffunktion beim Saugen am CN festgestellt werden:

- Der Kauschlag ist nur vollständig, wenn über den Automaten ein atmosphärischer Druckausgleich im Milchschauch eintritt. Beim Filling up Effekt werden sie unvollständig (Abb. 2), was zur Folge hat, dass im Nuckel auch kein Überdruck produziert werden kann. Oft weisen einzelne Pulse Doppelspitzen auf, die eine Entkopplung der synchronisierten Kaumotorik kennzeichnen.
- Der Kehlkopf reguliert Atmung und Abschlucken. Eine Ausatmung liegt vor, wenn im Maul atmosphärische Druckverhältnisse eintreten. Einatmungen im Wechsel mit Schluckakten generieren eine Saugpulsfolge. Weil das Einatmen beim Filling up fehlt, wird auch nicht ausgeatmet.

Die Dauer des Filling up hängt daher davon ab, wie lange ein Kalb die Gefälleströmung ohne einen Atemzug durchhalten kann. Abbildung 2 präsentiert ein Tier, das während der 112 sec Saugzeit keinen einzigen Atemzug zeigte. In keiner einzigen Aufzeichnung wurde ein Filling up Effekt am BN beobachtet (Abb. 3). Saugpulsfolgen sind auch oberhalb von 25 kPa zu registrieren, die durch Ausatmungen (Saugpausen) in einzelne Saugperioden gegliedert werden und so einen durchgehenden Saugvorgang zeitlich strukturieren.

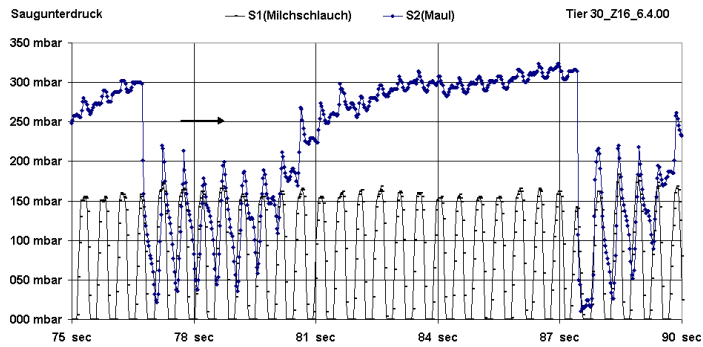


Abb. 1: CN-Studie. Steigt der orale Unterdruck (S2) über 250 mbar (Pfeil), lösen sich die Saugpulse auf (Beginn des Filling up Effekts). Die Kauschläge sind vollständig (S1 erreicht Null).

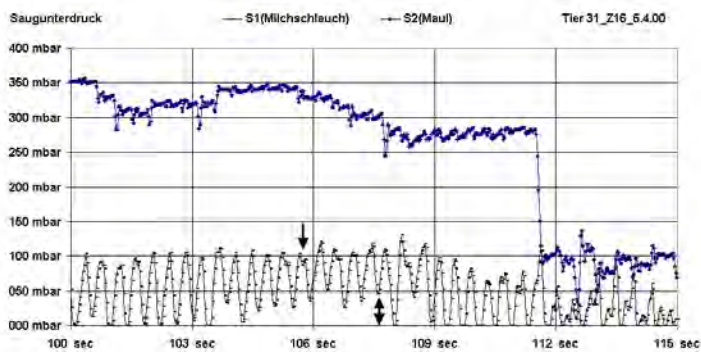


Abb. 2: CN-Studie. Filling up bis zum Ende der Mahlzeit (permanent hoher Unterdruck S2). Die Kauschläge sind unvollständig (Doppelpfeil) und oft doppelt (Pfeil). Es war keine Ausatmung festzustellen. Nach einer Saugdauer von 112 sec trat nicht-nutritives Saugen auf.

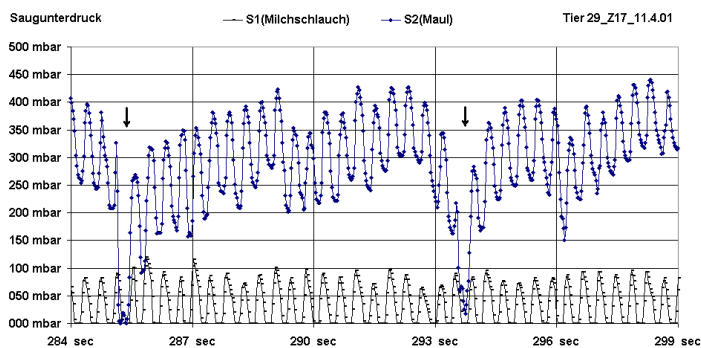


Abb. 3: BN-Studie. Saugpulse sind auch oberhalb von 250 mbar bei vollständigen Kauschlägen feststellbar. Ausatmungen (Pfeile) terminieren einzelne Saugperioden innerhalb eines Saugvorgangs. Ein Filling up Effekt wurde nie beobachtet.

Die mittlere Saugfrequenz betrug unverändert 2.3 Hz und wird von anderen Autoren ebenfalls zwischen 2 und 2.5 Hz angegeben. Zu Beginn einer Mahlzeit ist sie meist etwas höher (ZERBE 2000). Im Mittel entspricht sie der Herzfrequenz ruhender Kälber (140 bpm). Eine Beurteilung der Saugreflexe (einschl. Schlundrinnenreflex) muss ihre Steuerung im Hirnstamm und die kollaterale Innervation von Larynx und Plexus cardiacus (N. vagus, N. recurrens) berücksichtigen.

4 Schlussfolgerungen

Der bionische Lösungsansatz sollte weiter verfolgt werden, um Saugreflexe fütterungstechnisch zu gewährleisten. Zusätzlich wird vermutet, dass das Ausleben der Saugreflexe ein die Saugmotivation befriedigender Faktor ist und damit das Besaugen verhindern kann. Wenn davon auszugehen ist, dass vitale Kälber mit höherem Unterdruck saugen, gelangen gerade sie in die Filling up Falle bei unzureichendem Saugwiderstand. Dies begründet teilweise die bekannte große inter-betriebliche und inter-individuelle Variabilität im Besaugen (LIDFORS 1993).

Literatur

BECKER, F. (1955): Vergleichende Untersuchungen über den Mechanismus des Milchentzuges beim Saugen des Kalbes, beim Handmelken und beim maschinellen Melken, Dissertation, Technische Hochschule München

DE PASILLÉ, A.M.B., CHRISTOPHERSON, R., RUSHEN, J. (1993): Non-nutritive sucking by the calf and post-prandial secretion of insulin, CCK, and Gastrin, *Physiology behavior* 54, 1069-1073

DE PASSILLÉ, A.M.B. (2001): Sucking motivation and related problems in calves, *appl. anim. behav. sci.* 72, 175-187

Engle, B., Früh, B., Richter, T., Borell, E. (2001): Saugbremse einmal anders. Neue Strategie gegen Besaugen bei Kälbern in Gruppenhaltung, *DLZ Agrarmagazin*, H. 5, 100-103

FRANZ, H. (1997): Pilotstudie, FBN Dummerstorf, persönliche Kommunikation

HALEY, D., RUSHEN, J., DUNCAN, I., WIDOWSKI, T., DE PASSILLÉ, A.M.B. (1998): Effects of resistance to milk flow and provision of hay on non-nutritive sucking by dairy calves, *J. DAIRY SCI.* 81, 2165-2172

HAPPEL, F. (1963): Untersuchungen der pneumatischen und mechanischen Belastungen der Zitze beim natürlichen Milchentzug durch das Kalb als Grundlage zur Beurteilung des Maschinenmelkens, *Tierärztliche Umschau* 18, 494-500

KEIL, N.-M., LANGHANS, W. (2001): The development of intersucking in dairy calves around weaning, *appl. anim. behav. sci.* 72, 295-308

LIDFORS, L.M. (1993): Cross-sucking in group-housed dairy calves before and after weaning off milk, *appl. anim. behav. sci.* 38, 15-24

RASMUSSEN, M.D., MAYNTZ M. (1998): Pressure in the teat cistern and the mouth of the calf during suckling, *J. Dairy Res.* 65, 685-692

ZERBE, F. (2000): Untersuchungen zum Milchaufnahmeverhalten von Kälbern am Saugnuckel und Konsequenzen für einen tierartgerechten maschinellen Milchentzug, In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL, Darmstadt, H. 403, 171-181

Untersuchung zum Nährstoffaustrag auf Sandböden im Freiland-Winterquartier von Mutterkühen

Investigation of Leaching of Nutrients on Sandy Soils in Outdoor Hibernacle of Suckler Cows

WOLF-DIETER KALK¹, REINER BRUNSCH²

¹ Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe des Institutes für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

² Abteilung Technik in der Tierhaltung des Institutes für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Mutterkuh, Winterquartier, Nährstoffaustrag, Lysimeter
Keywords: suckler cow, outdoor hibernacle, leaching of nutrients, lysimeter

Zusammenfassung

Um die Austräge von Nährstoffen mit dem Sickerwasser im Freiland-Winterquartier von Mutterkühen zu untersuchen, wurden neuartige tensiometergesteuerte Kleinlysimeter unter Quartierbereichen mit Stroheinstreu und ohne Einstreu in 90 cm Tiefe eingebaut.

Im Vergleich zum Eintrag durch Nassdeposition hat der Gesamt-N-Austrag auf der Referenzfläche und auf der Auslauffläche eine Größenordnung von 50 bis 60 %. Unter der Einstreufläche wurden bei Sandboden mit eingelagerten Lehmschichten weniger als 10 % der Nassdeposition als Gesamt-N-Austrag ermittelt. Auf tiefgründig sandigem Boden entsprechen die durchschnittlichen Gesamt-N-Austräge etwa der Nassdeposition. Nur kurzzeitig erreichten mineralische Stickstoff- und Kalium-Austräge Werte, die mit Veränderungen der Boden-Gehalte vergleichbar waren.

Kleinlysimeter ohne Stechzylinder für die darüber befindliche Bodensäule sind wegen nicht nur vertikal verlaufender hydraulischer Flüssigkeitsbewegungen für Untersuchungen von Sickerwasserausträgen unter Praxisbedingungen nur bedingt geeignet.

Summary

In order to determine the leaching of nutrients in the seeping water of cattle pasture used during winter novel tensiometer-controlled small lysimeters were installed in a depth of 90 cm both with and without straw interspersing.

On the reference site as well as on the tread area the total N-leaching amounts to 50 to 60 % of the input by wet deposition. Only 10 % of the deposited N is leached on sandy soils with embedded clay layers, whereas on deep grounded sandy soils the total N-output reaches almost the N-deposition. Mineral N and potassium reached only for short terms values comparable to changes in soil content.

As under real conditions water moves not only vertical small lysimeters without sampling cylinders for the above soil column are only limitedly applicable for investigations of leaching with seeping water.

1 Problem

Die Suche nach stabilen und nachhaltigen Produktionssystemen unter typischen landwirtschaftlichen Bedingungen des Landes Brandenburg erfordert u.a. die Untersuchung praxisüblicher Verfahren hinsichtlich nutzbarer und nicht genutzter Nährstoffanteile. Ein zu klärendes Problem in diesem Rahmen ist die Erfassung der Nährstoffausträge bei der Freilandhaltung von Mutterkühen, insbesondere im Bereich von Winterquartieren auf Sandstandorten (WAßMUTH, 2002). Bekannt sind Untersuchungen des Nährstoffgehaltes von Böden bei Freiland- und Weidehaltung unterschiedlicher Tierarten (v. BOBERFELD, 1998; PFEILER, 1999) einschließlich der Winterperiode (EBEL und MILIMONKA, 1998; KÖNIG, 2002). Zu untersuchen sind nach EBEL und MILIMONKA (1998) die Vorteilswirkungen der Strohmatten hinsichtlich der Verlagerung von Nitratstickstoff in tiefere Bodenschichten über einen längeren Zeitraum nach der Mietenräumung.

Ziel der Untersuchungen unter Praxisbedingungen war die Ermittlung der Austräge von Nährstoffen mit dem Sickerwasser bei der Haltung von Mutterkühen auf Sandböden unter Winterquartierbereichen mit Stroheinstreu und unter Auslaufbereichen ohne Einstreu.

2 Untersuchungsmethoden

Zur Erfassung der flächenbezogenen Sickerwasserausträge in einem Freiland-Winterquartier (Tab. 1) wurde eine Lysimetermessstation eingerichtet, die eine Sickerwasseraufnahme im Einstreubereich und im Auslaufbereich der Tiere erlaubte. Wegen der Bewirtschaftung der Flächen wurden tensiometergesteuerte Kleinlysimeter (SEYFARTH u. a., 1996) ohne Stechzylinder für die Bodensäule in 45 cm (Kontrolltiefe; Aufnahmefläche: 500 cm²) und 90 cm (Hauptwurzelzone der Pflanzen; Fläche: 2x500 cm²) eingebaut.

Tab. 1: Daten zum Winterquartier
Dates of outdoor hibernacle

Jahr	Mutterkühe ¹⁾ Anzahl	Nachzucht Anzahl	Belegung	Austrieb	Gesamt- fläche ha	Einstreu- fläche ²⁾ ha	Einstreu ³⁾ kg GV ⁻¹ d ⁻¹	Acker- zahl
2001	222	59	05.12.2000	02.05.2001	6,48	0,7456	15,0	19
2002	265		04.12.2001	30.04.2002	6,48	0,9234	21,5	19

¹⁾ einschliesslich tragender Färsen

²⁾ umgerechnet auf ermittelte mittlere Einstreuhöhe von 40 cm

³⁾ gesamte eingestreute Strohmenge

Das Anlegen der mit Tensiometern bestimmten Saugspannung im Boden an das Lysimeter erlaubt die direkte Messung der flächen- und zeitbezogenen Sickerrate, wobei der zeitliche Ablauf im Datenlogger gespeichert wird. Nach der Bestimmung der Stoffkonzentration in der Bodenwasserlösung kann die direkte Stoffverlagerung im Boden angegeben werden. Ergänzt wurde die Messstation mit einem nicht von der Bewirtschaftung beeinflussten Kleinlysimeter (SEYFARTH u. a., 1996) als Referenzlysimeter (Fläche: 707 cm²) und einer Wetterstation (Niederschlagsaufnahmefläche: 200 cm²). Mit Beginn der Untersuchungen (Tab. 1) wurde die Fläche erstmals als Winterquartier genutzt. Die Perkolate wurden ganzjährig in jeder Woche entnommen, wenn die Menge für Analysen im Labor ausreichend war (mindestens 100 ml), oder im mehrfachen Zeitabstand einer Woche.

Nach Austrieb der Herde wurde die Auslauffläche mit Weidelgras bestellt. Der Mist wurde im August abgefahren. Mit ergänzenden Bodenproben sollte eine Zuordnung von Boden- und Sickerwasseranalysen vorgenommen werden. Differenzen von Mengenbilanzen der mittels Bodenproben abzuschätzenden Nährstoffausträge und der Sickerwasserausträge sollten im Herbst 2002 durch eine Tracersubstanz aufgeklärt werden. An den Lysimetern unter dem Einstreubereich ohne Lehmschichten (Abb. 2) wurde Natriumbromid (MACHATE u. a., 1998) mit jeweils 30 mm destilliertem Wasser eingetragen.

Im ersten Jahr wurden unter dem Einstreubereich nur geringe Sickerwassermengen aufgenommen, was neben der starken Austrocknung im Jahre 2000 vor allem auf Lehmschichten im Einbaubereich der Lysimeter zurückzuführen war. Vor Beginn der Belegung im Winter 2001/02 wurde deshalb eine zweite Messstation etabliert. Vor deren Einbau erfolgte eine Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Bodens (DOMSCH, 2001), um tiefgründig sandige Bereiche aufzufinden.

3 Ergebnisse

Mit der größeren Niederschlagsmenge im zweiten Untersuchungsjahr (Tab. 2) hat vor allem der Eintrag organischer Stickstoffverbindungen zugenommen.

Tab. 2: Mit Niederschlägen eingetragene Nährstoffe
Precipitation input of nutrients

Jahr	Messperiode Tage	Niederschlag mm	Gesamtstickstoff g m ⁻²	Anorg. Stickstoff g m ⁻²	Kalium g m ⁻²	Phosphatphosphor g m ⁻²
2001	364	512	3,50	1,70	0,69	0,07
2002	350	639	6,30	1,39	0,84	0,07

Im Referenzlysimeter wurde während der Vegetationsperiode fast ausschließlich organisch gebundener Stickstoff ausgetragen (Abb. 1). Bei normalen Regenmengen war der N-Austrag mit 1 bis 6 mg m⁻²d⁻¹ wegen des Pflanzenbedarfs marginal. Bei Starkniederschlägen wurde mit höheren Stickstoffeinträgen aus der Luft (bis 120 mg m⁻²d⁻¹) der Pflanzenbedarf überschritten. Höhere N-Austräge (bis 47 mg m⁻²d⁻¹) waren die Folge. Die ausschließliche Messung der mineralisierten N-Austräge hätte in der Vegetationsperiode nahezu keinen Nachweis erbracht. Erst bei fehlendem Pflanzenbedarf im Herbst wurden größere Stickstoffmengen mit zunehmendem Nitratanteil ausgetragen (Abb. 1).

Am Messpunkt im Auslauf wurden während der Vegetationsperiode mit Weidelgras als Frucht wie beim Referenzlysimeter nur organische N-Verbindungen (2 bis 8 mg m⁻²d⁻¹) ausgetragen. In der vegetationslosen Zeit der Winterquartierbelegung stiegen die täglichen Austräge auf 5 bis 47 mg m⁻²d⁻¹ an, wobei auch in dieser Periode (Winter 2001/02) mineralisierte Stickstoffanteile unter der Nachweisgrenze lagen. Nitratanteile wurden im Sickerwasser der Auslaufmessstellen erst im Herbst 2002 gemessen.

Charakteristisch für die Stickstoffausträge mit dem Sickerwasser am Messpunkt der Einstreuläche in der Untersuchungsperiode 2001 waren sehr geringe Mengen organisch gebundener Verbindungen unabhängig von den Phasen belegtes Winterquartier, Rotte von Einstreu und Exkrementen und „blanker“ Bodenoberfläche (ab Mitte August). Die täglichen N-Austräge schwankten zwischen 0,2 und 2,1 mg m⁻² (etwa 16 % der im Auslauf gemess-

senen Werte). Diese Ergebnisse der mit Lehmschichten umgebenen Lysimeter bestätigten sich auch bei den Lysimetern, die Ende 2001 auf tiefgründig sandigen Böden eingebaut wurden (Abb. 2: Messpunkt am 09.07.). Die geringe Menge ausgetragenen Stickstoffs änderte sich ab August drastisch (Abb. 2). Infolge ungewöhnlich hoher Niederschläge hatte die gerottete Mistauflage die Konsistenz von Dickgülle (TS-Gehalt: 15,7 %). Neben organisch gebundenem Stickstoff wurde in dieser Phase Ammonium-Stickstoff im Perkolat gemessen. Nach Räumung der Fläche verminderten sich die Nährstoffausträge. Im Spätherbst wurden analog zum oben beschriebenen Referenzlysimeter große Mengen Stickstoff nitrifiziert und ausgetragen. Bei den lehmbeeinflussten Lysimetern trat diese Erscheinung in beiden Jahren nicht auf. Die ausgetragene Menge kann in dieser Untersuchungsperiode auch durch das Tracerexperiment beeinflusst sein.

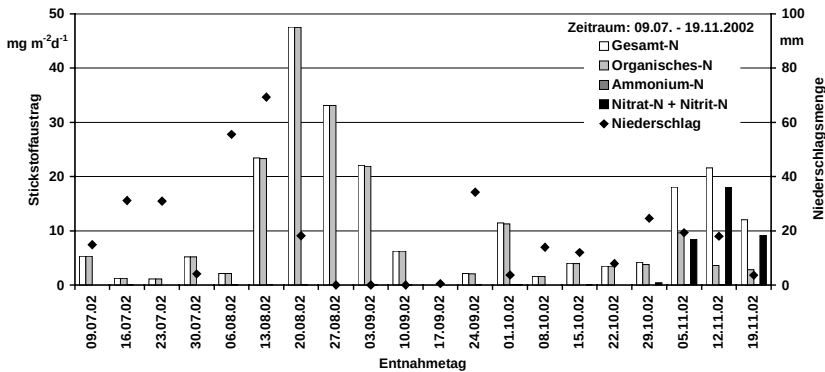


Abb. 1: Stickstoffaustrag im Referenzlysimeter
Leaching of nitrogen in reference site

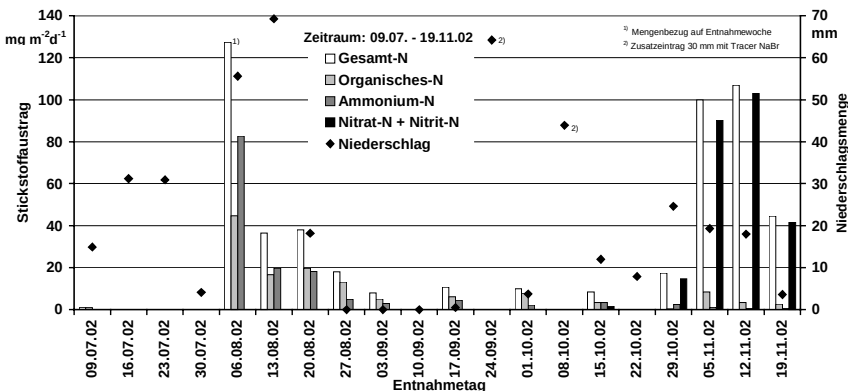


Abb. 2: Stickstoffaustrag im Einstreubereich während der Rotte und nach der Misträumung(19.08.02)
Leaching of nitrogen in the area of litter during the rot and after clearing of manure (19.08.02)

Zusammengefasst erlauben die Messergebnisse aller Lysimeter trotz kleiner Stichprobenfläche im Verhältnis zur Gesamtfläche einige wichtige Aussagen (Tab. 3). Im Vergleich zum Eintrag durch Nassdeposition hat der Gesamt-N-Austrag auf der Referenzfläche und auf der Auslauffläche eine Größenordnung von 50 bis 60 % (vorrangig organisch gebundener Stickstoff). Der höhere N-Austrag auf der erst 2002 genutzten Auslaufmessstelle ist nach Starkniederschlägen wegen kurzzeitigem Jaucheeinbruch von der Einstreufläche nicht typisch. Unter der Einstreufläche wurden bei Sandboden mit eingelagerten Lehm-schichten (Einstreu 90 01/02) weniger als 10 % der Nassdeposition als Gesamt-N-Austrag ermittelt. Der Austrag anorganischen Stickstoffs war marginal. Auf tiefgründig sandigem Boden entsprechen die durchschnittlichen Gesamt-N-Austräge etwa der Nassdeposition. Nur kurzzeitig erreichten Nitrat- und Ammoniumaustrag (Abb. 2) sowie Kaliumaustrag Werte, die mit Veränderungen der Boden-Gehalte vergleichbar waren (Abb. 3). Im noch laufenden Tracerexperiment deutet sich an, dass hydraulische Flüssigkeitsbewegungen nicht nur vertikal erfolgt sein müssen, d. h. nur ein Teil an der Oberfläche mit dem Sickerwasser im Boden aufgenommenen Stoffe kommt örtlich zugeordnet in 90 cm Tiefe an.

Tab. 3: Nährstoffausträge unter der Einstreu- und Auslauffläche eines Winterquartiers von Mutterkühen
Leaching of nutrients in the litter and run areas of a outdoor hibernacle of suckler cows

Lysimeter Jahr	Mess- periode ¹⁾ d	Regen mm d ⁻¹	Sicker- wasser mm d ⁻¹	Gesamt-N mg m ⁻² d ⁻¹	Anorg. N mg m ⁻² d ⁻¹	Kalium mg m ⁻² d ⁻¹	Phosphat-P mg m ⁻² d ⁻¹
Nassdeposition 01/02	616	1,71	1,71	14,6	4,19	2,3	0,23
Referenz 90 01/02	503	1,86	0,81	7,6	1,46	11,2	1,38
Einstreu 90 01/02	555	1,81	0,10	1,0	0,01	2,1	0,002
Einstreu 90 02	331	2,12	0,11	12,6	8,78	78,9	0,50
Auslauf 90 01/02	441	1,83	0,46	8,7	1,40	20,9	0,04
Auslauf 90 02	175	2,36	0,48	21,2	10,89	152,0	1,68

¹⁾ Anlaufphase (Abklingen von Einbauwirkungen) und Ausfalltage nicht berücksichtigt

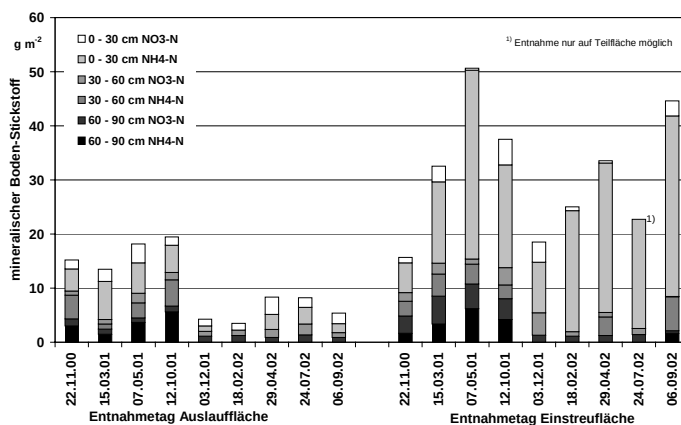


Abb. 3: Mineralischer Boden-Stickstoff unter der Auslauffläche und der Einstreufläche
Mineral nitrogen of soil in the areas of run and litter

Schätzt man den Effekt der Bewirtschaftung anhand des Gehaltes an mineralischem Bodenstickstoff in der Hauptwurzelzone ein (Abb. 3), zeigte sich während der Belegung des Winterquartiers unter der Auslaufläche nur ein geringfügiger Anstieg, unter der Einstreufläche jedoch ein Anstieg von etwa 35 bzw. 27 g/m². Die Änderungen im Herbst 2001 können mit Austrägen durch Niederschläge erklärt werden.

Neben dem Stickstoff wurden weitere Nährstoffe untersucht. Die Interpretation dieser Ergebnisse war nicht Gegenstand dieser Veröffentlichung.

4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchung der Sickerwasserausträge erlaubt die Bestimmung organischer und anorganischer N-Austräge. Auf Einstreu-, Auslauf- und Referenzflächen sandiger und mit Lehmschichten durchzogener sandiger Standorte verlassen hauptsächlich organische Stickstoffverbindungen die Hauptwurzelzone. Im Vergleich zu den Bodenuntersuchungen nicht plausible Stickstoff- und Kalium-Austräge erfordern weiterführende Untersuchungen.

Kleinlysimeter ohne Stechzylinder für die darüber befindliche Bodensäule sind wegen nicht nur vertikal verlaufender hydraulischer Flüssigkeitsbewegungen für Praxisuntersuchungen von Sickerwasserausträgen nur bedingt geeignet. Die im Schrifttum begründete Bildung von Sperschichten unter Rindermist und ihre Wirkung auf organische und anorganische Nährstoffausträge ist mit veränderter Messmethodik zu untersuchen.

Literatur

BOBERFELD, Opitz v. (1998): Winteraußenhaltung und Nährstoffakkumulation. 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Ges. für Pflanzenbauwissenschaften vom 27.-29.08.1998 in Gießen, 86-89

DOMSCH, H. (2001): Elektrische Bodenleitfähigkeit - Was bringt die Kartierung? Neue Landwirtschaft (2001)6, 44-48

EBEL, G.; MILIMONKA, A. (1998): Stickstoffflüsse bei Freilandhaltung von Mutterkühen im Winter. 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Ges. für Pflanzenbauwissenschaften vom 27.-29.08.1998 in Gießen, 94-97

KÖNIG, H.-P. (2002): Stickstoffumsatz und Nmin-Anreicherung auf Grünland während des Winters bei ganzjähriger Außenhaltung von Fleischrindern. Diss. Ldw. Fak. Göttingen.

MACHATE, T. et al. (1998) : Evaluation of the hydraulic characteristics and flow pattern in a constructed wetland by means of tracer studies. Fresenius Envir. Bull. 7: 635-641

PFEILER, U. (1999): Ergebnisse von Untersuchungen zur Bodenbelastung bei der Freilandhaltung von Schweinen. Diss. HU Berlin

SEYFARTH, M.; SCHMIDT, O.; PUNZEL, J.; HOYER, H. (1996): Tensio-Lysimeter. 108. VDLUFA-Kongreß 16. - 21.09.1996, Trier, VDLUFA Schriftenreihe 223 - 226

WAßMUTH, R. (2002): Die Freilandhaltung als Perspektive der extensiven Grünlandnutzung. KTBL-Schrift 408 Neue Wege in der Tierhaltung, 143-151

Ergebnisse zu Funktionssicherheit und Tierverhalten bei verschiedenen Automatischen Melksystemen

Cluster Fixation Accuracy and Animal Behaviour in Different Automatic Milking Systems

ISABELLE NEUFFER, RUDOLF HAUSER, BEAT WECHSLER

Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, FAT, CH-8356 Tänikon

Schlüsselwörter: Milchkuh, melken, automatische Melksysteme, AMS, Tierverhalten, Stress
Keywords: dairy cow, milking, automatic milking system, ams, behaviour, stress

Zusammenfassung

Frühere Studien haben die Frage aufgeworfen, ob das Melken für die Tiere im AMS belastender als im konventionellen Melkstand ist. Anhand verschiedener Parameter (Ansetzverlängerung, Abwehrverhalten, Herzschlagvariabilität, Milhcortisol) soll die Frage überprüft werden, wie weit die Arbeit der AMS tiergerecht ist, um dem Schweizer Bundesamt für Veterinärwesen eine Datenbasis für das Prüf- und Bewilligungsverfahren zu liefern.

Die Untersuchungen wurden auf Schweizer Praxisbetrieben durchgeführt und mit Betrieben mit Autotandem-Melkständen als Vergleichsgruppe ergänzt. Ein Teilgebiet dieser Untersuchungen, betreffend Funktionssicherheit der verschiedenen AMS sowie das Verhalten der Tiere während des Melkaktes, wird an dieser Stelle vorgestellt.

Summary

In previous studies, researchers came to no consistent response whether milking dairy cows in automatic milking systems (AMS) is more stressful for the animals than milking in conventional milking parlours. By analyzing different parameters (successful attachment rate, behaviour during milking, heart rate variability, milk cortisol), this question is reviewed. The data gained in this research will be used as a data basis by the Swiss Federal Veterinary Office in the context of the testing procedure for mass-produced housing systems.

The research has been conducted on practical farms in Switzerland. Farms equipped with auto-tandem-parlours were included as a control group. Parts of this research, concerning the attachment rate and the behaviour of the animals during milking, are presented.

1 Einleitung

Automatische Melksysteme sind 1999 in der Schweiz dem Prüf- und Bewilligungsverfahren für serienmäßig hergestellte Stalleinrichtungen (Art. 5, TSchG) unterstellt worden, da die Tiere mit dieser Einrichtung in Berührung kommen, ohne dass eine ständige Überwachung durch den Landwirt oder eine andere Person gegeben ist. Im Rahmen dieses Verfahrens sollen die für das Bewilligungsverfahren angemeldeten AMS-Fabrikate auf ihre Tiergerechtigkeit überprüft werden.

AMS sind aufgrund ihres erheblichen Einflusses auf das Management, das Tierverhalten und die Stallgestaltung von einer Vielzahl von Autoren untersucht worden. In Bezug auf das Tierverhalten und die Belastung der Tiere beim Melken wurden verschiedene Schlussfolgerungen gezogen. WENZEL (1999) kam zu dem Ergebnis, das automatische Melken sei für die Tiere belastender als das herkömmliche Melken, da er höhere Herzfrequenzwerte, erhöhte Cortisolwerte und vermehrt belastungsanzeigendes Verhalten wie Trippeln der Tiere im AMS im Vergleich zum konventionellen Melkstand beobachtete. HOPSTER et al. (2000) schlossen aus ihren Beobachtungen, dass die akuten Stressreaktionen der Tiere in einem AMS von den Reaktionen in einem konventionellen Melkstand nicht zu unterscheiden seien.

Aus diesen gegensätzlichen Ergebnissen lässt sich die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen ableiten. Besondere Bedeutung haben hierbei die Schwerpunkte Ansetzdauer, Ansetzerfolg und Abwehrverhalten der Kühe in der Melkbox, da diese direkt mit dem Melkvorgang und damit einer eventuellen Belastung der Tiere verknüpft sind.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf Schweizer Praxisbetrieben durchgeführt, wobei für beide zu prüfenden AMS-Fabrikate je vier Praxisbetriebe einbezogen wurden. Das AMS musste zum Versuchszeitpunkt seit mindestens sechs Monaten in Betrieb sein, um die Gewöhnung der Tiere und des Landwirts an das System zu gewährleisten. Es wurden nur Betriebe mit einer Einboxanlage in die Untersuchung einbezogen.

Als Vergleichsgruppe dienten vier Praxisbetriebe mit Autotandem-Melkständen neueren Baujahrs, da diese von allen Melkverfahren hinsichtlich der Ausstattung (z.B. automatische Torsteuerung, automatische Abnahme) und dem Aufbau (Einzelzutritt der Tiere, Tandemboxen) am ehesten mit AMS zu vergleichen sind.

2.1 Versuchsdurchführung

Die Versuche fanden, um eine Beeinflussung des Tierverhaltens durch hohe Temperaturen und Insekten auszuschließen, im Herbst/Winter 2001/2002, Frühjahr 2002 und Herbst/Winter 2002/2003 statt. Die Versuche dauerten pro Betrieb eine Woche, wobei der erste und der letzte Tag zum Auf- bzw. Abbau der Ausrüstung eingesetzt wurden. Videoaufnahmen wurden während drei aufeinanderfolgender Tage (3 x 24 h) angefertigt. Auf den Vergleichsbetrieben wurde während sechs Melkzeiten, hiervon drei am Morgen und drei am Abend, gefilmt. Das Ziel war hierbei die Erfassung von mindestens sechs Melkungen pro Tier auf den AMS- und den Vergleichsbetrieben.

Platzierung der Videokameras

In den Betrieben, die mit einem AMS ausgerüstet waren, wurden zwei Kameras eingesetzt. Eine wurde aus dem Stall heraus auf den Wartebereich vor dem AMS gerichtet, um etwaige Vorkommnisse, die das Verhalten des Tieres im AMS beeinflussen könnten, aufzuzeichnen. Eine zweite, kleine Kamera wurde direkt am AMS angebracht und auf die Hinterbeine und das Euter der im AMS befindlichen Kuh ausgerichtet. In den Vergleichsbetrieben wurden die Kameras am Melkstandgerüst befestigt und auf die gegenüberliegenden Melkplätze gerichtet, sodass in einem 2x2-Autotandem zwei Kameras für vier Melkplätze ausreichten.

Auswahl der Tiere

Auf jedem Betrieb wurden aus der Herde in Absprache mit dem Landwirt oder Tierbetreuer 20 laktierende Fokustiere ausgewählt, die hinsichtlich Alter und Laktationsstadium einen Querschnitt der Herde darstellen sollten. Tiere, die nach Auskunft des Landwirtes eine Klauen- oder sonstige Krankheit aufwiesen, frisch gekalbt hatten oder die sich beim Melken sehr unruhig verhielten, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. 10 dieser 20 Tiere wurden mit einem Gurt zur Messung der Herzschlagvariabilität ausgerüstet, die anderen wurden nicht gekennzeichnet.

2.2 Versuchsauswertung

Die Aufzeichnungen werden nach den zwei Schwerpunkten Tierverhalten und Funktionssicherheit ausgewertet. Hierbei wurden die Programme ETHO (R. Weber, FAT, Tänikon), Microsoft Excel und SPlus eingesetzt.

Schwerpunkt Tierverhalten

Nach dem folgenden Ethogramm werden die Melkungen ausgewertet, wobei als Beginn der Melkung die erste Berührung des Euters durch die Handhabungsautomatik des AMS oder aber die erste Berührung des Euters durch den Melker definiert ist. Als Ende der Melkung gilt der Zeitpunkt der Abnahme des letzten Melkbeckers.

Erfasst wird das Verhalten während Reinigung des Euters, Ansetzen des Melkzeuges und während des eigentlichen Melkvorganges.

Tab. 1: Ethogramm der erfassten Verhaltensweisen

Verhaltensweise	Definition
Trippeln	Das Tier belastet abwechselnd das rechte und linke Hinterbein. Die Klaue des jeweils entlasteten Beins wird max. auf Höhe des Zehengrundgelenkes angehoben.
Fußheben	Das Tier hebt ein Hinterbein über die Höhe des Zehengrundgelenkes an, ohne jedoch nach dem Melkzeug oder Teilen der Installation zu treten.
Treten	Das Tier hebt ein Hinterbein über die Höhe des Zehengrundgelenkes an und führt eine schnelle Tretbewegung durch.
Koten	Das Tier setzt in der Melkbox Kot ab.
Harnen	Das Tier setzt in der Melkbox Harn ab.

Hypothesen zum Verhalten der Tiere im AMS

- Mit zunehmender Zwischenmelkzeit ist eine Veränderung des Abwehrverhaltens zu beobachten.
- Das Abwehrverhalten tritt in allen untersuchten Fabrikaten in vergleichbarer Häufigkeit auf.
- Das Abwehrverhalten steht in Zusammenhang mit der Zeitdauer, die für das Reinigen des Euters und das Ansetzen des Melkzeuges benötigt wird.
- Bezüglich des Abwehrverhaltens gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Abschnitten eines Melkvorganges.

Schwerpunkt Funktionssicherheit

Untersucht wird die Zeitdauer bis zum erfolgreichen Ansetzen des Melkzeuges (alle vier Melkbecher korrekt angesetzt) sowie der Ansetzerfolg. Unter Ansetzerfolg eines AMS-Systems wird hierbei der Anteil Melkungen mit erfolgreichem Ansetzen an allen Melkungen der Fokustiere verstanden.

Erfasst werden auch misslungene Ansetzvorgänge und abgebrochene Melkvorgänge, die definiert sind als Besuche von Kühen mit Melkberechtigung, die mit dem Entlassen einer nicht oder nur teilweise (z.B. nur auf zwei Vierteln) gemolkenen Kuh aus der Melkbox enden.

Hypothesen zur Ansetzsicherheit

- Die zum erfolgreichen Ansetzen des Melkzeuges inklusive Euterreinigung benötigte Zeit unterscheidet sich nicht zwischen den Fabrikaten und liegt bei max. 90 sec.
- Es ist zu erwarten, dass über 98% der Melkversuche von den Systemen erfolgreich abgeschlossen werden.
- Es ist zu erwarten, dass 98% der Melkungen nach nur einem Ansetzversuch begonnen werden können.
- Erfolglose Ansetzversuche treten gehäuft bei einzelnen Tieren auf.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der AMS-Fabrikate werden mit den Daten verglichen, die auf den Vergleichsbetrieben erhoben wurden, mit dem Ziel, eine Einordnung der Belastung der Tiere beim Melken in AMS vornehmen zu können. Die praktischen Untersuchungen werden im Januar 2003 abgeschlossen. Ergebnisse werden zur Tagung verfügbar sein.

Literatur

HOPSTER, H.; VAN DER WERF, J.T.N.; KORTE-BOUWS, G.; MACUHOVA, J.; VAN REENEN, C.G.; BRUCKMAIER, R.M.; KORTE, S.M. (2000): Automatic milking in dairy cows: welfare indicators of Astronaut effectiveness, in: Robotic Milking, Proceedings of the International Symposium, Lelystad, The Netherlands

WENZEL, C. (1999): Untersuchungen zum Verhalten und zur Belastung von Milchrindern beim Melken in einem Automatischen Melksystem. Dissertation, München

Prüfstand zur Erfassung von Dreh-, Zug- und Hebelkräften an der Zitze durch unterschiedliche Melkzeuge

Test Rig for Recording Rotary, Pulling and Lever Forces Exerted on the Teats by Different Milking Clusters

WOLFRAM HUSCHKE¹, HANS-JOACHIM HERRMANN², JÖRG KLIMETSCHKE¹

¹ Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V., Prüfstelle für Landmaschinen, Lerchensteig 42, 14469 Potsdam

² Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V., Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt

Schlüsselwörter: Melkzeuge, Zitzenbelastung, Prüfstand, Milchfluss

Keywords: milking clusters, stress on the teat, test rig, milk flow

Zusammenfassung

Um trotz höherer Milchflüsse stabile Vakuumverhältnisse beim Melken zu gewährleisten, wurden das Volumen der Milchsammelstücke und der Durchmesser der milchableitenden Systeme vergrößert. Die beschriebenen Veränderungen an den Melkzeugen führen zu einer erhöhten Belastung der Zitze in Form von Dreh-, Hebel- und Vertikalkräften.

Zur Quantifizierung dieser Belastungen wurde mittels DMS-Kraftmessung (Verformungskörper in Brückenschaltung) eine neue Messtechnik von der DLG-Prüfstelle Potsdam-Bornim entwickelt. Der Einsatz des DLG-Prüfstandes ist in unterschiedlichen Melkständen unter Labor- oder Praxisbedingungen möglich.

Summary

In order to ensure stable vacuum conditions during milking despite of higher milk flow rates, the volume of the milk claws and the diameter of the milk removal systems have been enlarged. The changes in the milking clusters described lead to greater stress on the teat in the form of rotary, lever and vertical forces.

A test rig has been developed in-house in order to quantify the exposure of the udder teat to rotary, lever and vertical forces through the milking clusters. Wire strain gauges are used to measure the forces via deformation bodies in a bridge circuit.

The DLG test rig can be used in different milking parlours under laboratory or practical conditions.

1 Prüfstand zur Erfassung von Dreh-, Zug- und Hebelkräften an der Zitze durch unterschiedliche Melkzeuge

Allgemeine Verbesserungen in der Fütterung haben in Verbindung mit einer gezielten Züchtung und optimiertem Kuh-Komfort in den letzten Jahrzehnten zu erheblichen Milchleistungssteigerungen geführt. Um aus physiologischer Sicht vertretbare Melkzeughafzeiten einzuhalten, wurde versucht den Milchfluss züchterisch zu erhöhen. Um trotz dieser hohen Milchflüsse stabile Vakuumverhältnisse beim Melken zu gewährleisten, wurde das Volumen der Milchsammelstücke und der Durchmesser der milchableitenden Systeme vergrößert.

Die beschriebenen Veränderungen an den Melkzeugen führen zu einer erhöhten Belastung der Zitze in Form von Dreh-, Hebel- und Vertikalkräften.

1.1 Prüfstandsbeschreibung

Zur Quantifizierung dieser Belastungen wurde an der DLG-Prüfstelle für Landmaschinen in Potsdam-Bornim eine neue Messtechnik entwickelt. Der eigenentwickelte Prüfstand ermöglicht die Ermittlung der vom Melkzeug auf die Zitzen des Euters übertragenen Dreh-, Hebel- und Vertikalkräfte mittels DMS-Kraftmessung über Verformungskörper in Brückenschaltung. Die Messdatenerfassung und -auswertung erfolgen über PC.

Der Einsatz des DLG-Prüfstandes (Bild 1) ist in unterschiedlichen Melkständen unter Labor- oder Praxisbedingungen möglich.



Bild 1: Testmodell mit universeller Einstellmöglichkeit der Zitzenposition

vorderes Zitzenpaar

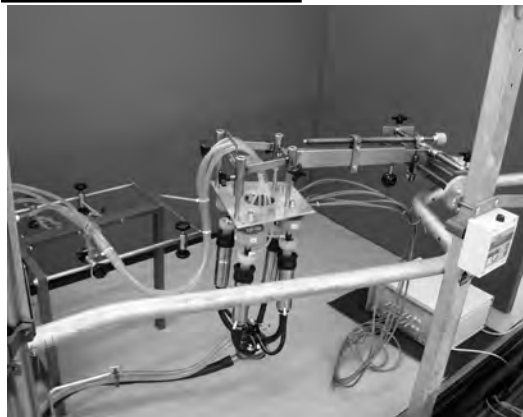


Bild 2: Melkzeug in Versuchsstellung mit definierter Zitzenstellung nach DLG-Standardtestprogramm

Abb. 1: DLG-Prüfstand zur Messung der Dreh-, Hebel- und Vertikalkräfte an Melkzeugen

Im DLG-Melklabor ist ein FGM-Fragment mit 2 Melkplätzen und variablen Vakuum- und Pulseinstellungen vorhanden.

Es können verschiedene Euterformen (Tab. 1), Zitzenstellungen und Melkbedingungen, z. B. mit und ohne Servicearm, eingestellt werden. Die aus Silikon bestehenden Zitzen sind über ein Dämpfungselement mit dem Messglied verbunden. Sie lassen sich im Grundrahmen unterschiedlich positionieren.

Tab. 1: Einstellbereiche am DLG-Eutermodell

Beschreibung	Kurzzeichen	Maßeinheit	Einstellbereich	
			min.	max.
Zitzenabstand	A	mm	70	340
Bodenabstand	B	mm	50	900
Abstand zwischen den Hinterzitzenpaaren	D	mm	70	280
Abstand zwischen den Vorderzitzenpaaren	E	mm	70	370
Höhenversatz der Zitzenpaare zueinander	H	mm	0	300
Abweichung der Zitze von der Senkrechten	α	Grad	0	30

Zusätzlich können gleichzeitig Messungen – sogenannte Nassmessungen – vom Vakuum (zitzenendig, im kurzen Milchschauch u. a.) des milchableitenden Systems durchgeführt werden.

Zur Auswertung wird der jeweilige Mittelwert inkl. Standardabweichung der drei anfallenden Kraftarten (Tab. 2) je Zitze genutzt. Dieser Mittelwert wird aus den Ergebnissen von insgesamt 5 Messdurchläufen je Einstellung gebildet, wobei die Messzeit für jeden Messdurchlauf 1 min beträgt. Nach Abschluss der Messung liegen die Mittelwerte als Zahlenwert und Grafik für alle vier Zitzen in der jeweiligen Einstellung vor.

Separat kann in einer 3D-Ansicht der Kraftverlauf (Zitze und Kraft vorwählbar) der jeweiligen Einstellung visuell auf dem Bildschirm beobachtet werden. Außerdem kann in der 3D-Ansicht die Wirkung bewusst veränderter Melkzeuglagen simuliert und veranschaulicht werden.

Das Ansetzen der Zitzenbecher erfolgt immer durch die gleiche Versuchsperson in folgender Reihenfolge: HR→HL→VL→VR.

Tab. 2: Messbereich je Krafrichtung

Kraftart	Messbereich N	Vorzeichen	Krafrichtung	Kraftangriffspunkt
Vertikalkraft	± 30	+	Zugrichtung	in der Zitzenmitte
		-	Druckrichtung	
Drehkraft	± 20	+	entgegen Uhrzeigersinn	bei halber Zitzenlänge, hier: Zitze- $\varnothing$ 23 mm
		-	im Uhrzeigersinn	
Hebelkraft *)	± 20	+	Zugrichtung	am Zitzenschaft hier: 65 mm Hebelarmlänge
		-	Druckrichtung	

*) Geber wird nach der Krafrichtung ausgerichtet

2 DLG-Standardtestprogramm

Das DLG-Standardtestprogramm umfasst je drei Euterformen (Tab. 3) und Kuhpositionen. Sämtliche Versuchseinstellungen werden mit Wasser bei einem euterbezogenen Durchfluss von 5 kg/min durchgeführt.

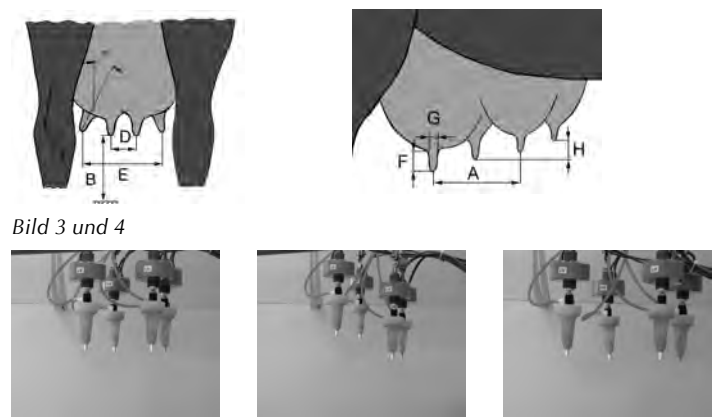


Bild 3 und 4
Bild 5: Normal
Bild 6: stufig, hinten tiefer
Bild 7: weitstehend

Abb. 2: Euterbemaßung (Bild 3 und 4) und Euterformen (Bild 5–7)

Tab. 3: Euterbemaßung und Euterformen

Euterbemaßung (alle Maße in mm, außer α) siehe Bilder 3 und 4	Kurz- zeich.	siehe Bild 5-7	Benennung	
		normal *) Bild 5	stufig, hinten tiefe Bild 6	weitstehend Bild 7
Zitzenabstand Vorder-/Hinterzitzenpaar	A	130		180
Bodenabstand, tiefste Zitzenspitze	B	460		
Abstand zwischen den Hinterzitzen	D	90		140
Abstand zwischen den Vorderzitzen	E	185		235
Zitzenlänge	F	60		
Zitzendurchmesser, vorn/hinten (in der Mitte)	G	23		
Höhenversatz der Zitzenpaare vorn/hinten	H	0	50	0
Auslenkung der Zitze von der Senkrechten	α	0°		

*) auf Basis von Messungen an 1700 HF-Kühen, nach Prof. S. GEIDEL, HTW Dresden, 2001

3 Erste Ergebnisse

Der o. g. Prüfstand wurde entwickelt, um im Rahmen von DLG-Prüfungen (SignumTest, FocusTest oder F&E-Test) gemessene Daten zur Beurteilung der mechanischen Belastung beim Melken zu erhalten. Ergebnisse aus bisher durchgeführten F&E-Tests sind vertraulich und öffentlich nicht zugänglich.

Eigene Testmessungen an mehreren praxisüblichen Melkzeugen ohne Servicearm zeigen folgende Tendenzen:

- Die Maximalkräfte betragen:
 - Vertikalkraft 18,0 bis -6,5 N
 - Drehkraft 8,5 bis -6,0 N
 - Hebelkraft 3,0 bis -4,5 N
- Bei allen Kräften können wechselnde Krafrichtungen auftreten.
- Das Ansetzen hat auf die Drehkraft großen Einfluss. Es ist erkennbar an deren großer Spannweite bei der Standardabweichung (Abb. 3).
- Der Einfluss der Euterform auf die auftretenden Kräfte in den eingestellten Euterformen „normal“, „stufig, hinten tiefer“ und „weitstehend“ kann erheblich sein (Abb. 3).

Die Messgeber werden dahingehend weiterentwickelt, dass zusätzlich die Seitenkraft mit gemessen wird.

Das Messsystem ist neben der Prüfung von Melkzeugen weiterhin für Optimierungen in Forschung und Entwicklung sowie für Beratungszwecke einsetzbar.

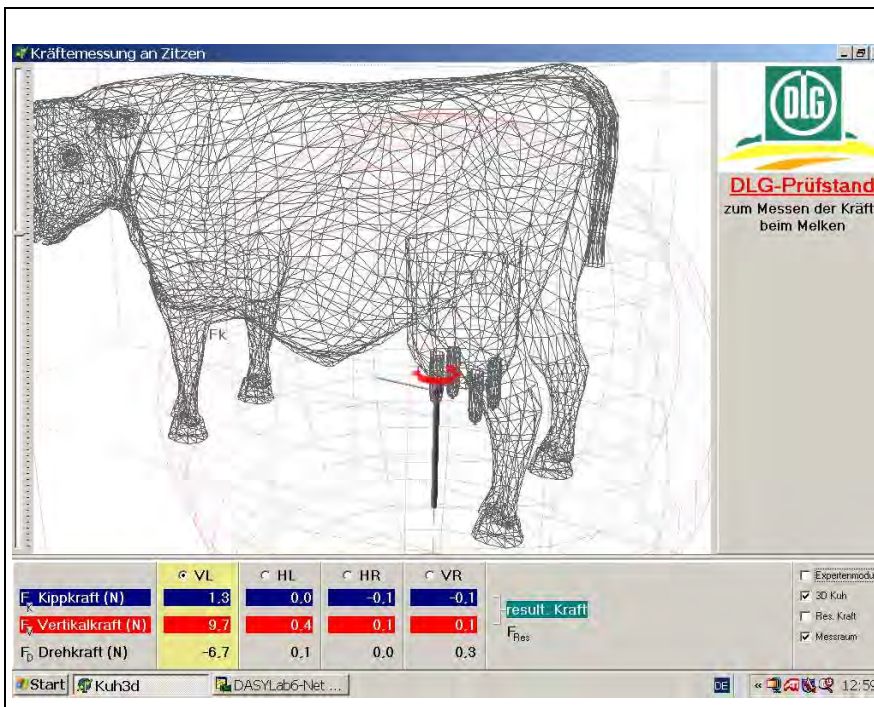


Abb. 3: Kipp-, Vertikal- und Drehkraft am Euter

Melkkapazität und Milchleistungssteigerung beim Einsatz von Einzelbox-Melkverfahren

Milking Capacity and Increases in Milk Performance through Automatic Milking with a Single Box Equipment

RUDOLF ARTMANN

Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Automatisches Melken, Tierverhalten, Milchleistung, Melkkapazität, Zwischenmelkzeit, Melkfrequenz, Robotermelken

Keywords: automatic milking, cow behaviour, milk yield, milking capacity, milking interval, milking frequency, robotic milking

Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeit automatischer Melkverfahren (AMV) ist u. a. abhängig, von der Melkleistung und von der erzielbaren Mehrleistung durch häufigeres Melken. Aus zwei Betrieben mit zusammen fünf AMV (Typ „Astronaut“) werden alle am AMV anfallenden Daten seit April 2000 erfasst. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass beide Betriebe die AMV sehr gut managen. Die Auslastung der Systeme ist sehr gleichmäßig über den Tag verteilt. Eine Abschätzung der Melkkapazität zeigt, dass ca. 135 Melkungen je AMV und Tag möglich sind. Regressionsanalysen belegen, dass bei höheren Milchleistungen und mehr als 45 Kühen je AMV die Melkfrequenz deutlich zurückgeht. Ebenfalls auf Regressionsanalysen basierende Kalkulationen weisen aus, dass bei drei gleichverteilten Melkungen ca. 15 % Mehrleistung gegenüber 2-maligem Melken erreichbar sind. Je geringer die Melkfrequenz und je ungleichmäßiger die Zwischenmelkzeiten, um so geringer sind die Leistungssteigerungen.

Summary

The economy of automatic milking systems (AMV) depends c. p. on the animal throughput and on the attainable increased output by more frequent milking. From two farms with together five AMV (type „Astronaut“) for every milking all data are recorded since April 2000. Results shows that both farms manage the AMV very well. The utilization of the systems is very evenly distributed over the day. An estimation of the milking capacity shows that approx. 135 milking for each AMV and day are possible. Regression analyses showed that with higher milk production and more than 45 cows for each AMV the milking frequency goes back clearly. Calculations which are based on regression analyses showed that with three equidistant milkings approx. 15 % more milk opposite to 2-times milking is attainable. The lower the milking frequency and the more unevenly the milking intervals, the smaller are the increases in milk yield.

1 Einführung

Automatische Melkverfahren sind eine innovative Technologie für Milcherzeuger zur Lösung sozioökonomischer Probleme. Sie beeinflussen Tierverhalten, Milchertrag, Arbeitsorganisation und Strukturveränderungen in der Milchviehhaltung.

Praktische Experimente mit dem Einsatz von AMV liegen von mehreren Autoren vor – u. a. in: SCHÖN (2000), HOGEVEEN und MEIJERING (2000), ROSATI et al. (2001) und ANONYM (2002), BOHLSSEN (2000).

Artmann et al. (2000) führten Langzeituntersuchungen am Mehrboxen-System „AMS Liberty“ in verschiedenen Betrieben durch. Die Ergebnisse über Einzelboxen-Systeme basieren jedoch überwiegend auf Kurzzeitbeobachtungen. Daher wurde im April 2000 begonnen, systematisch Daten aus Praxisbetrieben zu erfassen mit dem Ziel, aus Langzeitbeobachtungen belastbare Aussagen zum Einsatz von AMV zu gewinnen.

Nachfolgend werden die derzeitigen Ergebnisse, abgeleitet aus einer 675-tägigen Beobachtungsreihe in zwei Betrieben mit insgesamt fünf AMV vom Typ „Astronaut“, dargelegt (ARTMANN 2002).

2 Betriebe und Installation der AMV

In den beiden für die Beobachtung gewonnenen Betrieben ist die Milchviehhaltung der Tierhaltungsschwerpunkt. Im Mittel werden 8.700 kg Milch mit 4 % Fett und 3,45 % Eiweiß erzeugt. Eine jährliche Steigerung der Milchleistung um 370 kg wird erwartet.

Die Betriebe investierten in die AMV, weil sie in der Nähe des Volkswagenwerkes liegen und es zunehmend schwieriger wird, qualifiziertes Personal für das Melken zu halten. Die AMV wurden Ende 1999 in zwei umgebaute L-203-Ställe mit Spaltenböden in den Laufgängen eingebaut.

Jedem AMV ist eine Kuhgruppe zugeordnet. Zu beachten ist, dass Problemkühe sowie Frischmelker in einem der alten FGM gemolken werden. Abgekalbte Kühe werden den AMV 1 bzw. 3 zugeordnet, Jungkühe im Betrieb 2 dem AMV 4. Zu den AMV 2 bzw. 5 werden die Kühe mit abfallender Leistung umgestellt.

3 Datenerfassung und Auswertung

Alle an dem AMV anfallenden Daten werden von einem Zentralcomputer mit einem Zusatzprogramm im Büroraum gesammelt. Die Übertragung erfolgt von dort mittels ZIP-Disketten auf eigene Rechner. Die Daten werden so aufbereitet, dass sie in eine Access-Datenbank überführt und mit Excel bzw. SAP ausgewertet werden können. Dabei werden die Daten auf Plausibilität kontrolliert. Unsichere Datensätze werden bei der Auswertung eliminiert.

Für die Berechnung der Zwischenmelkzeiten wurden nur Datensätze verwendet, bei denen bei zwei aufeinanderfolgenden Melkungen bei derselben Kuh jeweils ein vollständiges Melken erfolgte. Bei den Regressionsanalysen blieben Datensätze unberücksichtigt, bei denen

- die Zwischenmelkzeit unter drei Stunden lag,
- weniger als 2,5 kg Milch ermilken wurden und
- eine Kuh länger als 450 Tage Milch gab.

Nach den Korrekturen und Ausschlüssen blieben von den 453.811 Datensätzen, erfasst über eine zusammenhängende Periode von 675 Tagen, 422.820 Datensätze für die Auswertungen übrig.

4 Ergebnisse

Die AMV waren im Mittel mit 45 bis 50 Kühen belastet, und es wurden 126 bis 142 Melkung durchgeführt. Die Gesamtzahl der Besuche lag um ein bis zwei Besuche höher als die Anzahl der Melkungen. Bei fünf bis acht Prozent der Melkungen traten Melkprobleme auf. Relativ einheitlich sind die Zeiten ohne Milchfluss mit 67 bis 81 min/d. Dagegen schwanken die Zeiten mit Milchentzug erheblich. Die AMV mit den niedriger leistenden Kühen erreichen nur zu ca. drei Viertel die Milchflusszeiten der übrigen Anlagen.

4.1 Besuchsverhalten am AMV

Die Verteilung der Melkungen im Stundenmittel zeigt, dass im Mittel ca. sechs Kühe je Stunde und AMV gemolken werden. Deutliche Einbrüche treten in den frühen Stunden des Tages und während der drei Reinigungszeiten auf. Die AMV mit Kühen in einer späteren Laktationsphase weisen deutlich weniger Melkungen auf. Die Gründe können in einer geringeren Kraftfuttermenge, enger wirkenden Melkrestriktionen, aber auch in einer höheren Belegdichte liegen. So ist beispielsweise bekannt, dass die freiwilligen Besuche mit zunehmender Laktationsdauer abnehmen. Andererseits können Managementfaktoren wie Futtervorlage, manuelle Eingriffe, z. B. Anlernen oder Treiben, die Anzahl der möglichen Melkungen beeinflussen.

4.2 Melkkapazität

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, summieren sich die Zeiten mit Milchfluss an den AMV mit Kühen höherer Leistung (1, 3 und 4) meist auf mehr als neun, aber nie viel mehr als 14 Stunden je Tag. Dabei arbeitet insbesondere das AMV 3 häufig an der Kapazitätsgrenze. Unterstellt man 13 Stunden Milchentzug und mittlere Milchflüsse von 2 bzw. 2,5 l/min, können 1.440 bzw. 1.800 l Milch je AMV und Tag ermolken werden. Der mittlere Milchfluss in den Betrieben lag bei 2,09 mit einer Spanne von 1,83 bis 2,34 l/min. Bei Gemelksmengen von 10 bis 12 kg sind dies bei 2 l/min Milchfluss zwischen 120 und 140 Melkungen und – wenn man drei Melkungen realisieren will – eine Melkkapazität von 40 bis 47 Kühe je AMV. Eine Steigerung des Milchflusses von 2 auf 3 l/min erhöht rein rechnerisch die Anzahl Melkungen je AMV und Tag um ca. 25, was einer Mehrkapazität von 6 bis 7 Kühen entspräche.

Eine Analyse der realisierten Melkfrequenz in den Betrieben in Abhängigkeit von der täglichen Milchleistung der Kühe und der Anzahl der je AMV gemolkenen Kühe ist Abb. 2 zu entnehmen. Es zeigt sich, dass niederleistende Kühe eine geringe Melkfrequenz aufweisen. Dies ist überwiegend auf restriktive Einstellungen für das Melken am AMV bedingt. Das wichtigste Ergebnis ist, dass nur dann drei Melkungen je Kuh und Tag zu erreichen sind, wenn weniger als 50 Kühe an einem AMV gemolken werden. Dieses Ergebnis korrespondiert sehr gut mit den Erfahrungen der Betreiber, die künftig nur noch 45 Hochleis-

tungskühe je AMV zulassen wollen. Allerdings wollen sie bis zu 70 Kühe im fortgeschrittenen Laktationsstadium an ein AMV stellen.

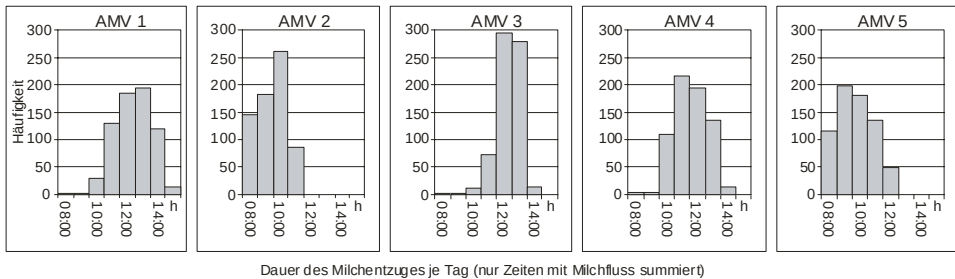


Abb. 1 Häufigkeitsverteilung der Zeiten mit Milchfluss

Auch KAUFMANN et al. (2002) kalkulieren für eine Hochleistungsherde mit einer Melkkapazität von 50 Kühen. Der Durchsatz kann durch technische Weiterentwicklungen erhöht werden. Dies betrifft: schnellere Verrichtung der Routinezeiten (Euterreinigen, Ansetzen), schnelleren Tierwechsel, Vermeidung von Leerständen (besserer Kuhverkehr) und Verringerung der Verlustzeiten durch Anlagenreinigung bzw. Störungen.

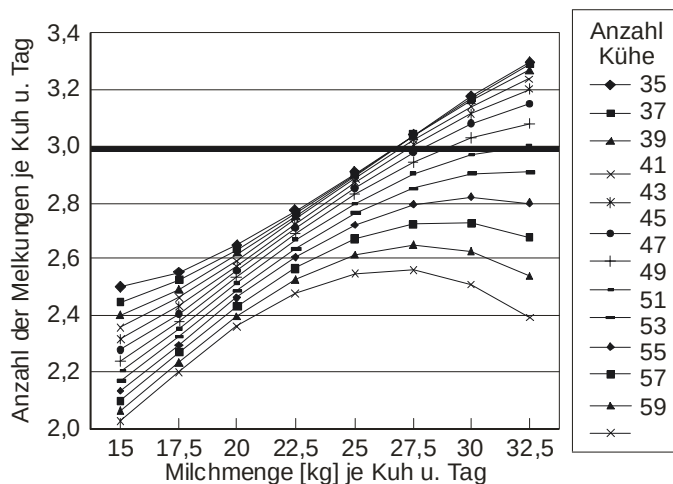


Abb. 2: Abhängigkeit der Melkfrequenz von Tagesleistung und Tierzahl

4.3 Mehrleistung durch mehrmaliges Melken

Die Mehrleistung durch mehrmaliges Melken in konventionellen Melkssystemen ist hinlänglich bekannt und u. a. in BRAMLEY et al. (1992), S. 70ff. dokumentiert.

Diese Quantifizierung bei Nutzung von AMV ist schwierig, weil Vor-/Nachhervergleiche durch umstellungsbedingte Veränderungen zu keinen aussagefähigen Resultaten führen. Selbst Parallelversuche (eine AMV-Gruppe verglichen mit einer konventionell 2-

mal gemolkenen Gruppe) führen selbst bei gleichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen nur dann zu auf die Praxis übertragbaren Ergebnissen, wenn die AMV ausreichend belegt sind, die Tiergruppe praxisüblich konstant bleibt und während der Versuchsphase keine ungewöhnlichen Funktionsmängel aufweisen.

Die Ergebnisse von SPOLDERS (2002) und STEEB (2002) sind unter diesen Gesichtspunkten kritisch zu bewerten. Es gibt keinen einleuchtenden Grund, warum bei konventionellem, dreimaligem Melken mehr Milch ermilken wird, beim automatischen Melken aber keine Leistungssteigerungen zu erwarten sind.

Eine Regressionsanalyse (GLM-Modell mit der Laktationsnummer 1, 2 und 3 und höher als Kovariable und einem nichtlinearem Ansatz für Zwischenmelkzeit und Laktationstag als abhängige Variable) anhand von 422.820 verwertbaren Melkungen in den Betrieben zeigen deutliche Steigerungen der nicht fettkorrigierten Milchmengen gegenüber 2-maligem Melken (Tab. 1).

Tab. 1: Milchmengenänderung bei verschiedenen Zwischenmelkzeiten (kalkuliert auf der Basis der gewonnenen Regressionsfunktion über 305 Tage)

Zwischenmelkzeit [h]	Laktation					
	1		2		3 und mehr	
	Milchmenge [kg]	Relative Änderung [%]	Milchmenge [kg]	Relative Änderung [%]	Milchmenge [kg]	Relative Änderung [%]
12+12	7.358	0	8.245	0	8.731	0
8+16	7.059	-4,06	7.946	-3,62	8.433	-3,42
2*6+12	8.016	8,95	9.346	13,36	10.076	15,40
8+8+8	8.214	11,63	9.544	15,76	10.273	17,67
(4+6+8+9)*0,89	8.396	14,12	9.973	20,96	10.838	24,13
(2*6+7+8)*0,89	8.477	15,21	10.053	21,94	10.453	19,72
Kalkuliert mit Betriebsdaten Mf	8.074 2,76	9,74	9.464 2,91	14,79	10.240 2,94	17,29

5 Diskussion

Die für die Datenerhebung gewählten Betriebe sind für die Bewertung von Melkkapazität und Milchleistungsveränderung durch AMV besonders geeignet, da einerseits die Anlagen an der Kapazitätsgrenze genutzt werden und andererseits das Management und die Funktionsfähigkeit der Systeme als sehr gut bezeichnet werden kann.

Die Melkkapazität von max. 50 Kühen hoher Leistung liegt unter den Herstellerempfehlungen. Dabei ist zu beachten, dass in den analysierten Betrieben Problemkühe in einem Melkstand gemolken werden, der insbesondere in kleineren Betrieben nicht zur Verfügung steht. Sie müssen diese Kühe am AMV melken, was die Melkkapazität mindert. Bei steigenden Milchleistungen der Herden und wachsenden Betrieben sollte dies beachtet werden.

Die errechneten Milchmengensteigerungen durch mehrmaliges Melken sind besonders hoch und nur dann auf andere Betriebe übertragbar, wenn

- die Leistung der Herde ähnlich hoch ist,
- die Funktionsfähigkeit der AMV gegeben ist,
- der Kuhverkehr gut gelöst ist und
- das Management der Anlagen professionell erfolgt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist ferner darauf zu achten, dass nur die Milchmengensteigerungen, nicht aber die Veränderungen der Inhaltsstoffe (Fett, Eiweiß) bewertet wurden.

Literatur

ANONYM (Hrsg.) (2002): The first North America conference on robotic milking. Wageningen Pers, Wageningen

ARTMANN, R. (2002): Milking capacity of a single box automatic milking system and dependency of milk yield on milking interval. ASAE-Paper No. 024226

ARTMANN, R., E. BOHLSSEN, K. KNAPPSTEIN und J. REICHMUTH, (2000): Erprobung automatischer Melksysteme (AMS) unter den Gesichtspunkten ökonomischer, hygienischer und ökologischer Aspekte, des Tierschutzes sowie struktureller Auswirkungen auf die Rinderhaltung. Zwischenberichte I (1998) und II (1999) sowie Endbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 96 UM 009. Braunschweig.

BOHLSSEN, E. (2000): Erprobung und Bewertung automatischer Melkverfahren (AMV) im Praxiseinsatz. Diss. Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen.

BRAMLEY, A.J., F.H. DODD, G.A. MEIN UND J.A. BRAMLEY (1992): Machine milking and lactation. Insight Books, England. ISBN 0 9519188 0 X

ROSATI, S., S. MIHINA und C. MOSCONI (HRSG.) (2001): Physiological and technical aspects of machine milking. ICAR Technical Series No. 7.

HOGVEEN, H. und A. MEIJERING (HRSG.) (2000): Robot Milking. Wageningen Pers.

KAUFMANN, R., H. AMMANN, R. HILTY, D. NOSAL und M. SCHICK (2002): Automatische Melksysteme AMS. Schweizer Landtechnik Jan 2002 S. 20-23.

SCHÖN, H. (HRSG.) (2000): Automatische Melksysteme. KTBL-Schrift 395.

SPOLDERS, M. (2002): Effekte eines automatischen Systems des Milchentzugs ('Melkroboter') auf Futterentnahmemenge, -Rhythmik, Kau- und Wiederkauaktivität sowie stoffwechsel- und leistungsbiologische Zusammenhänge bei Hochleistungskühen im Vergleich zum herkömmlichen Melksystem. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover.

STEEB, C. (2002): Vergleichende Untersuchungen zwischen automatischem (AMV) und konventionellem Melkverfahren im Fischgräten-Melkstand (FGM) unter den Gesichtspunkten der Tiergesundheit und Milcherzeugung. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover.

Danksagung

Den Betriebsleitern vielen Dank für die Hilfe bei der Datensicherung und vor allem für die zur Verfügung gestellten der Informationen.

Dank gebührt „Lely Melksysteme“ für die Hilfe bei Datengewinnung und -übertragung.

Untersuchungen zur Erkennung von Veränderungen der Milch mit Hilfe der Farbmessung

Detection of Changes in Milk by Using Colour Measurement

MARTIN WIEDEMANN¹, GEORG WENDL²

¹ Landtechnischer Verein in Bayern e.V., Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

² Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: automatisches Melken, Farbmessung, abnormale Milch

Keywords: automatic milking, colour-measurement, abnormal milk

Zusammenfassung

Ziel war es zu untersuchen, ob mit Hilfe der Farbmessung Veränderungen der Rohmilch (Kolostrum, Blut und mastitisbedingt) erkannt werden können. Dafür wurden bei 13 Kühen über einen Zeitraum von 12 Tagen zu jeder Melkzeit Viertel-Anfangsgemelkproben genommen und analysiert (insgesamt 1034 Proben). Weiterhin wurden Versuchsreihen zur Erkennung von Kolostralmilch und bluthaltiger Milch durchgeführt. Dazu wurde die Milch von Kühen nach dem Abkalben bis zum Zeitpunkt der ersten Anlieferung an die Molkerei beprobt. Zur Erkennung von Blut in Milch wurden Verdünnungsreihen durch Blutbeimischung zur Tankmilch erstellt und untersucht. Die Untersuchung aller Proben erfolgte mit einem Farbmessgerät (Dreibereichsverfahren) im sichtbaren Wellenbereich unter Laborbedingungen.

Dabei zeigte sich, dass sich die jeweiligen Abweichungen von der Referenzmilch in bestimmten Wellenlängenbereich niederschlagen. Eine Erkennung von bluthaltiger Milch und Kolostrum ist ohne weiteres möglich. Der Einsatz zur Erkennung von durch Eutererkrankungen verursachten Änderungen sieht viel versprechend aus, bedarf aber noch weiterer Untersuchungen.

Summary

Aim of this study was, to investigate a colour measurement system for detection of changes in milk (colostrum, blood and mastitis caused). Therefore the foremilk samples of 13 cows were taken over a period of 12 days, altogether 1034 datasets. Further a test series for detection of colostrum and bloody milk was done. All samples were analysed with a spectral colorimeter.

The results are that particular changes in milk can be allocated to specified wave lengths bands (mainly in blue area). A detection of blood in milk or colostrum is possible. The use for detection of mastitis caused changes is very promising, but further investigations have to be done.

1 Einleitung

Die Erzeugung von qualitativ hochwertigen Lebensmittel hat in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Beim konventionellen Melken nimmt der Melker die Beurteilung der Eutergesundheit und die Entscheidung über die Verkehrsfähigkeit der Milch vor. Mit Einführung von automatischen Melksystemen wurden Online-Messungen notwendig, um diese bisher vom Melker wahrgenommenen Aufgaben zu übernehmen. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch etablierte sich als Standardverfahren, womit allerdings alle Mastitiserkrankungen nicht zuverlässig erkannt werden können (HAMANN et ZECCONI, 1998).

Das von der Milchverordnung vorgeschriebene Vorgehen bei der Gewinnung von Rohmilch sieht vor, dass die melkende Person „sich durch Prüfen des Aussehens von der einwandfreien Beschaffenheit der Milch von jedem Tier zu überzeugen“ hat (MILCH-VO). Da beim automatischen Melken keine melkende Person zugegen ist, stellt sich die Frage, ob ein Farbsensor die optische Kontrolle der Milch und die Beurteilung der Verkehrsfähigkeit der Milch übernehmen kann.

Erste Untersuchungen zur Überwachung der Eutergesundheit mit Hilfe der Farbmessung von ORDOLFF (2001) und ESPADA et VIJVERBERG (2002) zeigten erfolgversprechende Ansätze. Beide Messverfahren (CIE-L*a*b* und RGB) untersuchten die Farbzusammensetzung im sichtbaren Bereich (Wellenlänge 400–700 nm), ermittelten aber über den ganzen Wellenlängenbereich aggregierte Messwerte.

BERGANN et SCHICK (1998) fanden bei Untersuchungen zur Beurteilung der Milchqualität während des Verarbeitungsprozesses in Molkereien eine nahezu lineare Beziehung zwischen den gemessenen Farbparametern und dem Fettgehalt ultrahocherhitzter Milch ($R^2 = 0,988$ bis $0,999$). Daher muss ein Einfluss des Fettgehalts der Milch ausgeschaltet werden. In Vorversuchen zeigte sich, dass der Fettgehalt sich speziell in den Banden von 620 bis 700 nm niederschlägt.

Ziel dieser Untersuchung war es, herauszufinden, ob Veränderungen der Milch sich in den anderen Wellenlängenbereichen niederschlagen und ob damit eine Überwachung von Veränderungen in der Milch (Blut, Kolostrum oder durch Eutererkrankungen hervorgerufene) möglich ist.

2 Material und Methode

Für die Farbmessung (Spektralverfahren) wurde das Farbmessgerät spectro-color der Dr. Lange GmbH, Düsseldorf unter Laborbedingungen eingesetzt. Durch die eingesetzte Software *spectral-qc* war es möglich, die Reflexionslinien einer jeden Probe in 10 nm-Schritten im Bereich von 400 bis 700 nm auszugeben.

Um die Änderungen der Reflexionskurven bei bluthaltiger Milch zu beurteilen, wurden zwei Blutverdünnungsreihen durchgeführt. Dabei wurde zur Ablieferungsmilch in 0,01 %-Schritten Rinderblut beigemischt. Da auch festgestellt werden sollte, ab welcher Blutbeimischung der Mensch dies subjektiv erkennen kann, wurden die Mischproben von zehn Probanden als „normal“ bzw. „bluthaltig“ eingestuft. Als Referenz diente dabei die Ablieferungsmilch.

Für die Untersuchung von Biestmilch wurde Milch von sieben Kühen herangezogen. Dazu wurden Gesamtgemelks-Proben der ersten zehn Melkungen nach der Abkalbung gesammelt und im Anschluss tiefgefroren.

Um zu klären, ob durch Eutererkrankungen hervorgerufene Veränderungen der Milch mit der Farbmessung erkannt werden können, wurde über einen Zeitraum von zwölf Tagen bei 13 gesunden und erkrankten Kühen das Viertelanfängsgemelk (VAG) (40 ml) im konventionellen Melkbetrieb manuell ermolken. Zusätzlich wurden am dritten und elften Tag bakteriologische Untersuchungen durchgeführt. Insgesamt standen 1.034 Viertelanfängsgemelk-Proben zu Verfügung.

Alle gewonnenen Proben wurden standardmäßig auf Fett, Eiweiß, Laktose und somatische Zellen untersucht (MPR Bayern e.V., Labor Wolnzach).

Um gleiche Bedingungen für jede Messung zu erhalten, erfolgte eine Erwärmung der Proben im Wasserbad auf 37 °C. Zur Messung der Farbänderung wurden jeweils 10 ml der einzelnen Milchproben in eine standardisierte Glascuvette gegeben. Die anschließende Messung erfolgte unter völligem Ausschluss von Restlicht durch Abdeckung der Glascuvette mit einer schwarzen Kappe.

3 Ergebnisse

3.1 Bluthaltige Milch

Abbildung 1 zeigt die rel. Abweichungen der Reflexionslinien der mit Blut vermischten Milchproben zur Referenzmilch („Nulllinie“). Mit zunehmenden Blutanteil nimmt die Reflexion der gemessenen Milch v.a. im Bereich 400-420 nm (blau) zu. In beiden Verdünnungsreihen traten bereits bei 0,02 % beigemishtem Blut Abweichungen von mehr als 5 % und bei 0,15 % Beimischung von mehr als 25 % auf. Außerdem sank die Reflexion im Grünbereich (530-580 nm), aber bei weitem nicht so stark wie im Blaubereich.

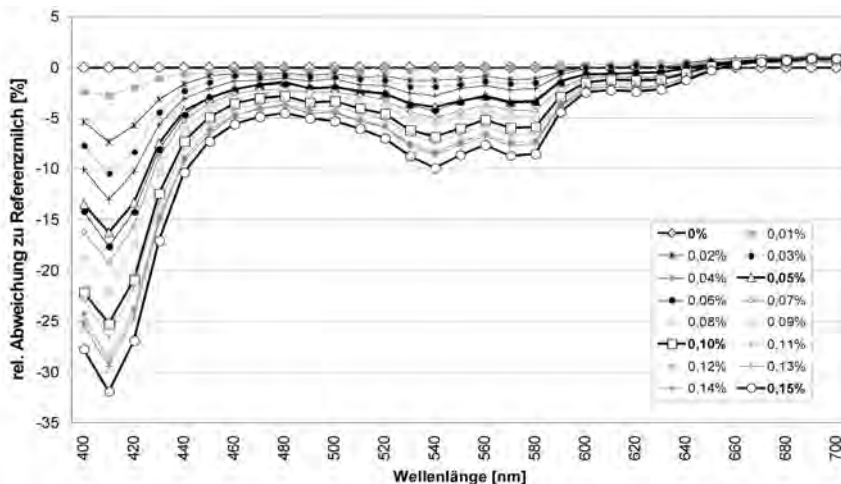


Abb. 1: Blutverdünnungsreihe (11-02): Abweichung der Reflexionslinien bei zunehmender Blutkonzentration der Milch von der Referenzmilch (4,53 % Fett, 3,35 % Eiweiß)

Neben der sensorischen Untersuchungen wurden die 16 Milchproben von 10 Probanden subjektiv beurteilt. Ohne Vorlage der Standardmilch wurde die Milch ab einer Blutbeimischung von mehr als 0,06 als „blutighaltig“ eingestuft. Daraus wird deutlich, dass mit Hilfe der Farbmessung anhand der Veränderung des Blauwertes bluthaltige Milch wesentlich früher erkannt werden kann als durch das menschliche Auge.

3.2 Kolostralmilch

Die Auswertung der Kolostralmilch-Reflexionslinien ergab, dass sich die Änderung während der Kolostralmilchphase speziell im Wellenlängenbereich 430 bis 480 nm niederschlägt. Die Abweichung zur Referenzmilch-Spektrallinie (Mittelwert aus der Ablieferungsmilch im jeweiligen Biestmilch-Zeitraum) erreichte in dieser Bandbreite teilweise Abweichungen bis zu 35 % (Abb. 2).

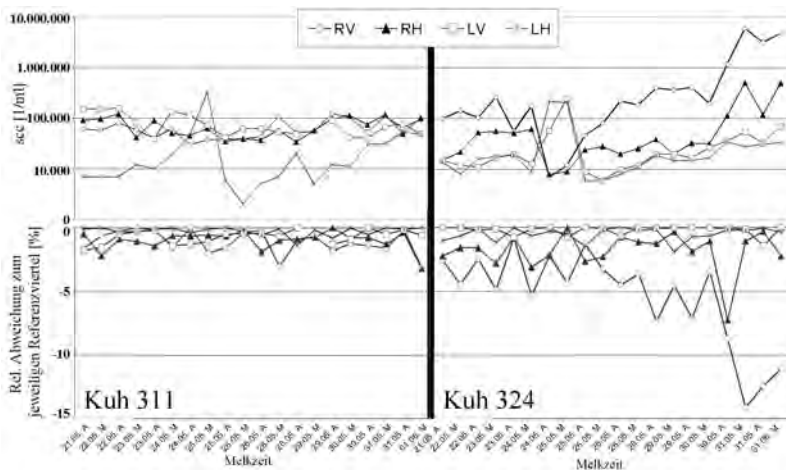


Abb. 2: Abweichungen der Reflexionslinien der ersten bis zwölften Melkung p.p. der Kuh 522 (Kalbung: 08.11.02) von der Referenzmilch (Tank)

Bei den sieben beprobten Kühen zeigte sich, dass bis einschließlich der vierten Melkung p.p. die Abweichungen von der Referenzmilch im 430 bis 480 nm-Bereich immer über 5 % lagen. Je weiter sich die Melkungen vom Termin der Abkalbung entfernten, desto mehr näherte sich die jeweilige Reflexionslinie an die der Referenzmilch an.

3.3 Veränderungen auf Grund von Eutererkrankungen

Eine Analyse der 1.034 Spektrallinien ergab, dass Viertelanfangsgemelke, die mehr als 500.000 somatische Zellen/ml Milch und einen positiven bakteriologischen Befund aufwiesen („auffällig“, insgesamt 63 VAG), im Wellenlängenbereich 400 bis 520 nm wesentlich geringere Reflexionswerte aufwiesen als gesunde Viertel. Um zu prüfen, ob eine Eutererkrankung an Hand von viertelspezifischen Abweichungen festzustellen ist, wurde das Viertel mit dem höchsten Reflexionsgrad in diesem Wellenlängenbereich als Referenzwert für die jeweilige Melkung festgelegt und die Differenzen berechnet.

In Abbildung 3 ist beispielhaft für zwei Kühe über 20 Melkungen die jeweilige Abweichung des Einzelviertels zum Referenzviertel aufgezeigt (mittlere Abweichung in der Bande 400 bis 520 nm). In der linken Hälfte ist der Verlauf der Abweichungen einer eutergesunden Kuh (Kuh 311), auf der rechten Seite der einer eutererkrankten Kuh (Kuh 324) zu sehen.

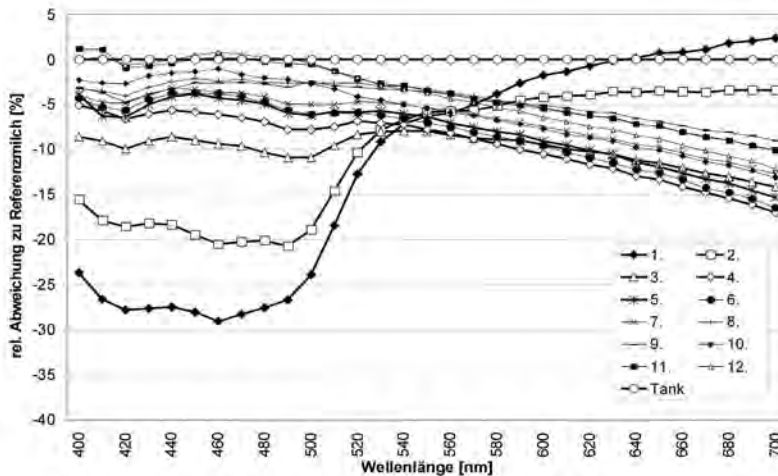


Abb. 3: Verlauf der mittleren viertelspezifischen Abweichungen im Wellenlängenbereich 400 bis 520 nm zum jeweiligen Referenzviertel (links: Kuh 311 „eutergesund“, rechts: Kuh 324 „euterkrank“)

Die Auswertung aller Kühe ergab, dass die Differenz der Einzelviertel untereinander bei den neun unauffälligen Kühe nie einen Wert von 5 % überschritten hat. Bei den vier als „auffällig“ eingestuften Tieren (Mastitis bedingte Veränderung der Milch) lag dagegen die maximale Abweichung zum Referenzviertel immer über von 5 %.

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Veränderungen der Milch (Blut, Kolostrum oder mastitisbedingt) eindeutig zu geänderten Reflexionslinien führen. Die eigenen Ergebnisse zur Kolostralmilch werden von ESPADA et VIJVERBERG (2002) bestätigt. Mit zunehmender Anzahl Melkungen nach der Kalbung nimmt auch die Reflektion im blauen Wellenlängenbereich (400-420 nm) den Normalwert wieder an. Wie auch bei RASMUSSEN (2002) beschrieben, war es möglich, Milch mit mehr als 0,02 % Blutbeimischung durch das eingesetzte Farbmessverfahren zu erkennen.

Im Bereich der Eutergesundheitsüberwachung erscheint die angewendete Methode als erfolgsversprechend. Hierzu müssen noch größere Labor- und Felduntersuchungen getätigt werden, um festzustellen, in wie weit äußere Einflüsse (Witterung, Fütterung, etc.) die Farbmessung beeinträchtigen und welcher Grenzwert für die Differenz der Viertel untereinander verwendet werden soll, um eine möglichst hohe Erkennungssicherheit zu erreichen.

Literatur

- BERGANN, T.; SCHICK, M. (1998): Signifikante Beziehungen – Farbmessung beschreibt den MilCHFettgehalt, in: *Lebensmitteltechnik* 6 (1998), S. 52-53
- ESPADA, E.; VIJVERBERG, H. (2002): Milk Colour Analysis as a Tool for the Detection of Abnormal Milk, in: *Proceedings to "The First North American Conference on Robotic Milking"*, NL-Wageningen, S. IV29 - IV38
- HAMANN, J.; ZECCONI, A. (1998): Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator, in: *Bulletin of the International Dairy Federation* 334, B-Brüssel, S. 5-22
- ORDOLFF, D. (2001): Einsatz von Farbmessung zur Bewertung von Vorgemelken, in: *Tagungsband „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“*, Stuttgart-Hohenheim, S. 218-223
- RASMUSSEN, M. D. (2002): Definig Acceptable Milk Quality at Time of Milking, in: *Proceedings to "The First North American Conference on Robotic Milking"*, NL-Wageningen, S. IV9 – IV16
- MILCHVERORDNUNG (MILCH-VO): Verordnung über Hygiene- und Qualitätsanforderungen an Milch und Erzeugnisse auf Milchbasis; Neufassung vom 20. Juli 2000, *Bundesgesetzblatt* (Teil I, S. 1178)

Veränderung der Milchbeschaffenheit zu Laktationsbeginn

Variation of Milk Composition at Start of Lactation

DIETER ORDOLFF

Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft,
38116 Braunschweig
Institut für Chemie und Technologie der Milch, Bundesanstalt für Milchwissenschaft, 24103 Kiel

Schlüsselwörter: Milchinhaltsstoffe, Milchfarbe, Laktationsstadium
Keywords: milk components, milk colour, state of lactation

Zusammenfassung

An einer Gruppe von 22 Kühen mit unterschiedlichem Status der Eutergesundheit wurden an den Laktationstagen 3 bis 13 Zusammensetzung und optische Eigenschaften von Vormelken entsprechend der von dem in der DIN 6174 beschriebenen Standard CIE-lab vorgegebenen Parameter untersucht. Außerdem wurden die Zusammenhänge zwischen Zellzahl, elektrischer Leitfähigkeit der Milch und optischen Parametern untersucht.

In den ersten Laktationstagen wurde eine rasche Veränderung vor allem des Eiweißgehaltes und der farblichen Eigenschaften der Milch beobachtet. Interaktionen zwischen Zellzahl und optischen Parametern der Milch wurden in der Kolostralmilchphase nicht gefunden.

Die Ergebnisse der hier beschriebenen Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die Farbeigenschaften der Milch, gegebenenfalls in Verbindung mit Messung der elektrischen Leitfähigkeit, zur Abgrenzung der Kolostralmilchphase von den nachfolgenden Laktationsstadien geeignet sind.

Summary

A group of 22 cows with different status of udder health was included into investigations on composition and optical parameters of milk, using the CIE-lab method according to DIN-Standard 6174, from day 3 until day 13 of lactation. Another object of evaluation were interactions between somatic cell count, electric conductivity and optical parameters of milk.

A rapid change of protein content and milk colour was observed at the very early days of lactation. However, no interactions between somatic cell count and optical parameters were found in the colostrum.

From results of experiments described it can be concluded that milk colour, eventually combined with electric conductivity of milk, may be appropriate to set the end of the colostrum period at the start of the following phase of lactation.

1 Problemstellung

Die entsprechend den Vorgaben der Milchverordnung in herkömmlichen Melkverfahren vom Melkpersonal durchzuführende Beurteilung der Vorgemelke im Hinblick auf sichtbare Veränderung ist in Verbindung mit automatischen Melkverfahren nicht durchführbar. Hierfür sind sensorgesteuerte Prüfungen erforderlich, deren Ergebnisse letztendlich den automatischen Ausschluss der Einleitung abnormaler Milch in den Milchlagertank ermöglichen müssen. Dabei sind unter allen Umständen sogenannte falsch negative Bewertungen zu vermeiden, d.h. das fälschliche Einleiten abnormaler Milch in den Tank. Im Interesse des Milcherzeugers sind aber auch so genannte falsch positive Ergebnisse unerwünscht, die zum Ausschluss an sich einwandfreier Milch von der Ablieferung führen.

Neben sichtbar veränderter Milch aus erkrankten Eutervierteln ist gemäß der Milchverordnung auch in den ersten fünf Laktationstagen ermolzene Kolostralmilch von der Einleitung in den Milchlagertank auszuschließen.

Da die elektrische Leitfähigkeit der Milch als alleiniger Parameter für die beschriebenen Aufgaben nicht ausreicht, werden unter anderem optische Parameter zur Beurteilung der Milchbeschaffenheit untersucht (BERGANN und SCHICK, 1998; ORDOLFF, 2001; ORDOLFF, 2002) und seit einiger Zeit auch im praktischen Einsatz genutzt (OUWELTJES und HOGEVEEN, 2001; ESPADA und VIJVERBERG, 2002).

2 Durchführung der Untersuchungen

Aufbauend auf den Ergebnissen früherer Untersuchungen wurden auf der Versuchsstation der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (FAL) Vorgemelke einer Gruppe von insgesamt 22 Kühen mit unterschiedlichem Status der Eutergesundheit im Hinblick auf Milchinhaltsstoffe, Zellzahl sowie optische Parameter entsprechend dem in der DIN 6174 beschriebenen Standard CIE-lab untersucht. Anschließend wurden die Zusammenhänge zwischen Eutergesundheit, entsprechend der in den Vorgemelken bestimmten Zellzahl, sowie der elektrischen Leitfähigkeit der Milch und den als indirekten Indikatoren benutzten optischen Parametern bestimmt.

Die Untersuchungen wurden nach Verfügbarkeit der Kühe vom zweiten Laktationstag bis zum Trockenstellen durchgeführt. Im folgenden wird über die Ergebnisse aus den ersten beiden Wochen der Laktation berichtet. In Abhängigkeit von den Terminen der Probennahme standen nicht immer alle Tiere zur Verfügung. Die vorgestellten Ergebnisse stammen im Mittel von acht Tieren. Während der Kolostralmilchphase, an den Laktationstagen 3 bis 5, konnten Proben von bis zu 18 Tieren gezogen werden.

3 Ergebnisse

Erwartungsgemäß war der Fettgehalt der untersuchten Vorgemelke vergleichsweise niedrig und für weitere Auswertungen daher nur eingeschränkt nutzbar. Der Eiweißgehalt lag zu Beginn der Messreihe am 3. Laktationstag im Mittel bei rund 7,2 % (Tab. 1). Er fiel bis zum Ende der Kolostralmilchphase, dem 5. Laktationstag, rasch auf rund 4,4 % ab, die weitere Entwicklung bis zum Laktationsmittel verlief deutlich langsamer. Der Laktosegehalt veränderte sich in der Kolostralmilchphase ebenfalls deutlicher als in späteren Abschnitten, er stieg von 4,1% auf rund 5% an.

Die mittlere Zellzahl an den Laktationstagen 3 bis 13 betrug 670 000/ml. Sie zeigte großen Schwankungen ohne deutlich erkennbare Entwicklungstendenz. Die zunächst mit 6,5 mS/cm relativ hohe elektrische Leitfähigkeit verringerte sich bis zum Ende der Kolostralmilchphase auf einen Wert von 6 mS/cm, danach verlief die Veränderung bis zum Ende des beschriebenen Versuchsabschnittes deutlich langsamer.

Der Reflexionsgrad der Milch änderte sich in dem hier beschriebenen Laktationsabschnitt praktisch nicht. Der Anteil des Farbmerkmals „grün“, gekennzeichnet durch die negativen Zahlenwerte des Parameters „rot/grün“, nahm mit fortschreitender Laktation zu. Die optische Bewertung der Milch ergab darüber hinaus einen zunächst sehr ausgeprägten Gelbstich, der während des Untersuchungszeitraumes abnahm. Bei den Farbparametern „rot/grün“ und „gelb/blau“ unterschieden sich die Messergebnisse der Laktationstage 3 und 4, analog zu dem Eiweißgehalt und der elektrischen Leitfähigkeit der Milch, deutlich von denen der nachfolgenden Tage.

Tab. 1: Milchbeschaffenheit in der Versuchsperiode
Milk composition during experimental period

Laktationstag	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Milchmenge (kg)	8,33	11,00	15,03	13,50	12,60	11,35	12,00	15,33	13,00	17,47	15,20
Fett (%)	1,98	2,66	2,07	1,32	3,77	4,38	2,70	1,60	2,51	1,28	1,91
Eiweiß (%)	7,18	5,61	4,43	4,31	4,02	4,22	4,00	3,80	3,76	3,74	3,60
Lactose (%)	4,13	4,36	4,70	5,19	4,94	4,35	4,78	4,97	5,08	5,18	5,12
TS (%)	14,45	13,81	12,20	11,67	14,13	14,48	12,65	11,31	12,51	11,08	11,66
Zellzahl (1000/ml)	990	790	930	50	90	1450	560	320	460	730	30
Leitfähigkeit (mS/cm)	6,47	6,25	5,97	5,81	5,70	5,76	5,63	5,77	5,59	5,51	5,58
Opt. Parameter											
Reflexionsgrad (L)	0,67	0,68	0,68	0,67	0,71	0,71	0,72	0,70	0,70	0,69	0,70
Rot/grün (a)	-0,90	-0,77	-1,53	-1,32	-2,49	-2,51	-1,88	-3,01	-2,76	-3,43	-3,15
Gelb/blau (b)	5,45	5,93	2,96	3,28	2,41	2,68	1,88	1,15	1,74	0,32	0,66

Die Berechnung der Korrelationen zwischen den im beschriebenen Untersuchungszeitraum erfassten Parametern (Tab. 2) ergab zum Teil deutliche Interaktionen zwischen Zusammensetzung der Milch und ihren optischen Eigenschaften, vor allem dem Parameter „gelb/blau“, sowie zwischen den Milchinhaltsstoffen. Eiweiß-, Laktosegehalt und elektrische Leitfähigkeit der Milch wurden auch von der Zellzahl beeinflusst. Hingegen konnte in der hier beschriebenen Laktationsphase kein Zusammenhang zwischen Zellzahl und optischen Eigenschaften der Milch beobachtet werden.

Tab. 2: Korrelationen zwischen den Parametern
Correlations between parameters

	Zellzahl	Leitfähigkeit	Reflexionsgrad	rot-grün	gelb-blau	Fett	Eiweiß	Laktose
Fett	0,14	0,18	0,13	0,16	0,29			
Eiweiß	0,23	0,14	0,07	0,11	0,33	0,37		
Laktose	-0,51	-0,73	0,19	-0,23	-0,25	-0,47	-0,57	
TS	0,11	0,04	0,19	0,12	0,33	0,88	0,71	-0,43
Leitfähigkeit	0,46		-0,31	0,12	0,17			
Reflexionsgrad	-0,08			-0,82	-0,31			
Rot-grün	-0,02				0,56			
Gelb-blau	-0,04							

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Entwicklung der farblichen Eigenschaften der Milch, vor allem des Parameters „gelb/blau“, zu Laktationsbeginn verlief analog zu den Untersuchungsergebnissen von ESPADA und VIJVERBERG (2002), vor allem in Bezug auf die rasche Abnahme des Gelb-anteiles in den ersten Laktationstagen. Da in die zitierte Untersuchung die Eigenschaften vollständiger Gemelke eingingen, ist dort von einem deutlicheren Einfluss des Fettgehaltes der Milch als in den in Braunschweig erzielten Ergebnissen auszugehen.

Interaktionen zwischen Zellzahl und optischen Parametern der Milch wurden auch in anderen Untersuchungen erst nach der Kolostralmilchphase gefunden (ORDOLFF, 2001; ESPADA und VIJVERBERG, 2002)

Die Ergebnisse der hier beschriebenen Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die Farbeigenschaften der Milch, gegebenenfalls in Verbindung mit Messung der elektrischen Leitfähigkeit, zur Abgrenzung der Kolostralmilchphase von den nachfolgenden Laktationsstadien geeignet sind.

Literatur

- BERGANN, T.; Schick, M. (1998): Farbe von Konsummilch. dmz, 9, 464 – 468
- Espada, E.; Vijverberg, H. (2002): Milk Colour Analysis as a Tool for the Detection of Abnormal Milk. Proc. The First North American Conference on Robotic Milking, March 20-22, 2002, Toronto, IV-28 – IV-38
- N. N.: DIN 6174, Farbmetrische Bestimmung von Farbabständen bei Körperfarben nach der CIE-lab-Formel
- Ordolff, D. (2001): Einsatz von Farbmessungen zur Bewertung von Vorgemelken. Proc. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landw. Nutztierhaltung, Stuttgart-Hohenheim, 6./7.3.2001, 218 – 223 (2001)
- ORDOLFF, D. (2002): Laktationsabhängige Variation der Vorgemelksfarbe. Milchpraxis, 4, 174 - 175
- Ouweltjes, W.; Hogeveen, H. (2001): Detecting Abnormal Milk Through Colour Measuring. Proc. Ann. Meeting National Mastitis Council 2001, 217 – 219

Auswirkungen der Einführung eines automatischen Melksystems auf die Eutergesundheit

Effects of Introducing an Automatic Milking System on Udder Health

FRIEDERIKE REINECKE

DeLAval GmbH, 21509 Glinde

Schlüsselwörter: Eutergesundheit, automatische Melkverfahren, Melkfrequenz
Keywords: udder health, automatic milking systems, milking frequency

Zusammenfassung

Eine zweimal täglich konventionell gemolkene Versuchstierherde von 80 Kühen (HF) wurde ungeachtet der Anforderungen, welche automatische Melkverfahren an die zu melkenden Tiere stellen, in eine konventionell und eine automatisch zu melkende Herde von je ca. 40 Tieren aufgeteilt.

Grundlage der Herdenaufteilung bildete ein hinsichtlich Eutergesundheit, Laktationsstadium und Laktationsnummer vergleichbares Tiermaterial.

Ausgehend vom Vorversuchszeitraum verbesserte sich die Eutergesundheit der automatisch gemolkenen Herde signifikant. Gemäß Risikoanalyse stellte das automatische Melkverfahren kein Risiko für eine Verschlechterung der Eutergesundheit dar.

Summary

A twice daily milked dairy cattle herd of 80 animals (HF) was divided into a conventionally and an automatically milked herd of 40 animals – regardless the requirements which automatic milking procedures include for the animals.

The allocation was based on an animal-material which was comparable concerning udder health, lactation stage and number of lactation.

Referring to the pre-trial-period the udder health of the automatically milked herd improved significantly during the main-trial-period.

In accordance to a statistical risk analysis, the automatic milking system did not represent a risk for a deterioration of the udder health.

1 Einleitung

Die Einführung automatischer Melkverfahren stellt einen weiteren Schritt auf dem Weg zur Vollautomatisierung der Melktechnik dar. Neben stallbaulichen, fütterungstechnischen, züchterischen und arbeitstechnischen Veränderungen (LIND et al. 2000; BRADE 2001) ist mit Auswirkungen auf das Tierverhalten, vor allem aber auf die Milchqualität und die Eutergesundheit zu rechnen, wobei unregelmäßiger Melkfrequenz und ungleichmäßigen Zwischenmelkzeiten eine besondere Rolle zukommt (HILLERTON und WINTER 1992, KLUNGEL et al. 2000, LANSER 2000, SCHWARZER 2000). Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der Eutergesundheitsveränderungen nach Umstellung auf ein automatisches Melksystem.

2 Material und Methoden

Die Untersuchung umfasste zwei Milchviehherden von je 40 hochleistenden Tieren der Rasse „Deutsche Holstein“, Farbrichtung „schwarz-bunt“. Eine Herde [Kontrolle] wurde zweimal täglich in einem 2 x 4 Tandem Melkstand (DeLaval), die andere in einem Melkroboter (VMS – Voluntary milking system – DeLaval) bei einem Melkbetrieb von 22,5 Stunden pro Tag und einer vorgegebenen Mindestzwischenmelkzeit von 360 Minuten gemolken.

Die im Vorversuch noch konventionell gemolkenen Kühe wurden nach der Installation des automatischen Melksystems basierend auf Anzahl und Stadium der Laktation sowie Zellzahl im Gesamtgemelk gleichmäßig auf beide Herden verteilt.

Im Versuchsverlauf wurden Viertelanfangsgemelke aller in Laktation befindlichen Tiere steril gewonnen. Während einer Vorversuchsphase von zwei Monaten [6 Probestermine: Probe (–6) bis (–1)] wurden die Proben zur Morgenmelkzeit gewonnen. Bei Umstellung auf das automatische Melksystem behielt man die zweimal tägliche Melkroutine zunächst bei. Dementsprechend fand auch hier eine Probenentnahme zur Morgenmelkzeit statt (Termin 0). Während des Hauptversuchs (7 Probestermine: Probe 1 bis 7) wurden beide Systeme über einen Zeitraum von 36 Stunden und in einem Abstand von jeweils drei Wochen beprobt (konventionell: drei Melkzeiten; VMS: jede Kuh mit Melkanrecht).

Die Proben wurden zytobakteriologisch untersucht, und unter Abwandlung bzw. Neudefinition der Empfehlungen von IDF (1971) und DVG (1994) in Eutergesundheitskategorien (normale Sekretion, latente Infektion, unspezifische Mastitis, Mastitis) eingeteilt.

3 Ergebnisse

Bei vergleichbarer Eutergesundheit im Vorversuchszeitraum kam es zu einer Verbesserung der Eutergesundheit der VMS-Herde im Hauptversuch.

Im VMS wurde eine durchschnittliche Melkfrequenz von 2,6 Melkungen pro Kuh und Tag ermittelt.

Die statistische Auswertung (Chiquadrat – Homogenitätstest) bestätigt die Vergleichbarkeit der Eutergesundheit der im Vorversuchszeitraum noch fiktiv geteilten Herden. Die Verbesserung der Eutergesundheit der VMS-Herde im Versuchszeitraum erweist sich bei entsprechender Überprüfung als signifikant.

Tab. 1: Gesundheitsstatus auf Viertelenebene; Zeitraum: Vor- und Hauptversuch; vorselektiertes Tiermaterial; KON und VMS; Angaben in Prozent
Udder health status on quarter foremilk level: period: pre-trial and main-trial ; preselected data; CON and VMS; data [%]

Versuchsphase/ trial-period	Diagnose/ diagnosis	Herde/ herd	[(-6) – (-1)]		[(0) – (7)]	
			Xa	sd	Xa	sd
Normale Sekretion / Normal secretion		VMS	68,85	7,36	75,91	4,99
		KON/ CON	68,91	4,08	61,46	9,84
Latente Infektion/ Latent infection		VMS	16,88	4,24	6,21	4,7
		KON/ CON	14,28	4,37	9,05	8,17
Unspezifische Mastitis/ Unspecific mastitis		VMS	8,35	3,15	14,03	4,63
		KON/ CON	9,13	3,31	19,54	5,05
Mastitis/ Mastitis		VMS	5,92	1,56	3,85	1,93
		KON/ CON	7,68	2,21	9,95	3,9

Tab. 2: Chiquadrat-Homogenitätstest: Vergleich der Verteilung der Viertelzahlen auf die einzelnen Gesundheitsdiagnosen im Vorversuchs- und Versuchszeitraum; KON und VMS
Chisquare-test: Comparison of frequency distribution of quarters on udder health diagnosis categorizations during pre-trial and main-trial; CON and VMS;

Versuchsphase/ trial-period	[(-6) – (-1)]	[(0) – (7)]
Chiquadrat Viertel (Xa n)/	0,8886	0,0332
Chisquare quarter level (Xa n)	nicht signifikant/ not significant	signifikant/ significant

Unter der Annahme, dass das Melken mit einem automatischen Melkverfahren ein Erkrankungsrisiko darstellen könnte, wurde eine Risikoanalyse durchgeführt.

Die Odds-Ratio der Vierteldiagnosen (Relation des Quotienten der VMS- und der KON-Herde bezüglich gesunder und kranker Viertel) lag für den Versuchszeitraum [(1) – (7)] bei 0,51, der Wahrscheinlichkeitswert P bei 0,0098.

4 Diskussion

Ziel der Versuchsanordnung – zeitgleiche Beprobung der Herden über einen Zeitraum von 36 Stunden auf Viertelanfangsgemelkesebene – war es, eine größtmögliche Ergebnisbeeinflussung durch die Faktoren Zwischenmelkzeit und unregelmäßiges Melkintervall sicherzustellen. Beide Faktoren sind vor allem tierindividuell begründet und umso genauer erfassbar, je länger man den Probenzeitraum wählt.

Die in dieser Studie nachgewiesene Verbesserung der Eutergesundheit durch automatisches Melken ließe sich unter anderem durch das häufigere Ausschwemmen pathogener Erreger infolge mehrmaligen Melkens (LANSER 2000), die häufigere Reinigung und Desinfektion der Zitzen (VAN DER VORST und HOGEVEEN 2000), die Anregung der Zellaktivität durch erhöhte Melkfrequenz mit immanenter Erhöhung der Abwehrbereitschaft (HILLERTON und WINTER 1992), sowie einer Intensivierung des Herdenmanagements der VMS-Herde durch Routineüberwachungsaufgaben (BRADE 2001) erklären.

Infolge der relativ niedrigen Melkfrequenz von 2,6 Melkungen pro Kuh und Tag erscheinen etwaige Auswirkungen einer im VMS erhöhten Melkfrequenz minimal, so dass Beeinträchtigungen der Eutergesundheit beispielsweise durch kürzere Rekonvaleszenzzeit der Zitzen bei niedriger Zwischenmelkzeit (IPEMA u. BENDERS 1992), die Verlängerung des reinen Melkvorgangs und die häufigere Weitung des Strichkanals – gleichbedeutend mit größerer bakterieller Disposition (HILLERTON und WINTER 1992) eher unwahrscheinlich waren.

Literatur

BRADE, W. (2001): Nutzung von Melkautomaten: Aktueller Stand, Milchqualität und Milchhygienerecht, Prakt. Tierarzt 82, 372 – 380

DVG., Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V., Giessen (1994): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Herdenproblem, 3. Aufl., Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft, Giessen

HILLERTON, J. E., u. A. WINTER (1992): The effects of frequent milking on udder physiology and health, in: A. H. Ipema, A. C. Lippus, J. H. M u. W. Rossing (Hrsg.): Prospects for automatic milking. Wageningen, 1992, Ber., S. 201 - 212(EAAP Publication 65)

IDF (International Dairy Federation) (1971): A monograph on bovine mastitis. Annual Bulletin, part 1

IPEMA, A. H., u. E. BENDERS (1992): Production, duration of machine-milking and teat quality of dairy cows milked 2, 3, or 4 times daily with variable intervals, in: A. H. Ipema, A. C. Lippus, J. H. M u. W. Rossing (Hrsg.): Prospects for automatic milking. Wageningen, 1992, Ber., S. 244 – 252 (EAAP Publication 65)

KLUNGEL, G. H., B. A. SLAGHUIS u. H. HOGEVEEN (2000): The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality, J. Dairy Sci. 83, 1998 – 2003

LANSER, E. W. (2000): Bedeutung der Zwischenmelkzeit bei Automatischen Melksystemen, Milchpraxis 38, 88 – 91

LIND, O., A. H. IPEMA, C. DE KONING, T. T. MOTTRAM u. H.J. HERMANN (2000): Automatic milking, Bulletin of the Int. Dairy Federation 348, 3 – 14

SCHWARZER, K. (2000): Auswirkungen eines Melkroboters auf die Eutergesundheit und die Milchhygiene, München, Tierärztl. Fakultät, Diss.

VAN DER VORST, I., u. H. HOGEVEEN (2000): Automatic milking systems and milk quality in the Netherlands, in: H. Hogeveen u. A. Meijering (Hrsg.): Robotic milking, Lelystad, 2000. Symp. ber., S. 73 – 82

Vergleich der Trockensubstanzaufnahme und Milchleistung von österreichischen Fleckvieh- und Braunviehkühen in einem automatischen Melksystem (AMS) im Vergleich zum Melkstand

Comparison of Dry Matter Feed Intake and Milk Yield of Austrian Simmental- and Brown Swiss Cows in an Automatic Milking System (AMS) versus Milking Parlour

ANDREA RÖMER¹, KARL LUGER², RUDOLPH VOGELAUER², GERALD SPULLER¹

¹ Landwirtschaftliche Bundesversuchswirtschaften GmbH, Wieselburg, Österreich

² Bundesanstalt für Milchwirtschaft, Wolfpassing, Österreich

Schlüsselwörter: Automatisches Melken, Futteraufnahme
Keywords: automatic milking, feed intake

Zusammenfassung

Die Milchleistung und die Gesamtfutteraufnahme unterschied sich nicht aufgrund des Melksystems. In der Robotergruppe wurde jedoch eine geringere Kraftfutteraufnahme festgestellt. Die Ursache lag in der zweigeteilten Kraftfütterung sowohl im Roboter als auch in einer separaten Kraftfütterstation. Die Fütterungsvarianten Voll- TMR und Teil-TMR führten zu vergleichbaren Futteraufnahmen und Milchleistungen. Reine Grundfuttermittel am Futtertisch im Kombination mit Kraftfutter an der Station (Roboter) ergaben geringere Gesamtfutteraufnahmen und Milchleistungen.

Summary

Feed intake and milk yield of Simmental- and Brown Swiss Cows was compared between milking parlour and automatic milking system. Milk yield and total feed intake was not different between groups. In the robot group a lower concentrate intake was measured that was due to the combined feeding of concentrates in the robot system and in a feeding station. Total mixed ration and partial mixed ration resulted in similar feed intake and milk yield.

1 Einleitung

Ende 2000 wurde bei der Landwirtschaftlichen Bundesversuchswirtschaften GmbH in Wieselburg ein Forschungsprojekt zum Einfluss eines automatischen Melksystems auf die Futteraufnahme und Milchleistung von Fleckvieh- und Braunviehkühen gestartet. Dieses laufende Projekt ist ein Kooperationsprojekt der BVW mit der Bundesanstalt für Milchwirtschaft Wolfpassing, dem Institut für Tierhaltung und Tierschutz der Veterinärmedizinischen Universität Wien und dem Institut für Ökonomie der Bodenkundlichen Universität Wien.

2 Material und Methoden

60 Kühe wurden in zwei Gruppen à 30 aufgeteilt. Jede Gruppe besteht aus 15 Braunvieh- und 15 Fleckviehkühen. Die durchschnittliche Milchleistung beträgt ca. 7.500 kg mit 4,3 % Fett und 3,6 % Eiweiß. Eine Gruppe wird im Melkroboter gemolken, die andere im 2 x 6 Fischgrätmelkstand. Die Melktechnik im Melkstand ist von der Firma Happel, der Melkroboter ist ein Lely Astronaut (Einzelboxsystem).

In Folge wurden am Futtertisch 3 verschiedene Rationstypen an die Kühe verfüttert: Eine Teil-TMR (AGR), eine Konventionelle Ration (weitestgehend nur Grundfutter), sodann eine zweiphasige Voll-TMR.

Zur Ermittlung der täglichen Verzehrmenge wurde ein amerikanisches Calan-Fütterungssystem installiert. Dieses System funktioniert durch einzelne kodierte Türen, die den Fressplatz verschließen. Die Futtervorlage erfolgt mittels eines kleinen Futtermischwagens, der mit einer Waage und einem Computer versehen ist. Die Ausgabe der Futterration wird mit der Waage genau festgehalten und die Daten im Computer je Kuh gespeichert. Das Entfernen der Futterreste erfolgt mit einer Art Staubsauger, wobei der Futterrest auf die Waage gelangt und am Ende zurückgewogen wird.

In der Variante AGR und Konventionell erhielten die Kühe zu der Mischung ein handelsübliches pelletiertes Ausgleichskraftfutter ab 23 kg Milchleistung 0,5 kg je L. Die Roboterkühe erhielten das Kraftfutter im Roboter und bei Milchleistungen von mehr als 30 kg je Tier und Tag die Mengen, die 5 kg überschritten in einer Kraftfutterstation. Bei der Voll-TMR wurde unabhängig von Leistung und Gruppe jeweils 1 kg Kraftfutter je Kuh und Tag gegeben. In Tabelle 1 ist die Zusammensetzung der Versuchsrationen dargestellt. Jede Fütterungsvariante dauerte 2 Monate.

Die eingesetzten Grundfuttermittel waren Gras- und Maissilage, sowie Heu und etwas Biertrebersilage. Zur Aufwertung der Rationen wurde betriebseigenes Getreide, Sojaextraktionsschrot, Trockenschnitzel (Flocken), betriebseigenes Maisschrot und eine Standardmineralfuttermittelmischung für Milchkühe verwendet.

In den Tabellen 2 und 3 werden die Laktationstage der Gruppen und die Milchinhaltsstoffe sowie die Zellzahl dargestellt. In 2001 waren die Zellzahlen in der Melkstandgruppe unterhalb von 100.000 während in der Robotergruppe zunächst 126.000 Zellen erreicht wurden. Im zweiten Betriebsjahr näherten sich die Zellzahlwerte auf ein vergleichbares Niveau von etwa 100.000 Zellen an. Bei den Inhaltsstoffen waren in der Robotergruppe die Fettgehalte der Milch niedriger als in der Melkstandgruppe. Die Eiweißgehalte blieben konstant.

Tab. 1: Komponenten der Versuchsmischungen (kg Frischsubstanz)

Futtersorte	2001				2002			
	AGR	Konv.	TMR		AGR	Konv.	TMR	
			I	II			I	II
Grassilage	21,0	29,0	20,0	18,0	15,0	13,0	22,0	19,0
Maissilage	6,0	18,0	8,0	14,5	12,0	17,0	8,0	13,0
Biertrebersilage	3,5	7,0	7,6	4,0	4,0	6,0	7,0	7,0
Heu	1,5	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	3,0
Getreide	1,0	0	3,2	1,5	1,0	0	4,0	2,0
Trockenschnitzel	0,8	0	2,0	0	0,7	0	1,5	0,6
Maisschrot	2,0	0	1,3	0	1,0	2,0	-	-
Sojaextr.*	0,6	0	1,5	1,0	0,8	0,8	1,5	0,5
Erbse	-	-	-	-	-	-	0,8	0,8
Mineralm.	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
Total	36,6	55,3	44,9	40,3	37,7	42,1	48,1	46,2
NEL	6,6	6,3	7,0	6,6	6,6	6,5	6,6	7,0

* Sojaextraktionsschrot HP 48 % RP

Tab. 2: Laktationstage (LT) und Milchinhaltsstoffe 2001

Gruppe	LT	Fett (%)	Eiweiß (%)	Laktose (%)	Zellzahl (je L)	Harnstoff (g/L)
Kontrolle	216	4,63	3,75	4,88	82.000	17
Roboter	218	4,30	3,75	4,84	124.000	17
Gesamt	217	4,46	3,75	4,86	103.000	17

Tab. 3: Laktationstage (LT) und Milchinhaltsstoffe 2002

Gruppe	LT	Fett (%)	Eiweiß (%)	Laktose (%)	Zellzahl (je L)	Harnstoff (g/L)
Kontrolle	180	4,50	3,75	4,84	106.000	20
Roboter	190	4,36	3,82	4,82	101.000	20
Gesamt	185	4,43	3,78	4,83	103.000	20

3 Ergebnisse

Die Tabellen 4 und 5 zeigen die Futterraufnahmen der beiden Versuchsgruppen während der Fütterungsvarianten 2001 und 2002. Die Gesamtfutterraufnahme setzt sich aus der Krafftutter- und der Grundfutterraufnahme zusammen. Die Gesamtfutterraufnahmen unterschieden sich nicht aufgrund des Melksystems. Bei den Fütterungsvarianten war eine signifikant geringere Futterraufnahme nur während der konventionellen Variante in 2001 im Vergleich zu den beiden TMR-Varianten festzustellen. In 2002 unterschieden sich die Gesamtfutterraufnahmen nicht aufgrund der Fütterungsvariante. In der AMS-Gruppe lag eine durchgehend geringere Krafftutterraufnahme im Vergleich zur Melkstandgruppe vor.

Tab. 4: Futteraufnahme 2001 (kg T je Kuh und Tag; Mittelwert und Standardabweichung)

Variante	Kraftfutteraufnahme				Grundfutteraufnahme				Gesamtfutteraufnahme			
	AMS		Kontrolle		AMS		Kontrolle		AMS		Kontrolle	
AGR	2,37	1,64	2,81	2,60	16,23	1,99	15,14	2,10	18,60a	2,76	17,95 a	3,02
Konventionell	0,92	0,66	2,48	3,07	14,88	1,63	13,71	2,14	15,80b	1,86	16,19 b	3,91
TMR	0,85	0,31	1,15	1,40	17,96	2,39	17,03	2,46	18,81a	2,38	18,18 a	2,74
Gesamt	1,41	1,28	2,12	2,51	16,44	2,25	15,42	2,61	17,86	2,66	17,54	3,35

* Zahlen mit unterschiedlichen Indizes unterscheiden sich signifikant ($p = 0,05$)

Tab. 5: Futteraufnahme 2002 (kg T je Kuh und Tag; Mittelwert und Standardabweichung)

Variante	Kraftfutteraufnahme				Grundfutteraufnahme				Gesamtfutteraufnahme			
	AMS		Kontrolle		AMS		Kontrolle		AMS		Kontrolle	
AGR	1,64	1,51	2,89	1,80	17,91	2,21	18,15	2,94	19,52	2,49	21,04	2,95
Konventionell	1,62	1,12	2,13	1,23	17,71	2,17	17,91	2,25	19,38	2,45	20,15	2,48
TMR	0,89	0,26	1,05	0,31	18,60	2,84	17,53	2,15	19,49	2,89	18,58	2,30
Gesamt	1,38	1,32	2,02	1,59	17,80	2,04	18,02	2,59	19,46	2,47	19,92	2,74

In 2002 war die Grundfutteraufnahme im Vergleich zu 2001 um etwa 1 kg Trockenmasse höher. Die Grundfutteraufnahme lag in 2001 zwischen 15,0 und 18,0 kg, die Gesamtfutteraufnahme lag zwischen 15,8 und 18,8 kg Trockenmasse. In 2002 wurde zwischen 17,5 und 18,6 kg Grundfutter-Trockensubstanz verzehrt. Die Gesamtfutteraufnahme betrug zwischen 18,6 und 21,0 kg je Kuh und Tag.

In Tabelle 6 werden die Milchleistungsergebnisse gezeigt. In beiden Jahren wurden vergleichbare Milchleistungen gemessen. Die Melksysteme zeigen keinen Einfluss auf die Leistungshöhe. In 2001 wurde ein Einfluss der Fütterungsvarianten festgestellt. Die Teil-MR resultierte in der Melkstandgruppe zu der höchsten Milchleistung gefolgt von der Voll-TMR und der Konventionellen Variante. In 2002 waren die Leistungen eher konstant, die Voll-TMR erbrachte etwas höhere Milchleistungen (jedoch nicht signifikant) als die beiden anderen Varianten.

Tab. 6: Milchleistung (Mittelwert und Standardabweichung je Kuh und Tag)

Variante	2001		2002	
	Kontrolle	AMS	Kontrolle	AMS
AGR	22,64a 0,48	22,18a 0,55	22,54 0,64	22,57 0,45
Konventionell	20,77b 0,53	20,66b 0,96	22,56 0,75	22,26 0,49
TMR	21,87c 0,58	21,83a 0,59	22,98 0,59	22,96 0,49

* Zahlen mit unterschiedlichen Indizes unterscheiden sich signifikant ($p = 0,05$)

4 Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurde kein Einfluss der Melktechnik auf die Milchleistung von Fleckvieh- und Braunviehkühen festgestellt. Die Melkfrequenz am Roboter betrug durchschnittlich 2,4 Melkungen je Tier und Tag. Die Voll-TMR bewirkte in 2002

einen Anstieg der Milchleistung bei etwa gleicher Gesamtfuttermittelaufnahme. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Die Kraftfütterversorgung war in der Kontrollgruppe besser als im Melkroboter. In der Praxis wird sich wahrscheinlich die alleinige Kraftfuttermittelgabe im Roboter besser bewähren als die Aufteilung zwischen Roboter und Station. In unserer Untersuchung wurde die Station in der Robotergruppe häufig nicht besucht, auch wenn die Tiere Anrecht auf Kraftfutter hatten.

In 2002 musste die Konventionelle Ration aus ernährungsphysiologischen Gründen (wenig Rohprotein in der Grassilage) etwas mit Sojaextraktionsschrot und Maisschrot aufgewertet werden. Dies hatte eine gegenüber 2001 sehr deutliche Auswirkung auf die Futtermittelaufnahme und die Milchleistung. Bei guter Gärqualität der Silagen reichen schon geringe Zulagen von Kraftfuttermitteln um die Verzehrsmenge deutlich zu erhöhen. Der NEL-Gehalt wurde durch die Zulage von 6.3 auf 6.5 MJ je kg angehoben.

Insgesamt ergaben sich nur geringe Unterschiede zwischen den Fütterungsvarianten. Die Art der Kraftfütterzuteilung scheint in dieser Leistungsklasse noch nicht von besonderer Bedeutung zu sein, da die Ration genügend strukturwirksame Komponenten enthält. Dieses spiegelt sich wahrscheinlich auch in den guten Zellzahlergebnissen wieder.

Ergebnisse der automatisierten Konditionsfütterung für Sauen am Brei-Nuckel

Results of the Automated Condition Feeding System for Sows at the „Brei-Nuckel“

ANDREA HESSE¹, DIRK HESSE^{1,5}, FRANZ-JOSEF BOCKISCH¹, ERHARD KALLWEIT², HERMANN HEEGE⁴, MARTINA HENNING², DIERK-DIETER STRAUß³

¹ Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Institut für Tierzucht, Mariensee, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Höltystr. 10, 31515 Neustadt

³ Informations- und Datenzentrum, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

⁴ Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Agrarwissenschaftliche Fakultät, Christian-Albrechts-Universität, Olshausenstr. 40, 24098 Kiel

⁵ Verein zur Förderung der bäuerlichen veredlungswirtschaft (vzf), Am Königsberg 1, 29525 Uelzen

Schlüsselwörter: Sau, Automat. Rückenspeckdickenmessung, Ultraschall, Kondition, Fütterungstechnik
Keywords: sow, automatic backfat thickness measurement, ultrasound, performance, feeding technique

Zusammenfassung

Um Sauen in Gruppenhaltungssystemen besser auf ihre individuelle Kondition hin zu füttern, sollte eine automatische Speckdickenmessung mittels Ultraschall am Brei-Nuckel entwickelt werden. Dazu wurde ein optimaler Messbereich am Tier und ein für die Automatik geeignetes Messgerät ermittelt. Es wurde weiterhin ein Prototyp einer Messmechanik gebaut, dessen Stabilität in verschiedenen Sauengruppen erfolgreich getestet werden konnte. Die Entwicklung zweier Softwareprogramme ermöglichte die Steuerung der Messmechanik sowie die automatische Datenerfassung und -verarbeitung. Damit konnte erstmals eine vollautomatische Speckdickenmessung realisiert werden. Erste statistische Auswertungen einer Sauengruppe zeigen bisher jedoch insgesamt kein befriedigendes Ergebnis hinsichtlich der Messgenauigkeit der Automatik. Diese Problematik wird zur Zeit für andere Sauen und mittels ergänzender Tests überprüft. Da jedoch für einzelne Sauen gute Werte ermittelt wurden, ist zu vermuten, dass die Technik noch Entwicklungspotentiale besitzt.

Summary

In order to adapt feeding of sows in group housing system to the animal's individual condition an automatic backfat measurement by means of ultrasonic in combination with a computer feeding system („Brei-Nuckel“) was developed. In addition optimal measuring spots on the sow's back and a measuring device suitable for the mechanism had to be found. Further a prototype of measuring mechanics had to be constructed, whose stability was examined in different groups of sows successfully. The development of two software programs enabled the control of measuring mechanics as well as the automatic data acquisition and processing. By this a fully automatic backfat measurement could be realised for the first time. First evaluation in a group of sows did not show completely satisfying results regarding the accuracy of measurements, however for individual sows good values were determined. It is assumed that there is a potential for a further development of this technique.

1 Problemstellung

Die Wirtschaftlichkeit der Ferkelproduktion erfordert eine hohe Reproduktionsrate der Sauen. Diese wiederum setzt eine präzise Ermittlung und Steuerung der Kondition der einzelnen Sauen voraus. Die Ermittlung der Zuchtkondition ist aber bei den aus ethologischen Gründen zunehmenden Gruppenhaltungssystemen wegen der fehlenden Fixierung der Sauen erschwert. Hinzu kommt, dass eine rein visuelle Konditionsbeurteilung oft Fehleinschätzungen unterliegt.

2 Aufgabenstellung

Es sollte eine Technik entwickelt werden, die bei der Gruppenhaltung von Sauen in Kombination mit Einzeltierfütterung durch den Brei-Nuckel eine rechnergestützte, automatische Erfassung des Konditionszustandes mittels Speckdickenmessung durch Ultraschall ermöglicht. Ausgehend von den ermittelten Messwerten sollte automatisch die Futtermenge dem Bedarf bzw. der Kondition des Tieres angepasst werden. Dadurch ließe sich der Zielkonflikt zwischen der aus ethologischen Gründen anzustrebenden Gruppenhaltung von Sauen und den damit verbundenen Schwierigkeiten für die Fütterung auf optimale Zuchtkondition lösen.

3 Material und Methode

Alle Messungen erfolgten am lebenden Tier. Dazu standen 230 Sauen (Züchtungszentrale Deutsches Hybridschwein GmbH) auf einem Praxisbetrieb in der Nähe von Braunschweig zur Verfügung. Weiterhin wurden 10 Zuchtsauen in der Versuchsstation der FAL Braunschweig und 70 Sauen in der Versuchsstation der FAL Mariensee für die Versuchszwecke genutzt.

Die Untersuchung gliederte sich in zwei Arbeitsbereiche:

- A) Bereich „Technik“: Definition des optimalen Messbereiches am Tier, Auswahl Ultraschallmessgerät, Entwicklung eines Prototypen, Entwicklung von EDV-Programmen zur Steuerung der Messtechnik und Datenverarbeitung,
- B) Bereich „Fütterung“: Ermittlung des Einflusses der Futterintensität auf Speckdickenveränderung und Tierleistung.

Neben der wöchentlichen manuellen Speckdickenerfassung zur Messgenauigkeitskontrolle der Automatik wurden alle relevanten Tierleistungsdaten (Sauengewicht, Ferkelgewichte von der Geburt bis zum Absetzen, Futtermengen usw.) speziell für die 70 Sauen in der Versuchsstation der FAL Mariensee kontinuierlich erfasst.

4 Ergebnisse

Im vorliegenden Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse aus dem Bereich „Technik“ vorgestellt. Ergebnisse aus dem Arbeitsbereich „Fütterung“ werden erstmals im Vortrag präsentiert, da die Datenauswertung zur Zeit der Beitragserstellung noch nicht abgeschlossen werden konnte.

4.1 Messpunkte und Messgerät

Zur Definition des optimalen Messbereiches am Tier und zur Auswahl eines für die Untersuchung geeigneten Messgerätes wurden umfangreiche manuelle Ultraschallmessungen durchgeführt. Ebenso wurden dazu Schlachttierdaten und Magnetresonanztomographie-Aufnahmen herangezogen. Eine überaus gute Messgenauigkeit und eine sehr gute Wiederholbarkeit der Messergebnisse zeigte das Gerät USM 22 F der Fa. Agfa NDT GmbH (s. Abb. 1), welches daraufhin für alle Untersuchungen eingesetzt wurde. Die Untersuchungen bestätigten weiterhin, dass die Fettschicht im Rückenbereich des Tieres auf grund ihres relativ homogenen Aufbaus am besten für eine Ultraschallmessung geeignet ist. Daher wurde bei allen Sauen die Speckdicke am Rücken ermittelt, dies geschah nach einer modifizierten Form der ABC-Methode, wie sie in Abbildung 2 dargestellt ist. Mit dieser Methode werden drei fest definierte Messpunkte im Rückenbereich einzeln erfasst und später gemittelt (HESSE, A. et. al. 2001).



Abb. 1: USM 22 F der Fa. Agfa NDT GmbH

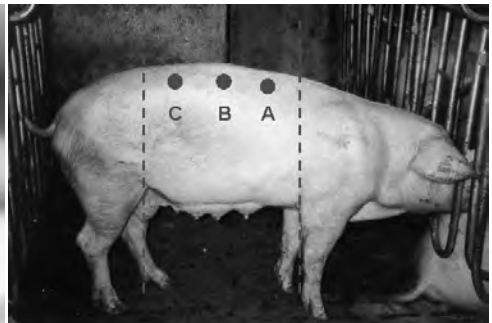


Abb. 2: ABC-Methode

4.2 Prototyp und EDV-Programme

Es konnte für den Ultraschall ein Ansetzmechanismus entwickelt werden, der es erstmals ermöglichte, automatisch während der Futteraufnahme des Tieres am Brei-Nuckel die Speckdicke zu bestimmen. Dieser Prototyp wurde in verschiedenen Sauengruppen hinsichtlich seiner Stabilität erfolgreich getestet und weiterentwickelt. Zur Steuerung der Messmechanik wurde in Zusammenarbeit mit der Fa. Mannebeck (Hersteller des Brei-Nuckels) ein Softwareprogramm (s. Abb. 3) entwickelt, welches verschiedenste Einstellungsmöglichkeiten bietet, wie z.B. zur Absenkezeit des Messarms, Einschaltzeit und Dauer des Wasserflusses oder Wahl der Anzahl der täglichen Messungen.

Ebenso konnte in Zusammenarbeit mit dem Informations- und Datenzentrum der FAL ein Softwareprogramm (s. Abb. 4) erstellt werden, welches die automatische Berechnung einer neuen tierindividuellen Futterkurve basierend auf den automatisch erfassten Speckdickenwerten ermöglicht.

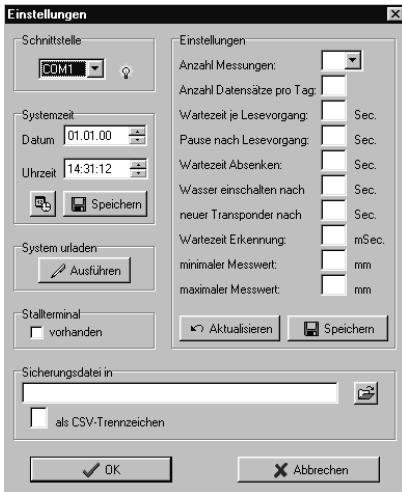


Abb. 3: Programm zur Steuerung der Messmechanik

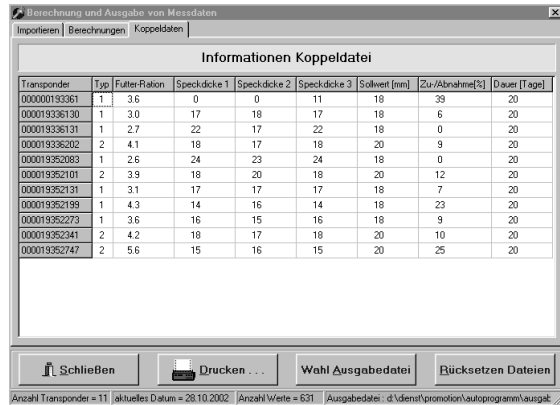


Abb. 4: Programm zur automatischen Datenverarbeitung

4.3 Messgenauigkeit des Prototypen

Aufgrund der auftretenden Tierbewegung beim Fressvorgang wurden vom Prototypen, wie er in Abbildung 5 zu sehen ist, unterschiedliche Messpunkte am Tier erfasst. Eine statistische Auswertung sollte zeigen, inwieweit die automatisch ermittelten Messwerte mit den manuell erfassten Speckdickenwerten vergleichbar sind.

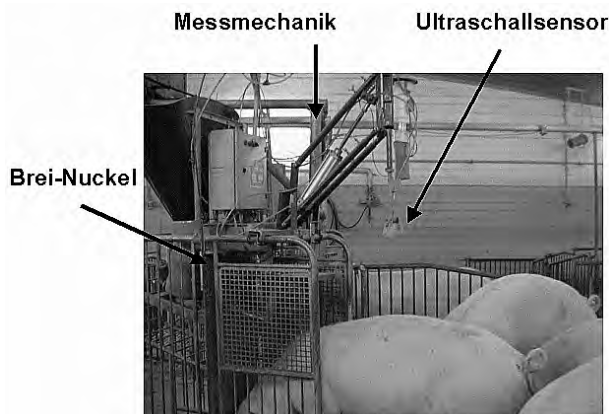


Abb. 5: Automatische Speckdickenmessung am Brei-Nuckel

Ein Mittelwertsvergleich zeigte während der Versuchsphase gute Ergebnisse für einige Sauen. Nach Vorlage aller Versuchsdaten sollte ein weiterer Mittelwertsvergleich mittels Varianzanalyse durchgeführt werden, der jedoch aufgrund fehlender notwendiger Voraussetzungen (z.B. Normalverteilung der Daten) durch einen nichtparametrischen Test (hier Kolmogorow-Smirnow-Test zum Vergleich zweier beobachteter Verteilungen) ersetzt wurde. Dazu wurde die Verteilung der Mittelwerte aus verschiedenen Messwertkombinationen

nen (z. B. $1 = A + B$; $4 = A + B + C$ usw.) mit der Verteilung der Messwerte aus der automatischen Messung ($0 = \text{AutoWerte}$) verglichen. Bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ konnte das erhoffte Ergebnis – beide Verteilungen sind gleich – leider nicht verifiziert werden. Die jeweiligen Hypothesen mussten abgelehnt werden. In Tabelle 1 sind die entsprechenden Ablehnungswahrscheinlichkeiten für die paarweisen Vergleiche angegeben (Datenmaterial bezieht sich auf 10 Sauen über einen Zeitraum von 12 Wochen). Ähnliche Ergebnisse ergaben sich bei entsprechenden Vergleichen pro Woche. Ebenfalls sind in Tabelle 1 die für den durchgeführten Test notwendigen „Verteilungsdefinitionen“ und die Anzahl der entsprechenden Messwerte angegeben.

Tab. 1: „Verteilungsdefinitionen“, und Ablehnungswahrscheinlichkeiten des Kolmogorow Smirnow-Test für 10 Sauen über 12 Wochen

Verteilung definiert als	Messwerte aus	Anzahl (n)	Vergleich	Kolmogorow-Smirnow Test für Variable Dicke
0	AutoWerte	4321		
1	A + B	408	1 - 0	$\alpha < .0001$
2	A + C	408	2 - 0	$\alpha < .0001$
3	B + C	408	3 - 0	$\alpha < .0001$
4	A + B + C	612	4 - 0	$\alpha < .0001$

Da aufgrund der guten Messgenauigkeit des Messgeräts eine Übereinstimmung der automatisch ermittelten Werte mit den manuell erfassten Werten zu erwarten ist, werden zur Klärung dieser Problematik zur Zeit weitere Sauen überprüft, sowie Plausibilitätskontrollen durchgeführt.

5 Diskussion

Die bisherigen Ergebnisse zeigen keine befriedigende Messgenauigkeit der automatischen Rückenspeckdickenmessung im Vergleich zur manuellen Messung. Dies ist wohl hauptsächlich auf das teilweise unruhige Fressverhalten vieler Sauen am Brei-Nuckel zurückzuführen, wodurch die Messmechanik häufig keine ideale Messposition einnehmen kann. Durch die Ausdosiertechnik des Brei-Nuckels kann der automatische Messvorgang sehr gut aktiviert werden, jedoch wird dadurch nicht immer eine einheitliche Position des Tieres erreicht. Eine bessere Messgenauigkeit könnte möglicherweise erzielt werden, wenn die Brei-Nuckel-Technik in eine Abrufstation eingebaut würde, da in diesem Fall eine Tierbewegung rechts- und linkswärts nur eingeschränkt möglich wäre. Mit dieser Arbeit wurden die grundlegenden Voraussetzungen für eine automatische Speckdickenmessung – wie die automatische Datenerfassung- und -verarbeitung – entwickelt. Verbesserungen der Messsituation und/oder eine Erhöhung der Anzahl der täglichen Messungen könnten eine erfolgreichere Umsetzung zukünftig ermöglichen.

Literatur

HESSE, ANDREA; DIRK HESSE; FRANZ-JOSEF BOCKISCH, ERHARD KALLWEIT UND HERMANN HEEGE (2001): Entwicklung einer automatisierten Konditionsfütterung für Sauen am Brei-Nuckel. 5. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ am 6./7. März 2001, Universität Hohenheim

Fressverhalten abgesetzter Ferkel

Feeding Behaviour of Weaned Piglets

HINRICH SNELL, HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Georg-August-Universität
Göttingen, Universitätsstr. 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Tierverhalten, Ferkelaufzucht, Fütterungssysteme
Keywords: animal behaviour, piglet rearing, feeding systems

Zusammenfassung

An dieser Stelle werden fünf Projekte zum Fressverhalten von Aufzuchtferkeln vorgestellt. Dargestellt werden Merkmale der biologischen Leistung sowie des Verhaltens von anonymen Ferkeln und Fokustieren. Aufgezeigt wird die Beeinflussung dieser abhängigen Variablen durch das Fütterungssystem, die Belegungsintensität und weitere Einflussgrößen. Die Frage der Tagesrhythmik wird ebenso angesprochen wie die Veränderung des Verhaltens im Aufzuchtverlauf.

Summary

Five projects focussing on the feeding behaviour of weaned piglets are presented. The weight gain as well as the behaviour of anonymous piglets and focus animals is represented. The influence of the feeding system, the stocking density and further parameters are shown. The daily rhythm and the change of the behaviour during the raising process are discussed as well.

1 Einleitung

Für eine erfolgreiche Gestaltung der Ferkelaufzucht ist es unabdingbar, die Haltungstechnik zu optimieren. Dabei verdienen Aspekte der Futtervorlage aus verschiedenen Gründen besondere Aufmerksamkeit. In einer ohnehin sensiblen Phase muss die Belastung, die sich aus der Umstellung der Futtermittel hinsichtlich ihrer Nährstoffzusammensetzung und der Konsistenz ergibt, möglichst gering gehalten werden. Ferner gilt es, den Stress, der aus der Trennung vom Muttertier und der Zusammenstellung neuer, in der Regel größerer Gruppen resultiert, dadurch zu reduzieren, dass das Sozialverhalten in der Gruppe nicht durch eine suboptimale Futtervorlage zusätzlich belastet wird.

Vor diesem Hintergrund wurden und werden verschiedene Studien zum Fressverhalten abgesetzter Ferkel durchgeführt, von denen fünf ausgewählte Projekte an dieser Stelle vorgestellt werden sollen.

2 Tiere, Material und Methoden

2.1 Experiment E_1

Experiment E_1 (SNELL et al., 2001) fokussierte auf die sensorgestützte Flüssigfütterung von Aufzuchtferkeln. Ein besonderes Augenmerk galt dabei dem Tier-Fressplatzverhältnis.

Die Untersuchungen fanden während zweier Durchgänge (15.12.1999–31.01.2000; 02.02.2000–20.03.2000) in zwei Stallabteilen mit jeweils 8 Buchten mit teilperforierten Böden statt. Die getrenntgeschlechtliche Belegung der Buchten erfolgte mit zwei unterschiedlichen Besatzdichten (Tabelle 1).

Die Fütterung geschah mit einer vollautomatischen Sensorflüssigfütterung (Weda, Lutten) an 1,2 m langen Kurztrögen mit Fressplatzteilern. Im Trog jeder Bucht befand sich eine Sonde, die zwischen 6.00 und 21.30 Uhr 16 mal abgefragt wurde. Meldeten die Sonden mehrere Tröge mit Futteranspruch, so wurde die benötigte Futtersuppe frisch zubereitet und an den entsprechenden Trögen verfüttert.

Die Erfassung des Tierverhaltens erfolgte mittels Direktbeobachtung. Im *scan-sampling* Verfahren wurden anonyme Daten zum Fressverhalten der Ferkelgruppen und Informationen zum Verhalten von Fokustieren gewonnen.

2.2 Experiment E_2

In Experiment E_2 (SNELL et al., 2002a) wurde die Ferkelaufzucht in einem Außenklimastall untersucht. Im Mittelpunkt standen dabei das Stallklima und das Tierverhalten.

Die Studien wurden während zweier Aufzuchtdurchgänge (23.12.1999–18.02.2000; 02.03.2000–27.04.2000) in einem Außenklimastall mit 14 eingestreuten Buchten, bestehend aus Hütte mit Auslauf, durchgeführt. Die, i.d.R. getrenntgeschlechtliche, Buchtenbelegung erfolgte mit Ferkeln aus einem Ferkelerzeugerring.

Die Fütterung der Tiere geschah ad libitum mittels zweier Trockenfutterautomaten an der auslaufabgewandten Stirnseite jeder Hütte.

Zur Erfassung des Tierverhaltens wurden Direktbeobachtungen durchgeführt. Analog Experiment E_1 wurden im *scan-sampling* Verfahren anonyme Daten zum Fressverhalten der Ferkelgruppen und Informationen zum Verhalten von Fokustieren erhoben.

2.3 Experiment E_3

In Experiment E_3 (SNELL et al., 2002b) wurden Wachstumsleistung und Tierverhalten bei Einsatz zweier unterschiedlicher Breiautomaten untersucht.

Die Untersuchungen fanden während zweier aufeinanderfolgender Durchgänge (14.2.2001–6.4.2001; 11.4.2001–30.5.2001) in zwei getrenntgeschlechtlich belegten Abteilen eines Ferkelaufzuchtstalls statt. Dort wurden jeweils zwei Beobachtungsbuchten mit vollperforierten Böden genutzt, von denen die eine mit einem Rohrbrei- (Lean Machine, Big Dutchman, Vechta) und die andere mit dem Prototypen eines Intervallfütterungsbreiautomaten ausgestattet war.

Der Intervallfütterungsbreiautomat dosierte von 06.00 Uhr bis 23.30 Uhr Futter in 30 minütigen Abständen aus, ohne eine Prüfung ob noch Futter im Trog war. Die Steuerung des Automaten erlaubte die Gestaltung einer altersabhängigen Futterkurve.

Zur Erfassung des Verhaltens von Fokustieren und anonymen Ferkeln wurden im *scan-sampling* Verfahren Videoaufzeichnungen ausgewertet.

2.4 Experiment E_4

In Experiment E_4 wird ein konventioneller mit einem neu entwickelten Rohrbreiautomaten verglichen.

Die Untersuchungen werden in zwei Ferkelaufzuchtteilen der Versuchswirtschaft Reliehäuser durchgeführt und erstrecken sich auf vier Durchgänge (Beginn 15.08.2002). In den Abteilen werden jeweils zwei Beobachtungsbuchten mit vollperforierten Böden genutzt, von denen die eine mit dem Rohrbreiautomatentypen ausgestattet ist, der bereits in Experiment E_3 Verwendung fand. In der anderen Bucht ist ein neu konzipierter Rohrbreiautomat (Pignic, Big Dutchman, Vechta) installiert. Hervorzuheben sind bei diesem Automaten die rechteckige Trogschale sowie deren Unterteilung in drei Felder, von denen das mittlere Feld der Futteraufnahme dient, während die äußeren Felder unter den Tränkenipeln angebracht sind. Wasser und Futter kommen nur bei erheblicher Bewegung des Futters durch die Ferkel in Kontakt.

Die Erfassung des Tierverhaltens erfolgt in diesem noch nicht abgeschlossenen Experiment durch die Beobachtung anonymer Ferkel auf Videoaufzeichnungen.

2.5 Experiment E_5

Im Unterschied zu den vorgenannten Experimenten fokussiert der Versuch E_5 auf das präzise Studium einzelner Fressvorgänge.

Der Versuch wird in zwei der vier Beobachtungsbuchten des Experimentes E_4 durchgeführt. Zur detaillierten Analyse der Fressvorgänge werden je Bucht 8 Fokustiere markiert, deren Verhalten im Trogbereich kontinuierlich erfasst wird.

Experiment E_5 ist noch nicht abgeschlossen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Biologische Leistungen und Fressverhalten in Abhängigkeit vom Fütterungssystem

Es ist unbestritten, dass die biologischen Leistungen von Nutztieren kaum direkte Rückschlüsse auf das Tierverhalten, bzw. die Tiergerechtheit eines Haltungssystems gestatten. Dennoch ermöglichen die Angaben in Tabelle 1 eine erste Annäherung an die Thematik des Fressverhaltens. Hohe Tageszunahmen in der Gruppe sind ein Beleg dafür, dass ein Großteil der Tiere leistungsgerecht mit Nährstoffen versorgt wurde. Das wiederum ist ein erster Hinweis darauf, dass keine gravierenden, länger andauernden Störungen des Fressverhaltens auftraten.

Werden die Ergebnisse aus E_1 im Zusammenhang zu denen aus E_3 sowie Berichten aus der Praxis betrachtet, darf gefolgert werden, dass die in E_1 untersuchte sensorgestützte Intervallflüssigfütterung mit einer häufigen, teilweise geblockten, also schnell aufeinanderfolgenden, Abfrage der Sensoren eine leistungsgerechte Nährstoffversorgung ermöglicht. Dieses kann mit Blick auf das Tierverhalten als ein Hinweis darauf verstanden werden, dass das Fressverhalten zumindest als leistungsgerecht angesprochen werden kann. Hinsichtlich des Tier-Fressplatzverhältnisses bestehen bei optimaler Gestaltung dieses Fütterungssystems mehr Ähnlichkeiten zur ad libitum Fütterung als zur tagesrationierten Futtervorlage.

Tab. 1: Flächenangebot, Verfügbarkeit von Wasser und Futter sowie Körpermasseentwicklung in Abhängigkeit vom Experiment und der Versuchsvariante

Availability of space, water, and feedstuffs as well as weight gain depending on the experiment and the experimental treatment

	E_1		E_2	E_3		$E_4^{1)}$	
	a	b		a	b	a	b
Buchtenfläche [m ²]	11,68	11,68	33,75	14,66	14,66	12,59	12,59
Tiere je Bucht	40	48	75	40	40	30	30
Flächenangebot [m ² Tier ⁻¹]	0,29	0,24	0,45	0,37	0,37	0,42	0,42
Tränken je Bucht ²⁾	2	2	8	2	2	3 ³⁾	3 ³⁾
Tiere je Tränke	20	24	9,38	20	20	10	10
Fütterungssystem	F_S	F_S	T_A	B_I	B_A	B_A	B_A
Fressplätze je Bucht	8	8	12	12 ⁴⁾	8 ⁴⁾	8 ⁴⁾	4
Tiere je Fressplatz	5	6	6,3	3,3	5	3,8	7,5
Einstallmasse [kg]	6,2	6,2	8,7	6,2	6,4	-	-
Tageszunahme [g d ⁻¹]	444	430	438	359	377	-	-
Ausstellmasse [kg]	26,6	26,0	29,0	24,2	25,1	-	-

E_1 , E_2 , E_3 , E_4 , Bezeichnung der Experimente; a, b, Bezeichnung der Versuchsvarianten; F_S , sensorgestützte Flüssigfütterung; T_A , ad libitum Fütterung am Trockenfutterautomaten; B_I , bzw. B_A , Intervallfütterung bzw. ad libitum Fütterung am Rohrbreiautomaten; d, Tag

¹⁾ Die Experimente E_4 und E_5 werden zeitgleich in denselben Buchten durchgeführt.

²⁾ Zusätzlich wurde in den Experimenten E_1 , E_3 und E_4 Wasser über die Fütterung verabreicht.

³⁾ 3 Tränkestellen mit jeweils 2 Nippeln in unterschiedlicher Höhe

⁴⁾ $n_F = U (150 \text{ mm})^{-1}$; n_F , Anzahl Fressplätze; U , Trogumfang [mm]

Der Unterschied zwischen den beiden Versuchsvarianten deutet aber darauf hin, dass auch diese moderne Fütterungstechnik keine Garantie dafür ist, dass ungeachtet des Tierbesatzes, der Gruppengröße und des Tier-Fressplatzverhältnisses alle Ferkel optimal mit Nährstoffen versorgt werden. Diese Aussage wird durch die Ergebnisse der Beobachtung anonymer Ferkel bestätigt (SNELL et al., 2001). Die Fokustierbeobachtung lieferte in diesem Experiment keine Hinweise auf ethologisch relevante Einflüsse der Belegungsintensität. Als Ursache dafür, ist der kurze Beobachtungszeitraum wie auch der geringe Unterschied zwischen den Versuchsvarianten zu diskutieren.

Die Rahmenbedingungen in Experiment E_3 ähnelten jenen in E_1 . Der wesentliche Unterschied bestand in der Fütterungstechnik. Damit alleine ist die Leistungsdifferenz kaum zu erklären; vielmehr ist auf Gesundheitsprobleme im Bestand hinzuweisen.

Die Angaben für E_3 sind geprägt von einem deutlichen Einfluss des Versuchsdurchgangs. Während im ersten Durchgang die Leistungen bei Intervallfütterung noch deutlich niedriger als am Rohrbreiautomaten ausfielen (Variante E_{3a} bzw. E_{3b} , 330 bzw. 367 g d⁻¹) konnte im zweiten Durchgang durch eine veränderte Einstellung des Intervallfütterungsbreiautomaten eine Angleichung erreicht werden (E_{3a} bzw. E_{3b} , 388 bzw. 387 g d⁻¹). Diese veränderte Einstellung führte zu einer weiteren Steigerung des ohnehin höheren Futteraufwands bei diesem Automatentypen.

Die bei SNELL et al. (2002b) dargestellten Ergebnisse der Beobachtung anonymer Ferkel zeigen, dass am Intervallfütterungsbreiautomaten gegenüber dem klassischen Rohrbreiautomaten weniger Tiere beim Fressen aber mehr Ferkel beobachtet wurden, welche Interesse am Fressen bekundeten.

Aus diesen Ergebnissen darf gefolgert werden, dass eine Intervallfütterung per se noch keine Verbesserung gegenüber einer ad libitum Fütterung darstellt, weder hinsichtlich der Nährstoffversorgung noch hinsichtlich des Fressverhaltens.

KIRCHER (2001) verglich die Haltung von 40 gegenüber 60 Ferkeln an einem Rohrbreiautomaten desselben Typs wie er in E_3 Verwendung fand. Die Arbeit zeigt Tendenzen auf, wonach die Anpassungsfähigkeit der Ferkel in der Variante mit dem weiteren Tier-Fressplatzverhältnis stärker beansprucht wurde. Ohne, dass sie im Widerspruch zur genannten Arbeit stehen, belegen die Ergebnisse aus E_3 , dass ein engeres Tier-Fressplatzverhältnis alleine noch nicht zwingend zu einer verbesserten Nährstoffversorgung und vermehrten Fressvorgängen führt. Dieser Befund ist in Zusammenhang zu der suboptimalen Troggestaltung (SNELL et al., 2002b) am geprüften Intervallfütterungsbreiautomaten zu diskutieren. Ferner ist diese Beobachtung dadurch geprägt, dass in E_3 auch bei der Variante mit dem weiteren Tier-Fressplatzverhältnis, E_{3b} , die Anzahl der Fressplätze kaum eine limitierende Größe war. So entsprach diese Variante der Variante mit dem engeren Tier-Fressplatzverhältnis in den Arbeiten von KIRCHER (2001).

3.2 Fressvorgänge in Abhängigkeit von Tageszeit und Aufzuchtwoche

In der Literatur wurde wiederholt die im Tagesverlauf zweiphasige Aktivität des Schweines sowie eine Phase der Inaktivität zur Mittagszeit beschrieben. Diese Tagesrhythmik kann durch diverse haltungsbedingte Einflüsse verändert werden. Daraus leiten LEXER et al. (2000) ab, dass das Fehlen eines arttypischen Tagesrhythmus als Indikator dafür Verwendung finden kann, dass Tiere in Ihrer Anpassungsfähigkeit beeinträchtigt bzw. überfordert sind.

In Experiment E_1 konnte diese Periodik deutlich beobachtet werden. Morgens (06.00-10.00 Uhr) wurden die meisten Fressvorgänge registriert. Auf den anschließenden Zeitblock (10.00-14.00 Uhr) entfielen deutlich weniger Fressvorgänge. Nach dem Mittag (14.00-18.00 Uhr) kam es zu einem erneuten Anstieg der Fressaktivität. Abends (18.00-22.00 Uhr) waren wiederum weniger Tiere beim Fressen zu beobachten.

Eine detaillierte Datenanalyse lieferte erste Hinweise auf Interaktionen zwischen dem Geschlecht und der Belegungsintensität hinsichtlich dieser Tagesrhythmik. Einschränkend ist allerdings zu erwähnen, dass der beobachtete Tagesrhythmus in diesem Experiment auch durch die Fütterungs- und Beobachtungsintervalle tangiert worden sein kann.

In Experiment E_2 stieg während des ersten Durchgangs die Fressaktivität vom ersten (08.00-11.00 Uhr) über den zweiten (12.00-14.00 Uhr) bis zum dritten (15.00-18.00 Uhr) Beobachtungszeitblock an. In den letzten beiden Wochen war mittags eine reduzierte Fressaktivität festzustellen. Im zweiten Durchgang wurden in den Aufzuchtwochen 1, 3, 5 und 6 mittags weniger Fressvorgänge als morgens bzw. nachmittags registriert. Die Tagesrhythmik in den anderen Wochen war uneinheitlich. Das Spektrum möglicher Erklärungen ist vielfältig. So ist es denkbar, dass das Fressverhalten davon berührt wurde, wie viele Ferkel sich in der Hütte befanden und wie sie dort angeordnet waren. Beides beeinflusste die Zugänglichkeit der stirnseitig angeordneten Futterautomaten in den relativ schmalen Hütten (6000 x 2500 mm). Ferner ist auch der bereits dargestellte Gedanke aufzugreifen, dass eine fehlende Tagesrhythmik Ausdruck einer überforderten Anpassungsfähigkeit ist. VON BORELL et al. (1997) weisen darauf hin, dass die Auswirkungen großer Gruppen auf die Tiergerechtigkeit noch nicht hinreichend bekannt sind. Auch das in E_2 praktizierte permanente Umsortieren der Ferkel von Bucht zu Bucht ist kritisch zu hinterfragen.

In Experiment E_3 wurde an beiden Futterautomaten ein fester Tagesrhythmus beobachtet. Das Ausbleiben eines biphasigen Verlaufes ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Auswertung nach einer Datenaggregation zu lediglich vier Beobachtungszeitblöcken erfolgte.

Der Zusammenhang zwischen dem Fressverhalten und dem Aufzuchtstadium stellte sich in den drei abgeschlossenen Experimenten uneinheitlich dar. Lediglich als erste Hinweise können die Ergebnisse der Experimente E_1 bzw. E_3 verstanden werden, wonach diesbezüglich ein Geschlechtseinfluss bzw. Unterschiede hinsichtlich des Fütterungssystems bestehen könnten.

Literatur

KIRCHER, A. (2001): Untersuchungen zum Tier-Fressplatzverhältnis bei der Fütterung von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen an Rohrbreiautomaten unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit. Dissertation, Universität Hohenheim

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, Darmstadt, KTBL-Schrift 403, 46-53

SNELL, H.; SCHLICHTE, R.; VAN DEN WEGHE, H. (2001): Ferkelaufzucht in Großgruppen – Sensorfütterung, Tierverhalten und biologische Leistungen. Agrartechnische Forschung 7, 99-104

SNELL, H.; DELLWISCH, S.; VAN DEN WEGHE, H. (2002a): Ferkelaufzucht im Außenklimastall. Agrartechnische Forschung 8, 32-37

SNELL, H.; HOF SOMMER, J.; VAN DEN WEGHE, H. (2002b): Ferkelaufzucht mit Rohrbreiautomat oder Intervallfütterung. Agrartechnische Forschung 8, 55-60

VON BORELL, E; BROOM, D.M.; CSERMELY, D.; DIJKHUIZEN, A.A.; EDWARDS, S.A.; JENSEN, P.; MADEC, F.; STAMATARIS, C. (1997): The welfare of intensively kept pigs. Report of the scientific veterinary committee of the EU

Ferkelaufzucht mit einem sensorgesteuerten Anfütterungssystem: Aufzuchtsleistung und Fressverhalten im Vergleich zum konventionellen Rohrbreiautomaten

Rearing Piglets with a Sensor Controlled Feeder: Performance and Eating Behaviour Compared with the Conventional Tube Feeder

ENGEL HESSEL¹, KATRIN CORDES¹, HERMAN VAN DEN WEGHE²

¹ Institut für Agrartechnik der Georg-August-Universität, 37075 Göttingen

² Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft der Georg-August-Universität Göttingen, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Ferkel, sensorgesteuerte Fütterung, Fressverhalten, Aufzuchtsleistung

Keywords: piglet, sensor feeding, behaviour, performance

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird der Einfluss eines sensorgesteuerten Futterautomaten im Vergleich zum konventionellen Rohrbreiautomaten auf die Aufzuchtsleistung und das Fressverhalten untersucht. Hierfür stand ein Abteil mit zwei Buchten für jeweils 25 Ferkel zur Verfügung. In einer Gruppe wurde in den ersten 14 Tagen das sensorgesteuerte Anfütterungssystem eingesetzt, ab dem 15. Tag wurden die Tiere mit einem Rohrbreiautomaten versorgt. In der Gruppe 2 wurde sofort nach dem Absetzen mit dem Rohrbreiautomaten gefüttert.

Ferkel, die mit dem sensorgesteuerten Futterautomaten angefüttert wurden, konnten in den ersten 14 Tagen signifikant höhere Zunahmen aufweisen. Dieser Vorteil konnte auch nach fünfwöchiger Aufzucht noch statistisch nachgewiesen werden, besonders bei Ferkel mit einem Einstallgewicht von unter 5,0 kg. Des weiteren konnte in dieser Gruppe eine größere Unruhe im Fressplatzbereich beobachtet werden. Signifikant mehr Ferkel versuchten zum Trog zu gelangen, kamen jedoch nicht zum Fressen, da alle Fressplätze bereits belegt waren.

Summary

In this investigation the influence of a sensor controlled feeder versus a tube feeder on performance and behaviour was determined. Therefore in one compartment with two pens piglets were housed in groups (25 animals). In one group piglets were fed with the sensor feeder in the first 14 days of rearing, followed by tube feeder from the day after. In the second group piglet were fed by the tube feeder directly after weaning.

After 14 days of rearing piglets fed with the sensor feeder showed significantly higher weight gains. After five weeks of rearing this advantage was still detectable, especially with piglets weighing less than 5.0 kg by the time of stalling in. Also, in this group more concerns around the sensor feeder were detected. Significantly more piglets tried to get some food, but all feeding places were occupied.

1 Einleitung

Ziel einer ausgewogenen Ferkelfütterung ist es, bis zum Ende der Aufzuchtphase das große Wachstumspotential der Ferkel optimal auszuschöpfen und fütterungsbedingte Verluste zu vermeiden. Laut von BORELL et al. (1997) geht das Absetzen mit einem erhöhten Risiko für abnormales Verhalten, Krankheitsanfälligkeit und Wachstumsdepression einher. Das sensorgesteuerte Anfütterungssystem soll besonders bei frühabgesetzten Ferkeln die Absatzproblematik entschärfen, indem breiförmiges Futter in Zeitintervallen ausdosiert und dadurch ein gleitender Übergang von der Muttermilchernährung geschaffen wird. Im Folgenden werden die Auswirkungen des sensorgesteuerten Fütterungssystems hinsichtlich der Aufzuchtleistung und des Fressverhaltens im Vergleich zum konventionellen Rohrbreiautomaten untersucht.

2 Tiere, Material und Methoden

Für die Untersuchung stand ein zwangsbelüftetes Abteil mit zwei identischen Buchten zu Verfügung. Die Buchtengröße betrug 5,8 m², der perforierte Teil des Fußbodens bestand aus Kunststoffrosten, die mit Kunststoffplatten befestigte Liegefläche hatte eine Größe von 60 m x 240 m. Über der Liegefläche befand sich eine Wärmelampe. Beide Buchten waren mit einem Rohrbreiautomaten ausgestattet. Während den ersten 16 Tagen jedes Durchganges fand sich in einer Bucht zusätzlich ein sensorgesteuerter Futterautomat. In dieser Versuchsgruppe war der Rohrbreiautomat in den ersten beiden Wochen außer Betrieb, so dass die Ferkel nur am sensorgesteuerten Futterautomaten fressen konnten. Nach zwei Wochen wurde der Rohrbreiautomat in Betrieb genommen, und zusätzlich wurde der sensorgesteuerte Futterautomat noch zwei Tage in der Bucht gelassen, bevor er entfernt wurde. In der Referenzgruppe wurden die Ferkel während der gesamten Aufzuchtphase mit dem Rohrbreiautomaten gefüttert.

2.1 Fütterungstechnik

Der Vorratsbehälter des sensorgesteuerten Futterautomaten (EFS-Premixer) hatte 30 l Fassungsvermögen die Trogschale einen Durchmesser von 25 cm. In die Tragschale ragte ein Sensor hinein, der als Überlaufschutz diente. Wenn der Sensor Futter in der Trogschale registrierte, wurden die Anmischzyklen so lange ausgesetzt bis der Trog leer gefressen war. Insgesamt konnten vier Ferkel zeitgleich am Trog fressen. Die Mischzeit und die Mischzyklen konnten bei dem sensorgesteuerten Futterautomaten jeweils in den Intervallen von 1 bis 10 Minuten eingestellt werden. Pro Minute Mischzeit wurden 27 g Futter über eine Schnecke in Richtung Trogschale transportiert und kurz vor dem Auslauf mit angewärmten Wasser vermischt. Die Konsistenz des Futters war von trocken bis flüssig stufenlos einstellbar. In diesem Versuch wurde die Mischzeit und der Mischzyklus auf zwei Minuten eingestellt, die Futtervorlage erfolgte als dickflüssiger Brei.

Die Trogschale des in diesem Versuch eingesetzten Rohrbreiautomaten (Lean Machine) hatte einen Durchmesser von 40 cm, der Vorratsbehälter fasste 80 l. Indem die Ferkel den Dosierbügel des Automaten bewegten, fiel Futter in die Trogschale und konnte dort von den Tieren mit Wasser aus den Trogsprühnippeln zu Brei vermischt werden. Die Fütterung

mit diesem Automaten erfolgte ad libitum. Bis zu sechs Ferkel konnten gleichzeitig Futter aufnehmen

Sowohl der sensorgesteuerte Futterautomat als auch der Rohrbreiautomat wurde manuell befüllt, die einsetzte Menge des Futters wurde bei beiden Automaten erfasst. In den ersten 14 Tagen der Aufzuchtphase bekamen die Ferkel in beiden Buchten einen Prestarter (17,5 RP, 15,0 MJ ME, 1,5 % Lysin) ab der dritten Woche ein Starter (18,03 RP, 13,52 MJ ME, 1,23 % Lysin) gefüttert.

2.2 Datenerhebung

In drei aufeinanderfolgenden Durchgängen wurden jeweils in beide Buchten je 25 Ferkel mit ausgeglichenem Geschlechterverhältnis eingestallt. Bei den Tieren handelte es sich um Ferkel von PiG-Sauen, die mit stressresistenten Pietrain-Ebern besamt wurden.

Das Absetzen und die Unterbringung der Tiere in das Versuchsabteil erfolgte im Alter von 21 Tagen und einem durchschnittlichem Gewicht von 5,31 kg ($\pm$ 0,79 kg) in der Versuchsgruppe und von 5,31 kg ($\pm$ 0,81 kg) in der Referenzgruppe. Alle Ferkel wurden am Einstalltag, nach 2 Wochen und nach 5 Wochen einzeln gewogen und bonitiert.

Während des gesamten Versuchszeitraumes wurde das Verhalten der Ferkel kontinuierlich mit Hilfe von Videoaufzeichnungen festgehalten und anschließend mit der Time-Sampling-Methode im 2-Minuten Intervall ausgewertet. Insgesamt wurde an sechs Tagen der 5-wöchigen Aufzuchtphase das Verhalten über einen Zeitraum von 24 Stunden beobachtet. Bei der Videoauswertung wurden folgende Verhaltensparameter berücksichtigt:

- Anzahl der fressenden Tiere,
- Anzahl der Tiere, die fressen wollen aber nicht an die Trogsschale gelangen,
- Anzahl der Tiere, die aktiv ein anderes vom Fressplatz verdrängen und
- Anzahl der Tiere, die einen Buchtengenossen besaugen oder diesen am Ohr, Schwanz bzw. Bauch beißen.

Zur Erfassung des Stallklimas wurde bei allen drei Durchgängen die Temperatur und die relative Luftfeuchte mit Hilfe von Messführlern im 30-minütigen Intervall on-line erfasst.

2.3 Statistische Auswertung

Die varianzanalytische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket „SAS“, Prozedur „GLM“. Bei der Varianzanalyse der Leistungsparameter wurden die fixen Effekte Gewichtsklasse, Gruppe, Wiegetag, Durchgang und Geschlecht sowie die Interaktion Gewichtsklasse*Gruppe berücksichtigt.

Bei der Auswertung der Verhaltensparameter der Ferkel wurden die fixen Effekte Durchgang, Gruppe, Beobachtungstag und -stunde sowie die Interaktionen Gruppe*Durchgang und Gruppe *Tag und Gruppe*Stunde*Tag berücksichtigt. Da bei den Verhaltensparametern keine Normalverteilung vorlag, wurden diese mittels Logarithmus transformiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Aufzuchtserleistung

Im Vergleich zu der Referenzgruppe kann in der Gruppe mit dem sensorgesteuerten Anfüterungssystem eine signifikant höhere Gewichtszunahme festgestellt werden (Abb. 1). Bereits nach 14-tägiger Aufzucht wiegen die Ferkel in der Versuchsgruppe 0,72 kg mehr (Zunahme 1). Von der dritten bis fünften Aufzuchtwoche werden beide Gruppen mit dem Rohrbreiautomaten gefüttert, in diesem Zeitraum unterscheiden sich die Zunahmen der Ferkel beider Gruppen nicht voneinander (Zunahme 2). Bei der Betrachtung der gesamten Aufzuchtphase von fünf Wochen kann ein signifikanter Vorteil der Versuchsgruppe gegenüber der Vergleichsgruppe festgestellt werden (Zunahme ges.). Ferkel der Versuchsgruppe weisen im Mittel eine um 1,34 kg höhere Zunahme auf. Somit kann gefolgert werden, dass der nach 14-tägiger Aufzucht in den Zunahmen erlangte Vorteil der Ferkel der Versuchsgruppe auch noch nach einer gesamten Aufzuchtphase von fünf Wochen statistisch nachzuweisen ist.

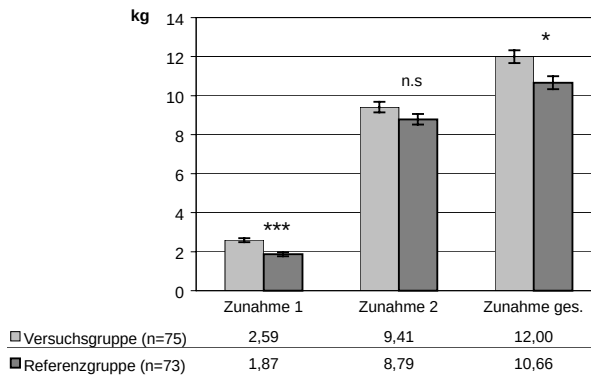


Abb. 1: LSM und SE der Zunahme 1, Zunahme 2 und Zunahme gesamt in Abhängigkeit vom Fütterungssystem

Die Ferkel wurden aufgrund ihres Einstallgewichtes in drei Klassen eingeteilt. Ferkel mit einem Einstallgewicht unter fünf Kilogramm (Gewichtsklasse 1) weisen in der Versuchsgruppe nach 14 Tagen eine um 1,19 kg signifikant höhere Zunahme auf als die Tiere in der Referenzgruppe (Abb. 2). Bei Tieren der Gewichtsklasse 2 (Einstallgewicht: 5,00–5,7 kg) konnte nach 14 Tagen kein Unterschied bezüglich der Gruppenzugehörigkeit festgestellt werden. Tiere mit einem Einstallgewicht von mehr als 5,7 kg nahmen nach 14 Tagen wiederum in der Versuchsgruppe im Mittel um 0,52 kg mehr zu als die Ferkel der Vergleichsgruppe.

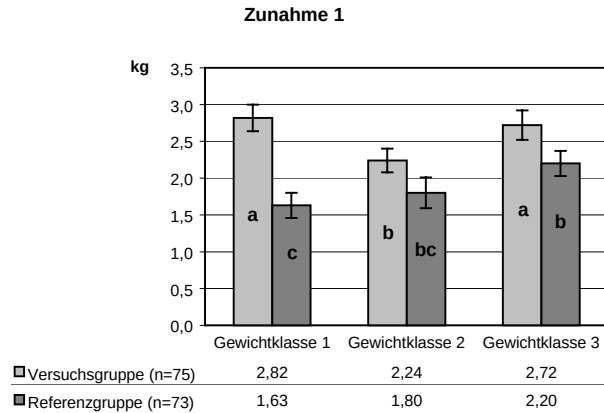


Abb. 2: LSM und SE der Zunahme 1 in Abhängigkeit von der Gewichtsklasse und der Gruppe. LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden

Nach fünfwöchiger Aufzuchtphase erzielten die Ferkel der Gewichtsklasse 1 in der Versuchsgruppe eine um 3,23 kg signifikant höhere Gewichtszunahme. Bei den Tieren der Gewichtsklassen 2 und 3 konnte kein statistisch erwiesener Einfluss festgestellt werden. Es scheint das besonders die Ferkel mit niedrigem Einstallgewicht von dem sensorgesteuerten Anfütterungssystem profitieren. Bei den Ferkeln mit einem Einstallgewicht von 5 kg und mehr kann kein Vorteil dieses Fütterungssystems hinsichtlich der Zunahmen ermittelt werden.

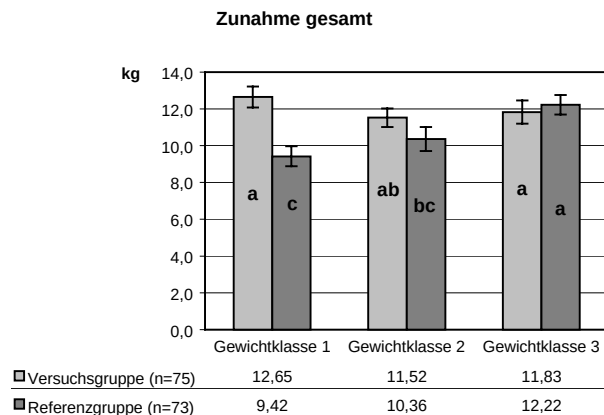


Abb. 3: LSM und SE der Zunahme ges. in Abhängigkeit von der Gewichtsklasse und der Gruppe. LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden

3.2 Fressverhalten

Am zweiten, neunten und 14. Aufzuchtstag wurde das Fressverhalten der Ferkel beobachtet. Am zweiten Aufzuchtstag fraßen im Mittel signifikant weniger Ferkel als am neunten bzw. 14. Aufzuchtstag. Einen Einfluss der Gruppe bezüglich der durchschnittlichen Anzahl fressender Ferkel kann an diesen Beobachtungstagen nicht festgestellt werden (Abb. 4). Jedoch halten sich am zweiten, neunten und 14. Beobachtungstag in der Versuchsgruppe signifikant mehr Ferkel Bereich des Futterautomaten auf, die fressen wollen, dieses jedoch aufgrund der besetzten Fressplätze nicht können (Abb. 5). Am neunten und 14. Beobachtungstag wollen in der Versuchsgruppe im Mittel 2 Ferkel fressen, in der Vergleichsgruppe liegt diese Anzahl lediglich bei durchschnittlich 0,53 bzw. 0,33 Ferkel. SCHÄFER (1999) beobachtete ebenfalls bei Gruppengrößen von 30 bzw. 42 Ferkeln und sechs Fressplätzen am Futterautomaten, dass im Vergleich zu einer Gruppe mit 12 Tieren signifikant mehr Ferkel fressen wollten, aber dieses auch aufgrund des belegten Troges nicht konnten.

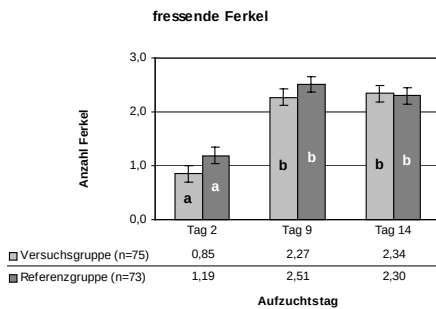


Abb. 4: LSM und SE der Anzahl fressender Ferkel in Abhängigkeit vom Beobachtungstag und der Gruppe. LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden

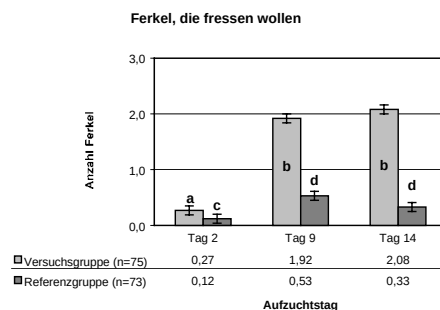


Abb. 5: LSM und SE der Anzahl Ferkel, die Fressen wollen in Abhängigkeit vom Beobachtungstag und der Gruppe. LSM mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant voneinander verschieden

Literatur

von BORELL, E.; BROOM, D.M.; CSERMEL, Y D.; DIJKHUIZEN, A.A.; EDWARDS, S.A.; JENSEN, P.; MADEC, F., STAMATARIS, C. (1997): The Welfare of Intensively Kept Pigs, Report of the Scientific Veterinary Committee, European Commission

SCHÄFER, E.-M. (1999): Vergleichende Untersuchungen des Nahrungsaufnahmeverhaltens und der Wachstumsintensität von Mastschweinen und Ferkeln an Rohrbreiautomaten und anderen Fütterungssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Gruppengröße. Dissertation Gießen.

Der Kombifeeder – ein neues Fütterungs- und Haltungsverfahren für die Gruppenhaltung güster und tragender Sauen

The Combifeeder – A New Feeding and Housing System for Group Housing of Non-Pregnant and Pregnant Sows

STEFFEN HOY, JÖRG BAUER

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

Schlüsselwörter: Sau, Gruppenhaltung, Fütterung, Besamungszentrum
Keywords: sow, group housing, feeding, artificial insemination centre

Zusammenfassung

Die Kipp-Fangfressstände (Kombifeeder) sind eine Standausrüstung in Verbindung mit einem neuen Fütterungs- und Haltungsverfahren, das die nahezu ununterbrochene Haltung von güsten und tragenden Sauen nach dem Absetzen der Ferkel bis eine Woche vor der nächsten Abferkelung in Gruppen ermöglicht. Die Sauen können zur Besamung, Trächtigkeitsuntersuchung und Behandlung zeitweilig gruppenweise sehr leicht durch eine gemeinsam über mehrere Stände kippbare Rückwand in den Ständen fixiert werden. Die speziell ausgebildete Rückwand als Besamungstür erleichtert den Zugang zu den Sauen. Mit dem Kombifeeder kann eine Kombination von Stimu-Bucht, Besamungs- und Wartestall durchgeführt werden.

Summary

Combifeeders are a new equipment in combination with a new feeding and housing system which allows the nearly uninterrupted group housing of non-pregnant and pregnant sows after the weaning of piglets up to one week before next parturition. The sows can be very easily fixed for artificial insemination, control of pregnancy and treatment groupwise for a short time by a special backdoor which can be swung together over a few stalls. The special backdoor makes the handling of the sows (e.g. for artificial insemination) very simple. With the combifeeders a combination of pen for stimulation, artificial insemination centre and stable for pregnant sows is possible.

1 Einleitung

Gegenwärtig ist vor allem in größeren Ferkelerzeugerbetrieben die Einzelhaltung tragender Sauen das dominierende Verfahren. Etwa zwei Drittel der Betriebe halten deutschlandweit die Sauen im Wartestall in Kastenständen (HOY und KURTH 2001; ANONYM 2001). Vor dem Hintergrund der Vorgaben der EU-Richtlinie 2001/88/EG müssen diese Betriebe bis zum 31.12.2012 die Warteställe mit Gruppenhaltungsverfahren ausstatten. Bei der Gruppenbildung von tragenden Sauen ist das Auftreten von Rankkämpfen mit Auswirkungen auf die Fruchtbarkeitsleistung ein Problem (s. BAUER und HOY 2002). Viele Ferkelerzeuger befürchten nicht ohne Grund, dass die Umrauscherquote steigt und die Anzahl je Sau und Jahr verkaufter Ferkel sinkt. Unter diesem Aspekt wurde eine neue Standausrüstung entwickelt und seit ca. sechs Monaten in einem Ferkelerzeugerbetrieb eingesetzt, die gleichzeitig als komplexes Haltungsverfahren eine Kombination von Stimu-Bucht, Profi-Besamungszentrum und Wartestall darstellt. Unter dem Namen „Kombifeeder“ wurden diese Kipp-Fangfressstände mit gruppenweisem Öffnen und Verschließen der Rückwände erstmals auf der EuroTier 2002 vorgestellt.

2 Aufbau und Funktion des Kombifeeder

Die Kombifeeder weisen eine Breite für Altsauen von 50 bis 55 cm (in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Größe der Tiere) auf, da sie nur zum Fressen und zur kurzzeitigen Fixierung der Tiere vorgesehen sind. Bei Jungsaugen genügt eine lichte Weite von 45 bis 50 cm. Die Länge beträgt 200 bis 210 cm (mit hoch gelegtem Trog). Die Stände helfen damit, im Vergleich zu Selbstfang-Fressständen Platz zu sparen. Trotz der schmalen Stände suchen die Sauen diese bei geöffneten Rückwänden auch zum Liegen auf. Ursprünglich sollten die Standplätze für Altsauen lediglich eine lichte Weite von 50 cm haben. Bei großrahmigen Sauen wird dies allerdings etwas eng, wenn die Trächtigkeitsuntersuchung im Standplatz durchgeführt werden soll. Es ist auch möglich, die Standplätze als Fress-Liege-Bucht mit einer Breite von 65 bis 67 cm für Altsauen einzurichten. Insofern ist das System sehr flexibel.

Die Stände sind meistens geöffnet, so dass die Sauen sie stets betreten können. Sind Besamungen, Trächtigkeitsuntersuchungen, Behandlungen oder Blutentnahmen bei einzelnen oder allen Sauen einer Gruppe beabsichtigt, können während der Fütterung die Rückwände für mehrere Stände gleichzeitig verschlossen werden. Dazu wurde eine Rückwand für die Stände entwickelt, die durch einen Hebel gekippt werden kann und drei, vier, fünf oder mehr Fressplätze gleichzeitig verschließt bzw. öffnet. Es kann auch zweckmäßig sein, in einer Gruppenbucht für 10 Sauen ein oder zwei Stände getrennt zu verschließen (entsprechend der Zahl erwarteter Umrauscher). Dann können Umrauscher kurzfristig zur erneuten Besamung fixiert werden, während alle anderen Sauen der Gruppe weiterhin frei laufen. Das hat den Vorteil, das umrauschende Sauen dann keine Unruhe durch ständiges Aufspringen auf andere Sauen auslösen können.

Der Zugang zu den Sauen ist viel besser als bei herkömmlichen Kastenständen bzw. Selbstfangfressständen, da die hintere Wand als Besamungstür gestaltet wurde. Dazu braucht nur eine verriegelte Querverstrebung geöffnet werden. Der Einstieg ist 30 cm breit, so dass hinter den geschlossenen Ständen frei laufende Sauen sich nicht den Kopf einklemmen, aber auch nicht in die Vulva beißen können. Steckt eine Sau vom Laufgang aus den Kopf in den Besamungseingang, braucht die im Stand befindliche Sau nur kräftig rückwärts zu gehen, um die neugierige oder aggressive Sau zu vertreiben.

Bei zweireihiger Anordnung der Fangfressstände kann gemeinsam mit einer etwa 4,40 m breiten Lauffläche dazwischen (perforiert, ggf. auch eingestreut) eine Gruppenbucht gebildet werden, die durch Buchtengitter abgeteilt wird. Eine einreihige Aufstallung ist natürlich auch möglich.

Die Buchtengitter lassen sich sehr variabel einstellen, so dass

- Sauengruppen längs durch den Stall getrieben werden können (bei der Ein- und Ausstallung) oder
- auf der Lauffläche zwischen den beiden Reihen an Kombifeedern eine Wochen- gruppe von Sauen (Umtriebsgruppe) für ein bis zwei Tage aufgestellt werden kann – nämlich so lange, bis das Abferkelabteil gereinigt und desinfiziert ist und die Umtriebsgruppen vom Warte- in den Abferkel- und vom Besamungs- in den Wartestall nachrücken können.

Die Fressstände mit den darin aufgestellten tragenden Sauen bleiben in dieser Zeit geschlossen. Die Lauffläche wird als Stimu-(Stimulations)Bucht für die gerade abgesetzte Sauengruppe aus dem Abferkelstall verwendet, indem die Sauen ihre Rangkämpfe nach der Gruppenzusammenstellung auf dieser Fläche austragen können. Damit werden die Stallplätze für eine komplette Umtriebsgruppe eingespart (Einsparung ca. 800 bis 1000 EUR pro Sau bei Stallneubau). Dennoch wird nicht mehr als eine Fläche von 2,25 m² je Sau inklusive der Plätze für die Umtriebsgruppe benötigt. Es ist lediglich eine Tränke und ein einfacher Trocken- oder Breiautomat (z.B. an der Stirnseite installiert) erforderlich.

Die Fütterung in den Kombifeedern erfolgt über einen Längstrog. Etwa 3 bis 4 cm über der Trogsohle wird ein Wasser-Niveauventil eingebaut. Zur Futterversorgung dient eine Rohrkettenanlage mit Volumendosierer, wobei über jedem Fressplatz ein Volumenbehälter, ggf. auch nur ein Volumendosierer mit Fallrohr zwischen je zwei Fressplätzen installiert ist.

Mit Kombifeedern wird die Gruppenhaltung auch im Besamungsstall möglich, so dass eine durchgängige Haltung der Sauen in Gruppen nach dem Absetzen der Ferkel bis eine Woche vor der nächsten Abferkelung durchgeführt werden kann, unterbrochen lediglich durch einen zwei- bis dreitägigen Aufenthalt der Sauen im Stand zur Besamung. Die Gruppenbildung kann dann keine nachteiligen Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit haben, da zum Zeitpunkt des Zusammenbringens der Tiere diese noch nicht tragend sind. Im Gegenteil: durch die frühe Gruppenbildung wird zusammen mit einer kurzzeitigen Sattfütterung (flushing-Effekt), dem Kontakt zu einem Eber in der benachbarten Bucht sowie Stall- und Klimawechsel ein fruchtbarkeitsfördernder Effekt erwartet.

3 Einordnung der Kombifeeder in das betriebliche Management

Am Mittwochnachmittag oder Donnerstagsvormittag werden die Ferkel abgesetzt und die Sauen auf die Lauffläche zwischen die beiden Standplatzreihen an Kombifeedern umgestellt (Abb.1).

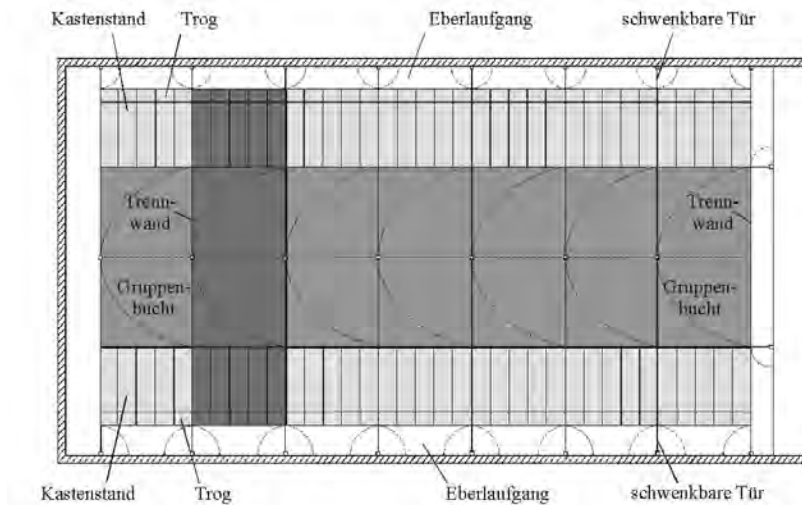


Abb. 1: Grundrisschema zum Einsatz von Kombifeedern als Kombination aus Stimu-Bucht, Profi-Besamungszentrum und Wartestall

Die Lauffläche dient als Stimu-Bucht. Die Rankämpfe dauern nur etwa zwei Tage. Die Sauen bleiben so lange auf dieser Fläche, bis die Stallplätze für die Umtriebsgruppe gereinigt und desinfiziert worden sind.

Die Sauen der vorherigen Absatzgruppe bleiben während dieser Zeit (längstens zwei Tage) in den Kombifeedern fixiert.

Danach werden die Sauen in eine oder zwei Gruppenbuchten mit frei gewordenen Kipp-Fangfresständen gestellt. Bei größeren Sauengruppen sollten möglichst zwei oder mehr Konditionsgruppen gebildet werden.

Mit Beginn der Rausche werden die Sauen in den Kombifeedern aufgestellt, indem während einer Fütterung die Rückwand (über mehrere nebeneinander liegende Stände) heruntergeklappt wird.

Wenn der Stall als Profi-Besamungszentrum eingerichtet ist, kann der Eber vor den zu besamenden Sauen zur Brunststimulation und Brunstfeststellung entlang geführt und während der Besamung dort platziert werden. Schwenkbare Zwischentüren auf dem Eberlaufgang – 70 cm breit – erleichtern die Fixation des Ebers vor den Sauen.

Unmittelbar nach der Besamung werden die Stände gruppenweise geöffnet, die Sauen haben wieder freie Bewegung. Sie bleiben also nur 2 bis 3 Tage, bei Ovulationssynchronisation weniger als einen Tag im Stand.

Umrauscher werden in der Gruppenhaltung leicht erkannt und können erneut kurz zur Besamung in den Ständen eingesperrt werden. Diese erst nach Umrauschen tragend gewordenen Sauen können bis zur Ausstallung der Gruppe in der Bucht bleiben, müssen

dann allerdings umgestallt werden (z. B. in einen Kastenstand – wenn möglich – oder in eine Sammelbucht), da sie erst drei Wochen später abferkeln. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Umrauscher etwa 28 Tage nach Belegung in die nächste Gruppe mit gleichem Besamungstermin einzugliedern. Allerdings können dabei erneute Rankämpfe auftreten.

In der Abbildung sind die verschiedenen Möglichkeiten der Kombifeeder – Stimu-Bucht für die gerade abgesetzte Sauengruppe, Profi-Besamungszentrum und Gruppenhaltung im Wartestall mit Fütterung in den Fressständen – grafisch dargestellt.

4 Vorteile der Kombifeeder

Die Kipp-Fangfressstände (Kombifeeder) weisen folgende Vorteile auf:

- nahezu durchgängige Gruppenhaltung von Sauen durch die Kombination von Stimulations-Bucht, Profi-Besamungsstall und Wartestall, unterbrochen lediglich durch einen zwei- bis dreitägigen Aufenthalt in den Ständen zur Besamung,
- sehr sicheres Verfahren der Aufstallung güster und tragender Sauen durch die kurzfristige Fixierung der Sauen in den Ständen (für Neueinsteiger in die Gruppenhaltung),
- guter Schutz für fressende und Rückzugsmöglichkeit für diejenigen Sauen, die ruhen wollen,
- arttypisches Fressen der Sauen möglich – zeitlich synchron in der Gruppe,
- geringer Arbeitszeitbedarf durch schnelles Fangen der Tiere in den Ständen,
- Vorteile stabiler Sauengruppen, wie Ruhe in der Gruppe nach Beendigung der Rankämpfe,
- sehr guter Zugang zu den Sauen für Besamung, Trächtigkeitsuntersuchung sowie weitere Maßnahmen an den Tieren,
- flexible Gruppengröße,
- gute Tierkontrolle und Herdenübersicht,
- Sauen können selbst zwischen dem Aufenthalt in der Gruppe oder im Fressstand wählen,
- Einsparung von Stallplätzen für eine Wochengruppe bei konsequenter Anwendung des Verfahrens,
- geringere Investitionen als beim Selbstfang-Fressstand und
- Einhaltung der Normflächen (2,25 m²/Sau) nach EU-Richtlinie.

Literatur

ANONYM (2001): Sauen in Gruppenhaltung bringen gute Leistungen. Schweinezucht und –mast. 49 (3), 26-27

HOY, ST.; KURTH, G. (2001): Gruppenhaltung wird Pflicht. Neue EU-Richtlinie zur Haltung von Sauen verabschiedet. dlz agrarmagazin 52 (8), 112-114

BAUER, J.; HOY, ST. (2002): Zur Häufigkeit von Rangordnungskämpfen beim ersten und wiederholten Zusammentreffen von Sauen zur Gruppenbildung. Proceedings der 34. Internationalen Tagung Angewandte Ethologie vom 21.12. bis 23.11.2002 in Freiburg i. Br. – im Druck

Auswahl von Parametern zur Beurteilung der Tiergerechtheit bei Rindern im Praxisbetrieb

Selection of Parameters for On-Farm Welfare Assessment Protocols in Cattle

CHRISTOPH WINCKLER¹, JACQUES CAPDEVILLE², GIRMA GEBRESENBET³,
BERNHARD HÖRNING⁴, ULLA HOLMA⁵, MARIAVITTORIA TOSI⁶,
SUSANNE WAIBLINGER⁷

¹ Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Universität Göttingen, Vechta/Germany

² Institut d'Elevage, Toulouse/France

³ Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala/Sweden

⁴ University of Kassel, Witzenhausen/Germany

⁵ University of Helsinki, Mikkeli/Finland

⁶ University of Milan/Italy

⁷ University of Veterinary Medicine, Vienna/Austria

Schlüsselwörter: tierbezogene Parameter, Rinder, Tiergerechtheit, Beurteilungssystem
Keywords: animal-based parameters, cattle, on-farm welfare assessment

Zusammenfassung

Die Beurteilung der Tiergerechtheit sollte auf validen, verlässlichen und leicht erhebbaren Indikatoren beruhen, die das Ergehen des Tieres unter den jeweiligen Haltungsbedingungen erfassen. In diesem Beitrag werden drei Parametergruppen für die Beurteilung der Tiergerechtheit in der Rinderhaltung beschrieben: (1) bereits heute verwendbare Parameter wie z. B. Lahmheit, Integumentschäden, Körperkondition, Sauberkeit, Aufsteh- und Abliegeverhalten, agonistische Interaktionen, orale Verhaltensstörungen oder Kriterien der Tier-Mensch-Beziehung, (2) Parameter, deren Validität oder Reliabilität unklar ist (z. B. Haltungstechnik, positive Indikatoren), und (3) als valide erachtete Parameter wie Krankheitsinzidenz, deren verlässliche Erhebung in vielen Fällen nicht gewährleistet ist.

Summary

On-farm welfare assessment protocols should be based on valid, reliable and feasible indicators which reflect the animal's state in the context of the housing and management system. This paper focuses on the selection of parameters for cattle from welfare research and already existing assessment protocols. Three groups of parameters are described: (1) parameters which may readily be included such as lameness, injuries, body condition score, cleanliness, getting up/lying down behaviour, agonistic social behaviour or measures of animal-human relationship, (2) parameters which require more information for example on reliability such as indicators of good welfare and housing factors and, (3) parameters which are regarded important but so far lack reliability in most countries such as the incidence of clinical diseases and mortality.

1 Einleitung

Die Tiergerechtheit der Haltungsbedingungen in der Nutztierhaltung ist in den letzten Jahren zunehmend ins Interesse gerückt und die Nachfrage nach wissenschaftlich fundierten Beurteilungssystemen gestiegen. Bei den bisher entwickelten Beurteilungsansätzen können zwei Klassen von Parametern unterschieden werden: Kriterien der Haltungstechnik und des Managements bzw. tierbezogene Parameter wie Verhalten, Tiergesundheit oder physiologische Messgrößen. Da das Kriterium Tiergerechtheit beschreibt, in welchem Maß ein Haltungssystem dem Tier die Voraussetzungen zu Vermeidung von Schmerzen, Leiden und Schäden sowie zur Sicherung von Wohlbefinden bietet (KNIERIM, 2001), sollte sich ihre Beurteilung in erster Linie am Ergehen des Tieres selbst orientieren. Überwiegend auf tierbezogenen Parametern beruhende Beurteilungssysteme wurden bisher allerdings nur vereinzelt bearbeitet (z. B. CAPDEVILLE und VEISSIER, 2001).

In diesem Beitrag wird eine kritische Betrachtung potentieller Parameter für die Beurteilung der Tiergerechtheit bei Rindern im Praxisbetrieb hinsichtlich der Kriterien Validität, Reliabilität und Umsetzbarkeit vorgenommen. Dazu wurden bereits existierende Beurteilungssysteme bzw. –konzepte sowie die Literatur ausgewertet und drei Parametergruppen definiert (Tab. 1):

- Parameter, die bereits heute die o. g. Kriterien erfüllen und direkt bei der Entwicklung neuartiger Beurteilungssysteme Verwendung finden können,
- Parameter, zu deren abschließender Bewertung noch Informationen aus wissenschaftlichen Untersuchungen, z. B. zur Validität, ausstehen, bzw.
- Parameter mit hoher Aussagekraft, deren verlässliche Erhebung nicht gewährleistet ist.

Obwohl die im Folgenden vorgestellten Parameter prinzipiell auf alle Rinderkategorien übertragbar sind, beziehen sich die Ausführungen aus Platzgründen auf Milchvieh.

Tab. 1: Einstufung potentieller Parameter der Tiergerechtheit hinsichtlich Validität, Reliabilität und Umsetzbarkeit und daraus abgeleitete Eignung für im Praxisbetrieb anwendbare Beurteilungssysteme

Gruppe	Parameter	Einschluss	Validität	Reliabilität	Umsetzbarkeit
1 berücksichtigt	Lahmheit	✓	+	+	+
	Integumentschäden	✓	+	+	+
	Körperkondition	✓	+	+	+
	Sauberkeit	✓	+	+	+
	Aufstehen/Abliegen	✓	+	+	+
	Agonistische Interaktionen	✓	+	+	+
	Orale Verhaltensstörungen	✓	+	?	+
	Tier-Mensch-Beziehung	✓	+	+	+
	Management/Verhalten dem Tier gegenüber	✓	+	+	+
2 zusätzliche Informationen erforderlich	Positive Indikatoren	?	+	– ¹⁾	+
	Haltungstechnik	?	? ²⁾	+	+
3 nicht berücksichtigt	Erkrankungshäufigkeit/Mortalität	nein	+	– ³⁾	–

¹⁾: kohäsive Interaktionen; ²⁾: teilweise +; ³⁾: in den meisten Staaten

2 Bereits heute zu berücksichtigende Parameter (Gruppe 1, Auswahl)

2.1 Lahmheit

Lahmheiten stellen eines der gravierendsten Tierschutzprobleme in der Milchviehhaltung dar. Neben der klinischen Klauenuntersuchung, die eine differenzierte Erhebung der pathologischen Veränderungen ermöglicht, wurden in den letzten Jahren einfach anzuwendende, überwiegend auf der Gangbeurteilung beruhende Systeme zur Lahmheitserfassung entwickelt (u.a. MANSON et al., 1988). Solche Systeme zur Gangbeurteilung zeichnen sich durch signifikante Korrelationen mit Klauenläsionen (WINCKLER und WILLEN, 2001) oder anderen Verhaltensparametern wie Kopfhaltung oder Gehgeschwindigkeit (O'CALLAGHAN et al., 2002) und eine hohe Übereinstimmung zwischen Beobachtern aus.

2.2 Integumentschäden

Schäden der Haut oder Umfangsvermehrungen sind häufig auf Kontakt mit der Haltungs-umgebung zurückzuführen (z. B. harter Liegeuntergrund, Anschläge an Abtrennungen). Bereits existierende Erfassungssysteme berücksichtigen verschiedene Körperregionen sowie den Schweregrad (z. B. haarlose Stellen, Krusten, offene Wunden) und die Größe der Veränderungen (vgl. WECHSLER et al., 2000).

2.3 Sauberkeit

Starke Verschmutzung von Haarkleid und Haut kann Juckreiz, reduziertes Thermoregulationsvermögen und Hautentzündungen zur Folge haben; Beziehungen zur Mastitisinzidenz wurden ebenfalls postuliert (VALDE et al. 1997). Wir schlagen daher vor, den von FAYE und BARNOUIN (1985) entwickelten und durch hohe Bewerterübereinstimmung (HAIDN et al. 1997) gekennzeichneten Sauberkeitsindex zu verwenden und lediglich starke, dauerhafte Verschmutzungen zu bewerten.

2.4 Aufsteh- und Abliegeverhalten

Schwierigkeiten beim Aufstehen und Abliegen erhöhen das Verletzungsrisiko und können mit reduzierten Liegezeiten einhergehen. CHAPLIN und MUNKSGAARD (2001) nutzten fünf Kategorien, um das Aufstehverhalten angebundener Kühe zu beurteilen, berücksichtigten aber nicht das Abliegeverhalten. Dagegen erscheint die Erfassung der Dauer von Abliegen und Aufstehen (> 7 s), von Trippeln und unterbrochenen Abliegevorgängen, pferdeartigem Aufstehen und Kollisionen mit Buchtenabtrennungen geeigneter.

2.5 Agonistische Interaktionen

Bei behornten Kühen sind Hautverletzungen positiv mit der Häufigkeit agonistischer Auseinandersetzungen korreliert (MENKE et al., 1999), und Veränderungen wie Hämatome sind auch bei enthornten Tieren zu erwarten. Agonistische Interaktionen können reliabel während der ersten Stunden nach Futtervorlage beobachtet werden, wenn sie auf Interaktionen mit Körperkontakt beschränkt werden (WINCKLER et al., 2002).

2.6 Tier-Mensch-Beziehung

Für die Ausweichdistanz gegenüber einer unbekannten Person in der gewohnten Umgebung wurden hohe Korrelationen mit dem Betreuerverhalten (z. B. Melkerverhalten) gefunden (WAIBLINGER et al. 2002).

2.7 Betreuereigenschaften

Die Betreuereigenschaften wirken auf die Tiergerechtheit sowohl über den direkten Umgang mit dem Tier (z. B. Melken, Handling) als auch über Managemententscheidungen. Für die Beobachtung des Melkerverhaltens wurden hohe Test-Retest-Wiederholbarkeiten ermittelt (WAIBLINGER et al. 2002).

3 Noch nicht abschließend beurteilbare Parameter

3.1 Positive Verhaltensindikatoren

Während die Beurteilung der Tiergerechtheit bisher überwiegend auf negativen Indikatoren beruht, erscheint eine Einbeziehung positiver Parameter vielversprechend. Für Indikatoren wie Lecken kaudaler Körperpartien, soziale Körperpflege, Spielverhalten oder Variabilität der Liegepositionen liegen allerdings praktisch keine Daten bezüglich Reliabilität vor.

3.2 Haltungstechnik

Obwohl Beurteilungsansätze wie der sog. Tiergerechtheitsindex (BARTUSSEK, 1997) fast ausschließlich auf haltungstechnischen Kriterien beruhen, ist deren Validität nur unzureichend geklärt. Eine Einbeziehung sollte daher nur erfolgen, wenn Studien enge Beziehungen zwischen Kriterien des Haltungssystems und tierbezogenen Parametern aufzeigen.

4 Valide, aber z. Zt. nicht umsetzbare Parameter

Erkrankungen wie Mastitis und Stoffwechselstörungen oder die Mortalitätsrate stehen in enger Beziehung zur Tiergerechtheit, erfordern aber hohen diagnostischen Aufwand oder Datenerfassung über einen längeren Zeitraum. Aufzeichnungen der Betriebe sind häufig unvollständig oder fehlerhaft. Verlässliche Informationen sind am ehesten in Ländern mit offiziellen Erfassungssystemen (z. B. Skandinavien) zu erwarten; die Einrichtung solcher Datenbanken in den übrigen europäischen Ländern wäre zu begrüßen.

5 Schlussfolgerungen

Die hier aufgezeigte Parameterauswahl soll als Ausgangspunkt für die Entwicklung eines wissenschaftlich fundierten Beurteilungssystems hinsichtlich Tiergerechtheit dienen. Allerdings sind auch für Parameter der Gruppe 1 noch methodische Fragestellungen (z. B. Stichprobengröße und -auswahl) oder die Schulung von Beurteilern zu bearbeiten.

Durch neue Erkenntnisse wird das Parameterspektrum in Zukunft sicherlich erweitert werden. Besonderes Augenmerk sollte dabei unserer Meinung nach auf die Erfassung hoch tierschutzrelevanter Zustände wie klinische Mastitis gelegt werden.

Danksagung

Die Arbeit wurde dankenswerterweise durch EU-Mittel im Rahmen der COST-Aktion Nr. 846 „Measuring and Monitoring Farm Animal Welfare“ unterstützt.

Literatur

- BARTUSSEK, H. (1997): Praktische Erfahrungen in der Anwendung des Tiergerechtheitsindex 'TGI 35-L' in Österreich. In: FAT (Hg.), Proc. 23. IGN-Tagung: Tiergerechte Haltungssysteme für landwirtschaftliche Nutztiere, 23.-25. Oktober, Tänikon, CH, 15-24
- CAPDEVILLE, J.; VEISSIER, I. (2001): A method of assessing welfare in loose housed dairy cows at farm level, focusing on animal observations, *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section A, *Animal Science Suppl* 30, 62-68
- CHAPLIN, S.; L. MUNKSGAARD (2001): Evaluation of a simple method for assessment of rising behaviour in tethered dairy cows, *Animal Science* 72, 191-197
- FAYE, B.; J. BARNOUIN (1985) : Objectivation de la propreté des vaches laitières et des stabulations - l'indice de propreté, *Bull Techn C R Z V Theix, INRA* 59, 61-67
- HAIDN, B.; A. KRAMER, H. SCHÖN (1997): Eingestreute Milchviehställe - Strohbedarf und Verfahrensbewertung, Proc. 3. Int. Tagung 'Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung', 11.-12. März, Kiel, 44-52
- KNIERIM, U. (2001): Grundsätzliche ethologische Überlegungen zur Beurteilung der Tiergerechtheit bei Nutztieren, *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 109, 261-266
- MANSON, F.J.; LEAVER, J.D. (1988): The influence of concentrate amount on locomotion and clinical lameness in dairy cattle, *Animal Production* 47, 185-190
- MENKE, C.; S. WAIBLINGER, D.W. FÖLSCH, P.R. WIEPKEMA (1999): Social behaviour and injuries of horned cows in loose housing systems, *Animal Welfare* 8, 243-258
- O'CALLAGHAN, K.A.; MURRAY, R.D., CRIPPS, P.J. (2002): Behavioural indicators of pain associated with lameness in dairy cattle, Proc 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, 9 -13 1 2002, USA-Orlando/Florida, 309-312
- VALDE, J.P.; D.W. HIRD, M.C. THURMOND, O. OSTERAS (1997): Comparison of ketosis, clinical mastitis, somatic cell count, and reproductive performance between free stall and tie stall barns in Norwegian dairy herds with automatic feeding, *Acta Veterinaria Scandinavica* 38, 181-192
- WAIBLINGER, S.; C. MENKE, G. COLEMAN (2002): The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows, *Applied Animal Behaviour Science* 79, 195-219
- WECHSLER, B.; J. SCHAUB, K. FRIEDLI, R. HAUSER (2000): Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats, *Applied Animal Behaviour Science* 69, 189-197
- WINCKLER, C.; WILLEN, S. (2001): The reliability and repeatability of a lameness scoring system for use as an indicator of welfare in dairy cattle, *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section A, *Animal Science Suppl* 30, 103-107
- WINCKLER, C.; A. BÜHNEMANN, K. SEIDEL (2002): Social behaviour of commercial dairy herds as a parameter for on-farm welfare assessment. In: Koene, P. (Hg.) Proc. 36th International Congress of the ISAE, 86

The Ground Reaction Forces Applied to the Bovine Foot During Walking and the Distribution of the Vertical Ground Reaction Force Over the Lateral and Medial Claw

Kräfteverhältnisse an der Rinderklaue beim Gehen und Verteilung der vertikalen Krafteinwirkung zwischen lateraler und medialer Klaue

RIK P.P.J. VAN DER TOL¹, JOS H.M. METZ², ELSEBETH N. NOORDHUIZEN-STASSEN¹, W. BACK¹, C.R. BRAAM³, W.A. WEIJES¹

¹ Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, The Netherlands

² IMAG, Wageningen, The Netherlands

³ Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, The Netherlands

Keywords: ground reaction forces, lameness, locomotion, biomechanics

Schlüsselwörter: Lahmheit, Bewegung, Biomechanik

Zusammenfassung

Es wird häufig angenommen, dass übermäßige Gewichtsbelastung auf dem Fuß der Rinder beim Laufen auf harten Betonböden mit dem Vorkommen von Klauenschäden und Lahmheit zusammenhängt. In dieser Studie wird erstmalig „during walking“ „während laufen“ die dynamische Belastung des Rinderfußes beim Gehen anhand der Krafteinwirkung (Ground Reaction Force, GRF) und der Verteilung der vertikalen GRF zwischen lateraler und medialer Klaue beschrieben. Des Weiteren wurde in der mittleren Stellung (Übergang „Stützen“ nach „Stemmen“, in der „Stützbeinphase“) die Kontaktfläche des Fußes mit dem Boden, der durchschnittliche Druck und der maximale Druck, der auf den Fuß ausgeübt wird, bestimmt. Diese Größen wurden mit Hilfe von Kraft- und Druckplatten bei 5 Holstein-Friesen-Kühen untersucht. An den Vorderfüßen war die Kontaktfläche größer und der Druck, der auf den Fuß ausgeübt wurde, höher. Die GRF-Aufzeichnungen zeigten, dass der Boden während des Gehens an allen Gliedmassen erhebliche Reibungskräfte aufweisen muss und dass die vertikale GRF an den Hintergliedmassen stark ungleich verteilt ist, da der größte Teil des Gewichts auf der lateralen Klaue lastet.

Summary

Often it is assumed that abnormal load bearing of the bovine foot while walking on a hard concrete floor might be associated with the incidence of claw disorders and lameness. This study is the first to describe the dynamic loading of the bovine foot while walking, in terms of the ground reaction force (GRF) and the distribution of the vertical GRF between the lateral and medial claw. Moreover, at midstance the contact area of the foot with the floor, the average pressure and the maximum pressure exerted to the foot were determined. This was done with the aid of force and pressure plate measurements of 5 Holstein-Friesian cows. The contact area was larger and the pressures exerted to the foot were higher at the forelimbs. The GRF-recordings showed that during walking the floor must provide considerable amounts of (horizontal) frictional forces at all limbs and that the vertical GRF is drastically out of balance at the hind limbs, since a major part of the loading is applied to the lateral claw.

Introduction

It may be assumed that due to abnormal load bearing on a hard floor horn growth and horn wear are out of equilibrium (SHEARER and VAN AMSTEL, 2001). The increased use of artificial housing in dairy cattle husbandry has indeed led to a higher prevalence of claw disorders and lameness (CLARKSON et al., 1996). Subclinical claw disorders affect nowadays up to 70 % of dairy cattle (HEDGES et al., 2002). They suppress the natural behavior of the cows and are therefore considered to be a factor in the reduction of animal welfare. Floor characteristics appear to be the main risk factor for claw disorders (CLARKSON et al., 1996).

During standing or walking ground reaction forces (GRF) are exerted to the claw by the floor and vice versa. The vertical component of the GRF is distributed over the contact area of the claws of a limb in a way that depends on the shape of the claws and the way the claw is placed on the floor. In turn, the vertical force distribution between lateral and medial claw determines the degree of compression of the horn and underlying tissues of both claws. TOUSSAINT-RAVEN (1973) and OSSENT et al. (1987) have shown that the force distribution at the hind limbs while standing is unbalanced, thereby indicating a causal relation between the loads exerted to the claws and the incidence of claw disorders found in clinical observations. For walking, when the force exerted to the limbs becomes roughly twice as high as while standing (Scott, 1988), the vertical force distribution is not known.

This study describes the vertical and horizontal components of the GRF during walking, and the distribution of the vertical GRF over the two claws. The purpose of this study was to test the hypothesis that the vertical force is evenly distributed on a hard substrate. Furthermore, the hypothesis was tested that the foot is loaded by the GRF in the sagittal plane only. Information on this subject is vital to the understanding of the risk for overloading in relation to housing systems.

Materials and Methods

The experiment had been approved by the Animal Experimentation Committee (DEC) of the Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University. Five recently trimmed Holstein Friesian cows were randomly selected from a herd, kept at experimental farm 'De Tolaker' of the Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University. The experiment was conducted at the end of the grazing period. The cows weighted: 678 ± 108 kg and showed no clinical signs of lameness. The animals are considered to be representative for the Dutch population of high-productive dairy cows (Average production: ± 8000 kg/lactation). They were kept in a loose cubicle house with slatted concrete floors; the walking areas were cleaned automatically every 20 minutes by means of a manure scraper. An experienced claw trimmer had examined and trimmed the hind claws according to the 'Dutch trimming method' (TOUSSAINT-RAVEN, 1985) two weeks prior to the experiment.

The cows were repeatedly walked down the path, lead by an experienced handler to measure a single step of each limb five times on a pressure/force measuring system. This system consisted of a pressure distribution plate and a force plate sampled simultaneously (250 Hz). The pressure distribution plate (Footscan Scientific Version®, RSscan International, Olen, Belgium) has a 976 mm x 325 mm measuring surface, containing 8192 con-

ductive pressure-sensitive polymer sensors. These sensors measure vertical force only. Since the surface of the sensors is known (0.39 cm^2), the pressures can be determined automatically. This plate was embedded in an aluminum plate, which was solidly assembled on the force plate (Type Z4852/c, 600 mm x 900 mm, Kistler Corp, Winterthur, Switzerland). The assembly was placed level in a concrete pathway. The pathway and measuring apparatus were covered with a 6 mm thick rubber mat to provide enough frictional force to allow normal locomotion. The force platform measured the total vertical, longitudinal and transverse components of the GRF. By means of the pressure plate a distinction between the vertical GRF applied to the lateral and medial claw could be made and the pressures exerted to the foot and contact area of the foot with the floor could be determined.

A measurement started at initial contact of the measuring apparatus and stopped when 1000 samples had been taken. Each measurement lasted for four seconds, which provides enough time to allow GRF-recordings of the fore and hind limb of one side of the animal in one trial. Of each measurement per limb, the following parameters were determined:

- The total vertical GRF (GRF-v) exerted to the lateral (GRF-v_{lat}) and medial claw (GRF-v_{med}).
- The longitudinal GRF (GRF-l), which is the horizontal GRF exerted to the limb in the direction of locomotion.
- The transverse GRF (GRF-t), which is the horizontal GRF exerted perpendicular to the direction of locomotion.

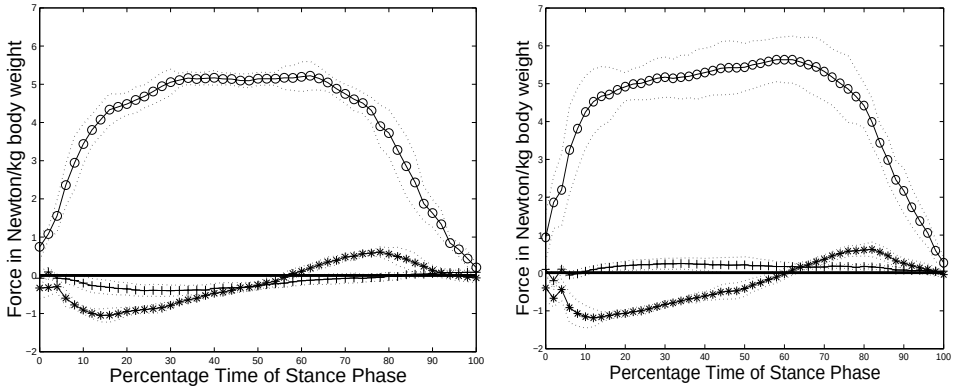
Moreover, at midstance, when the longitudinal force is equal to zero:

- The contact area (CA) of the foot with the floor (cm^2).
- The average pressure (P-av) by $\text{GRF-v}/\text{CA}$ (N/cm^2)
- The maximum pressure (P-max) exerted to the foot (N/cm^2)

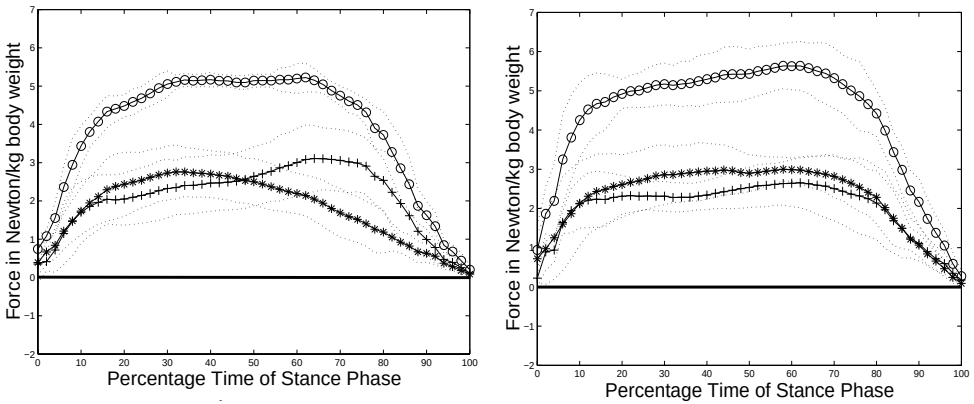
To be able to compare GRF data between cows the stance time, during which the foot contacts the floor, was standardized to 100 % and the GRF was expressed in Newton per kilogram bodyweight per percent stance time.

Results and discussion

The GRF-data is very similar for the left and right limbs. At the forelimbs (Fig. 1a) after heel strike the vertical GRF reaches a "steady state" of about 5 N/kg, and at the hind limbs (Fig. 2a) of 4 N/kg until a rapid decline at push off. For both the fore and hind limbs the longitudinal GRF is negative (max -1N/kg) the first half, and positive (max 1 N/kg) the second half of the stance phase. The transverse GRF (max $0.35 \text{ N}/\text{cm}^2$) is directed medial during the entire stance phase, which indicates the limb pushing outwards.

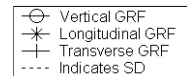


a) The GRF exerted to the left and right fore limbs (SD = standard deviation)

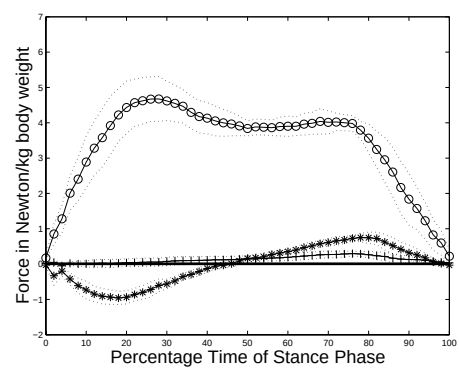
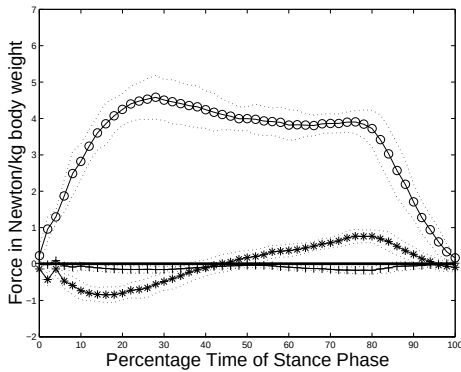


b) The vertical GRF-distribution over the lateral and medial fore claws (SD = standard deviation).

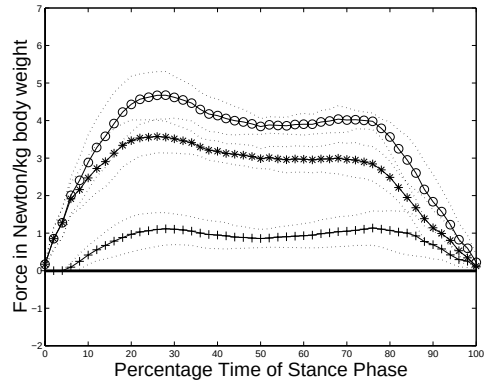
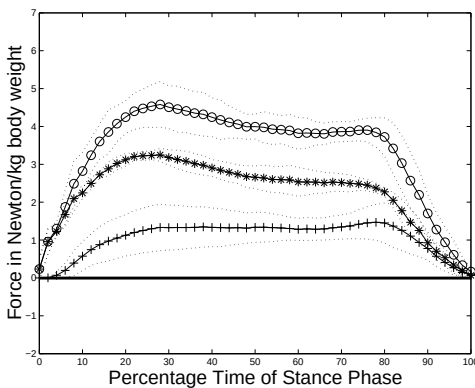
Fig. 1: GRF at the forelimbs; the left limb at the left and the right limb at the right



At the forelimbs the vertical GRF is more or less equally divided between the lateral and medial claw (Fig. 1b), whereby at the second half of the stance phase of the left limb the medial claw is subjected to a somewhat greater part. However, a remarkably different loading pattern occurs at the hind limbs. The major part (75 %) of the vertical GRF is exerted to the lateral claw (Fig. 2b); especially during the first 7 % of the stance phase (heel strike) only the lateral claw is loaded.

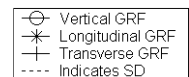


a) The GRF exerted to the left and right hind limbs (SD = standard deviation)



b) The vertical GRF-distribution over the lateral and medial hind claws (SD = standard deviation)

Fig. 2: GRF at the hind limbs; the left limb at the left and the right limb at the right



At midstance the contact area of the claw was 53.5 cm² at the fore limbs and 47.2 cm² at the hind limbs (Table 1). The average pressure was significantly higher at the fore limbs, respectively 67.8 N/cm² compared to 57.9 N/cm² at the hind limbs. The maximum pressure was 149.4 N/cm² at the fore limbs and 124.2 N/cm² at the hind limbs.

An optimal floor was provided in this experiment to ensure normal locomotion. The results obtained, therefore, provide a standard for loading conditions at normal locomotion of dairy cows with healthy claws under good environmental circumstances. The average of the five measurements taken per limb was considered representative for the animal, since the five measurements taken per limb were consistent. Judging the level of the standard deviations of the results of all cows, this sample can be considered uniform and consistent with previous studies (TOUSSAINT-RAVEN, 1973; OSSENT et al., 1987; VAN DER TOL et al., 2002).

Table 1: The GRF and Pressure data at midstance, the average of the right and left limbs.

Limb	Cow	Weight (kg)	GRF-v (N)	GRFv-lat (N)	GRFv-med (N)	P-av (N/cm ²)	P-max (N/cm ²)	CA (cm ²)
Fore	17	560	3104	1081	2024	63.7	122.5	48.8
	27	825	4767	2073	2693	79.1	186.0	60.2
	44	727	4146	1957	2189	68.6	155.9	60.4
	60	585	2869	1703	1166	64.3	146.4	45.3
	82	693	3361	1825	1536	63.5	136.0	53.0
	Mean	678	3649	1728	1922	67.8	149.4	53.5
Hind	17		2338	1550	788	52.7	100.7	45.2
	27		3540	2354	1186	63.9	148.9	55.0
	44		3074	2311	763	67.5	142.9	45.5
	60		2294	1569	726	53.1	119.7	42.7
	82		2474	1905	569	52.2	108.8	47.6
	Mean		2744	1938	806	57.9	124.2	47.2

GRF-v = Vertical GRF exerted to the foot

GRFv-lat = Vertical GRF exerted to the lateral claw

GRFv-med = Vertical GRF exerted to the medial claw

P-av = Average pressure

P-max = Maximum pressure

CA = Contact area

The results suggest that hind foot is subjected to relatively low average pressures at midstance. However, the vertical GRF is unequally distributed over the medial and lateral claw of the hind foot during the entire stance phase, resulting in unbalanced loading (Figure 2b). At the hind foot the force and pressure distribution while standing showed that the lateral claw was subjected to the greater part of the vertical force (TOUSSAINT-RAVEN, 1973; OSSENT et al., 1987) and to most maximum pressures (VAN DER TOL et al., 2002). This study revealed that the GRFs are roughly twice as high and even more drastically out of balance during walking. Subsequently the average and maximum pressures exerted to the contact area of the claw are higher during locomotion. On the one hand, this may cause unequal growth and malformation, which could induce claw disorders. On the other hand, unequal loading may be the normal physiological condition, given the fact that the lateral claw is somewhat larger than the medial claw. The study further shows that for normal locomotion the floor must provide considerable frictional forces. In normal locomotion along a straight path, the longitudinal forces are much larger than the transverse forces.

Literature

CLARKSON, M.J.; DOWNHAM, D.Y.; FAULL, W.B.; HUGHES, J.W.; MANSON, F.J.; MERRIT, J.B.; MURRAY, R.D.; RUSSEL,V.; SUTHERST, J.E. AND WARD, W.R. (1996): Incidence and Prevalence of Lameness in Dairy Cattle, Vet. Rec. 138: 563-567.

HEDGES, J.; BLOWEY, R.W.; PACKINGTON, A.J.; O'CALLAGHAN, C.J. AND GREEN, L.E. (2001): A Longitudinal Field Trial o the Effect of Biotin on Lameness in Dairy Cows, J. of Dairy Sci. 84: 1969-1975.

- OSSENT, P.; PETERSE, D.J. AND SCHAMHARDT, H.C. (1987): Distribution of Load between the Lateral and the Medial Hoof of the Bovine Hind Limb, J. Vet. Med. A. 34: 296-300.
- SCOTT, G.B. (1988): Studies of the Gait of Friesian Heifer Cattle, Vet. Rec. 123:245-248.
- SHEARER, J.K. AND VAN AMSTEL, S.R. (2001): Functional and Corrective Claw Trimming, Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract. March. 17(1): 53-72.
- TOUSSAINT-RAVEN, E. (1973): Determination of Weight Bearing by the Cows Foot, Dutch J. Vet. Med. 5: 1237-1243.
- TOUSSAINT RAVEN, E.; HALSTRA, R.T. AND PETERSE, D.J. (1985): Cattle Foot Care and Claw Trimming, Farming press. Ipswich. UK.
- VAN DER TOL, P.P.J.; METZ, J.H.M.; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; BACK, W.; BRAAM, C.R. AND WEIJS, W.A. (2002): The Pressure Distribution under the Bovine Claw during Square Standing on a Flat Substrate, J. of Dairy Sci. 85(6): 1476-1481.

Geräuschpegelmessung als Kriterium zur Bewertung der Tiergerechtigkeit von Stallfußböden

Noise Level Measurements as a Criterion for Assessing Suitability of Housing Floors for Animals

SVEN HÄUSER, HANS-JOACHIM HERRMANN, MATTHIAS ROSE

DLG-Prüfstelle für Landmaschinen, 64823 Groß-Umstadt

Schlüsselwörter: Geräuschemission, Schalldruckpegel, Fußbodensystem
Keywords: noise level, housing floor, test criteria

Zusammenfassung

Lärm wird als Schall beschrieben, der den Organismus belastigt oder sogar gesundheitlich schädigt. Speziell in der Ferkelaufzucht sind durch erhöhte Aktivität der Ferkel Geräuschbelastungen für das Tier und den Tierhalter zu beobachten.

Die DLG hat u.a. aus diesem Grund Geräuschpegelmessungen als weiteres Kriterium zur Bewertung der Tiergerechtigkeit von Stallfußböden in den Prüfraumen aufgenommen. Der folgende Beitrag erläutert erste Messungen, die im Rahmen eines DLG-Signum-Test in der Schallmesskabine der DLG-Prüfstelle Groß-Umstadt gemacht wurden und gibt einen Ausblick in weiterführende Überlegungen, die anhand der ersten Erfahrungswerte gemacht wurden.

Summary

Noise is described as sound that is a nuisance to the organism or is even harmful to health. In specialised piglet rearing the noise burden caused by increased activity of piglets is permanently present for the animals and the staff.

This is one of the reasons why DLG has included noise level measurements as a further criterion for assessing suitability of housing floors for animals in its test criteria. The following article shows first measurements within a framework of a utility value test inside the low-reflection sound measuring cabin at the DLG Test Centre in Groß-Umstadt. It also gives an outlook in further considerations which are made by means of first experience values.

1 Problemstellung

Stress belastet den Organismus. Diese Belastung kann, besonders in der Schweinehaltung, zu Leistungsdepressionen führen. Es gibt verschiedene Faktoren, die Stress auslösen und damit indirekt Leistungseinbußen hervorrufen können. Der Verladestress bei Mastschweinen und der damit verbundene Einfluss auf die Fleischqualität sei hier unter besonderer Berücksichtigung der genetische Disposition als Beispiel genannt.

In der Ferkelaufzucht sind als wichtigster Leistungsparameter die täglichen Zunahmen zu nennen. Diesem Kriterium müssen sich Betriebe in einem Vergleich in erster Linie stellen. Um gute Ergebnisse zu erzielen, sollten Haltung, Fütterung und Genetik gut aufeinander abgestimmt sein. Was die Haltung betrifft so ist bekannt, dass hohe Leistungen am Besten mit gesunden Tieren zu erzielen sind, die sich in ihrer Umwelt wohl fühlen. Als ein möglicher Faktor, der in der Schweinehaltung und im speziellen in der Ferkelaufzucht Stress auslösen kann, werden Umgebungsgeräusche mit hohen Schalldruckpegeln angesehen.

Die Lautstärke wird vom Schalldruck bestimmt und als Schalldruckpegel in dB (Dezibel) ausgedrückt. Um die vom Menschen empfundene Lautstärke besser fassen zu können, wird bei der Messung ein Filter verwendet, der die Bereiche zwischen 1000 und 4000 Hertz höher bewertet (A-Filter). Die entsprechenden Messwerte werden als dB (A) gekennzeichnet. Die Hörschwelle für das menschliche Ohr liegt zwischen 10 und 120 dB.

Bei „Lärmstress“ (positiv oder negativ) kommt es zu einer Hormonausschüttung (Adrenalin), die stimulierend oder auch beängstigend und verkrampfend wirken kann. Eine weitere Folge des Adrenalinausstoßes ist ein erhöhter Blutdruck (TAPPESE 2002).

Aus der Humanmedizin wissen wir, dass Lärm nicht nur dem Ohr, sondern dem Gesamtorganismus schadet. Extraaurale Lärmwirkungen, also solche die nicht das Gehör sondern den Gesamtorganismus betreffen, lassen sich durch zahlreiche experimentelle Studien belegen. Da ein Lärmschaden durch die Zerstörung der empfindlichen Sinneszellen im Innenohr nicht mehr rückgängig zu machen ist, kommt dem vorbeugenden, konsequenten Schutz des Ohres vor zu lauten Geräuschen eine entscheidende Bedeutung zu. Schon bei Schalldruckpegeln von 55 dB(A) kann ein Geräusch als belästigend empfunden werden und bei längerer Dauer das Wohlbefinden beeinträchtigen. Ab 65 bis 75 dB(A) kann Lärm wie ein Stressfaktor wirken und bei über 85 dB(A) sind irreversible Schädigungen des Gehörs möglich (FISCHER, 1997; WIENER UMWELTSCHUTZ-ABTEILUNG, 2001).

Die EU-Richtlinie 2001/93 vom 9. November 2001 sieht vor, dass in dem Teil des Gebäudes, in dem Schweine gehalten werden, Geräuschpegel von 85 dB(A) oder mehr sowie dauerhafter oder plötzlicher Lärm zu vermeiden sind. Weiterhin wurde der Thematik Geräuschbelastung in der TA Lärm im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren erhöhte Aufmerksamkeit beigemessen.

1.1 Ziel

Ziel der Untersuchung war es, erstmals Referenzwerte zu erhalten, welche Geräuschentwicklungen von unterschiedlichen Fußbodenvarianten ausgehen und in welchen Dimensionen sich die gemessenen Werte bewegen. Diese Daten können dann als Grundlage für weiterführende Untersuchungen genutzt werden. In erster Linie soll aber eine Diskussi-

onsgrundlage zur Erstellung eines Bewertungsmaßstabes für den DLG-Prüfrahmen geschaffen werden, an dem zukünftig zu prüfende Bodensysteme gemessen werden.

Die Untersuchungen sahen jedoch nicht vor, die generellen Auswirkungen dieses Parameters in Form von Leistungsdepressionen nachzuweisen. Dies wäre durch weiterführende Studien zu hinterfragen.

2 Methode

Die reflexionsarme Schallmesskabine der DLG-Prüfstelle wird normalerweise zur Ermittlung des Schalldruckes bzw. des Schallleistungspegels von Geräten für die Land- und Forstwirtschaft sowie von Garten-, Elektro- und Haushaltsgeräten genutzt. Mit dem Messsystem können über maximal 10 Kanäle sowohl Echtzeit- als auch Langzeitmessungen durchgeführt werden. Der abgeschlossene Raum besitzt ein Zu- und Abluftsystem, Wasser- und Stromanschlüsse sind ebenfalls integriert.

Am 17. Juni 2002 wurde in diesen Halbfreifeldraum der Klasse 1 (nach ISO 3745) eine eigens angefertigte Bucht (3000 x 1500 mm) aus Hohlkammerblatt-Profilen und Edelstahlpfosten auf einen Holzrahmen aufgebaut. Zusätzlich war die Bucht mit einem Breiautomaten, einer Strohraufe einem Scheuerbalken mit Kette und einer Dusche ausgestattet. Der Güllerraum hatte eine Tiefe von 200 mm. Als Fußbodensystem kamen 2 Varianten zum Einsatz:

- Variante 1: Ferkelaufzuchtrost aus Beton, eingebettet in PVC (Prüfboden)
- Variante 2: Kunststoffrost für die Ferkelaufzucht (Vergleichsboden)

Am gleichen Tag wurden zur Eingewöhnung in dieses System 10 Ferkel (7 männlich, 3 weiblich) eingestallt. Die Tiere stammten von einem Betrieb in Obernburg aus 2 verschiedenen Buchten eines Abteils und wiesen ein durchschnittliches Lebendgewicht von 12 kg auf.

Es wurden zunächst über 2 Tage Messungen auf der Variante 1 durchgeführt, bevor im Anschluss der Boden ausgetauscht und Variante 2 getestet wurde.



Abb. 1: Buchtenaufbau bei Variante 1



Abb. 2: Buchtenaufbau bei Variante 2

Die speziellen Richtmikrofone, die in 1,65 m Höhe mittig justiert waren, reagierten bereits auf geringste Bewegungen der Ferkel auf dem Boden. Die Geräusche wurden mittels Langzeitmessung über das Messsystem erfasst, wobei die Schalldruckpegel beider Kanäle bei der Auswertung jeweils als 3 Sekunden-Mittelwerte in einem Messwert zusammengefasst wurden.

Die Tiere wurden dabei ständig über eine Videoanlage beobachtet, um die entstandenen Geräusche den Aktionen der Ferkel, wie rennen, kämpfen, spielen oder fressen zuzuordnen zu können.

3 Ergebnisse

Während der Eingewöhnungsphase der Ferkel wurde zunächst eine Einteilung der beobachteten Aktivitäten vorgenommen. Unterschieden wurde hierbei in:

- Rennen
- Kämpfen
- Spielen mit Kette und
- Fressen

Jeder Messwert wurde einer dieser Kategorien zugeordnet, wobei die Geräuschentwicklung bei den zuerst genannten Aktionen diejenige ist, die ursächlich dem Bodensystem zuzuschreiben ist.

Zusammengefasst über alle Kategorien lag der Mittelwert bei Variante 1 (Betonrost) um 7 dB(A) niedriger als bei Variante 2 (Kunststoffrost). Ähnlich verhält es sich auch mit den Extremwerten.

Tab. 1: Gesamt-Schalldruckpegel beider Varianten

	Variante 1			Variante 2		
	MIN	MW	MAX	MIN	MW	MAX
Ø Messwert dB (A)	44	59	70	52	66	76
Anzahl Messwerte	112			146		

Zieht man aus den Ergebnissen nur die Geräuschpegel heraus, die ursächlich vom Fußboden stammen, so ergibt sich folgende Übersicht:

Tab. 2: Schalldruckpegel beider Varianten ausschließlich bei Laufbewegungen der Ferkel

Aktion	Variante 1			Variante 2		
	„Rennen“	„Kämpfen“	Gesamt	„Rennen“	„Kämpfen“	Gesamt
Ø Messwert dB (A)	59	61	60	68	68	68
Anzahl Messwerte	5	51	56	15	58	73

4 Ausblick

Die gemachten Ergebnisse bestätigten den subjektiven Eindruck, der beim Umstellen der Ferkel vom Beton- auf den Kunststoffrost entstand. Um diese ersten Erfahrungswerte weiter zu verfolgen, befasst sich derzeit ein ehemaliger Praktikant der DLG-Prüfstelle im Rahmen seiner Diplomarbeit an der FH Osnabrück intensiv mit dieser Thematik. Es wurden Geräuschemessungen in fünf Ferkelaufzuchtställen mit jeweils ca. 1000 Aufzuchtplätzen unter Berücksichtigung wichtiger, den Schalldruckpegel beeinflussender Parameter durchgeführt. Hierbei wurden sowohl Werte beim Betreten des Abteils erfasst als auch Langzeitmessungen in den Ställen vorgenommen.

Mit dieser Arbeit sollen weitere Erkenntnisse in die Entwicklung der Prüfstandsuntersuchungen für das Kriterium „Geräuscentwicklung von Stallböden“ einfließen.

Literatur

AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2001): Richtlinie 2001/93/EG der Kommission vom 9. November 2001

BAUBIOLOGIE TAPPESER (2002): Was lärmt denn da?, Onlineveröffentlichung (<http://www.tappeser.de/schall.htm>), Weinheim

BG-VORSCHRIFT „LÄRM“ (BGV B3, vormals VBG 121), Neufassung vom Januar 1990, Carl Heymanns Verlag, Köln

FISCHER, A. (1997): Repetitorium Arbeitsmedizin 7/97, Onlineveröffentlichung (<http://home.t-online.de/home/andreas-fischer/amedrep1.htm>)

PRAXISNETZ SÜDERELBE E.V. (2000): Lärm: Eine Gefahr für den Menschen, Onlineveröffentlichung (http://www.praxisnetz-suederelbe.de/news/laerm_gefahr.htm), Hamburg

RUDOVSKY, A. (2001): Anforderungen an Stallfußböden für die Schweinehaltung, in: Bauen für die Landwirtschaft 3/2001, S. 5-7

WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG (2001): LärmOnlineInformationssystem (LOIS, <http://www.rosinak.co.at/lois>), Wien

Entwicklung eines mobilen Gerätes zur Messung der Rutschfestigkeit der Laufflächen in Milchviehlaufställen

Development of a Mobile Unit to Measure Slip Resistance of Passage Ways in Loose Housing Systems for Dairy Cattle

KARSTEN MÜLLER¹, HERMANN SEUFERT¹, HANS-JOACHIM HERRMANN²

¹ Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Gießen, Braugasse 7, 35390 Gießen

² Prüfstelle für Landmaschinen, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Max-Eyth-Weg 1, 64823 Groß-Umstadt

Schlüsselwörter: Rutschfestigkeit, Messgerät, Gleitreibbeiwert μ

Keywords: slip resistance, measuring device, coefficient of friction μ

Zusammenfassung

Laufflächen in Milchviehlaufställen umfassen den wesentlichen Bewegungsraum der Tiere. Das bedeutet sie müssen aus der Sicht der Tiere:

- trocken und sauber sein
- einen ausreichenden Klauenabrieb gewährleisten
- eine rutschfeste Oberflächenstruktur haben

Messungen der Rutschfestigkeit von Stallfußböden wurden bisher in der Regel mit Hilfe des Skid Resistance Testers (SRT- Gerät) vorgenommen. Aufgrund verschiedener Kritikpunkte an dem SRT-Messverfahren, erschien die Entwicklung eines neuen Messgerätes mit folgenden Zielvorgaben notwendig: Transportabel, Einsatz unter Praxisbedingungen (Verschmutzung), Messung quer zur Spaltenrichtung bei perforierten Flächen und Datenübertragung zum PC.

Das entwickelte Messgerät, ermittelt den Gleitreibbeiwert μ und realisiert sämtliche Zielvorgaben.

Summary

Passage ways in loose housing for dairy cattle represent the essential space for locomotion of the animals. This means that for the animals they should be:

- *Dry and clean*
- *Assure sufficient abrasion of claws*
- *Possess an anti-slip surface structure*

So far measuring the anti-slip properties of animal housing floors has been carried out with the aid of the skid resistance tester (SRT unit). Due to different points of criticism with the SRT measuring system it seemed necessary to develop a new unit with the following target specifications. Portable, use under practical conditions (soiling), measurement across the slot component on perforated floors and data transfer to the PC.

The measuring device developed is based on determining the coefficient of friction μ and fulfils the target specifications.

1 Entwicklung eines mobilen Gerätes zur Messung der Rutschfestigkeit der Laufflächen in Milchviehlaufställen

1.1 Aufgabe von Laufflächen in Boxenlaufställen

Die Laufflächen in Boxenlaufställen dienen als Verbindungswege zwischen den verschiedenen Funktionsbereichen. Die Zeiten die die Kühe mit eigentlicher Fortbewegung verbinden, sind allerdings erstaunlich kurz. Die überwiegende Zeit, dient die Lauffläche als Standplatz bei der Futteraufnahme. Aus verfahrenstechnischen Gründen, sind die Laufgangmaterialien im Vergleich zum natürlichen Lebensraum des Rindes zu hart. Dies kann zu Klauenbelastungen führen. Technische Lösungen, die ausreichend weich sind und gleichzeitig verfahrenstechnisch befriedigen sind erst seit jüngster Zeit in Erprobung.

Der Unterschied zwischen planbefestigten und perforierten Laufflächen, hinsichtlich des Einflusses auf die Klauengesundheit, wird in der Diskussion oftmals überschätzt. Bei jeweils optimierte Ausführung sind beide Ausführungen als gleichwertig einzuschätzen.

Laufgänge dienen darüber hinaus als Aufnahmeort für den größten Teil der tierischen Exkremente. Vor diesem Hintergrund erkennt man den hohen Stellenwert, der diesen Flächen zukommt.

- Die Flächen sollten aus Sicht der Tiere:
- trocken und sauber sein, um die Klauenkonstitution zu stärken
- einen ausreichenden Klauenabrieb sicherstellen
- eine rutschfeste Oberflächenstruktur gewährleisten
- keine Unebenheiten wie z. B. scharfe, abgesplitterte und herausgebrochenen Kanten besitzen
- eben ausgeführt sein (keine Mulden)
- Aus verfahrenstechnischen Aspekten sollten Laufflächen:
- haltbar
- preiswert
- einfach zu säubern
- und einfach aufzubringen sein

Die vorgenannten Ziele sind teilweise widersprüchlich, im Sinne einer nachhaltigen Förderung der Tiergesundheit, haben die erstgenannten Forderungen jedoch Priorität.

1.2 SRT-Gerät als Standardverfahren zur Messung der Rutschfestigkeit

Während sich die Trockenheit und Reinheit der Klaue sowie der Klauenabrieb vergleichsweise einfach bestimmen lassen, ist die Ermittlung der Rutschfestigkeit insbesondere unter Praxisbedingungen bisher noch mit Problemen behaftet.

Messungen der Rutschfestigkeit von Stallfußböden wurden bisher in der Regel mit Hilfe des Skid Resistance Testers (SRT-Gerät) vorgenommen.

Das SRT-Gerät stellte einen Kompromiss für die Messung der Rutschfestigkeit dar und arbeitet nach dem Prinzip des Reibenergieverlusts. Dabei gleitet ein pendelnder Gummi-quader über die zu messende Stallbodenoberfläche (Messstrecke = 125 mm), schwingt mit einer Restenergie durch und führt dabei einen Schleppzeiger mit. Dieser zeigt dann an einer Skala den entsprechenden Reibwert an.

Je stärker dabei der Pendel abgebremst wird, umso größer ist der dimensionslose abzulesende Wert.

Für die Bewertung der SRT-Werte, hat sich bei Rindern folgende Eingruppierung bewert (Tab. 1).

Tab. 1: Einteilung der SRT Werte

SRT-Wert (dimensionslos)	Auswirkungen auf Rutschfestigkeit und Trittsicherheit
70...80	Sehr gut bis zu rau
60...70	Gut
50...60	Gut bis genügend
40...50	Genügend bis ungenügend
40 und weniger	Ungenügend bis zu glatt

Die Vergleichbarkeit dieser SRT-Messergebnisse ist allerdings auf eine kurze Messtrecke begrenzt, ebenso müssen die Messstrecken vor der Messung gereinigt werden und feucht sein. Grundsätzlich ist für perforierte Flächen eine Messung unter Einbeziehung des Schlitzanteils nicht möglich. Das bedeutet, der Einfluss des Schlitzes auf die Rutschfestigkeit ist bei dieser Art der Messung nicht berücksichtigt. Zudem fällt bei der Durchsicht der Literatur auf, dass mit unterschiedlichen SRT-Geräten auf gleichen Böden durchgeführte Messungen, zu stark abweichenden Ergebnissen führen. Als Ursachen hierfür sind Schwierigkeiten beim Einstellen der Messstrecke, nicht durchgeführte Temperaturkompensation und fehlende Kalibrierung zu nennen.

1.3 Neues Messgerät zur Entwicklung des Reibbeiwerts μ

Die genannten Probleme bei der Messung der Rutschfestigkeit mit dem SRT-Gerät stellen zugleich auch die Zielvorgaben für ein neues Messgerät dar.

Dieses soll:

- transportabel sein (handhabbar von maximal zwei Personen)
- Messungen unter praxisüblichen Bedingungen zulassen (Kot- und Harngemisch verbleibt auf der Prüffläche)
- den Schlitzanteil bei perforierten Laufflächen berücksichtigen
- den Eigenschaften des Fußes der Tierart gerecht werden (Form, Härte und Größe) und
- den Datentransfer auf einen Computer ermöglichen.

Unter Berücksichtigung dieser Zielvorgaben entstand in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Landtechnik der JLU Gießen und der Prüfstelle der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Groß-Umstadt die Idee, ein Gerät zur Messung des Gleitreibungswert μ zu entwickeln. Der Gleitreibungswert errechnet sich aus der aufgewendeten Zugkraft zum Bewegen des Prüfkörpers geteilt durch die Andrückkraft des Prüfgewichts.

Messungen des Gleitreibbeiwertes gehören seit den siebziger Jahren zum Standardprüfprogramm der DLG, bei Prüfungen von Fußböden. Allerdings konnten diese Messungen mit Werkzeugprüfmaschinen nur im Labor durchgeführt werden.

Das neu entwickelte Messgerät besteht aus einem Metallrahmen, mit einer Höhe von 300 mm, einer Breite von 400 mm und einer Länge von 970 mm. Er kann problemlos von

zwei Personen transportiert werden und enthält einen eingebauten Servomotor, eine Lineareinheit und eine Kraftmessdose und ein Prüfgewicht mit angebautem Prüfkörper.

Die gesamte Messelektronik, die für die Ermittlung der Daten und zur Steuerung der Lineareinheit nötig ist, befindet sich in einem separaten Gehäuse und ist verbunden mit einem Bedien- und Beobachtungs- PC, der auch die Aufzeichnung aller Messwerte übernimmt.

Der Bedien- PC ist ein handelsübliches Notebook. Lediglich das Programm für die Bedienung und die Steuerung des Messgerätes ist von der DLG entwickelt worden.

Die Lineareinheit besitzt einen maximalen Hub von 550 mm. Die Länge der Messstrecke wird auf 350 mm eingestellt, im Gegensatz zu Labormessungen bei denen mit einer maximalen Messstrecke von 100 mm gemessen wurde. Hintergrund für die Wahl der Länge der Messstrecke war, dass auch über den Schlitzflächenanteil bei perforierten Laufflächen hinweg gemessen werden soll. Ausgehend von einer maximalen Auftrittsfläche von 150 mm und einer Schlitzweite von maximal 35 mm bei Einzelspalten, erschien das Maß von 350 mm sinnvoll.

Im Gegensatz zum SRT-Gerät können damit auch solche Situationen simuliert werden, in denen die Kuh nicht ausschließlich auf dem festen Teil der Fläche steht, sondern den Schlitzanteil mit in die Fußungsfläche einbezieht. Dieser Einfluss konnte bisher nicht berücksichtigt werden.

An der Lineareinheit befindet sich das eigentliche Prüfgewicht mit dem dazugehörigen Prüfkörper. Der zylindrische Körper hat einen Durchmesser von 97 mm und entspricht somit der Größe einer durchschnittlichen Rinderklaue. Ebenso wird, ähnlich einer Rinderklaue, ein Tragrand von 3 mm Breite und 1 mm Höhe simuliert.

Dieser Prüfkörper wird an einem Gewicht befestigt und auf die zu untersuchende Fläche gestellt. In ersten Überlegungen erschien es sinnvoll den Prüfkörper mit dem tatsächlichen Gewicht, dass eine Kuh auf die Klaue ausübt, zu beschweren.

Ausgehend vom Tier mit 700 kg Lebendgewicht wären dies 175 kg pro Klaue bzw. Prüfkörper gewesen. Im Hinblick auf die Vorgabe der Transportierbarkeit und auch im Hinblick auf die Stabilisierung eines solchen Gewichtes, konnte im Rahmen von Voruntersuchungen das Gewicht auf 10 kg reduziert werden, ohne die Aussagefähigkeit der Messungen einzuschränken.

Das Prüfkörpermaterial muss verschiedenen Anforderungen genügen:

- stabil gegen Abrieb
- Simulation des Formschlusses mit der zu prüfenden Oberfläche
- Klauenähnliche Härte.

Das Prüfgewicht bewegt sich entlang der Prüfstrecke in einem Geschwindigkeitsbereich von 10 bis 30 mm/s mit konstanter Geschwindigkeit über die Prüffläche. Die absolute Geschwindigkeit spielt im genannten Bereich eine untergeordnete Rolle, es ist lediglich wichtig, dass sie während der gesamten Messung konstant bleibt. Die Geschwindigkeit wird während der Inbetriebnahme ermittelt und anschließend im Servoverstärker parametrisiert. Eine weitere Verstellung über den Computer ist nicht erforderlich.

Die Aufnahme der nötigen Kraft wird mit der Kraftmessdose ermittelt. Sie hat einen Messbereich von 0 – 200 N und wird durch eine im Servoverstärker parametrisierte Drehmomentbegrenzung vor Überlastung geschützt. Ein Ansprechen der Drehmomentbegrenzung wird auf dem Computer angezeigt.

Die Verbindungskabel zwischen Rahmen und Gehäuse haben eine Länge von 10 m. Die Länge der Verbindungskabel zwischen Rahmen und Gehäuse wurde so gewählt, dass die Messelektronik und auch der Bediencomputer außerhalb des Laufbereiches der Tiere und damit aus dem Gefahrenbereich aufgestellt werden können. Durch die große Länge der Kabel ist es möglich auch den hinteren Laufgang, zum Beispiel bei einem dreireihigen Boxenlaufstall ohne größerer Probleme zu untersuchen.

Der Bediencomputer liefert eine graphische Anzeige der aufgenommenen Messwerte als Funktion aus der benötigten Kraft und dem zurückgelegten Weg. Die entgeltliche Festlegung von Beginn und Ende der Messstrecke kann zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Dabei werden zwei verschiebbare senkrechte Achsen eingefügt und der Mittelwert der Daten zwischen den beiden Achsen automatisch ermittelt. Die eigentliche Messwertdatei enthält je eine Spalte für die gemessenen Werte von „Weg“ und der „benötigten Kraft“ und ebenso eine Spalte für die Gleitreibungswerte.

1.4 Erste Erfahrungen

Bei den ersten Messungen mit dem Gleitreibungsmessgerät wurden alle Laufflächenausführungen, das heißt perforierte und planbefestigte Laufflächen untersucht. Vergleicht man die Gleitreibwerte der unterschiedlichen Laufflächenausführungen mit den SRT-Werten, so ergeben sich für gereinigte Messstellen deutliche Übereinstimmungen, allerdings erst nachdem die Gleitreibwerte bereinigt wurden. Das bedeutet, für den Vergleich der Ergebnisse wurde nicht der mittlere Gleitreibwert der gesamten Messung herangezogen, sondern lediglich die größten 20 Werte. Bei diesen Werten handelt es sich um solche, die Auskunft über die Mikrorauheit geben. Die Mikrorauheit eines Bodens umfasst alle Rauheitselemente $< 0,5$ Millimeter und ist für den Kraftschluss zwischen Klaue und Boden verantwortlich.

2 Bewertung und Ausblick

Der bisherige Einsatz der neuen Messtechnik, zeigt die Erfüllung der gemachten Zielvorgaben. Aufgrund des im Sinne des einfachen Transports stark reduzierten Gewichts des Prüfkörpers von 10 kg hat sich allerdings gezeigt, dass eine Messung auf verformbaren Oberflächen (Matratzensystemen) durch das geringen Eindringen tendenziell zu geringe Ergebnisse zeigt. Ein weiterer Prüfstand, der mit dem bei Liegeboxenbelägen als Standard eingesetzten Prüfgewicht von 42 kg arbeitet, ist mittlerweile fertiggestellt. Gleiches gilt für Modifikationen bei Technik und Steuerung, die einen Einsatz auf unterschiedlichen Böden in der Schweinehaltung ermöglichen.

In Vorbereitung befindet sich eine Weiterentwicklung, die einen konsequenten Ein-Mann-Betrieb ermöglichen soll. Hierzu werden die einzelnen Komponenten kompakt zusammengestellt und fahrbar ausgeführt. Hintergrund ist eine starke Nachfrage von Praxisbetrieben aus dem gesamten Bundesgebiet, die vor aufwendigen Sanierungsmaßnahmen eine objektive Aussage zur Qualität ihres Stallfußbodens haben möchten.

Grundsätzlich bleibt dabei festzuhalten, dass bei sämtlichen Messungen der Rutschfestigkeit stets die Beobachtung des Tierverhaltens mit in die Bewertung einfließen muss.

Stallsanierung per Computersimulation

Barn Renovation by Computer Simulation

KARL-HEINZ KRAUSE¹, STEFAN LINKE¹, MICHAEL MUßLICK²

¹ Institut für Technologie und Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Thüringer Landessanstalt für Landwirtschaft (TLL), Fachbereich Tierhaltung, Am Rennsteig 3, 99817 Oberellen/Clausberg

Schlüsselwörter: Computersimulation, Objektplanung

Keywords: computer simulation, object planning

Zusammenfassung

Die Rekonstruktion einer Mastschweineanlage wird durch Computersimulationen unterstützt. Diese beziehen sich auf die speziellen Emissionsbedingungen und die Lüftungstechnik im Schweinestall. Die Luftströmung im Stall bestimmt den Massentransport von Geruchsstoffen in die Atmosphäre. Es ist der Zweck der Untersuchungen spezielle Ergebnisse im Planungskonzept der Anlage zu berücksichtigen und später durch Messungen zu verifizieren.

Summary

The reconstruction of a swine barn is supported by computational simulation techniques. These refer to special conditions of the emission and to the ventilation of the swine barn. The air flow within the barn determines the mass transfer of odorous substances into the atmosphere. It is the purpose of the investigations to consider special results in the planning concept and to verify them later on by measurements.

1 Genehmigungsfähige Reaktivierung einer ruhenden Mastschweeanlage

Eine Tierhaltungsanlage für die Schweinemast mit ca. 900 Tieren, die über längere Zeit ruhte, soll reaktiviert werden, d. h. ihre immissionsschutzrechtliche Genehmigungsfähigkeit ist herzustellen. Eine solche Anlage wirkt über ihre sog. Schnittstellen zwischen Tierhaltung und Umwelt auf die Umgebung durch Stoffeinträge unterschiedlichster Art ein, dominant über Geruchsstoffe. Durch Immissionsprognosen wurde nachgewiesen, dass im gegebenen Fall das giebelseitige Verblasen der Stallabluft einer Überfirstableitung auf der ortsabgewandten Giebelseite vorzuziehen ist. Diese Situation ist in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt, KRAUSE und LINKE (2002).

Die Rekonstruktion der Tierhaltungsanlage hatte das Ziel, den „Besten verfügbaren Stand der Technik“ (BVT) gemäß den Forderungen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) herzustellen. Aufgrund der unmittelbaren Ortsnähe lag der Schwerpunkt der Modernisierung damit auf der gesonderten Gestaltung der Ableitbedingungen. Sie mussten so konstruiert sein, dass die Tierhaltungsanlage in der angrenzenden Gemeinde immissionsseitig noch weniger zur Geltung kommt als vor der Rekonstruktion.

Die stallinterne Ausgestaltung der Tierhaltungsanlage bleibt dem Anlagenbetreiber unter Beachtung der tierschutzrechtlichen Bestimmungen überlassen. Mit dem Nachweis der installierten Lüftungsleistung gemäß DIN 18910 für den Stallbesatz sind die genehmigungsrelevanten Belange beim Kompartiment Luft erfüllt. Es liegt in der Eigenverantwortung des Anlagenbetreibers, wie er das Emissionsverhalten, das im Stallinneren den Anfang nimmt, beeinflusst; diese Eigenverantwortung wird er umso mehr nutzen, wenn sich die Produktqualität in Form des erzeugten Fleisches verbessern lässt.

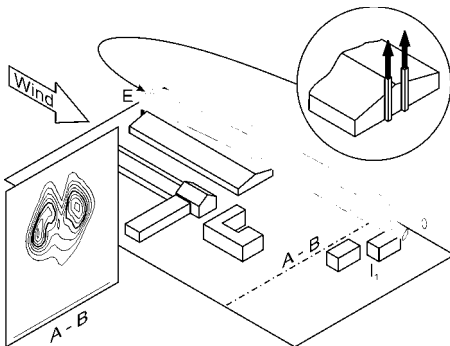


Abb. 1 (links): Giebelseitiges Überfirstausblasen (siehe Piktogramm rechts oben) der Stallabluft. Die Abluftfahne wird bei firstparalleler Windanströmung des Stallgebäudes (Emissionsbereich E) bis über den Immissionsbereich I1 getrieben. In der linken Einblendung sind die Konzentrationsisoplethen der Abluftfahnen im Senkrechtschnitt bei A-B dargestellt. Die Isoplethenskalierung gilt auch für die Abbildung 2.

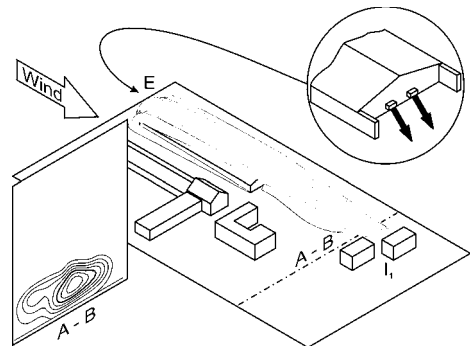


Abb. 2 (rechts): Giebelseitiges Ausblasen (siehe Piktogramm rechts oben) der Stallabluft auf den Boden. Die Abluftfahne reicht bei firstparalleler Windanströmung des Stallgebäudes bis an den Immissionsbereich I1 heran. Die Konzentrationsisoplethen der Abluftfahnen im Senkrechtschnitt bei A-B weisen gegenüber der Abbildung 1 durch die Strahlvermischung nur noch ein ausgeprägtes dominantes Maximum auf, allerdings näher am Boden als bei der Abbildung 1 mit zwei Konzentrationsspitzen.

2 Objektplanung für Gebäude der Tierhaltung

Hierunter fallen die Grundlagenermittlung, die Vorplanung, die Entwurfsplanung, die Genehmigungsplanung und die Ausführungsplanung in Anlehnung an die Vergütungsverordnung HOAI „Leistungen der Objektplanung für Gebäude...“. Daraus geht der Umfang einer solchen baulichen Maßnahme hervor; mehr noch, den Verfahrensbeteiligten ist bewusst, dass ein Gutachten ein wichtiger Bestandteil der Genehmigungsplanung werden kann, z. B. im Zuge der Tragwerkplanung. Dies rechtfertigt u. a. damit auch die Bewertung dieser Leistung nach HOAI. Weniger bewusst ist hingegen, dass die bauliche Umsetzung erst dann erfolgen kann oder sollte, wenn der betriebliche und verfahrenstechnische Ablauf zufriedenstellend gelöst sind. Wenn also nachfolgend von Planung die Rede ist, dann bezieht sich diese auf die Auswirkungen hinsichtlich der Emissionen und Immissionen.

Um die Geruchswahrnehmungshäufigkeiten in unmittelbarer Umgebung der Tierhaltung so zu reduzieren, dass ein Wohnen mit MD-Charakter (Dorfgebiet) möglich ist, wurde die Anlage gemäß den Ergebnissen der Computersimulationen nach Abbildung 2 umgestaltet. Dabei wurde der ehemalige Maststall mit 450 Tierplätzen (Dänische Aufstallung) zu einem Schweinemaststall mit 900 Tierplätzen im Kammstallprinzip umgebaut. Die Abluftführung erfolgte gemäß der Geruchsprognose zentral an der südlichen Stirnseite des Stalles. Da der Dachraum des Stalles wenig Möglichkeiten einer zentralen Abluftführung lieferte, wurde ein bestehender Anbau zum Abluftsammelkanal umfunktioniert. Um den gewünschten Effekt der Durchmischung im bodennahen Bereich zu gewährleisten, wurde die Ableiteinrichtung so gestaltet, dass die Fortluft außerhalb des Stalles im Winkel von 45° auf den Boden aufprallt. Durch dieses mechanische „Zerfetzen“ des Abluftstrahles an der Emissionsquelle und die damit verbundene atmosphärische Durchmischung kommt es zu einem „schnellen“ Abbau der Quellenkonzentration mit dem Wind.

In der Tierhaltungsanlage ist parallel zur Abluftableitung auch das stallinterne Strömungsgeschehen zur Minimierung der stallinternen Emissionen simuliert worden. Die Emissionen, die es zu reduzieren gilt, entstehen im Stall. Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung sind nach TA-Luft nicht Stand der Technik und dürfen somit behördlich nicht „verordnet“ werden. Biofilter haben nach wie vor zu hohe verfahrensbedingte Investitions- und Investitionsfolgekosten und emittieren als sog. Sekundärquellen nach Untersuchungen von SEEDORF und HARTUNG (2002) erhebliche Anteile von verschiedenen Bioaerosolen. Müssen dennoch Maßnahmen zur Immissionsminderung getroffen werden, liegt es nahe, sich speziell mit den Ableitbedingungen des Stalles auseinanderzusetzen. Im Fall der gegebenen Tierhaltungsanlage wurde der aus der Physik bekannte Effekt der Durchmischung durch mechanisch induzierte Turbulenzen ausgenutzt und in die Praxis umgesetzt. Durch diese Art der Fortluftführung kommt es in den relevanten Immissionsgebieten zur Reduzierung der Geruchswahrnehmungshäufigkeiten. Da in Thüringen mehrere Tierhaltungsanlagen mit den gleichen Problemen behaftet sind, sollte diese Variante der Fortluftführung ein Beispiel sein, den „Besten verfügbaren Stand der Technik“ (TA-Luft) herzustellen, ohne beispielsweise Abluftreinigungsanlagen zu installieren. Von positiven Effekten der Immissionsminderung durch dieses Ableitsystem wird auch von Tierhaltungsanlagen in Görsbach (Thüringen) und Dannhausen (Niedersachsen) berichtet.

3 Computersimulationen zur Stalllüftung

Mit der Gebäudehülle, in der der Stallumbau vollzogen werden soll, sind die äußeren baulichen Abmessungen als Randbedingungen gegeben. Die Stallauslegung für maximal 900 unterzubringende Mastschweine soll bezüglich der Optimierung des Stallklimas und der Minimierung von Geruchsemissionen erfolgen. Aufgrund der komplexen geometrischen Verhältnisse ist dieses Vorhaben nur vermittels Computersimulationen zu realisieren. Vor diesem Aufwand – numerische Lösung dreidimensionaler Strömungen mit Wärme- und Stofflasten – schrecken viele Lüftungsfirmen zurück, da es sich für sie „nicht rechnet“, wenn der am Reißbrett konstruierte „Green-Label-Stall“ im Genehmigungs-verfahren nicht entsprechend honoriert wird. Man arbeitet lieber einfach und zügig mit dem vorhandenen Erfahrungsschatz, nimmt Unzulänglichkeiten in Kauf und wird erst im äußersten Notfall von den hier aufgezeigten Möglichkeiten Gebrauch machen, die z. B. bei Atriumkonstruktionen in der modernen Wohnarchitektur Anwendung finden.

Die Beeinflussung des Strömungsfeldes im Stallinneren durch Lüftungselemente lässt sich aber nur anhand von Strömungssimulationen konkretisieren. In den Abbildungen 3 und 4 sind Realisierungen in einem Masthähnchenstall dargelegt.

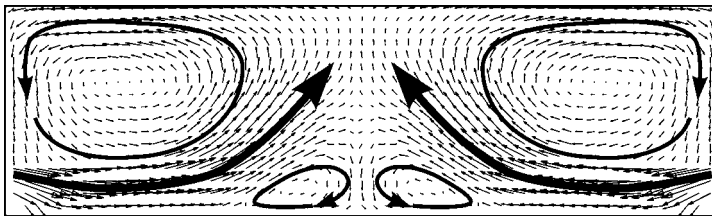


Abb. 3: Vektorplot der Geschwindigkeiten im vertikalen Querschnitt eines Masthähnchenstalles ohne Versperrungselemente im Bodenbereich. Frischluft wird von außen über Schlitze in den Seitenwänden über Ventilatoren in den Stall gesogen. Die Abluft wird über deckenmittige angeordnete Ventilatoren ausgeblasen (nicht in der Schnittebene dieser Abbildung). Dabei werden Geruchsstoffe und Ammoniak auf direktem Wege vom Boden- in den Dachbereich transportiert, hier durch Stromlinienteile markiert.

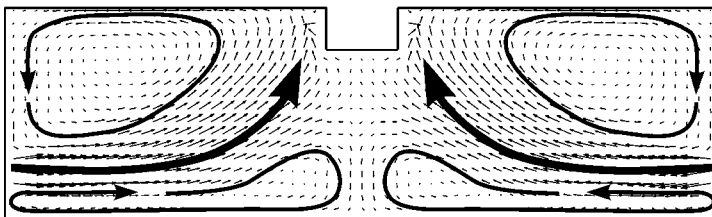


Abb. 4: Gegenüber der Abbildung 3 weist die deckenseitige Absaugung eine entscheidende Veränderung auf: unter die kreisrunden Absaugöffnungen der Ventilatorenschächte ist ein firstparallel verlaufender Kanal gesetzt worden, der an den Querseiten (senkrecht zur Bildebene) Schlitze aufweist. Damit werden die vereinzelter „Punktsenken“ der Ventilation zu einer langgezogenen „Liniensenke“ umfunktioniert. Diese Maßnahme wirkt sich auf das Strömungsfeld im Stallraum aus. Es bilden sich bodennahe Rezirkulationszonen, die den direkten konvektiven Abtransport von luftfremden Stoffen aus dem Bodenbereich mindern. Durch die Abflachung des Konzentrationsgradienten wird auch der Stoffübergang reduziert.

Dieser ist durch seine Schlichtheit im Aufbau prädestiniert, prinzipielle Zusammenhänge aufzuzeigen, die den Abtransport und die Freisetzung von Stoffen im Bodenbereich mit den Sekundärquellen von Kot und Harn betreffen. Unter Beachtung der tierphysiologischen Erfordernisse von bestimmten Luftwechselraten muss es das Ziel sein, den konvektiven Stofftransport vom Bodenbereich in den Stallraum zu minimieren, so dass der Stofftransport im Wesentlichen diffusiv erfolgt. Ein Stofftransport quer zu den Stromlinien, angedeutet in Abbildung 4, ist nur durch turbulente Diffusion möglich, KRAUSE UND JANSSEN (1990).

Im Gegensatz zum Masthähnchenstall weist ein Mastschweinestall nicht allein durch die unterschiedliche Größe der Tiere, sondern auch durch die Buchtenbegrenzungen Versperrungselemente auf, die sich erheblich auf die Luftströmungen im Stallraum auswirken; man macht massiv beim Einsatz von sog. Türgang-Lüftungen davon Gebrauch.

Für die zu reaktivierende Stallanlage der Mastschweineproduktion waren zunächst Stallabteile in der Planung, die mittig im Boden durch einen Zuluftkanal gekennzeichnet sind. Es handelt sich um einen von den Güllekanälen getrennt angeordneten Kanal, der keinerlei Verbindung zu diesen hat, wohl aber, je nach Schaltung für Sommer- oder Winterbetrieb, zum Außen- oder Dachbereich. Die Luft wird über Absaugkanäle, die in den Winkeln der Seitenwände und der Stalldecke montiert sind, aus dem Bodenkanal durch den Stall – somit über die Tiere und die emissionsträchtigen Bodenflächen – gesogen. Um den Strömungsverlauf „sichtbar“ werden zu lassen, werden masselose Partikel eingebracht und deren Bahnlinien festgehalten, siehe Abbildung 5. Dieses Konzept ist erweitert worden. Baurealität wurden Stallabteile, wie sie in ihrer Lüftungstechnischen Funktion in Abbildung 6 gezeigt sind.

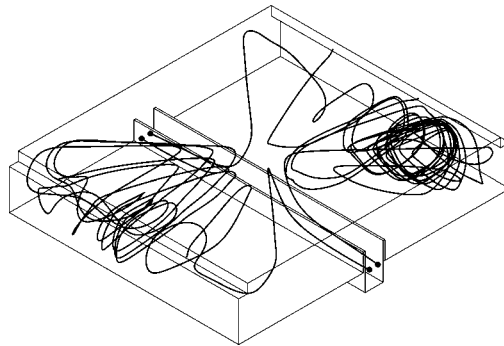


Abb. 5: Bahnlinien von vier Partikeln, die im Boden eines Stallabteils freigesetzt worden sind. Sie bewegen sich im Kanal zur Stallmitte hin, werden über die Buchtenbegrenzung so angehoben, dass sie diagonal in die Stallecken gelangen, auf schraubenartigen Wegen durch die Buchten laufen, um dann von dort über die rechts und links angeordneten Deckenkanäle abgesaugt zu werden. Die Partikel können z.B. als Luftballen interpretiert werden, die auf ihren Wegen durch den Stall u.a. auch mit luftfremden Stoffen angereichert werden.

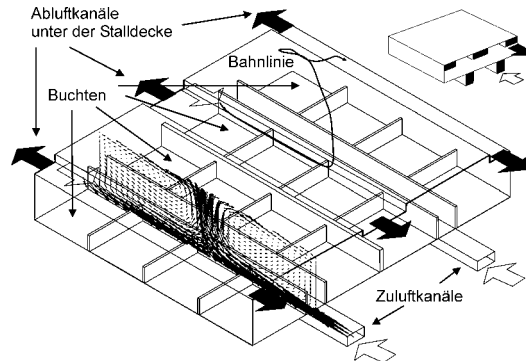


Abb. 6: Vektorplot der Luftgeschwindigkeiten in einer vertikalen Ansaugenebene und Bahnliniendarstellung einer Partikel. Das Stallabteil weist zwei Zuluftkanäle im Bodenbereich und drei Absaugkanäle unter der Stalldecke auf.

4 Zusammenfassende Wertung

Simulationen von Raumströmungen zum Zwecke der Lüftungsverbesserung und zur Einschränkung von Sekundäremissionen werden in der Tierproduktion nur zögerlich eingesetzt, obschon ein Minderungspotenzial in der Größenordnung von 20 bis 30 % in der Freisetzung von Ammoniak und Geruchsstoffen besteht. Eine verbesserte Lüftungstechnik ist folglich ein probates Mittel zur Emissionsminderung.

Literatur

- KRAUSE, K-H.; LINKE, S. (2002): Wohin mit der Stallluft? Landtechnik 57, H.1, 6
- SEEDORF, H.; HARTUNG, B. (2002): Stäube und Mikroorganismen in der Tierhaltung. KTBL-Schrift 393
- KRAUSE, K-H.; JANSSEN, J. (1990): Measuring and simulation of the distribution of ammonia in animal houses. In: Roomvent '90. Proceedings. Engineering aero- and thermodynamics of ventilated room. Second International Conference, Oslo 13./15. Juni 1990: C-7-1-12

Sauen in Gruppenhaltung – Baukostenvergleich unterschiedlicher Aufstallungsverfahren

Breeding Pigs in Group Housing – Comparison of Construction Costs for Different Housing Processes

JÜRGEN GARTUNG

Jürgen Gartung, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Sauenhaltung, Neubau, Baukosten, Fütterungsverfahren, Gruppenhaltung
Keywords: breeding pig husbandry, new building, construction costs, feeding processes, group housing

Zusammenfassung

Zur Verbesserung der Haltungsbedingungen für niedertragende Sauen im Wartestall werden in der Praxis zunehmend Gruppenhaltungsverfahren eingeführt. Es wurde untersucht, welcher Investitionsbedarf beim Neubau derartiger Ställe zu erwarten ist. Dazu wurden umfangreiche Erhebungen in Praxisbetrieben durchgeführt. Die abgeleiteten Planungs- und Baukostendaten konnten anschließend nach dem Baukosten-Verbundsystem des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL aufbereitet werden. Das Ergebnis zeigt, dass Stallgebäude für Gruppenhaltungsverfahren sogar kostengünstiger herzustellen sind, als Ställe mit Kastenständen. Eine wichtige Rolle bei der Gruppenhaltung tragender Sauen spielt das Fütterungssystem. Die computergesteuerten Stationen mit Einzeltiererkennung zur tierindividuellen Fütterung erfordern höhere Investitionen, als Futterautomaten zur Sattfütterung.

Summary

Group husbandry systems are increasingly being used to improve the housing conditions for sows in waiting compartments late in pregnancy. The anticipated investment needs for the new constructions of such stalls was studied. Extensive surveys were conducted on test farms for this purpose. Derived planning and construction costs data could then be derived the coding to the construction costs compound system which was introduced by the institute for Production Engineering and Building Research of the FAL. The results show that stable buildings for group husbandry processes can be constructed more economically than stables with box compartments. The feeding system plays an important role in the group husbandry of pregnant sows. The computer controlled stations with individual animal recognition for animal specific feeding require higher investments than feed automats for full feeding.

1 Problemstellung

Der größte Teil der Ferkelerzeuger hat Kastenstände zur Einzelhaltung der Tiere im Deck- und Wartestall im Einsatz. Die Gruppenhaltung wird aber zunehmend in die Praxis eingeführt. Neue rechtliche Rahmenbedingungen beschleunigen diese Entwicklung. Bei Neubaumaßnahmen stellt sich die Frage, ob der Investitionsbedarf bei Ställen für die Gruppenhaltung gegenüber herkömmlichen Lösungen mit Kastenständen höher ist.

2 Aufgabenstellung

Um die Wirtschaftlichkeit alternativer Gruppenhaltungsverfahren einordnen zu können, werden nicht nur Kennwerte zum Arbeitszeitbedarf und Leistungskennzahlen der Tierproduktion, sondern auch Baukostendaten benötigt.

3 Methode

Das Baukosten-Verbundsystem des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL bildet die Basis für die Zusammenstellung von Kostenkennwerten. Es ermöglicht die Aufbereitung der Baukosten sowohl nach Kostenblöcken, als auch nach Kostengruppen, Grobelementen und Gebäudeelementen.

4 Durchführung der Arbeiten

Beim Bundeswettbewerb „Landwirtschaftliches Bauen 2001/2002“ des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft ging es um „Sauen in Gruppenhaltung“. Neben zahlreichen Bewertungskriterien zur Tierhaltung, zur Tiergesundheit, zur Hygiene, zu Umweltwirkungen sowie zur Arbeit und Betriebsführung, war auch die Wirtschaftlichkeit zu beurteilen.

Die Gebäudekosten spielten in dem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Sie verursachen in der Regel 10 % bis 20 % der Produktionskosten und enthalten die jährlichen Aufwendungen aus der Gebäudeerstellung (Kapitalkosten und Abschreibung) und der Gebäudenutzung (Steuern, Versicherungen, Betriebskosten und Bauunterhaltungskosten).

Der größte Anteil der baulichen Jahreskosten resultiert aus den Baukosten, die für die Herstellung des Bauwerks und der baulichen Anlagen aufgebracht werden müssen. Sie ermöglichen deshalb auch für sich allein genommen wichtige Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der Baumaßnahme.

Zur Beurteilung der zum Wettbewerb eingereichten Baulösungen hatten die Teilnehmer detaillierte Kostenaufstellungen einzureichen. Im Rahmen von Besichtigungen einiger dieser Betriebe konnten die Daten durch Einsicht in Abrechnungen und Auskünfte der Architekten und Betriebsleiter ergänzt werden.

Auf diese Weise hatte der Verfasser, der Mitglied der Bundesprüfungskommission war, Einsicht in 30 Abrechnungen von gebauten Stallanlagen. Zur Einordnung der Erkenntnisse wurden die Baukostendaten mit den Kostenkennwerten des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung verglichen.

5 Ergebnisse

In Abbildung 1 ist der Investitionsbedarf pro Tierplatz im Wartestall dargestellt. Die obere Kurve zeigt den Kostenverlauf für Ställe mit Kastenständen, wie sie bis vor kurzem Standard waren. Wenngleich Ställe mit dieser Aufstellungsart zukünftig bei Neubauten offensichtlich keine Bedeutung mehr haben werden, sind sie hier zur Einordnung der Gruppenhaltungsverfahren aufgeführt.

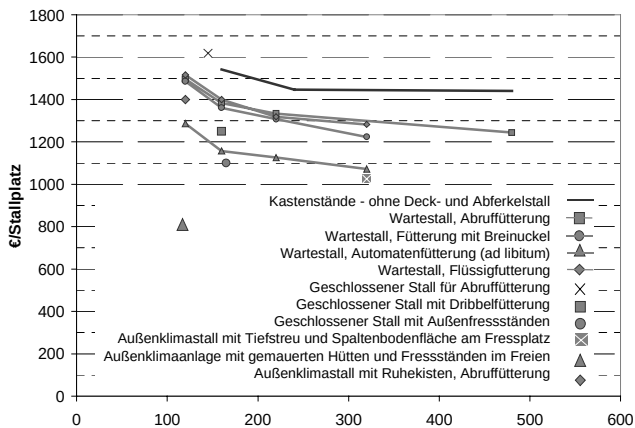


Abb. 1: Investitionsbedarf für verschiedene Warteställe in € pro Tierplatz

Abbildung 2 zeigt Grundriss und Gebäudequerschnitt eines Stalles, dessen Wartestallbereich, im Bild rechts vom zentralen Versorgungsgang, auf Vorschlag der Bundesprüfungskommission ausgezeichnet wurde. Der Wartestallraum bietet Platz für ca. 145 niedertragende Sauen. Die Herde ist in 4 Gruppen unterteilt. Für jede Gruppe steht eine Abruffütterung zur Verfügung. Die Laufflächen über flachen Güllekanälen sind mit Beton-Spaltenbodenelementen hergestellt. Im Liegebereich ist die Bodenfläche geschlossen. Je 18 Liegekessel in der Größe von 2,20 x 2,20 m sind an den Längswänden angeordnet. Die Bauausführung mit massiven Mauerwerkswänden, Holz-Dachbindern und Eindeckung mit Faserzementwellplatten sowie Deckendämmung aus Hartschaumplatten entspricht dem heutigen Standard und ist mit den FAL-Modellen vergleichbar.

Der Kostenkennwert für den Bereich des Wartestalles mit computergesteuerten Stationen mit Einzeltiererkennung zur tierindividuellen Fütterung, wie in Abbildung 2 dargestellt, wurde in Höhe von 1 600 Euro/Stallplatz ermittelt. Er ist in die grafische Darstellung von Abbildung 1 eingetragen und als „Geschlossener Stall mit Abruffütterung“ gekennzeichnet.

Ohne Berücksichtigung der „Extras“, wie weiter Dachüberstand und aufwendige Lüftung läge der Kostenkennwert etwa auf der zweiten Kostenkurve von oben. Die Kostenkennwerte für 120, 160, 220 und 480 Tierplätze im Wartestall wurden auf der Basis des Stalltyps gemäß Abbildung 1 berechnet.

Würde man anstelle der Abruffütterungen für die gleichen Ställe und Bestandsgrößen Flüssigfütterungen an Einzelfressplätzen oder Breifutterautomaten einsetzen, wären die Investitionen etwa gleich groß.

Durch den Einsatz von Futterautomaten zur Sattfütterung lassen sich gegenüber den vorgenannten Techniken pro Stallplatz etwa 200 Euro einsparen. Die Vorteile durch geringere Investitionen gegenüber technischen Anlagen zur rationierten Fütterung werden aber durch höhere Futterkosten infolge von Mehrverzehr schon nach kurzer Nutzungsdauer ausgeglichen.

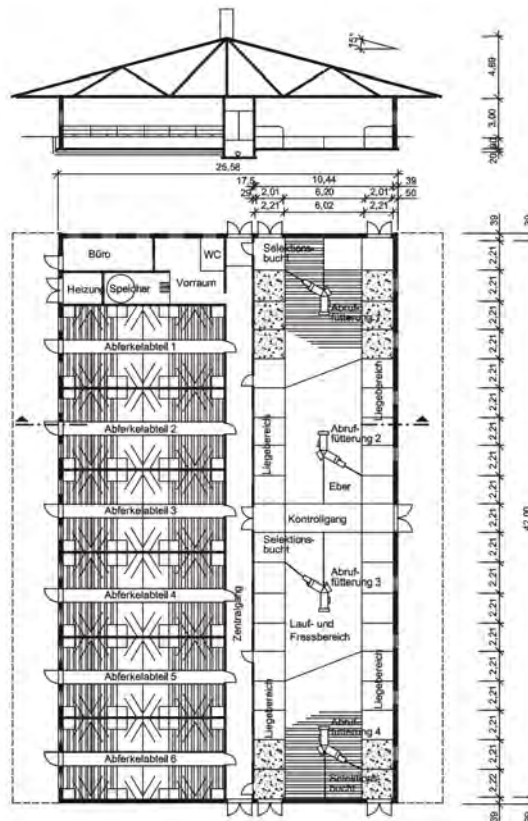


Abb. 2: Betrieb Jahn – Wartestall mit computergesteuerten Stationen und Einzeltiererkennung

In Abbildung 3 ist ein Stallgebäude dargestellt, bei dem der Wartestall aus mehreren Funktionsbereichen besteht. Es sind 4 Großbuchten eingerichtet. Sie werden tief mit Stroh eingestreut. Die Fressplätze sind 1,50 m höher angeordnet und befinden sich Güllekanälen. Die Tiere erreichen die Lauf- und Fressebene über Betontreppen. Seitlich angelegt sind überdachte Auslaufflächen. Der Wartestall bietet Platz für 200 Sauen. Die Auswertung ergab, dass jeder Stallplatz 800 Euro gekostet hatte. Der Kostenkennwert ist in Abbildung 1 unter der Bezeichnung „Außenklimastall mit Tiefstreu und Spaltenbodenfläche am Fressplatz“ dargestellt.

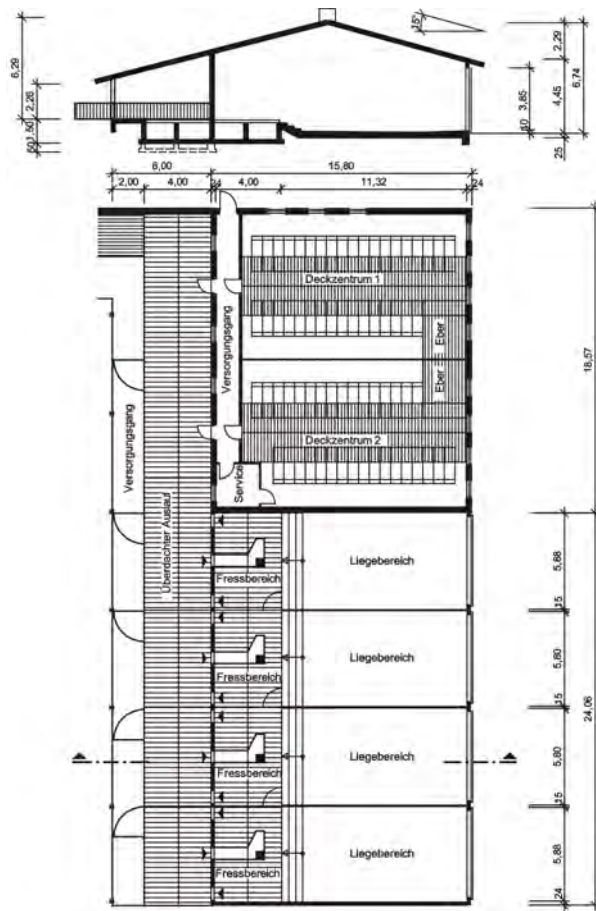


Abb. 3: Betrieb Lindenbuß – Wartestall mit mehreren Funktionsbereichen

In Abbildung 4 ist der Neubau eines Wartestalles als Anbau an ein vorhandenes Gebäude dargestellt. Es handelt sich um einen Außenklimastall in Leichtbauweise. Im Stall sind 24 Ruhekisten aufgestellt. Sie bieten Platz für insgesamt 120 niedertragende Sauen. In den Kisten sind die Liegeflächen mit Gummimatten ausgelegt. Die Laufgänge aus Beton-Spaltenbodenelementen befinden sich über Güllekanälen. Zur Sauenfütterung sind 2 Abrufstationen im Altgebäude aufgestellt. Der Kostenkennwert für diese Lösung beträgt 1 400 Euro/Stallplatz. Für Warteställe mit Abruffütterungsstationen ist dieser Wert vergleichsweise niedrig. Grund dafür sind Kosteneinsparungen durch Mitnutzung eines vorhandenen Gebäudes gegenüber einer kompletten Neubaulösung. Das Symbol des Kostenkennwertes in Abbildung 1 ist unter der Bezeichnung „Außenklimastall mit Ruhekisten, Abruffütterung“ zu finden.

Weiterhin war eine neu gebaute Hüttenanlage für 120 tragende Sauen mit Einzelfressständen unter freiem Himmel zu beurteilen. Sie wurde aus verschiedenen Gründen nicht

als prämiierungswürdig eingestuft, stellte sich aber als kostengünstigste aller zum Wettbewerb eingereichten Lösungen heraus. Der Kostenkennwert beträgt 800 Euro/Tierplatz.

Die Spannweite der Baukosten je Tierplatz, die in Abbildung 1 aufgetragen ist, reicht bei Neubaulösungen von 800 bis 1 600 Euro. Aufgrund der Kostendegression ist zu vermuten, dass Ställe für weniger als 120 Tiere entsprechend teurer werden.

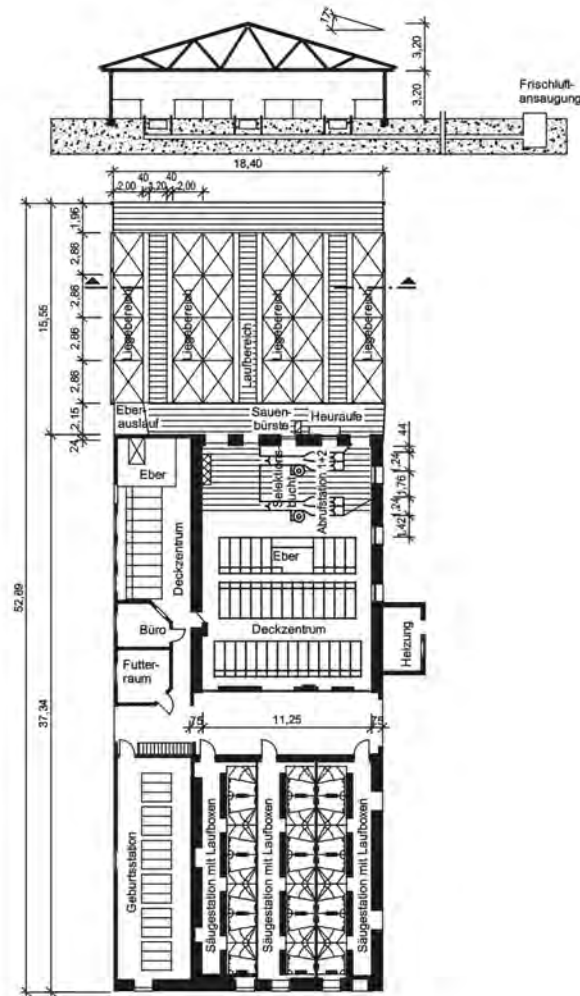


Abb. 4: Betrieb Gindele – Außenklimastall als Anbau an ein vorhandenes Gebäude für 120 tragende Sauen

Literatur

GARTUNG, J.; HEIER, J.; Sauen in Gruppenhaltung. Bauliche Konzepte und Baukosten. KTBL-Schrift

Untersuchungen zu Auswirkungen der Dachflächen- und Wandgestaltung auf Temperaturentwicklungen im Gebäude

Investigations to the Influence of Roof- and Wallconstructions on the Temperature Development Inside of Buildings

KARL-WILHELM HAAKE, FRANZ-JOSEF BOCKISCH

Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Stallklima, Wärmedurchgang, sommerlicher Wärmeschutz, Stallgebäude
Keywords: stable indoor climate, heat transfer, summerly heat protection, stable

Zusammenfassung

Dem sommerlichen Wärmeschutz von Ställen wird eine viel zu geringe Bedeutung beigemessen. Der Wärmeeintrag über die Hüllflächen eines (Stall-) Gebäudes hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die herrschende Innentemperatur und damit auf das Lüftungsverhalten und das Wohlbefinden der Tiere. Ausschlaggebend für den Wärmedurchgang ist die Oberflächentemperatur des Daches und der Außenwände. Material- und Farbauswahl, Konstruktionsaufbau und Himmelsrichtung sind wichtige Einflussfaktoren, die sinnvoll zur Regulierung der Innenraumtemperatur genutzt werden können.

Eine in der FAL Braunschweig durchgeführte Versuchsanstellung gibt Aufschluss über den Temperaturverlauf innerhalb einer Außenwand und den Einfluss der Sonnenstrahlung auf die Oberflächentemperaturen unterschiedlicher Baustoffe.

Summary

There is only less attention on the summerly heat protection of stables, but the summer heat entry through the cladding surfaces has an important influence on the inside temperature and therefore on the health of the animals. Not the air temperature but the surface temperature of walls and roofs is determining for the heat transfer. The well done choice of colours and materials is important for the surface temperatures and also for the climate inside.

An experiment in the FAL shows the real temperature progress in a wall construction of a more-shelled outside wall, measured and compared with the theoretical calculation following DIN 4108.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

Nutztiere haben unterschiedliche Klimaansprüche an ihre Haltungsumgebung. Das Temperaturspektrum für Rinder, Pferde und Schafe ist relativ groß, während z. B. Mastschweine ihre optimale Leistung nur in einem recht eng umgrenzten Temperaturbereich erzielen.

Diesen Vorgaben entsprechend werden auch heute noch die Mehrzahl aller Stallgebäude errichtet: Rinderställe nicht gedämmt und mit freier Lüftung, Mastschweineställe gedämmt, mit massiven Außenwänden und mechanischer Lüftung. In beiden Fällen wird das Stallklima sowohl im Sommer, als auch im Winter in wesentlichen Teilen durch die Konstruktion der Hüllflächen bestimmt; Material- und Farbwahl sind dabei von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Während bei gedämmten Ställen für die Heizperiode noch gelegentlich eine Energiebilanz/Berechnung des Wärmehaushaltes (DIN 18 910; AEL Berechnungs- und Planungsgrundlagen) aufgestellt wird, bleibt der sommerliche Wärmeschutz fast immer ohne Berücksichtigung.

2 Durchführung der Untersuchung und Ergebnisse

2.1 Dacheindeckung

Zur Ermittlung des sommerlichen Wärmeeintrags über die nicht gedämmte Dachfläche wurden in mehreren Versuchsanstellungen Faserzement-Wellplatten und Metalleindeckungen mit unterschiedlicher Farbgebung auf ihre Oberflächentemperaturen in Abhängigkeit von der geographischen Ausrichtung überprüft. Anhand eines drehbaren Zeltdaches konnte unter Verwendung von Infrarot-Thermofühlern und NiCr-Ni-Sensoren die äußere und innere Oberflächentemperatur gemessen werden. Je nach verwendetem Material und Ausrichtung der Dachflächen kommt es im Sommer zu Temperaturdifferenzen von mehr als 30 K (Abb. 1).

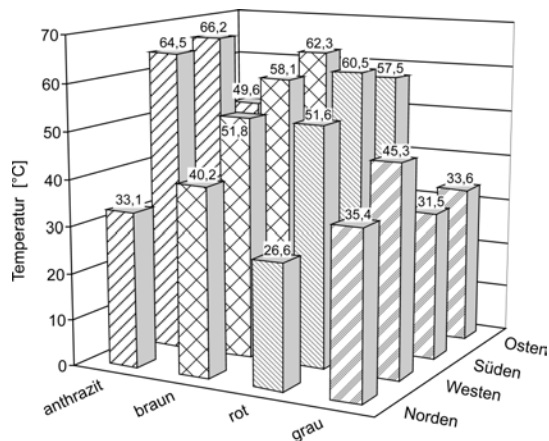


Abb. 1: Gemessene Höchsttemperaturen auf der Oberfläche von Faserzement-Wellplatten
Measured maximum temperatures on the surface of corrugated roofing sheets

2.2 Zweischalige, massive Außenwand mit Kerndämmung

An der Südfassade eines in herkömmlicher Bauweise erstellten Mastschweinestalles wurde mit Hilfe von Temperaturfühlern aus NiCr-Ni Thermodraht an den inneren und äußeren Wandoberflächen sowie den Trennflächen innerhalb der Konstruktion (Abb. 2) der „tatsächliche Temperaturverlauf“ gemessen und im 5-Minuten-Rhythmus in einem Datenlogger aufgezeichnet. Wegen der besseren Zugänglichkeit zur installierten Messtechnik und um keine Verfälschung der Messergebnisse durch die Wärmeabgabe der Tiere zu erhalten, wurden diese Daten an der Außenwand eines nicht mit Mastschweinen belegten Raumes erfasst. Allerdings zeigen sich geringfügige Auswirkungen der Wärmeübergänge der anderen drei Hüllflächen, nämlich Ostfassade, Westfassade und Dachaufbau, die die grundsätzliche Aussage aber nicht infrage stellen.

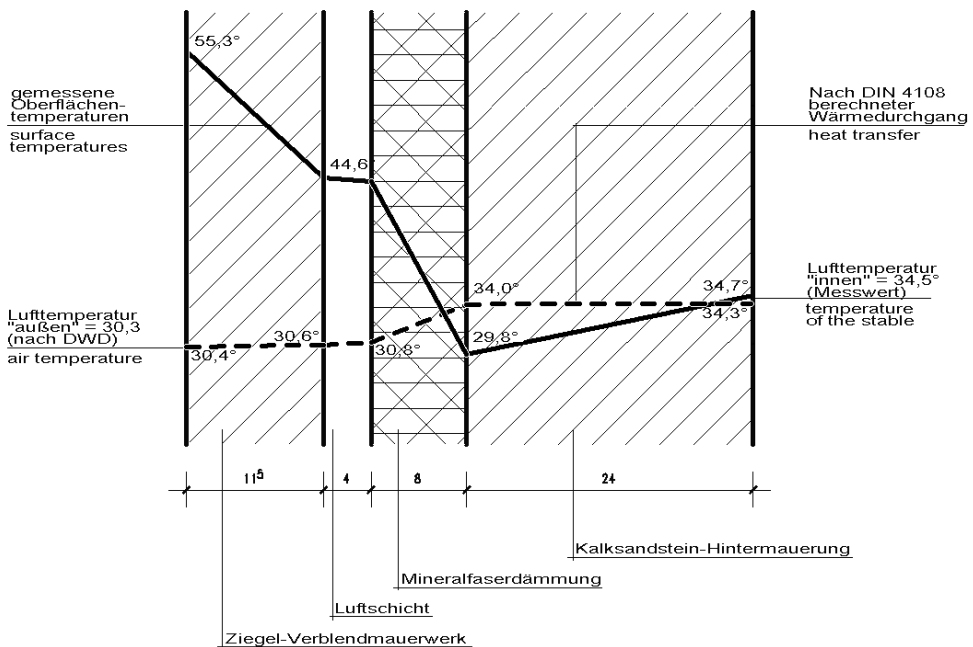


Abb. 2: Zeichnerische Darstellung des gemessenen und des rechnerischen Temperaturverlaufs (nach DIN 4108, bei vorgegebener Innentemperatur) in der Außenwand eines herkömmlichen Mastschweinestalles
Drawed presentation of the measured and the calculated temperature development (in use of DIN 4108, by given inside temperature) in the outside wall of a conventionell fattening pig stable

Zur Erläuterung und Demonstration der Temperaturamplitudendämpfung innerhalb des mehrschaligen Wandaufbaus werden hier exemplarisch „zwei warme Tage“ im Monat August des Jahres 2001 herausgegriffen, die hinsichtlich der Temperaturwerte und des Temperaturverlaufes für den Zeitraum Mai bis Oktober durchaus als typisch bezüglich ihrer Aussagefähigkeit zu bezeichnen sind (Abb. 3).

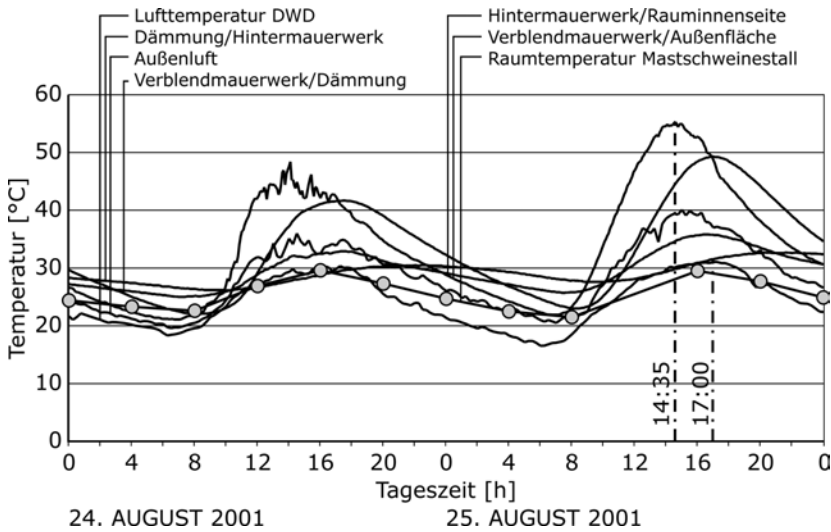


Abb. 3: Liniendiagramm der Oberflächen- und Trennschichtentemperaturen der Außenwand eines in herkömmlicher Bauweise errichteten Mast Schweinestalles über den Zeitraum von 48 Stunden
 Lines diagram of the surface- and dividing area temperatures of the outside wall of a conventionell way raised fattening pig stable over a period of 48 hours

Die Temperaturverläufe an der Oberfläche der Außenwand, der Trennfläche Verblendmauerwerk/Luftschicht, der Trennfläche Dämmung/Hintermauerwerk und der inneren Wandoberfläche sind als Liniendiagramm dargestellt und zeigen deutlich die Verschiebung des Temperaturverlaufes beim Wärmedurchgang der untersuchten Außenwand. Die geringsten Tag-Nacht-Schwankungen finden an der Trennschicht Wärmedämmung/Hintermauerwerk (Glaswolle WLG 040, d = 80 mm; Kalksandvollstein 2.0) statt.

Als vergleichende Parameter sind die im Schatten in Gebäudenähe gemessene Lufttemperatur, die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) für den Bereich Braunschweig (Anmerkung: wird auf dem Gelände der FAL gemessen) angegebene Lufttemperatur sowie die Stallinnentemperatur eingezeichnet.

Für eine Wärmedurchgangsberechnung würde die vom Deutschen Wetterdienst für den 25. August mit 31,1 °C als Höchstwert angegebene Außenlufttemperatur von 17:00 Uhr zugrundegelegt werden. Im gegebenen Fall beträgt die um 14:35 Uhr auf der Südseite des Gebäudes gemessene höchste Oberflächentemperatur im Tagesverlauf jedoch 55,3 °C. In die Berechnung würde also ein um 24,2 K zu niedriger Wert eingehen.

Von Bedeutung sind die „Schnittpunkte“ der Linien von Außenlufttemperatur und Innenwandoberfläche mit der Aussage, dass im Zeitraum von ungefähr 10:00 Uhr bis gegen 20:00 Uhr die, die Raumtemperatur beeinflussende, Oberflächentemperatur der Innenwand unterhalb der Außenlufttemperatur liegt; folglich kann nur der Zeitraum von 20:00 Uhr abends bis 10:00 Uhr morgens sinnvoll zu einer Abkühlung der Raumluft herangezogen werden. Wie bereits erwähnt, blieb die Wärmeabgabe der Tiere unberücksichtigt.

Zeit	Luft- temperatur DWD	Außenluft (gemessen)	Verblend- mauerwerk/ Außenfläche	Verblend- mauerwerk/ Luftsicht	Dämmung/ Hinter- mauerwerk	Hinter- mauerwerk/ Rauminnenseite
6:00:00	16,5 °C	21,0 °C	22,3 °C	24,7 °C	28,6 °C	26,2 °C
6:20:00	16,6 °C	20,3 °C	22,0 °C	24,3 °C	28,4 °C	26,1 °C
6:55:00	17,1 °C	20,4 °C	21,9 °C	23,7 °C	28,2 °C	25,9 °C
7:35:00	17,9 °C	21,1 °C	22,3 °C	23,3 °C	28,0 °C	25,7 °C
8:15:00	19,2 °C	21,3 °C	24,1 °C	23,0 °C	27,8 °C	25,8 °C
9:50:00	22,8 °C	27,0 °C	32,8 °C	24,7 °C	27,6 °C	27,1 °C
14:35:00	30,1 °C	38,7 °C	55,3 °C	44,6 °C	29,8 °C	34,7 °C
16:05:00	30,9 °C	41,2 °C	52,6 °C	48,6 °C	30,9 °C	35,7 °C
16:30:00	31,0 °C	38,0 °C	50,8 °C	49,1 °C	31,2 °C	35,8 °C
17:00:00	31,1 °C	37,0 °C	48,7 °C	49,3 °C	31,5 °C	35,7 °C
20:35:00	27,1 °C	31,6 °C	36,8 °C	42,6 °C	32,7 °C	33,0 °C

Abb. 4: Tabelle der am 25. August 2001 an den Oberflächen und Trennflächen gemessenen Höchst- und Tiefsttemperaturen

Table of the maximum and minimum temperatures measured at the 25th of . august 2001 on the surface and the deviding areas

3 Diskussion und Schlussfolgerung

Sinn und Zweck der Versuchsanstellung war es,

- erstens die Temperaturunterschiede zwischen der Außenluft und der Oberflächen-temperatur des Bauteils – Dach oder Wand – sowie
- zweitens die Temperaturamplitudendämpfung und die Phasenverschiebung innerhalb des Wandaufbaus im gegebenen Fall festzustellen.

Die Auswertung der Messergebnisse zeigt deutlich, dass die auf der DIN 4108 aufbauenden Berechnungen, die von der „meteorologischen Lufttemperatur“ ausgehen, den tatsächlichen Temperaturverlauf im Wandgefüge nicht widerspiegeln und damit zwangsläufig fehlerhafte Grundlagen für die Auslegung der Lüftungsanlage schaffen. Die Ursache für diesen Mangel liegt darin begründet, zur Vereinfachung des Rechenganges, aus einem dynamischen Ablauf einen statischen Zustand machen zu wollen. Sicherlich lässt sich das einfacher rechnen, aber eine „Momentaufnahme“ entspricht nicht einem 24-Stunden-Tageszyklus; ebenso wenig wie der einmal rechnerisch ermittelte Zustand „Tauperiode“ und „Verdunstungsperiode“ nicht dem tatsächlichen Geschehen im Ablauf eines ganzen Jahres. Nicht die Außenlufttemperatur, sondern vielmehr die durch Sonneneinstrahlung beeinflusste Wandoberflächentemperatur ist ausschlaggebend für den Temperaturhaushalt des Gebäudes.

In Kenntnis dieser Forschungsergebnisse sollte dem sommerlichen Wärmeschutz bei der Planung von (Stall-) Gebäuden sicherlich ein höherer Stellenwert beigemessen werden. Alle Hüllflächen beeinflussen den Wärmehaushalt eines Bauwerks. Durch geschickte und überlegte Materialauswahl und entsprechenden Konstruktionsaufbau kann die Aufwärmung des Innenraumes deutlich beeinflusst, zumindest verzögert werden. Die Farbgestaltung spielt in diesem Kontext eine wichtige Rolle.

Es sollte zudem überlegt werden, ob eventuell durch ein „angepasstes Lüftungsverhalten“ (Regelungsprogramm) die Stallinnentemperatur und die wärmeabstrahlende Innenwand positiv beeinflusst sowie die „Speicherwirkung“ schwerer Baustoffe sinnvoll genutzt werden können, da die höchste Innentemperatur zu einer Zeit erreicht wird, wenn die Außentemperatur bereits wieder abgesunken ist.

Gilt es bei mechanisch gelüfteten Stallgebäuden durch planerisch-konstruktive Maßnahmen den Lüftungsaufwand und damit Bau- und Unterhaltungskosten zu beeinflussen, so kann bei Ställen mit freier Lüftung, deren Abluftwirkung zum großen Teil auf dem Prinzip der Thermik beruht, durch überlegte Wahl des Materials, der Farboberfläche und der geographischen Ausrichtung die Aufheizung der Stallluft in den Sommermonaten auf ein tolerierbares Maß reduziert werden.

Literatur

DIN 4108, Teil 2, Teil 6, Teil 9, Entwurf vom 10.10.1999

DIN 18 910, Wärmeschutz im Hochbau, Ausgabe 1992

AEL, Berechnungs- und Planungsgrundlagen für das Klima in Schweineställen

Computergestützte Milchproduktion – Möglichkeiten und Chancen

Computer-aided Milk Production – Possibilities and Chances

REINER DOLUSCHITZ, CHRISTOPH MORIZ

Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

Schlüsselwörter: Milchviehhaltung, Herdenmanagement, Kostenrechnung, Kontrolle
keywords: milk production, herd management, costing, controlling

Zusammenfassung

Durch den Strukturwandel bedingt wachsende Bestandsgrößen bei gleichzeitig steigenden Milchleistungen konfrontieren die Milchviehhalter zunehmend mit erhöhten Anforderungen im Bereich des Herdenmanagements. Zudem bedingen wirtschaftliche Zwänge und daraus resultierend bereits rein ökonomische Überlegungen vermehrt eine Wirtschaftlichkeitskontrolle des Betriebszweiges Milchproduktion an dafür geeigneten Kontrollobjekten und Kontrollzeitpunkten.

Am Beispiel eines Produktionssystem, das sich durch den umfassenden Einsatz rechnergestützter Produktionstechnik und damit verbunden durch ein intensives Herdenmanagement auszeichnet werden Möglichkeiten aufgezeigt, die im Rahmen von Controllingmaßnahmen einen entscheidenden Beitrag leisten und damit den Betriebsleiter sinnvoll unterstützen können.

Darüber hinaus wird außerdem darauf eingegangen, inwiefern ein derartiges Produktionssystem aus Sicht von Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutz zu beurteilen ist.

Summary

Caused by increasing herd sizes and simultaneous increasing milk yield dairy farmers are confronted with higher requirements in the field of herd management. There are also economical enforcements which are making controlling and costing more and more necessarily.

At the example of a computer aided milk production should be demonstrated to what extent such kind of production system is able to provide an operation manager first off all in the range of management activities. Likewise there should be an expand on how to value a computer-based production system in behalf of protection of animals, environmental protection and consumer protection.

1 Einleitung

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erschweren es zunehmend auch langfristig eine erfolgreiche und rentable Milchproduktion zu gewährleisten. Daher wird es zukünftig auch erforderlich sein, den Betriebszweig Milchproduktion nicht mehr ausschließlich in seiner Gesamtheit, sondern unterteilt in einzelne Tiere bzw. in verschiedene partielle Aspekte (z. B. Fütterung) einer Controllingmaßnahme zu unterziehen.

Diesen zusätzlichen Mehraufwand an Arbeit lässt sich für den Betriebsleiter bzw. die damit beauftragten Beratungseinrichtungen in der Regel nicht ohne entsprechende Unterstützung in den Bereichen Datenerfassung, Datenaufbereitung und Datenauswertung bewerkstelligen. Ohnehin ist das Vorhandensein einer geeigneten Datenbasis auf den einzelnen Kontrollebenen Grundvoraussetzung für Auswertungen der jeweiligen Teilaspekte.

2 Grundlagen

Der umfassende Einsatz rechnergestützter Verfahrenstechnik bietet in Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Kontrollbedarf eine Vielzahl von Optionen bis hin zur vollautomatisierten Datenaufzeichnung. Kommen darüber hinaus Herdenmanagementprogramme mit den entsprechenden Auswertungsmöglichkeiten zum Einsatz, kann der Betriebsleiter vor allem im Bereich von Managementaufgaben sinnvoll unterstützt werden (DOLUSCHITZ 1997).

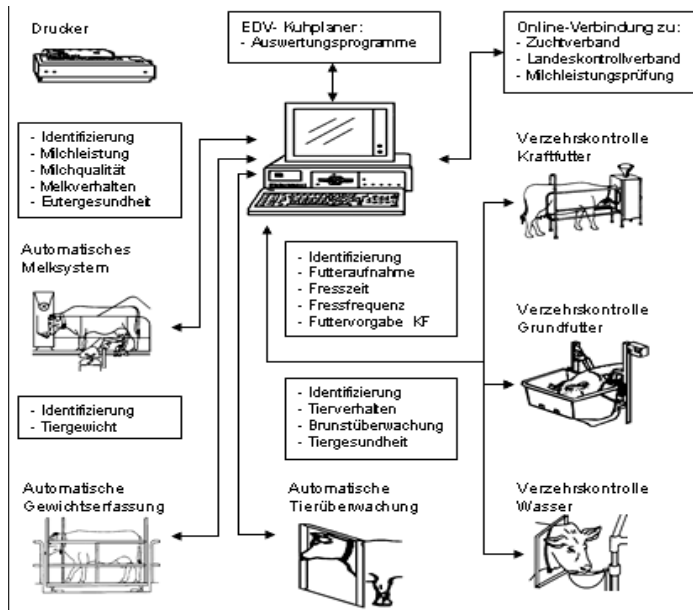


Abb. 1: Computergestützte Milchviehhaltung

Werden Elemente beider Bereiche kombiniert, entsteht letztendlich ein Produktionssystem, wie es in Abbildung 1 dargestellt ist [vgl. SCHÖN und WENDL 2000, WENDL und KLINDT WORTH 2000]. Nachfolgend wird aufgezeigt, inwiefern ein derartiges Produkti-

onssystem im Rahmen von Controllingmaßnahmen nutzbar gemacht werden kann. Neben diesen rein ökonomischen Überlegungen soll außerdem ein Ausblick dahingehend erfolgen, welchen Beitrag eine computergestützte Milchproduktion vor allem vor dem Hintergrund vermehrter Aufzeichnungspflichten hinsichtlich des Verbraucherschutzes zu leisten vermag (BRUNSCH et al. 2001). In diesem Zusammenhang sollen darüber hinaus auch Aspekte des Tier- und Umweltschutzes angesprochen werden.

3 Material und Methoden

Grundlage für die verschiedenen Auswertungen bildete die Datenbasis der Versuchstation I der Universität Hohenheim (Meiereihof). Bereits seit 1990 ist hier ein Produktionssystem in Betrieb, welches sich durch eine umfassende Prozess(teil)automatisierung auszeichnet und mit der in Abbildung 1 dargestellten computergestützten Milchproduktion durchaus zu vergleichen ist.

Für die Kalkulation einzeltierspezifischer Wettbewerbsparameter erfolgte zunächst eine Unterteilung der gesamten Milchviehherde in einzelne Tiere. Die anschließenden Berechnungen wurden nachfolgend auf Basis von Teil- und Vollkostenrechnungen durchgeführt.

Neben dieser Unterteilung wurde des Weiteren der gesamte Produktionsprozess in verschiedene partielle Aspekte (z. B. Fütterung, Bestandsergänzung) aufgegliedert, um auch diese unterschiedlichen Gesichtspunkte anhand von Kosten-Nutzen-Analysen einer Wirtschaftlichkeitskontrolle unterziehen zu können.

Zusätzlich zu diesen rein ökonomischen und daher vornehmlich monetär zu bewertenden Teilaspekten wurde innerhalb von Nutzwertanalysen untersucht, inwieweit ein derartiges Produktionssystem in der Lage ist, einen Beitrag zu Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutz zu leisten.

4 Ergebnisse

Nachfolgend wird auf die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungen und Bewertungen eingegangen. Dies sind im Einzelnen die tierindividuelle Datenerfassung und –auswertung, die quantitative Bewertung unterschiedlicher Teilaspekte des Produktionsprozesses Milchviehhaltung sowie die qualitative Beurteilung der Bereiche Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutz. Neben der ökonomischen Bewertung wird vor allem Letztere einen maßgeblichen Einfluss darauf haben, inwieweit ein derartiges Produktionssystem auch beim Konsumenten auf eine positive Resonanz stößt.

4.1 Tierindividuelle Datenerfassung und –auswertung

Die Notwendigkeit der Berechnung einzeltierspezifischer Wirtschaftlichkeitsparameter ergibt sich vor allem mit innerbetrieblich zu treffenden Selektionsentscheidungen. Unter der derzeit noch gegebenen Garantiemengenregelung für Milch ist es dabei von besonderem Interesse, diesen in der Regel nur begrenzt zur Verfügung stehenden Faktor mit dem größtmöglichen wirtschaftlichen Nutzen verwerten zu können (DOLUSCHITZ und FUNK 1993).

Voraussetzung für derartige Berechnungen ist die Erfassung aller wichtigen produktionstechnischen Daten der Milcherzeugung. Die tierindividuelle Kraftfütterzuteilung und Verzehrskontrolle ist in der landwirtschaftlichen Praxis seit langem bewährt, stellt aber nur ein Element der tierindividuellen Datenerfassung dar. Ebenso findet die automatische Erfassung der Milchmenge in der Praxis zunehmend Verbreitung.

Zusätzlich zu den genannten Elementen wurden des Weiteren auch die tierindividuellen Grundfutterverzehrsmengen erfasst. Die hierfür erforderliche Verfahrenstechnik ist allerdings mit sehr hohen Investitionen verbunden und beschränkt sich daher nach wie vor auf Versuchsbetriebe.

Einen ebenfalls nicht unerheblichen Anteil an den Produktionskosten nehmen die Aufwendungen für Besamung und Medikamente ein. Letztere konnten auf Basis der tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebefehle genauso tierindividuell beziffert werden wie die Ausgaben für das eingesetzte Sperma. Grundlage für die einzeltierspezifische Ermittlung der Spermakosten bildeten zum einen die Aufzeichnungen im EDV-Kuhplaner sowie zum anderen die Rechnungsbeträge für die einzelnen Spermaportionen.

Auf Grundlage der beschriebenen Datenbasis wurde für sämtliche im Bezugszeitraum (Milchwirtschaftsjahr 2001/02) durchgehend gehaltenen Kühe ein tierindividueller Deckungsbeitrag ermittelt. Dabei zeigte sich erwartungsgemäß, dass der Deckungsbeitrag in €/Kuh und Jahr mit zunehmender Milchleistung tendenziell ansteigt. Bezieht man den errechneten Deckungsbeitrag allerdings auf die erzielte Milchleistung, so wird deutlich, dass die Milchmenge nicht in jedem Fall einen eindeutigen Schluss auf die Wirtschaftlichkeit einzelner Tiere zulässt (Abb. 2, Abb. 3).

Erhebliche Differenzen bezüglich der Produktionskosten traten vor allem in Verbindung mit der Fütterung sowie den Aufwendungen für die Besamung und Medikamente auf. Bezogen auf ein kg Milch sind Tiere mit geringerer Leistung also durchaus in der Lage den gleichen wirtschaftlichen Nutzen zu erzielen als Hochleistungskühe. Im Rahmen der innerbetrieblichen Herdenselektion müssten unter Quotenbedingungen und der Voraussetzung, dass aufgrund von Alter, Krankheit oder Unfruchtbarkeit keine Tiere zu selektieren sind also diejenigen Tiere aussortiert werden, welche den Faktor „Garantiemenge“ am unwirtschaftlichsten, d. h. mit dem geringsten Deckungsbeitrag je kg Milch verwerten.

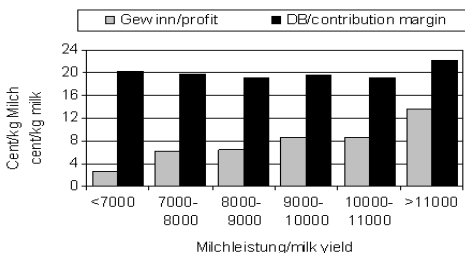


Abb. 2: Gewinn und DB (Cent/kg Milch)

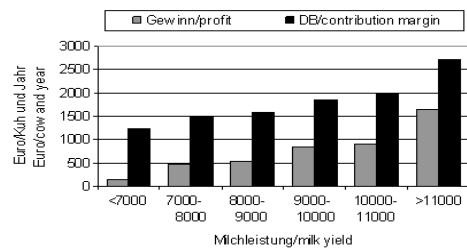


Abb. 3: Gewinn und DB (Euro/Kuh und Jahr)

Werden im Sinne einer tierindividuellen Vollkostenrechnung außerdem die Produktionsfaktoren „Arbeit“ und „Stallplatz“ mit berücksichtigt, verschiebt sich das Ergebnis wiederum deutlich zugunsten der Hochleistungskuh. Sowohl absolut in Euro je Kuh und Jahr als auch bezogen auf ein kg Milch zeigt sich der Gewinn eindeutig abhängig von der erzielten Milchleistung. Dies gilt unter der Annahme, dass die einzelnen Tiere grundsätzlich

dieselben Ansprüche an die genannten Faktoren stellen und sich somit die Festkosten innerhalb eines Produktionssystems in ihrer Höhe nicht unterscheiden.

Werden der zur Verfügung stehende Stallplatz bzw. die Arbeitszeit also zum knappen Faktor und müssen daher mit eingerechnet werden, wären die Selektionsentscheidungen wiederum anhand der erzielten Milchleistung zu treffen. Dies wäre zum Beispiel beim Stallneubau der Fall oder auch dann, wenn zur Arbeiterledigung zusätzliche Arbeitskräfte eingestellt werden müssten. Auch bei einer denkbaren ersatzlosen Streichung der Quotenregelung für Milch, d. h. beim Wegfall des knappen Faktors „Garantiemenge“ wäre dies so zu handhaben.

4.2 Bewertung unterschiedlicher Teilaspekte

Neben der Kostenrechnung auf Einzeltierebene bietet ein computergestütztes Produktionssystem mit der entsprechenden Datenerfassung, -aufbereitung und -auswertung darüber hinaus die Möglichkeit, den Produktionszweig Milchviehhaltung auch unterteilt in verschiedene partielle Aspekte einer Bewertung zu unterziehen. Entsprechend ihrer Bedeutung bezüglich der Produktionskosten war vor allem der Bereich Fütterung von Interesse und wurde deshalb gesondert einer Bewertung unterzogen. Die Futterkosten wurden zunächst in ihrer Gesamtheit, d. h. Grund- und Kraftfutterkosten betrachtet. Wie erwartet steigen diese mit zunehmender Milchleistung an. Bezieht man diese Kostenposition allerdings wiederum auf ein kg Milch, so ergibt sich bei höherer Milchleistung eine deutliche Kostenreduktion. Um auch die Einflüsse von Kraftfuttereinsatz und Grundfutteraufnahme auf die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion verdeutlichen zu können wurden in einem weiteren Schritt die Bewertungsmaßstäbe Kraftfutteraufwand [g/kg FEKM] sowie Grundfutterleistung [kg FEKM] herangezogen.

Wie in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt kann der DB [Cent/kg Milch] sowohl mit reduziertem Kraftfutteraufwand als auch mit gesteigerter Grundfutterleistung erhöht werden.

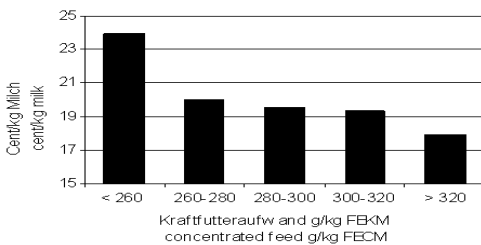


Abb. 4: DB (Cent/kg Milch) in Abhängigkeit vom Kraftfutteraufwand (g/kg FEKM)

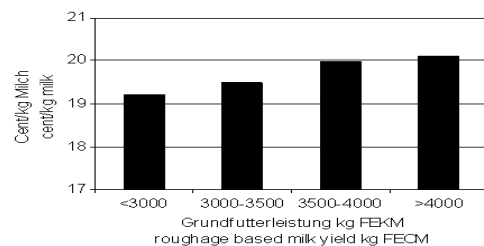


Abb. 5: DB (Cent/kg Milch) in Abhängigkeit von der Grundfutterleistung (kg FEK)

4.3 Bewertung qualitativer Aspekte

Im Rahmen von Nutzwertanalysen wurde das beschriebene Produktionssystem hinsichtlich dessen Leistungen bezüglich Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutz beurteilt. Um die jeweilig ermittelten Gesamtnutzwerte entsprechend einordnen zu können, wurden parallel

sowohl eine Anbindehaltung als auch ein extensiv geführtes Laufstallsystem derselben Bewertung unterzogen.

Hierbei erzielte das intensive, computergestützte Haltungssystem in allen Bereichen den höchsten Gesamtnutzen, liegt somit auch in der Summe der Nutzwerte an erster Stelle und wäre aufgrund dessen aus Sicht von Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutz den anderen Haltungsformen vorzuziehen. Primär sollte aber festgehalten werden, dass ein hochtechnisiertes und teilweise automatisiertes Haltungssystem durchaus einen positiven Beitrag zu den genannten Bereichen zu leisten vermag.

Literatur

BRUNSCH, R.; BREHME, U.; TÜRK, M. (2001): Management im Kuhstall – ein Beitrag zur gläsernen Produktion, in: Forschungsreport 2/2001, S. 8–11.

DOLUSCHITZ, R. (1997): EDV-Kuhplaner. Produktion unter Kontrolle, in: Agrarfinanz 5/1997, S. 18–19.

DOLUSCHITZ, R.; FUNK, R. (1993): Topmanagement für große Milchviehherden, in: Der praktische Tierarzt (74), S. 347–357.

SCHÖN, H.; WENDL, G. (2000): Rechnergestützte Tierhaltung – ein neuer Ansatz für eine wettbewerbsfähige und tiergerechte Nutztierhaltung, in: Landtechnik (55), 3/2000, S. 238–239.

WENDL, G.; KLINDTWORTH, K. (2000): Rechnergestütztes Produktionsmanagement in der Milchviehhaltung, in: Milchpraxis (38), 1/2000, S. 9–13.

Stand der Entwicklung eines BUS-Systems für die Innenwirtschaft

Development Stage of a BUS-System for Livestock Farming

JENS-PETER RATSCHOW¹, RUDOLF ARTMANN²

¹ Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, 48143 Münster

² Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Precision livestock farming, BUS Innenwirtschaft,
Keywords: BUS-system for livestock farming

Zusammenfassung

Die rechnergestützte Tierhaltung (Precision Livestock Farming) wird durch die Normung des BUS-Systems Innenwirtschaft erst umfassend ermöglicht. Der Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) ist Auftragnehmer der DIN und wird die Arbeit koordinieren.

Im Vorfeld wurde eine ausreichende Zustimmung für ein „new work item“ durch die internationalen Partnerorganisationen für die Normung durch Anfragen der Mitglieder AG BUS-Innenwirtschaft sicher gestellt. Damit sind die Aussichten, auch für die formalen Voraussetzungen einer Einrichtung einer ISO Arbeitsgruppe zu erfüllen, gewährleistet. Inhaltliche Vorarbeiten der Arbeitsgemeinschaft und der drei Arbeitsgruppen werden in die ISO-working group eingebracht.

Summary

Computer-supported livestock production (precision livestock farming) will only first be completely possible through the standardisation of the BUS system indoor livestock farming. The association of German machinery and plant manufacturers (VDMA) is contract receiver for the DIN and will coordinate the work.

In the mean time the formal requirements for the establishment the “new work item” of the ISO standards are in place. The knowledge and die members of the working association and the three working groups should be transferred into the new founded ISO-working group.

1 Problemstellung

Auch in der landwirtschaftlichen Tierhaltung werden immer mehr elektronische Komponenten zur Überwachung, Steuerung und Regelung eingesetzt. Beispiele sind:

- Flüssigfütterungen verfügen über einen Prozessrechner,
- Stallklimacomputer haben einfache Transformatoren abgelöst,
- die elektronische Einzeltieridentifizierung ist möglich,
- Milchmengen werden elektronisch erfasst,
- der Landeskontrollverband (LKV) stellt seine Daten via E-mail oder Internet zur Verfügung,
- Tierdaten werden via Internet an die HIT-Datenbank zur Herkunftssicherung der Rinder übermittelt,
- Sauen- und Kuhplaner erleichtern arbeitswirtschaftliche Organisation und betriebswirtschaftliche Auswertung.

Für alle genannten Beispiele bieten die Wirtschaft und vor- und nachgelagerte Bereiche technische Lösungen an. Allerdings ist es nur schwer möglich, die Daten einer Stufe, einer firmenspezifischen Lösung, in eine andere Stufe oder in die Lösung einer anderen Firma zu transferieren. So können die Daten des Fütterungscomputer A und die Daten des Klimacomputers B nicht sinnvoll in den Sauenplaner C eingespeist werden; erst recht nicht in Programme für die Außenwirtschaft wie etwa Ackerschlagdateien.

Das BUS-System Innenwirtschaft hat das Ziel, Daten zwischen den auf dem BUS gekoppelten Systemen (Prozessrechner, Managementprogrammen,) auszutauschen. Voraussetzung für die effektive Organisation des Datenaustausches ist es zunächst einmal, ein abgestimmtes Protokoll für den Transport der Daten zu nutzen. Ebenso unverzichtbar ist es, mit Hilfe eines Data-Dictionaries die Dateninhalte (Item und Entität) so zu normieren, dass die beteiligten Komponenten die kommunizierten Daten automatisch in ihre Systeme übernehmen und bei der Programmausführung verstehen können. Um ein solches Data-Dictionary zu erstellen, werden Informationen benötigt, welche Komponente welche Daten liefern kann und zum anderen, welche Daten von den Komponenten gebraucht werden. Ordnungskriterien, nach welchen Gesichtspunkten diese Daten geordnet werden müssen (Stall, Bucht, Position etc.), müssen ebenfalls erfasst werden. Ob diese Daten einmal in einem Server hinterlegt oder kontinuierlich mit jeder Datenkommunikation geliefert werden müssen, ist abhängig von den Vorgaben im BUS-System Innenwirtschaft. Grundsätzlich sind Stammdaten (Komponentenidentifizierung, -beschreibung, -einordnung) mit Bewegungsdaten (Messdaten) zu berücksichtigen. Zu den Daten dieser Komponenten sollen die Daten der Nutztiere (Einzeltiere, Gruppe), ihrer Produktionsergebnisse und der eingesetzten Mittel (Futtermittel, Arzneimittel) zugeordnet werden.

Ein Standard für die Innenwirtschaft muss deshalb in der Lage sein, alle erforderlichen Datentransaktionen zwischen den beteiligten Systemen durchzuführen. Der Standard soll nicht nur die Vernetzung in der Tierhaltung wie Fütterung, Lüftung und leistungsbezogener Daten, sondern auch die für Lagerhaltung, Bezug, Absatz, Informationsbezug und -weitergabe (außerbetriebliche Kommunikation), sowie zu elektronischen Systemen in der Außenwirtschaft (ISO 11783, Wetter- und Wiegestationen usw.) abdecken. Die Notwendigkeit hierfür ergibt sich aus ökonomischen, ökologischen wie auch tierschutzrelevanten Aspekten.

Aus dieser Notwendigkeit ist abzuleiten, dass nur eine durchgängige, systemübergreifende Vernetzung die umfassende Betrachtung der gegenseitigen Beziehungen und eine optimale Steuerung der Produktion unter Berücksichtigung der Ansprüche von Tier und Umwelt gestattet. Die Vernetzung führt zu „Intelligenten Tierhaltungssystemen“. Darüber hinaus ist eine zuverlässige vertrauenswürdige Dokumentation der Produktionsweise machbar – ein für die Akzeptanz von Agrarprodukten beim Verbraucher immer wichtiger werdender Faktor, und schon jetzt häufiger eine Forderung der Food-Handelsketten (QS-Gütezeichen).

2 Derzeitiger Stand der Vernetzung

Der derzeitige Stand der Vernetzung von Steuer- und Regelungssystemen in der Innenwirtschaft ist geprägt durch den historisch bedingten schrittweisen Ausbau vom Kleinstsystem für bestimmte Aufgaben, z. B. individuelle Kraftfutterzuteilung, hin zu Systemen, die wichtige Teilprozesse einer Tierart mit vorbestimmter Produktionsrichtung (Milchkühe, Zucht- oder Mastschweine) überwachen, steuern und ggf. regeln. Im Rahmen dieses Entwicklungsprozesses wurde zunehmend die Notwendigkeit der Vernetzungsfähigkeit der Teilsysteme zu einem Gesamtsystem erkannt. Direkt vernetzbar sind bisher nur firmeneigene Produkte, da sowohl die Auslegung der Verbindungsleitungen, als auch die zum Datenaustausch genutzten Protokolle „in-house“-Lösungen darstellen. Komplette Managementsysteme werden z.Z. nur für die Führung von Milchviehherden in Insellösungen angeboten.

Als Konsequenz der derzeitigen Situation tritt die in Abbildung 1 dargestellte Konstellation ein, wenn z. B. ein größerer Schweinehalter die für den jeweiligen Produktionsabschnitt optimalen oder neuesten Systeme einsetzen möchte. Ähnliche Konfiguration treten bei anderen Produktionszweigen auf.

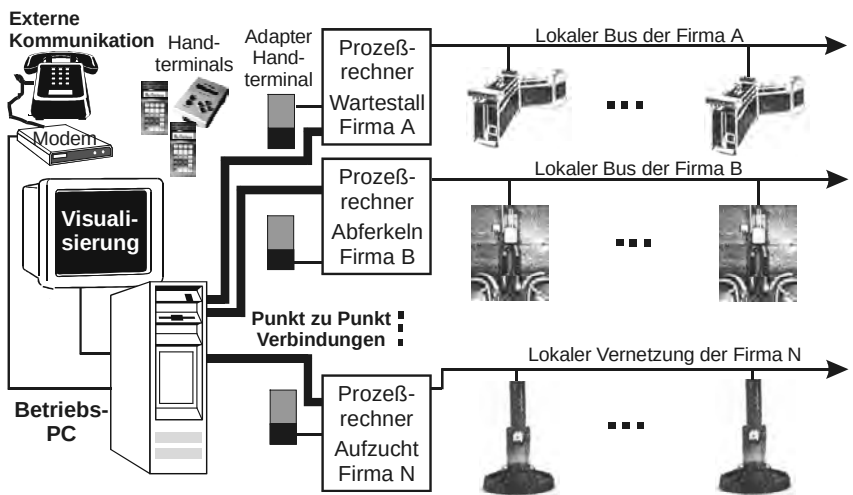


Abb. 1: Vernetzung bei einem Herstellermix von Prozesssteuerungssystemen im Produktionszweig Sauenhaltung und Ferkelproduktion

3 Lösungsansatz für einen Standard

Bei der Festlegung eines so weitgehenden Standards für die Vernetzung von Rechnersystemen sind die speziellen Anforderungen der Landwirtschaft einzubeziehen. Hilfestellung gibt eine Aufstellung von GRÜHLER und ROSTAN (1993), die technische und strategische Kriterien sowie Kostenaspekte bewertet.

Die weltweite Anwendung von Ethernet hat dazu geführt, dass die Preise für die erforderlichen Komponenten ständig fallen. Diese Kostenreduzierung, zusammen mit dem Vorteil eines weltweit standardisierten Protokolls (TCP/IP), hat dazu geführt, dass auch Ethernet im Industriebereich auf Datenebene und sogar bis hin zur Sensor-/Aktor-Ebene Eingang findet (z. B. Jetter AG). Neue Entwicklungen zielen auf kostengünstige Ethernet-Knoten in der Automation. Neben den Chips wird auch die gesamte Softwarepalette angeboten, dadurch können Systeme in kurzer Zeit entwickelt werden (STRASS und EVENSEN, 1999). Vorrangiges Ziel ist jedoch die Standardisierung bis zur Datenebene.

Unter Würdigung der aufgezeigten Entwicklungen und Berücksichtigung des derzeitigen Entwicklungsstandes des Elektronikeinsatzes in der Landwirtschaft könnte das in Bild 2 gezeigte Konzept eine anzustrebende Lösung für die Innenwirtschaft darstellen. Es geht davon aus, dass

- ein „Übergeordneter BUS“ definiert wird, der alle zu vernetzenden Systeme verbindet,
- der Datenaustausch zwischen den Systemen mit in ADED definierten Daten erfolgt, und
- die Übertragung – soweit mit TCP/IP verträglich – nach dem ADIS erfolgen soll.

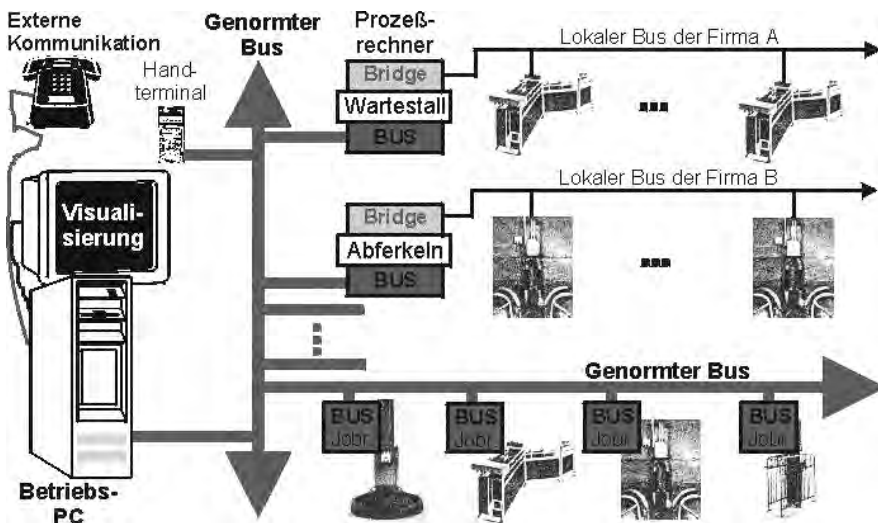


Abb. 2: Systemkonzept für die Vernetzung von Computersystemen in der Innenwirtschaft

Wie die Darstellung zeigt, sind mit der vorgeschlagenen Lösung vorhandene rechnergestützte Systeme mit einer Bridge an den neuen genormten Bus anschließbar. Dies lässt einen kontinuierlichen Übergang von Einzelsystemen zu einem gekoppelten Gesamtsystem.

tem für die Innenwirtschaft zu. Der untere Zweig in Abbildung 2 zeigt jedoch auch auf, dass es künftig für Hersteller auch interessant sein kann, den Bus bis hin zu einzelnen Prozesssteuerungen auszudehnen. Primäres Ziel dieser Arbeit ist aber die Definition des „Übergeordneten BUS“ Systems.

Die Erstellung und Umsetzung der Norm bedeutet für alle Mitwirkenden ein intensives Auseinandersetzen mit der Materie und den bereits für landwirtschaftliche Anwendungen vorhandenen bzw. in Arbeit befindlichen Standards. Eine Kompatibilität des neuen Standards zu vorhandenen bzw. in Arbeit befindlichen ist anzustreben.

Nutzung der Fuzzy Logic zur Erkennung von Eutererkrankungen bei automatischer Milchgewinnung

The Use of Fuzzy Logic for Detecting Udder Diseases in Automatic Milking Systems

STEFAN D. KÖHLER¹, OTTO KAUFMANN²

¹ Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP), Invalidenstr. 42, 10115 Berlin

² Institut für Nutztierwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, Philippsstr. 13, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Milch, AMS, Erkennung, Mastitis, Modell, Fuzzy Logic

Keywords: dairy, AMS, detection, mastitis, model, fuzzy logic

Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeit bestand darin zu untersuchen, inwieweit durch Kombination von einfach zu erhebenden Daten des Melkprozesses die Bewertung der Eutergesundheit in Automatischen Melksystemen (AMS) verbessert werden kann. Die Forschungen richteten sich auf die Evaluierung unterschiedlicher Milch- bzw. Melkparameter hinsichtlich ihrer Eignung als Inputvariable verfeinerter Erkennungsmodelle sowie auf die Entwicklung und Optimierung von Fuzzy Logic Modellen.

Drei verschiedene Ansätze zur Modellierung der normierten Parameter sind analysiert worden. Während Ein-Parameter-Modelle die höchsten Spezifitätswerte aufzeigten, konnten für die Verknüpfung der vier Eingangsvariablen durch Indexmodelle die besten Sensitivitätswerte ermittelt werden. Das optimale Ergebnis erzielte jedoch die Modellierung mit Hilfe von Fuzzy Logic. Sie ergab mit 5,9 Prozent die niedrigste statistische Wahrscheinlichkeit von Fehlklassifizierungen (falschen Diagnosen). Die Alarmliste der AMS wies zwar eine ähnlich geringe Fehlerquote auf, war jedoch zugleich durch eine schlechte Sensitivität charakterisiert.

Summary

The aim of this study was to examine to what extent the evaluation of the udder health in Automatic Milking Systems (AMS) can be improved by the combination of simply measurable data of the milking process. The investigations were focused on the evaluation of different milking and milk parameters regarding their suitability as input variable of recognition models as well as on the development and optimisation of Fuzzy Logic models. Three different approaches of model building for the standardised parameters were analysed. While the One-parameter-models pointed out the highest specificity values, the best sensitivity values were determined for the linkage of the four input variables by index-models. However, the optimal result of modelling was obtained by Fuzzy logic. It resulted in the lowest probability of false classifications (wrong diagnoses) with 5,9 per cent. The alarm list of the AMS featured a margin of error which was similar low, however, at the same time it was characterised by bad sensitivity.

1 Einleitung und Problemstellung

Die Früherkennung von Euterkrankheiten stellt eine entscheidende Herausforderung an die weitere Nutzung von automatischen Melkverfahren dar. Bislang ist jedoch die Diagnostik von Euterentzündungen in Betrieben mit AMS kaum gewährleistet [1, 2]. Neben technischen Schwierigkeiten gilt es dabei mindestens zwei prinzipielle methodische Probleme zu berücksichtigen. 1. Selbst wenn die Präzision von Messungen der elektrischen Leitfähigkeit der Milch inzwischen ausreichend genau erscheint, so ist ihre Interpretation hinsichtlich der Erkennung infizierter Viertel immer noch offen [3]. Der Anspruch, Euterentzündungen durch eine alleinige Bewertung der Leitfähigkeit ausreichend sicher zu erkennen, wird nicht erfüllt [4, 5]. 2. Bei der sicheren Beurteilung von Entzündungsparametern wie Zellzahl, pH-Wert oder Leitfähigkeit fehlen für variierende Melkintervalle, wie sie am Melkroboter häufig vorkommen, entsprechende Referenzwerte [1].

Die vorliegende Arbeit befasst sich vor diesem Hintergrund mit der Erarbeitung eines ergänzenden Analysesystems für Verfahren automatischer Milchgewinnung, welches durch die Verknüpfung verschiedener Parameter des Melkprozesses unter Verwendung der Fuzzy Logic die Eutergesundheit zuverlässig überwachen hilft. Eine Verbesserung der Situation an AMS auf der Basis dieses neuartigen Herangehens böte überdies einen Ansatz für entsprechende Lösungen in konventionellen Melksystemen.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchung

Im untersuchten Betrieb werden 105 Holstein-Kühe mit einer mittleren Laktationsleistung von 6 500–7 000 kg an zwei AMS Astronaut® (Lely) gemolken. Auf der Basis von Zellzahlbestimmung und bakteriologischer Untersuchung des Vorgemelks (Laboranalysen) sowie einer klinischen Untersuchung von Sekret und Euter wurden die Euterviertel eingeteilt in „auffällig“ (klinische oder subklinische Mastitis) bzw. „unauffällig“ (gesundes Viertel oder latente Infektion). Diese Einteilung bildete die Referenz für die Modellierung. An fünf aufeinanderfolgenden Tagen sind an beiden AMS ununterbrochen die Gemelke aller Euterviertel mit acht Messgeräten vom Typ LactoCorder® low flow, (WMB) erfasst worden (4 762 einzelne Messungen). Ausgewertet wurden die Parameter Milchbildungsrate, Milchfluss, Zwischenmelkzeit und spezifische elektrische Leitfähigkeit der Milch. Um krankhafte Veränderungen besser erkennen zu können, bietet sich die Normierung aktueller Messwerte mit Hilfe von viertelspezifischen Normalwerten an (z.B. gleitender Mittelwert). Für die vorliegende Untersuchung wurden die Parameterwerte unter Einbeziehung eines gewissen „Vertrauensintervalls“ normiert, innerhalb dessen Grenzen Abweichungen vom arithmetischen Mittelwert noch als „physiologisch normal“ toleriert werden. Nach der Normierung verblieb eine nutzbare Basis von 433 Datensätzen „unauffälliger“ und von 41 Datensätzen „auffälliger“ Euterviertel.

Einzelheiten zur Untersuchungsmethodik sind bereits veröffentlicht worden [6].

2.2 Fuzzy Logic

Diese Methode liefert die Möglichkeit, mit unscharfen Parametern und vagen Zusammenhängen umzugehen. Sie fußt auf dem Konzept der Unscharfen Menge (Fuzzy Set). Die Unscharfe Menge stellt eine Verallgemeinerung des herkömmlichen Mengenbegriffs dar. Hierfür werden die scharfen Werte der konventionellen binären Logik, welche in jeder Ja/Nein-Aussage enthalten sind, in partielle Zugehörigkeiten zwischen 0 und 1 aufgeweicht („Zugehörigkeitsgrad“).

Das Grundprinzip der Modellierung mit Hilfe von Fuzzy Logic besteht darin, zunächst die numerischen, „scharfen“ Messwerte mit Hilfe von Zugehörigkeitsfunktionen in linguistische, „unscharfe“ Terme (Fuzzy Sets) zu übersetzen („Fuzzifizierung“). Anschließend werden diese unscharfen Eingangswerte durch Operatoren und Regeln miteinander verknüpft („Fuzzy Inferenz“). Die Wenn-Dann-Beziehungen dieses Regelwerks sind auch als unscharfe Formeln zu interpretieren. In einem dritten Schritt werden dann die aus jeder einzelnen Verknüpfung gewonnenen unscharfen Ergebnisse zu einem einzigen, „scharfen“ Ausgangswert zusammengeführt („Defuzzifizierung“). Zur Darstellung dieser Schritte nutzt man Fuzzy Inferenz Diagramme (s. Abb. 1).

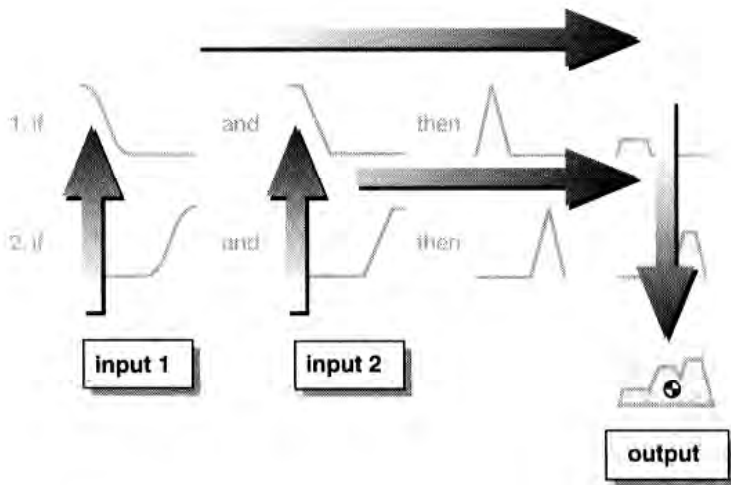


Abb. 1: Informationsfluss in einem Fuzzy Logic System. Quelle: [7]

2.3 Modellbildung

Für die Modellierung der Zusammenhänge zwischen Milchbildungsrate, Milchfluss, Zwischenmelkzeit sowie elektrischer Leitfähigkeit einerseits und der Eutergesundheit wurden statistische Ansätze (Ein-Parameter-Modelle, Indexmodelle) und Fuzzy Logic genutzt. Zur ersten Gruppe gehörten acht verschiedene Grenzwertmodelle für die normierten Werte jeweils eines der vier untersuchten Parameters. Modell GW 1 erkannte eine Abweichung von fünf Prozent vom Normalwert der Milchbildungsrate als „auffällig“. In Modell GW 8 wurde bei einer Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit um zehn Prozent „auffällig“

diagnostiziert. Mit der zweiten Gruppe von Modellen lassen sich alle Eingangsparameter miteinander verknüpfen. Dafür wurden die Abweichungen vom Normwert (1,00) unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Bedeutung nach folgender Gleichung

$$\dot{i} = (w_{\text{norm}} - 1) + (x_{\text{norm}} - 1) + (1 - y_{\text{norm}}) + (1 - z_{\text{norm}})$$

summiert. Indizes $\dot{i}$ mit negativem Vorzeichen weisen demnach auf „auffällig“ hin, während Werte von größer oder gleich Null „unauffällig“ bedeuten. In Modell Index 2 wurde die Milchbildungsrate, in Modell Index 4 die Zwischenmelkzeit durch den Faktor 2 vor dem jeweiligen Term höher gewichtet.

Insgesamt sind zehn verschiedene Fuzzy Logic Modelle entwickelt und optimiert worden. Modell F 5 (27 Regeln) ergab sich aus der direkten Übertragung früherer, an anderem Datenmaterial erarbeiteter Modelle auf die 474 hier auszuwertenden Ereignisse. Dieses Modell wurde durch Modifikationen in der Fuzzy Inferenz (verfeinerte Regeln) weiter entwickelt (Modell F 5a, 27 Regeln). Modell F 6 (17 Regeln) stellt demgegenüber einen völlig neuen Modellierungsansatz dar, welcher nach Bewertung seiner diagnostischen Zuverlässigkeit vornehmlich durch eine zielgerichtete Anpassung der Zugehörigkeitsfunktionen optimiert wurde (Modell F 6a, 20 Regeln). Zum Vergleich diente die vom Melkssystem erstellte Alarmliste (AMS).

3 Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 spiegelt die hinsichtlich Sensitivität und Spezifität besten Resultate der unterschiedlichen Modellierungsvarianten wider.

Tab. 1: Ergebnisse der Modellierung mit einfachen statistischen Methoden, mit Fuzzy Logic und Vergleich mit dem Alarmsystem des AMS

Modell	GW 1	GW 8	Index 2	Index 4	AMS	F 5	F 5a	F 6	F 6a
Sensitivität	73,2	24,4	92,7	75,6	17,1	58,5	75,6	70,7	78,0
Spezifität	60,3	99,8	57,7	69,7	99,5	94,0	88,2	92,1	95,6
Fehldiagnosen	38,6	6,8	39,2	29,7	7,6	9,1	12,9	9,7	5,9

Alle Angaben in Prozent. Zur Erläuterung der Modelle s. Text.

Im Vergleich der statistischen Modelle fällt auf, dass die Index-Modelle über die klar besseren Sensitivitätswerte verfügen. Allein die Kombination mehrerer Kriterien kann also bereits den für die Eutervierteldiagnose in AMS gewünschten Zugewinn in der Erkennung von auffällig veränderten Strichen erbringen. Ein-Parameter-Modelle weisen demgegenüber eine tendenziell hohe Spezifität auf. Das gilt hauptsächlich für den Parameter normierte elektrische Leitfähigkeit. Positiv im Vergleich zu den sonst niedrigen Sensitivitätswerten nimmt sich innerhalb der Grenzwertmodelle der Parameter normierte Milchbildungsrate aus. Die Resultate der statistischen Modelle lassen drei wesentliche Schlüsse zu:

1. Veränderungen der Milchbildungsrate eignen sich besonders zur Erkennung von Euterkrankheiten.
2. Der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit kommt eine vornehmliche Rolle bei der Erkennung gesunder Euterviertel zu.
3. Eine Verknüpfung mehrerer Parameter lässt einen deutlichen Anstieg der Sensitivität erwarten.

Für die aus den Leitfähigkeitsmeldungen und Hinweisen auf abnorme Milchqualität (Farbveränderungen) zusammengestellte kombinierte Alarmliste der AMS wurde eine gegenüber Modell 6a nur geringfügig erhöhte Wahrscheinlichkeit von Fehldiagnosen (7,6 Prozent) errechnet. Diese war jedoch mit einer kaum akzeptablen Sensitivität von 17,1 Prozent gepaart.

Als sehr gut anpassungsfähig erwiesen sich die Fuzzy Logic Modelle. Die mangelhafte Sensitivität des Modells F 5 konnte durch die Veränderungen in Modell F 5a verbessert werden, allerdings nur auf Kosten einer verringerten Spezifität. Daraus ergab sich eine Erhöhung der Anzahl von Fehldiagnosen. Durch die Modifikationen der Fuzzy Inferenz, dem Hauptinstrument der Anpassungen von Entwurf F 5a gegenüber Modell F 5, ließ sich kein zufriedenstellendes Ergebnis erreichen. Ein Fuzzy System bleibt ohne wesentliche Änderungen der Zugehörigkeitsfunktionen gewissermaßen eine Decke, die man zwar in Richtung höherer Sensitivität oder Spezifität verschieben, jedoch nicht entscheidend verlängern kann. Modell F 6 mit seiner für drei der vier Eingangsvariablen erweiterten Anzahl linguistischer Terme und einer daraus resultierenden völligen Neuordnung der Zugehörigkeitsfunktionen zeigte gegenüber Entwurf F 5 zunächst keine erhöhte Anzahl richtiger bzw. keine verringerte Anzahl falscher Diagnosen. Das ausschließlich am Datensatz der Hauptuntersuchung orientierte, vereinfachte Regelwerk lieferte jedoch die Basis, um in Modell F 6a durch eine gezielte Anpassung der Zugehörigkeitsfunktionen entscheidender Terme ein im Rahmen dieser Arbeit erreichbares Optimum zu erzielen.

Die vorliegende Untersuchung bestätigt damit, dass Fuzzy Logic Systeme nicht nur hervorragend an den jeweiligen Kontext angepasst werden können, sondern angepasst werden *müssen* [8, 9]. Dass die hinsichtlich der Erkennbarkeit von Eutererkrankungen zwischen den Betrieben existierenden Unterschiede sehr groß sind, gilt im übrigen nicht nur für Fuzzy Logic Modelle, sondern auch für andere methodische Ansätze. Aufschlussreich ist in diesem Zusammenhang, dass allein durch eine höhere Anzahl von Regeln keine besseren Ergebnisse in der Modellierung der Zusammenhänge zwischen den Inputparametern und der Eutergesundheit erzielt wurden. Die „Anpassung an den Kontext“ wird also weniger durch zahlreichere bzw. veränderte Regeln als vielmehr durch angepasste Zugehörigkeitsfunktionen erreicht, wie eine Gegenüberstellung der Modelle F 5a und F 6a bzw. F 6 und F 6a verdeutlicht.

Ein mit der vorgestellten Arbeit in methodischer Hinsicht vergleichbarer Ansatz wurde anderweitig publiziert [10]. Das dort beschriebene Fuzzy Logic Modell verwertet als Inputs die Alarmsignale einer vorgelagerten Diagnose (Roboter- oder anderes statistisches Modell) sowie zusätzliche Informationen wie z.B. den Reproduktionsstatus. Als Output des Prozesses ergab sich eine Klassifizierung eines jeden Roboteralarms in „wahr“ oder „falsch“. Die Anzahl auswertbarer Eutererkrankungen (48) ist derjenigen der hier präsentierten Untersuchung vergleichbar. Jedoch wurde die veterinärmedizinische Referenz nicht in einem kompletten Querschnitt ermittelt, sondern erst rückwirkend nach festgestellten Auffälligkeiten (z.B. Flocken oder Blut im Milchfilter). Durch dieses Vorgehen wurden zwar klinische Mastitiden, andere relevante Abweichungen (subklinische Mastitiden) eventuell jedoch nicht erfasst. Möglicherweise erklärt sich so die dort angegebene, geradezu erstaunliche Sensitivität von 100 Prozent. Die ebenfalls hohe Spezifität von 99,75 Prozent überrascht weniger. Außerordentlich hervorzuheben ist jedoch der Teil des methodischen Ansatzes der Verfasser, nach dem einer fuzzy-logischen Verarbeitung von Parametern eine statistische Aufbereitung voranzustellen ist. Diese wertvolle Schlussfolgerung wurde für die in

der vorliegenden Arbeit entworfene Methodik genutzt und weiter entwickelt. Die Autoren betonen als besonderes Ergebnis ihrer Anwendung von Fuzzy Logic eine Reduzierung falsch positiver Diagnosen (Fehlalarme).

Durch die Kombination dieses Fazits mit der aus den statistischen Modellen entwickelten Schlussfolgerung 3 (s.o.) lässt sich auch theoretisch begründen, warum die Anwendung von Fuzzy Logic zur Modellierung der Eutergesundheit von Milchkühen ein sehr vielversprechender Ansatz ist. Ergebnis einer Verknüpfung der untersuchten Parameter ist eine deutliche Erhöhung positiver Diagnosen. Während durch die wahr positiven Hinweise die Sensitivität drastisch anstieg, litt in den Indexmodellen die Sensitivität erheblich unter der Zunahme falsch positiver Alarmmeldungen. Dieser negative Nebeneffekt der vermehrten Detektion von „auffälligen“ Eutervierteln kann durch die Anwendung der Fuzzy Logic offenbar kompensiert werden. Die praktischen Ergebnisse der hier vorgelegten Untersuchung bestätigten diese hypothetisch formulierte Erwartung in vollem Umfang.

Literatur

- [1] HAMANN, J. (1999): Vollautomatisierte Milchgewinnung und tierärztliche Herdenbetreuung; Tierärztliche Umschau 54, 6, 306-310
- [2] PALLAS, S. (2002): Analyse von Eutergesundheit und Rohmilchqualität im automatischen Melksystem; Dissertation, TU Berlin.
- [3] HAMANN, J. AND P. GYODI (1999): Electrical conductivity in fraction-collected quarter milk samples with low somatic cell count; Milchwissenschaft 55, 9, 487-490
- [4] REICHMUTH, J. UND K. KNAPPSTEIN (1999): Anwendung der Milchverordnung in Betrieben mit automatischen Melksystemen – Überlegungen zu besonderen Regelungen für die Konfliktpunkte; Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 51, 3, 237-252.
- [5] TRILK, J. (2002): The use of electrical conductivity to control milk quality and udder health; First North American Conference on Robotic Milking, Toronto, 20.-22.03.2002, Proc. V-49 – V-54.
- [6] KÖHLER, S. D. UND O. KAUFMANN (2002): Statistische Modelle für die Erkennung von Euterkrankheiten in AMS; Landtechnik 57, 6, 330-331.
- [7] FUZZY LOGIC TOOLBOX FOR USE WITH MATLAB® (2000): The MathWorks, Inc..
- [8] TILLI, T (1992): Fuzzy Logic. Grundlagen, Anwendungen, Hard- und Software, Franzis Verlag München, 133ff.
- [9] GRINSPAN, P., Y. EDAN, H. E. KAHN AND E. MALTZ (1994): A Fuzzy logic expert system for dairy cow transfer between feeding groups; Transactions of the ASAE 37, 5, 1647-1654.
- [10] DE MOL, R. M. and W. E. WOLDT (2001): Application of Fuzzy logic in automated cow status monitoring; Journal of Dairy Science 84, 2, 400-410.

Entnahme von Transpondern bei der Rinderschlachtung – Ergebnisse aus dem EU-weiten Feldversuch „IDEA“ zur elektronischen Tierkennzeichnung

Recovery of Transponders in the Slaughterline of Beef Cattle – Results of the German Part of an EU-wide Field Trial for Electronic Animal Identification “IDEA”

MICHAEL KLINDTWORTH¹, GEORG WENDL², GEORG FRÖHLICH²

¹ TU-München, Lehrstuhl für Landtechnik, Am Staudengarten 2, 85350 Freising

² Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: IDEA-Projekt, elektronische Tierkennzeichnung, Injektat, Bolus, elektronische Ohrmarke, Schlachthof, Schlachtkette, Rückverfolgbarkeit, QualitätsManagement, Transponderentnahme
Keywords: IDEA-Project, Electronic identification, Slaughterhouse, Abattoir, Traceability, Quality Management, Recovery of Transponders

Zusammenfassung

In den Jahren 1998 bis 2001 wurde die elektronische Kennzeichnung von Rindern mit verschiedenen Transpondervarianten (elektronische Ohrmarke, Injektat, Bolus) in einem umfangreichen Feldversuch mit ca. 45.000 Rindern untersucht. Ein wichtiger Teilaspekt war die Entnahme der Transponder. Hierzu werden die Maßnahmen zur Identifizierung der Transponder sowie der notwendige Informationsfluss beschrieben. Die Entnahmerate für die Transponder lag bei den bis zum Ende des Projektes geschlachteten Tieren im Mittel bei 78,6 %. Anzumerken ist hierbei, dass der Anteil der IDEA-Tiere an der Gesamtzahl geschlachteter Tiere i.d.R. gering war, so dass die Entnahme der Transponder eine über die Routinearbeiten hinausgehende zusätzliche Arbeit darstellte.

Zur Verbesserung der Situation wird ein Verfahrensansatz vorgestellt, mit dem zukünftig die Sicherheit der automatisierten Tieridentifikation und damit die Entnahmerate deutlich verbessert werden kann.

Summary

From 1998 till end of 2001 a total amount of app. 45.000 cattle was tagged with three different devices for electronic animal identification. Recovery rate for transponders of animals, which were slaughtered till the end of the project was 78,6 %. The paper describes the procedural approach of electronic identification of animals in the slaughterhouse and the requirements for an automatic transponder identification. It gives a proposal for the installation of stationary reading equipment in order to improve the information flow and to increase the recovery rate.

1 Einleitung

Die elektronische Kennzeichnung landwirtschaftlich genutzter Tiere wird zukünftig eine weiter wachsende Bedeutung erhalten. Sie ist das technische „Werkzeug“ für die automatisierte Erkennung landwirtschaftlicher Nutztiere über alle Stufen der Erzeugung hinweg. Ihr Nutzen erstreckt sich damit nicht nur auf die Dokumentation der Herkunft, sondern auch auf die effiziente, tierspezifische Datenzuordnung, wie sie z. B. im Rahmen von Qualitätsmanagementsystemen oder für gezielte Prämienvzahlungen gefordert wird. Vor diesem Hintergrund wurde in den Jahren 1998 bis 2001 ein groß angelegter Feldversuch (das IDEA-Projekt) in der EU durchgeführt, wobei im deutschen Teilprojekt Rinder mit verschiedenen Varianten der elektronischen Tierkennzeichnung markiert wurden. Im diesem Rahmen konnten umfangreiche Ergebnisse zur Nutzung von Transpondern einschließlich der Entnahme im Schlachtprozess erarbeitet werden.

2 Organisation der Rinderschlachtung im IDEA-Projekt

Insgesamt konnten ein Versuchsschlachthaus und sechs kommerzielle Schlachthöfe zur Teilnahme am Projekt gewonnen werden. Die mit unterschiedlichen Transpondern gekennzeichneten Rinder (18.145 Tiere mit Injektat, 8.700 Tiere mit Bolus sowie 17.543 Tiere mit elektronischer Ohrmarke) kamen hauptsächlich in diesen Betrieben zur Schlachtung, so dass die Untersuchungen unter derzeit üblichen Praxisbedingungen realisiert werden konnten. Die Schlachthöfe nutzten EDV-gestützte Datenerfassungssysteme und arbeiteten mit Bandgeschwindigkeiten von 40 bis 80 Tieren/h. Um zu gewährleisten, dass die Information zum elektronisch markierten Tier vom landwirtschaftlichen Betrieb bis zur Schlachtkette verfügbar war, wurden Art und Nummer des eingesetzten Transponders bereits bei der Kennzeichnung auf dem Rinderpass mit vermerkt. Außerdem war jedes Tier mit einer zusätzlichen Ohrmarke markiert, die auf die elektronische Kennzeichnungsvariante hinwies.

3 Verfahren der Rinderschlachtung

Im Folgenden soll der Ablauf der Rinderschlachtung unter dem Blickwinkel der Identifizierung und Entnahme von Transpondern vorgestellt werden.

Rinder werden i. d. R. mit einem Bolzenschussgerät in einer entsprechenden Vorrichtung betäubt. Unmittelbar danach wird das Blut entzogen. Für die weitere Bearbeitung durchläuft der am Haken hängende, entblutete Schlachtkörper verschiedene Stationen. Zu nennen sind u. a. Absetzen des Kopfes, Abtrennen der Unterbeine, Enthäutung, Ausweiden, Abtrennen definierter Fettabschnitte, bis schließlich die Klassifizierung und Kühlung erfolgt. Unter der Annahme, dass der Transponder im Kopfbereich appliziert wurde (Injektat, elektronische Ohrmarke) kommt dem Arbeitsschritt der Kopfabtrennung besondere Bedeutung zu, da zu diesem Zeitpunkt der Transponder vom Schlachtkörper getrennt wird [1].

Bei Verwendung von Boli erfolgt die Trennung von Transponder und Tier dagegen frühestens nach dem Ausweiden. Folglich durchlaufen alle eingesetzten Transponder die Stationen der Betäubung und Entblutung. Danach unterliegen sie je nach Schlachtverfahren einer variierenden Handhabung.

Für die notwendige Identifizierung des Tieres in der Schlachtkette kommt damit vor allem der zuerst genannte Bereich der Betäubung bis zum Kopfsetzen in Frage.

4 Identifikation und Datenzuordnung im Schlachthof

Im Rahmen des Projektes erfolgte in den Schlachthöfen zunächst die Installation von handgeführten Lesegeräten, da die verfügbaren stationären Lesegeräte in Laboruntersuchungen keine zufriedenstellenden Lesereichweiten gezeigt hatten [2]. Die Lesegeräte wurden jeweils mit der betriebseigenen EDV verbunden. Außerdem wurde die Software in den Betrieben so angepasst, dass die Zusatzinformationen vom Rinderpass (Transpondernummer, -typ sowie Applikationsort am/im Tier) erfasst werden konnten. Diese Informationen sollten an allen Bedarfsstellen der Schlachtkette zur Verfügung stehen.

Das Auslesen der Transponder erfolgte in der Schlachtkette an mehreren Stationen. Abbildung 1 stellt ein Beispiel für den Material- und Informationsfluss elektronisch markierter Rinder in einem Schlachthof dar. Nach der Anlieferung der Tiere wurden die Daten zunächst vom Rinderpass eingescannt (Station 1). Nach der routinemäßigen Eingabe der offiziellen Ohrmarkennummer nach Viehverkehrsverordnung (VVVO) bekam das Personal an der Betäubungsbucht die Information über Transpondertyp und Applikationsort auf einem Terminal angezeigt und der Transponder konnte am Tier ausgelesen werden (Station 2). In Sonderfällen konnten zusätzliche Kommentare in die EDV eingetragen werden. Unter Einbeziehung vorhandener, neutraler Kontrollpersonen (Fleischprüfung Bayern e. V.) erfolgte eine weitere Erfassung von Transponder- und VVVO-Nummer am sog. „Ohrmarkenterminal“ (Station 3). In einem letzten Schritt wurden die Transponder entnommen und danach erneut ausgelesen (Station 4).

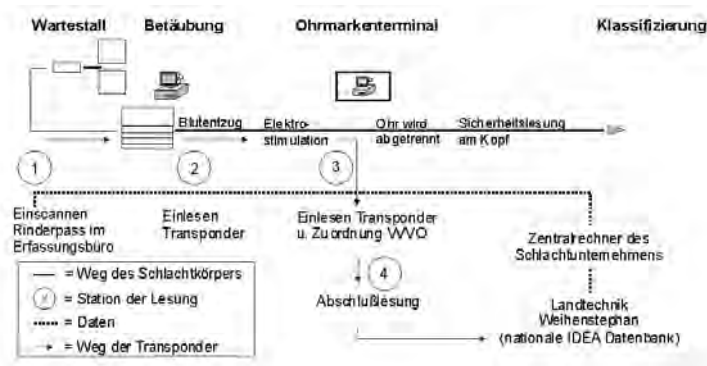


Abb. 1: Material- und Informationsfluss elektronisch gekennzeichneter Tiere im IDEA-Projekt (Schlachthof VI)

5 Transponderentnahme

In den sieben am IDEA-Projekt beteiligten Schlachthöfen wurden bis zum 07.12.2001 laut den Meldungen im Herkunfts- und Informationssystem Tier (HI-Tier) insgesamt 22.846 Tiere mit Transponder geschlachtet. Werden diese Schlachtmeldungen den vorliegenden

17.965 entnommenen Transpondern gegenübergestellt (Abb. 2), so liegt die Entnahmerate bei insgesamt 78,6 %. Für Injektat, Bolus bzw. elektronische Ohrmarke ergaben sich Entnahmeraten in Höhe von 73,6 %, 79,3 % bzw. 83,7 %. Daraus wird deutlich, dass die Entnahme insgesamt unabhängig davon ist, ob der Transponder äußerlich sichtbar ist oder nicht. Diese Aussage muss jedoch dahingehend relativiert werden, dass nur ein geringer Teil der Gesamtlieferung der Schlachttiere elektronisch gekennzeichnet war und damit eine Ausnahmesituation im Routineablauf darstellte. Für eine weitergehende Bewertung ist außerdem anzumerken, dass das Personal in den beteiligten Schlachtbetrieben zeitweilig stark wechselte und daher neu für die im Rahmen des Projektes erforderlichen Aufgaben angeleitet werden musste.

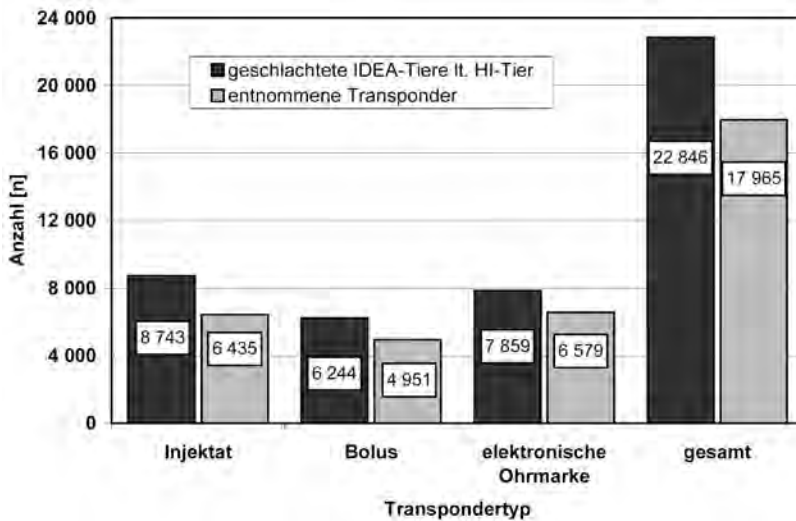


Abb. 2: Anzahl entnommener Transponder im Vergleich zu geschlachteten IDEA-Tieren gemäß Datenmeldung HI-Tier

6 Vorschlag für stationäre Lesetechnik

Die Entnahme von Transpondern stellt derzeit noch eine Sondersituation bei der Rinderschlachtung dar. Im vorliegenden Feldversuch wurden zur Identifizierung der Transponder spezielle, handgeführte ISO-Lesegeräte eingesetzt. Die Datenerfassung beim Zutrieb zur Schlachtkette war folglich stark personalabhängig. Stationäre Lesetechnik könnte einen Beitrag zur personalunabhängigen Identifizierung leisten. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass der Abstand zwischen Leseantenne und Transponder möglichst gering ist und damit eine zuverlässige Identifizierung sichergestellt wird. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Applikationsorte für Transponder beim Rind wird in Abbildung 3 ein Vorschlag für die Installation von stationären Antennen in der Betäubungsbucht dargestellt [3]. Vorteilhaft ist dabei, dass die sichere Identifizierung an die Betäubung gekoppelt werden kann. Andererseits kann durch den Ort der Installation die Identifikation deutlich verbessert werden, weil der Abstand zwischen Antenne und Transponder sowohl für den Bolus (Tier

steht in der Betäubungsfalle unmittelbar vor der seitlich installierten Antenne) als auch für Injektat und Ohrmarke (der Kopf des Tieres fällt nach der Betäubung auf die in der Aufangmulde integrierte Antenne) auf ein Minimum reduziert werden kann.

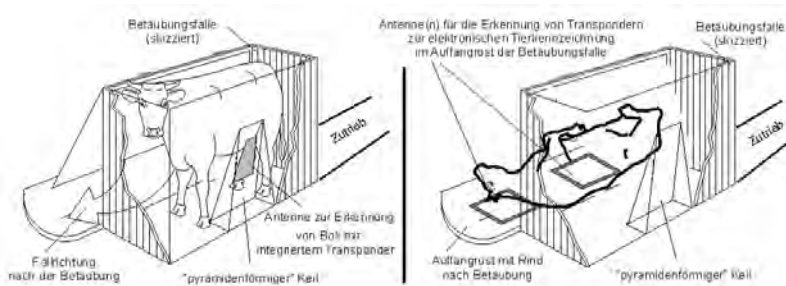


Abb. 3: Vorschlag für die Integration von Antennen in der Betäubungsfalle bei der Rinderschlachtung [3]

7 Ausblick

Voraussetzung für die sichere Entnahme von Transpondern ist, dass sie im Schlachtprozess mit Hilfe der Lesetechnik zuverlässig ausgelesen werden. Weiterhin muss der Informationsfluss zu den jeweiligen Arbeitsplätzen sichergestellt sein. Hierbei ist eine akustisch/visuelle Signaldarstellung über das Vorhandensein eines Transponders hilfreich. Für die sichere Entnahme der Transponder ist die sorgfältige Einweisung des beteiligten Personals zwingende Voraussetzung. Kann der Verbleib eines Transponders in Sonderfällen nicht sicher dokumentiert werden kann, ergibt sich die Notwendigkeit, das Schlachtband notfalls sogar anzuhalten.

Bei einer obligatorischen Einführung der elektronischen Kennzeichnung und entsprechender Erfahrung und technischer Ausstattung sind bei einem kontinuierlichen Arbeitsanfall erhebliche Verbesserungen hinsichtlich der Entnahmerate zu erwarten.

Literatur

- [1] KLINDTWORTH, M. (1998): Untersuchungen zur automatisierten Identifizierung von Rindern bei der Qualitätsfleischerzeugung mit Hilfe injizierbarer Transponder. Dissertation Technische Universität München, Lehrstuhl für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, 145 ff.
- [2] KLINDTWORTH, M.; WENDL, G. und KLINDTWORTH, K. (2001): Leistungseigenschaften ISO-kompatibler Transponder. Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 5. Internationalen Tagung 2001, Stuttgart-Hohenheim, 6.–7. März 2001. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim. S. 32-37
- [3] WENDL, G.; KLINDTWORTH, M.; BÖCK, S. (2002): DBP-Nr. 10137470 und DBP-Nr. 10137471 v. 03.07.2002

Wie viele Messtage sind für eine verlässliche Schätzung der Ammoniakemissionen aus Stallgebäuden notwendig?

How many Measuring Days are Needed to Become a Reliable Estimation of Yearly Ammonia Emission from Livestock Buildings?

STEPHAN CLAES, ERIK VRANKEN, DANIEL BERCKMANS

Laboratory for Building Research, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 30, B-3001 Heverlee, Belgium

Schlüsselwörter: Ammoniakemissionen, Stallgebäude, Vorhersage, Schätzung, Kurzzeitmessungen
Keywords: ammonia emission, livestock buildings, prediction, estimation, short measuring time

Zusammenfassung

Ammoniakemissionen bilden eine der Hauptursachen für die Versauerung von Böden und Oberflächenwasser. 90 % aller Ammoniakemissionen stammen aus der Landwirtschaft. Es gibt derzeit keine kostengünstige Methode zur Messung von Ammoniakemissionen aus Stallgebäuden. Aktuelle Methoden basieren auf kontinuierlichen Messungen über eine lange Laufzeit (bis 200 Tage), wodurch diese Methoden teuer und zeitaufwendig werden.

Eine Reduzierung der Messtage wurde als Ansatz für eine kostengünstige Methode untersucht. Zu Fragen ist: wie viel Messtage sind notwendig, um die Parameter, die zur Berechnung der gesamten Ammoniakemissionen eines Jahres mit hoher Genauigkeit, einzuschätzen zu können.

Die Berechnungen der Ammoniakemissionen an 8 bzw. 12 zufällig ausgewählten Tagen in einem Jahr sind am Beispiel von Schweineställen dargestellt. Die durchschnittliche Fehlergenauigkeit (berechnete Emissionen zu Referenzemissionen) liegen bei 10,9 % bei 8 Messtagen bzw. bei 6,7 % bei 12 Messtagen.

Summary

Ammonia emission is one of the most important causes of soil and surface water acidification. Agriculture is responsible for 90 % of all ammonia emission. Today, there is no reliable low cost method available to measure ammonia emission with high accuracy from agricultural buildings. Current methods of ammonia emission factors are based on continuous measurements over a long period (up to 200 days), which make them very expensive and time consuming.

A reduction of the number of measuring days is tested as a strategy for a cheaper measuring method. The question is how many days are needed to estimate the parameters in a model to calculate the total ammonia emission on a yearly base with high accuracy.

The results of calculating ammonia emission with 8 or 12 randomly selected measuring days out of one year are shown for stables of fattening pigs. The average accuracy of the error (calculated emission compared to reference emission) is 10.9 % with 8 selected measuring days and 6.7 % with 12 selected measuring days.

1 Introduction

Ammonia emission is one of the most important pollutants and causes soil and surface water acidification. More than 90 % of the ammonia emission originates from agriculture (BUIJSMAN et al. 1987). Most of that emission (up to 97 %) originates from livestock and his according activities (POLLET et al. 1996) and within livestock about 50 % is emitted by the ventilation of livestock buildings and manure storage. In a European context ammonia emission has to be reduced by 45 % (compared with the emission in 1990) against 2010 to come towards the emission ceiling in the Protocol of Göteborg (June, 15th and 16th, 2001). Consequently EU wants new measures to reduce NH_3 emissions from livestock houses such as new feeding techniques, adapted building techniques, etc.

Such ammonia restriction measures however are only useful when their efficiency can be evaluated in field conditions. Today, measurements of NH_3 emissions from buildings and storage systems in field conditions are expensive due to the needed equipment (e.g. NO_x analyser), the manpower and the time consuming measuring periods (up to 200 days). Moreover, governments are looking for possibilities to do field measurements on high numbers of livestock buildings to implement the policy to reduce NH_3 emissions.

One way to create a better and cheaper procedure for field measurements is to reduce the number of needed measuring days (CLAES et al. 2002; VRANKEN et al. 2002).

2 Objectives

The main objective in this paper is to describe the development of a procedure for a reliable prediction of yearly ammonia emission with as few measuring days as possible. It is further investigated whether the use of selection criteria for the measuring days results in an increased accuracy.

3 Method

In a commercial fattening pig house, the NH_3 concentrations, ventilation rates, indoor and outdoor temperatures, number and weight of animals and dirtiness of four pens are measured. The BERCKMANS et al. (1998) and HENDRIKS et al. (2001) describe the layout of the measuring installation. Ammonia concentration is measured with a NO_x analyser every 12 minutes and a ventilation rate sensor is used to measure the ventilation rate (BERCKMANS et al. 1991). Other variables are measured at the same sample rate. Dirtiness of the pens was defined as the percentage of floor covered with manure (floor factor) (NI et al. 1996; AARNINK and ELZING 1998).

In this paper, the measurements of the NH_3 emission and other variables in a location in Bierbeek (Belgium) are used. Measurements in that location are taken from a pig house in 2 compartments for about 150 fattening pigs over a period from May 21, 1999 till July 31, 2000. Reliable measurement results (every 12 minutes) are available for 345 days.

The procedure of the shortened measuring period is based upon the knowledge that NH_3 -emission is strongly related to other variables that are more easily measured over a yearly period (VRANKEN et al. 2002). Indeed, it has been shown that the ammonia emission from livestock buildings is strongly related to variables such as inside and outside temperature, humidity, ventilation rate, number of animals and animal weight (NI et al.

1994; AARNINK 1997). These variables can more easily be measured in livestock buildings over a longer period, without high costs, and the hypothesis is that these can be used for the prediction of yearly ammonia emission.

The way the simplified procedure has been developed, is explained in the next section). A lot of high frequent measurements (every 12 minutes) of higher mentioned variables (NH_3 concentrations, ventilation rates, indoor and outdoor temperatures, number and weight of animals and dirtiness of four pens) over a whole year are used to develop the principle of the shortened measuring procedure. A small number of days with measurement results are randomly selected from the measurements of 345 days. With these, a statistical based model is developed. The model is used to calculate the NH_3 emission as a function of the easily measured variables over the selected days. In a next step the model is used to calculate the yearly ammonia emission from the easily measured variables over a whole year. This emission of a whole year, calculated with the model, is compared with the measured emission of that year. The random selection of days with measurement results is repeated 40 times and the calculated emission is compared with the measured emission each time.

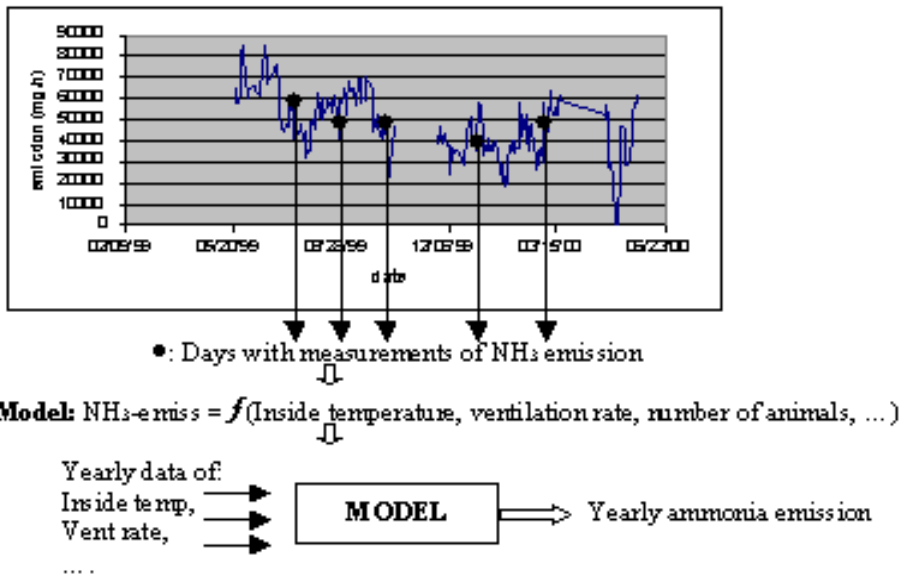


Fig. 1: Procedure of the short measuring period.

4 Results

Table 1 shows the correlations and interactions of different variables calculated over 345 days.

Tab. 1: Correlation coefficients obtained from measurements over 1 year in a commercial fattening pig house.

	NH _{3e}	V	T _{in}	T _{out}	N	W	TW
NH ₃ emission (NH _{3e})	1						
Ventilation rate (V)	0.58	1					
Indoor temperature (T _{in})	0.15	0.52	1				
Outdoor temperature (T _{out})	0.25	0.88	0.67	1			
Number of animals (N)	-0.26	-0.25	-0.04	-0.52	1		
Weight of animals (W)	0.48	0.21	-0.09	0.06	-0.61	1	
Total living weight (TW)	0.38	0.05	-0.17	-0.39	0.15	0.68	1

The correlation matrix demonstrates the high correlation between ammonia emission and several variables. Ventilation rate (V) and weight of animals (W) have a strong correlation with ammonia emission. The correlation between outdoor temperature and ventilation rate could be taken into account due to the influence of the ventilation controller. Consequently, outdoor temperature is not be taken into account in the model structure. The same conclusion is drawn for the indoor temperature. The conclusion is that only ventilation rate (V) and weight (W) are used in the model.

From the higher mentioned experiments representative data are available for the NH₃ emission and other mentioned variables over 345 days measured every 12 minutes. A random selection of days, spread all over the year, is used to model a statistical linear relationship between the NH₃ emission and measured ventilation rate (available from the climate controller) and weight of the animals. The following linear model structure is used:

$$\text{NH}_{3e} = \text{Cte} + aV + bW$$

$$R^2 = 0.87$$

- and: NH_{3e}:
- Ammonia emission (mg/h)
- Cte, a, b:
- Estimated coefficients
- V:
- Ventilation rate (m³/h)
- W:
- Mean weight of animals (kg)

If variables are added to the model, for example indoor and outdoor temperature. R² will not increase a lot.

$$\text{NH}_{3e} = \text{Cte} + aV + bW + cT_{in}$$

$$R^2 = 0.88$$

$$\text{NH}_{3e} = \text{Cte} + aV + bW + dT_{out}$$

$$R^2 = 0.90$$

$$\text{NH}_{3e} = \text{Cte} + aV + bW + eT_{in} + fT_{out}$$

$$R^2 = 0.90$$

With this model the emission of all 345 days is calculated, based on the measurement of V and W for those days. The resulting total emission is compared to the measured ammonia emission based on the data of the whole year. This is done 40 times (= 40 random selections) with 8 completely randomly chosen days and 40 times with 12 randomly chosen days. It is done 40 times because the developed, statistical based, model depends on the selected days. The error between measured and calculated emission over one year is expressed in %. The RMSEP (root mean squared error in percent) is calculated from that error.

$$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum (error^2)}{(n - p)}}$$

error: measured minus calculated emission (%)
n: number of selections
p: number of parameters

The RMSEP of the 40 errors is 10.9 % for 8 selected days and 6.7 % for 12 selected days. For 8 selected) there are 16 random selections with an error less as +/- 5 % while for 12 selected days there are 24 random selections with an error less as +/- 5 %.

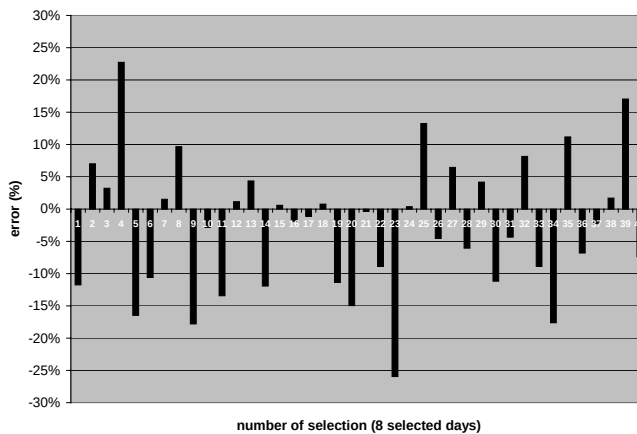


Fig. 2: Error with 8 randomly selected days for 40 random selections.

It is concluded that more selected days gives a better result. But the aim is to have as less measuring days as possible. So the solution could be to choose days no longer completely randomly but to add selection criteria. The effect of such selection criteria will be researched in the future. Selection criteria could be: fixed time interval between selected days, the selected days may not be selected from the same month or selection spread over the weight of the pigs.

5 Conclusions

It is concluded that the method of a shortened measuring period allows an important reduction of the number of required measuring days to do determine the yearly NH_3 emission. A total number of 8 days, randomly chosen over the year, allows predicting the yearly emission with a RMSEP of 10.9 % and if selected 4 days more, the RMSEP is 6.7 %.

With this method, the required length of the measuring period is reduced and this by using the data of variables that are easily measured in mechanically ventilated structures, namely ventilation rates and animal weight. The data from the selected days are used to calculate a statistical model relating the NH_3 emission to these variables. This model is used to calculate the yearly NH_3 emission. This procedure of a shortened measuring pe-

riod allows the use of the expensive equipment and the manpower on about 10 times more locations or installations compared to only one in the traditional way of working during the same measuring period. The assumption is that, if good selection criteria could be defined, the error can decrease, and this will be investigated in the near future.

References

- AARNINK, A.J.A. (1997). Ammonia Emission From Houses for Growing Pigs As Affected by Pen Design, Indoor Climate and Behaviour. Landbouwwuniversiteit Wageningen (Nederland), Wageningen, pp. 175
- AARNINK, A.J.A. and ELZING, A. (1998). Dynamic Model for Ammonia Volatization in Housing With Partially Slatted Floors, for Fattening Pigs. *Livestock Production Science*, 53, p. 153-169
- BERCKMANS, D.; VANDENBROECK, P. and GOEDSEELS, V. (1991). Sensor for Continuous Measurement of the Ventilation Rate in Livestock Buildings. *Indoor Air*, 1 (3), p. 323-336
- BERCKMANS, D.; VINCKIER, C.; HENDRIKS, J.; NI, J.Q.; GUSTIN, P.; URBAIN, B. and ANSAY, M.; (1998). Emissie En Impact Van Ammoniak in Varkensstallen, Ministerie van Middenstand en Landbouw, Publicatie Ministerie van Middenstand en Landbouw, April 1998, pp. 192.
- BUIJSMAN, E.; MAAS, H.F.M. and ASMAN, W.A.H. (1987). Anthropogenic NH₃ Emissions in Europe. *Atmospheric Environment*, 21 (5), p. 1009-1022
- CLAES, S.; VRANKEN, E. and BERCKMANS, D. (2002). Development of a Shortened Procedure for the Determination of Ammonia Emission From Livestock Buildings. PhD Symposium. Het pand, Gent, Belgium, MFLBER 67(4), p. 213-216
- HENDRIKS, J.; ANDRIES, A.; SAEVELS, P.; LERIBAU, C.; VRANKEN, E.; VINCKIER, C. and BERCKMANS, D.; (2001). Ontwikkeling Van Een Eenvoudige Procedure Voor De Bepaling Van Geur- En Ammoniakemissies Van Agrarische Constructies Ten Behoeve Van Een Aangepaste Milieureglementering in Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse gemeenschap, programma beleidsgericht onderzoek, Brussel, p. 86-162
- NI, J.Q.; BERCKMANS, D.; VRANKEN, E. and COENEGRACHTS, J.; (1994). A Simulation Model to Evaluate Ammonia Emission From Pig House. European Simulation Symposium. Istanbul Turkey, 3, p. 13-15
- NI, J.; HENDRIKS, J.; BERCKMANS, D. and VINCKIER, C. (1996). Ammonia Release: CO₂ Factor in Commercial Swine House. International meeting of the ASAE. Phoenix, USA, ASAE-paper. 964094, pp. 16
- POLLET, I.; VAN LANGENHOVE, H. and CHRISTIAENS, J. (1996). Onderzoeks- En Ontwikkelingsovereenkomst Inzake De NH₃-Emissies Door De Landbouw. Rapport in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij VMM (174M3495), pp. 193
- VRANKEN E.; CLAES, S. and BERCKMANS, D. (2002). Influence of Climate Control on the Ammonia Emission of Pig Houses. 10th FAO Ramiran Conference. Strbske Pleso, High Tatras, Slovakia, pp. 4
- VRANKEN, E.; DARIUS, P.; HENDRIKS, J.; CLAES, S. and BERCKMANS, D. (2002). Development of a Shortened Procedure for the Determination of Ammonia Emission From Livestock Buildings. EurAgEng. Budapest, Hungary, pp. 8

Minderung von Emissionen aus Schweineställen durch innovative Lüftungssteuerung

Emission Reduction from Pig Facilities by Innovative Ventilation Control

ANGELIKA HÄUßERMANN, EBERHARD HARTUNG, THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

Schlüsselwörter: Lüftungssteuerung, Emissionsminderung, Stallluftqualität, Ammoniak, Kohlerndioxid, Methan, Mastschweine

Keywords: ventilation control, emission reduction, indoor air quality, ammonia, methane, carbondioxide, fattening pigs

Zusammenfassung

Im vorliegenden Forschungsprojekt steht die Entwicklung und Überprüfung neuer Lüftungsregelungskonzepte bzw. -varianten in einem Mastschweinestall im Mittelpunkt, die sowohl mit einer messbaren Emissionsminderung als auch mit einer am Bedarf des Tieres und des Tierbetreuers orientierten Stallluftqualität einhergehen sollen.

Die Lüftungsvarianten werden über insgesamt vier Mastperioden in zwei räumlich getrennten Abteilen überprüft, die mit je zwei Großbuchten pro Abteil 54 Mastschweinen Platz bieten. Die Hälfte der Buchtenfläche ist als Liege- und Fressbereich (reduzierter Schlitzanteil von ca. 6 %) ausgeführt. Die Zuluft der Unterflurabsaugung gelangt über Porenkanäle in die Abteile; hierbei kann optional eine Befeuchungskühlung zum Einsatz kommen. Die Messeinrichtung des Versuchsstalls erlaubt die kontinuierliche Aufzeichnung von Gaskonzentrationen, Volumenströmen, Temperaturen, relativer Luftfeuchten und der Tieraktivität.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass vielversprechende Regelungskonzepte in Kombination mit einer zusätzlichen Luftbefeuchtung eingesetzt werden können.

Summary

In the scope of a research project at a pig facility special emphasise is laid on the development and test of several innovative ventilation control systems which go hand in hand with a verifiable emission reduction and an animal acceptable indoor air quality.

The test of the ventilation control strategies is carried out over four successive fattening periods at two spatially separated compartments, which are subdivided into two large pens with 27 pigs per pen. Half of the pen is featuring a concrete floor with a reduced slot share of 6 %. The underfloor extraction ventilation system supplies fresh air through pore channels. The ventilation system is additionally equipped with a air cooling system. The measuring system allows the continuous registration of gas concentrations, ventilation rates, temperatures, humidity's and the animal activity.

The first results indicated, that promising innovative ventilation control systems goes hand in hand with a moistening air-cooling system.

1 Einleitung und Zielsetzung

Gasemissionen aus Nutztierställen unterliegen ebenso wie die Stallluftqualität sowohl tages- als auch kurzzeitigen Schwankungen, die zahlreiche Emissionsspitzen während eines Tages verursachen. Ein Haupteinflussfaktor ist dabei die Stallinnentemperatur, wie auch die Variation der Lüftungsrate, die in zwangsbelüfteten Stallgebäuden meist über die Stallinnentemperatur geregelt wird.

Aufgrund der in der Literatur bereits beschriebenen Zusammenhänge zwischen Emissionen und den die Lüftung beeinflussenden Parametern (z. B. GALLMANN, 2002; NI, 1998; NIEBAUM, 2001; RATHMER, 2002), wird eine Möglichkeit die mittlere Gasemission aus einem Schweinestall zu reduzieren darin gesehen, Emissionsspitzen, die mit der Tieraktivität, der Fütterung, dem Tag-Nacht-Rhythmus, der Innenraumtemperatur und der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen im Zusammenhang stehen, zu kappen. Hieraus stellt sich die Frage, ob und in welcher Kombination die o.g. Einflussgrößen als Eingangsparameter für eine unter Praxisbedingungen handhabbare Lüftungssteuerung genutzt werden können mit dem Ziel der Emissionsminderung bei Gewährleistung eines adäquaten Stallklimas.

Im vorliegenden Forschungsprojekt, welches im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs „Strategien zur Vermeidung der Emission klimarelevanter Gase und umwelttoxischer Stoffe aus Landwirtschaft und Landschaftsnutzung“ durchgeführt wird, steht speziell die Entwicklung und Überprüfung verschiedener neuer Lüftungsregelungskonzepte in einem Mastschweinestall im Mittelpunkt, die sowohl mit einer messbaren Emissionsminderung als auch mit einer am Bedarf des Tieres und des Tierbetreuers orientierten Stallluftqualität einhergehen soll. Um diese Ziel zu erreichen, werden die nachfolgenden Arbeitsschritte bearbeitet:

- Bestimmung der in die Regelkonzepte eingehenden Mess-, Regelparameter und Aktoren sowie Entwicklung von Regelkonzepten und Festlegung von Daten-Schnittstellen;
- Entwicklung einer speziellen, die Regelkonzepte umsetzenden Software für die in den Untersuchungen eingesetzten handelsüblichen Stallklimaregelgeräte;
- Bestimmung sensorspezifischer Regelbereiche und –kennlinien;
- Überprüfung und Optimierung der Effizienz und Praxistauglichkeit der entwickelten Regelkonzepte bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen (z.B. Sommer- und Wintersituation) und Betriebsweisen.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsstall und Messeinrichtung

Die Untersuchungen werden im Hohenheimer Versuchsstall für Mastschweine durchgeführt (HARTUNG et al., 1999). Auf Grund seiner Konzeption und Unterteilung in zwei räumlich getrennte Abteile in einem Gebäude ist die Durchführung von zeitgleichen Untersuchungen an zwei unterschiedlichen ausgestalteten Haltungssystemen im Parallelbetrieb möglich. Somit sind die Umgebungsbedingungen, die Tierherkunft und die –zusammensetzung sowie die Tierbetreuung und die Routinearbeiten für beide Abteile gleich.

Beide Abteile sind in jeweils zwei Großbuchten unterteilt, die 27 Mastschweinen Platz bieten ($0,9 \text{ m}^2/\text{Tier}$) und mit einem Betonspaltenboden ausgestattet sind, der im Kotbereich einen Schlitzanteil von etwa 14 % und im Liegebereich einen reduzierten Schlitzanteil von etwa 6 % aufweist (Abb.1). Zur Unterstützung der Trennung der Funktionsbereiche sind in jeder Bucht im Kotbereich drei Nippeltränken wandseitig angebracht. In diesem Bereich befindet sich ebenso die jeweils gangseitig aufgestellte Beschäftigungstechnik in Form von Porky-Play-Automaten (STUBBE, 2000).

Das vor dem Versuchstall stehende Futtersilo dient zur gemeinsamen Versorgung der zwei unterschiedlichen Fütterungssysteme, die in beiden Abteilen im Bereich des Betonspaltenbodens mit reduziertem Schlitzanteil angebracht sind (Fress- und Liegebereich). Das linke Abteil ist mit je einem Rohrbreiautomaten pro Bucht, das rechte mit je einem Längstrog einer Sensorflüssigfütterung pro Bucht ausgestattet (Abb. 1).

Die eingebaute Unterdrucklüftung ist als Unterflurabsaugung mit einem separaten Abluftkamin pro Abteil konzipiert. Die Zuluft gelangt durch den zentralen Versorgungsgang über je zwei mittig über dem Tierbereich angeordnete Porenkanäle in die Abteile. Beide Abteile sind mit einer, nach dem adiabatischen Kühlungsprinzip arbeitenden Hochdruck-Befeuchtungskühlung (80 bar) ausgestattet. Pro Abteil sind zwei separat schaltbare Befeuchtungsstränge vorhanden; jeweils einer vor den Porenkanalöffnungen im zentralen Versorgungsgang und der andere mittig über dem jeweiligen Abteilgang hängend.

Die vorhandene und bereits bewährte Messeinrichtung erlaubt die kontinuierliche Aufzeichnung der Gaskonzentrationen, des Abluftvolumenstroms, der Temperaturen, der relativen Luftfeuchten und der Tieraktivität (GALLMANN et al., 2000). Die Messeinrichtung wurde dahingehend modifiziert, dass eine möglichst hohe zeitliche Auflösung unter Berücksichtigung der Einpegelzeit des jeweilige Messgerätes oder -sensors erreicht wird, um damit angemessen auf die zeitliche Variation der Messgrößen sowie auf kurzzeitige Ereignisse und Veränderungen regeltechnisch reagieren zu können.

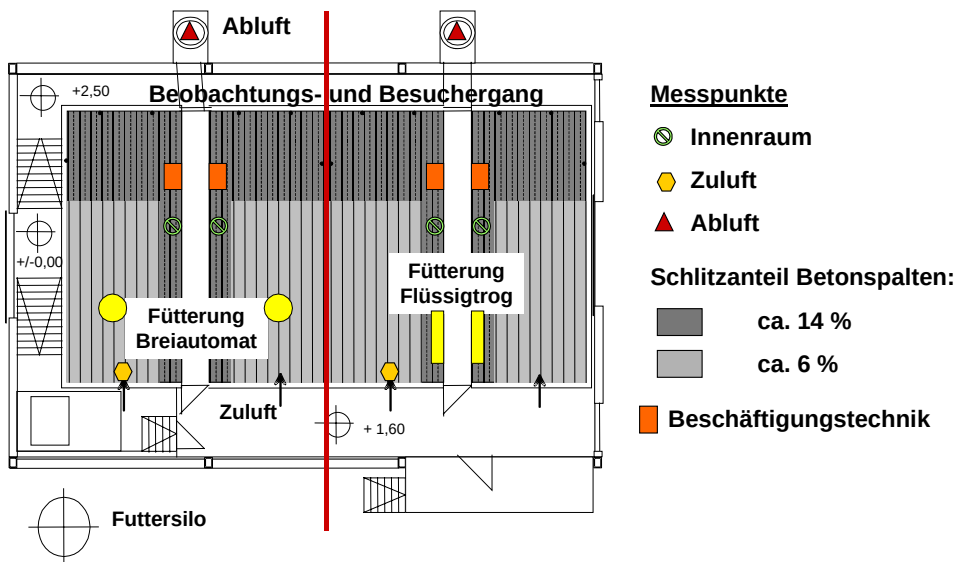


Abb. 1: Grundriss des Hohenheimer Versuchstalls für Mastschweine

2.2 Versuchsplanung

Die verschiedenen Lüftungsregelungskonzepte bzw. Varianten werden über insgesamt vier Mastdurchgänge (MD) untersucht. Hierbei werden innerhalb der zwei hintereinanderfolgenden Mastdurchgänge MD 1 und MD 2 sowie MD 3 und MD 4 (Sommer- und Wintersituation) jeweils drei unterschiedliche Varianten inklusive der Referenzvariante verglichen (Tab. 1). Bei der Referenzvariante handelt es sich um eine praxisübliche temperaturgeregelte Lüftungssteuerung, ohne den Einsatz einer Befeuchtungskühlung oder anderer Sensoren und/oder Aktoren.

Tab. 1: Geplante Mastdurchgänge

April 2002 bis Juli 2002	Vorversuch
Oktober 2002 bis Januar 2003	Mastdurchgang 1 – MD1
Februar 2003 bis Juni 2003	Mastdurchgang 2 – MD2
Juli 2003 bis Oktober 2003	Mastdurchgang 3 – MD3
November 2003 bis Februar 2004	Mastdurchgang 4 – MD4

Jeder Mastdurchgang ist in vier jeweils dreiwöchige Mastabschnitte (MA) unterteilt, die zur Überprüfung bzw. zum Vergleich der Varianten dienen. Die Mastabschnitte sind wiederum in drei einwöchige Messabschnitte unterteilt, wobei hier die erste Woche zur Adaptation, die zweite Woche zur Messung und die dritte Woche ebenfalls zur Sicherheits- bzw. Wiederholungsmessung dient. Die statistische Verteilung der insgesamt vier Varianten A bis D (inkl. Referenzvariante) über die zwei Mastdurchgänge MD 1 und MD 2 bzw. MD 3 und MD 4 und die beiden Abteile erfolgt mittels Lateinischer Quadrate (Abb. 2). Diese Art der Versuchsplanung gewährleistet bei der nachfolgenden statistischen Auswertung eine Berücksichtigung von Spalten- (Mastabschnittsnummer), Zeilen- (Kombination Abteil/Fütterungssystem), und Behandlungseffekt sowie des Messzeitpunktes.

	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	
MD1 – Abteil 1 Breifütterung	D	B	A	C	↓ Effekt Mastabschnitt
MD1 – Abteil 2 Sensorfütterung	B	C	D	A	→ Effekt Abteil und Fütterungssystem
MD2 – Abteil 1 Sensorfütterung	A	D	C	B	A,B Effekt C,D Behandlung
MD2 – Abteil 2 Breifütterung	C	A	B	D	● Effekt Zeitpunkt

Abb. 2: Versuchsplanung mittels Lateinischer Quadrate (MD1 und MD2)

3 Erste Ergebnisse und Ausblick

Die Stall- und Messeinrichtung konnte in der ersten Hälfte des Jahres 2002 für die vorliegenden Versuche modifiziert werden. Von April bis Juni 2002 wurden parallel dazu Vorversuche durchgeführt, die zur Entwicklung und modularen Anpassung der Stallklima-software und zur gleichzeitigen Überprüfung der Sensoren und der Wirkungsweise der

Aktoren als Eingangsparameter für eine Lüftungssteuerung genutzt wurden. Im Mastdurchgang 1 wurde als erste Variante zunächst der Einfluss der Temperatur und des Volumenstromes, in Kombination mit der Luftbefeuchtung, auf die Emissionen ermittelt. Um der in der Literatur geforderten Senkung der Stallinnentemperatur zur Minderung der Freisetzung von Schadgasen gerecht zu werden, kann insbesondere in der wärmeren Jahreszeit eine Befeuchungskühlung eingesetzt werden, wie die Vorversuche schon zeigten (Abb. 3).

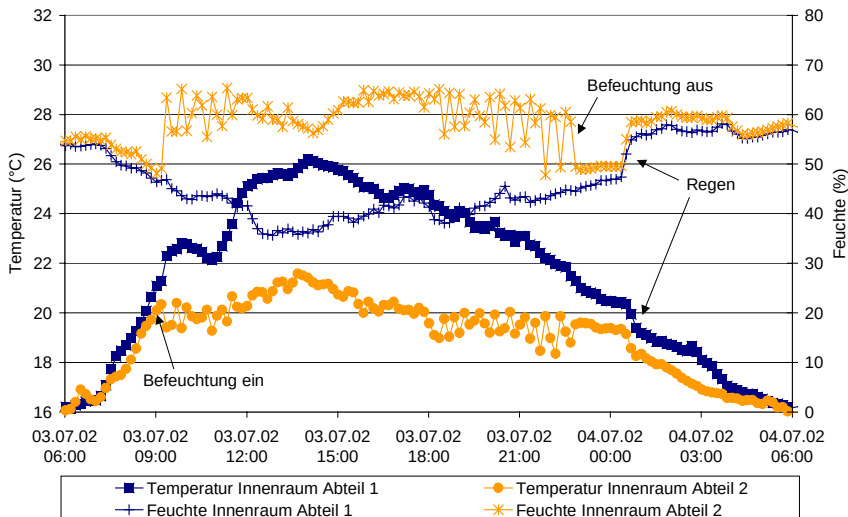


Abb. 3: Befeuchungskühlung der Zu- und Innenraumluft (Abteil 2) im Vergleich zu temperatureregelter Lüftungssteuerung ohne Befeuchtung (Abteil 1) unter Sommerbedingungen (Vorversuche)

Im Abteil 2 konnte bei Sommerbedingungen durch die Befeuchtung der Zuluft und des Innenraums, im Vergleich zur ausschließlich temperatureregelten Lufrate im Abteil 1, die Innentemperatur um bis zu 4,5 K gesenkt werden. Die Befeuchtung der Luft wirkte gleichzeitig einem zu starken Absinken der Luftfeuchte durch hohe Sommerlufraten entgegen und kann in ihrer Wirkungsweise mit einem starken Regenereignis im Stallaußenbereich verglichen werden (Abb. 3).

Wird das Stallklima ausschließlich über die Stalltemperatur geregelt, kann die optimale Steuerung anderer Stallklimaparameter, wie z.B. der Luftfeuchte oder des Schadgasgehaltes, nur bedingt gewährleistet werden. Wird im Gegensatz dazu eine Regelung der Lufrate über den CO_2 -Gehalt im Stall vorgenommen, ist dies mit einem geringeren Luftvolumenstrom verbunden (Abb. 4). Andere Parameter, wie die Temperatur und die Luftfeuchte lassen sich dabei durch Einsatz der oben beschriebenen Luftbefeuchtung und innovativer Regelkonzepte im optimalen Bereichen halten.

Im Verlauf der weiteren Arbeit werden geeignete Einsatzbereiche der das Stallklima in unterschiedlicher Art und Weise beeinflussenden Regulationsmechanismen, wie auch die dabei ermittelten möglichen Emissionsminderungen erarbeitet. Umfassende Ergebnisse werden ab Ende des zweiten Mastdurchganges verfügbar sein, die dann als Basis für die weitere Entwicklungen und Messungen herangezogen werden können.

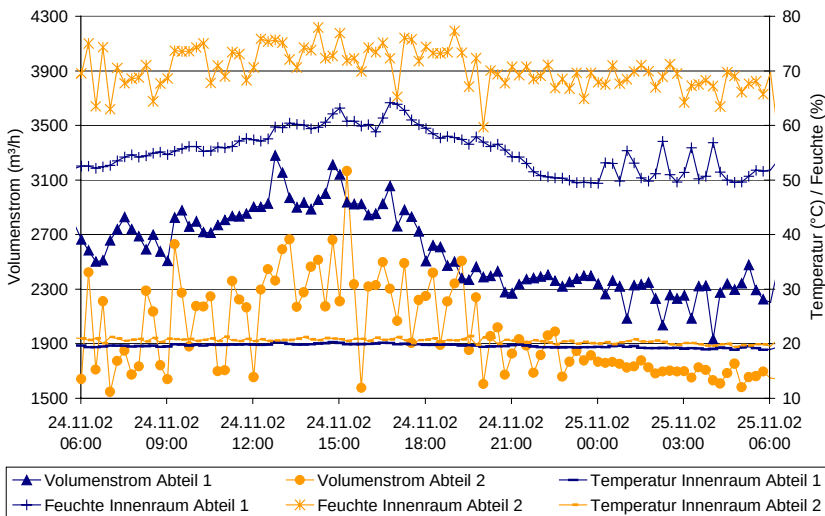


Abb. 4: Regelung des Stallklimas über CO₂-Gehalt mit unterstützender Befeuchtungskühlung (Abteil 2) im Vergleich zu temperaturgeregeltem Abteil mit Befeuchtung (Abteil 1)

Literatur

GALLMANN, E.; E. HARTUNG; T. JUNGBLUTH (2000): Umweltgerechte Mastschweinehaltung – Sensitivität der Emissionsmessungen. Agrartechnische Forschung 6 (2000), Heft 6, S. 102-109.

GALLMANN, E. (2002): Vergleich von zwei Haltungssystemen für Mastschweine mit unterschiedlichen Lüftungsprinzipien – Stallklima und Emissionen. Dissertation Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik.

HARTUNG, E.; A. HAUSER; E. GALLMANN; A. STUBBE (1999): Die tier- und umweltgerechte Mastschweinehaltung ist das Ziel – Konzeption eines Versuchsstalls. Landtechnik 54, 4/99, S. 236 – 237.

NI, J. (1998): Emission of Carbon Dioxide and Ammonia from Mechanically Ventilated Pig House. Doctoraatsproefschrift Nr. 338 aan de Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen van de K.U. Leuven (Dissertation Katholieke Universiteit Leuven, Belgien).

NIEBAUM, A. (2001): Quantifizierung gasförmiger Emissionen aus quer gelüfteten Außenklimaställen für Mastschweine mit Hilfe der Tracergas-Technik. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Schrift 370, Dissertation Georg-August Universität Göttingen, ISSN 0931-6264.

RATHMER, B. (2002): Vergleich klima- und umweltrelevanter Emissionen aus Haltungssystemen für Mastschweine. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Schrift 386, Dissertation Technische Universität München, ISSN 0931-6264.

STUBBE, A. (2000): Entwicklung und Beurteilung einer Beschäftigungstechnik für Mastschweine in intensiven Haltungssystemen. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Schrift 358, Dissertation Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, ISSN 0931-6264

Entwicklung und Einsatz einer Spülmistungsanlage in der einstreulosen Mastschweinehaltung zur Reduzierung gasförmiger Emissionen

Development and Use of a Slurry Flushing System in the Fattening Pig Husbandry to the Reduction of Gaseous Emissions

MARCUS KIUNTKE¹, HERMAN VAN DEN WEGHE²

¹ WEDA Dammann & Westerkamp GmbH, 49424 Lutten

² Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Georg-August-Universität Göttingen, Universitätsstraße 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Mastschweine, Ammoniakemissionen, Spülrinnen

Keywords: Fattening pigs, ammonia emissions, flushing gutters

Zusammenfassung

Durch stallseitige Maßnahmen (Reduzierung der Gülleverweilzeit und der emittierenden Oberflächen) sollte primär eine Reduzierung der Ammoniak- und Geruchsemissionen in der Abluft und eine Verbesserung der Luftqualität im Stall erreicht werden. Dazu wurde ein Abteil eines Mastschweinestalles unterhalb der Spaltenböden mit V-förmigen Spülrinnen nachgerüstet. Die Rinnen wurden einmal täglich mit einer mechanisch und zum Teil aerob-biologisch aufbereiteten Spülflüssigkeit ausgespült. Ziel der biologischen Behandlung waren ein weitgehender Abbau von Geruchsstoffen und die biologische Umsetzung des NH_4 -Stickstoffs in Nitrat (Nitrifikation), um damit eine emissionsarme Spülflüssigkeit zu erhalten.

Ziele dieser Forschungsarbeit waren die Entwicklung eines emissionsarmen, mechanisch- und biologischen Aufbereitungsverfahrens für die Spülflüssigkeit und der Aufbau einer Pilotanlage im Praxismaßstab. Im ersten Versuchsabschnitt wurde zur biologischen Aufbereitung der Spülflüssigkeit ein kontinuierliches Verfahren eingesetzt. Im zweiten Abschnitt wurde das Verfahren auf Batch-Betrieb (24-Stunden-Zyklus) umgestellt. Der Bioreaktor wurde hinsichtlich des Kohlenstoffabbaus, der Nitrifikationsleistung und des Emissionsverhaltens untersucht. Parallel dazu wurden die stallseitigen Emissionen der Abluft (Ammoniak, Methan, Lachgas, Kohlendioxid und Geruch) im Abteil mit Spülrinnen und in einem baugleichen Referenzabteil mit Güllelagerung im Stall quantifiziert.

Summary

By stable-sided measures (reduction of the residence time of the slurry and the emitting surfaces in the stable) a reduction of the ammonia and smell emissions in the waste air and an improvement on the air quality should primarily be reached in the stable. To this a compartment of a fattening pig pen was retrofitted below the slatted floors with V-shaped flushing gutters. The gutters were rinsed out daily with a mechanical and partly aerob biologically prepared flushing liquid. Aim of the biological treatment was a far-reaching reducing of smell substances and the biological translation of the NH_4 nitrogen into nitrate (nitrification) to get an low emission flushing liquid.

Aims of this research were the development of an emission poor, mechanical and biological processing method for the flushing liquid and the construction of a pilot plant in the practice scale. In the first experiment section a continuous process was used to the biological processing of the flushing liquid. In the second section the method was switched over to a Batch process. The biological reactor was examined with regard to the carbon reducing, the nitrification capacity and the emission behavior. The stable-sided emissions of the waste air (ammonia, methane, laughing gas, carbon dioxide and smell) got parallel to this quantified in the compartment with flushing gutters and in an identically constructed reference compartment with slurry storage in the stable.

1 Aufbereitung der Spülflüssigkeit

Die ausgespülte Gülle wird in einer Vorgrube gesammelt und anschließend in einem zweistufigen Prozess behandelt (Abb. 1): Im ersten Schritt wird die Spülflüssigkeit durch Flockung und Sedimentation in eine Dickschlamm- und ein Dünnfraktion separiert. Durch die Flockung können auch Partikel mit sehr geringer Sinkgeschwindigkeit abgeschieden werden, die sonst in den Ablauf des Sedimenters gelangen würden.

In einem zweiten Schritt wird ein Teil des Ablaufs aus der Sedimentation von etwa 60 % in einer aeroben Biologie aufbereitet. Der übrige Teilstrom in Höhe von 40 % wird direkt dem Spülvorlagebehälter zugeführt und dort mit dem Ablauf aus dem Bioreaktor vermischt. Dieses Gemisch wird dann zum Ausspülen der Rinnen in dem Stall verwendet. Eine Zugabe von Brauch- oder Brunnenwasser ist nicht erforderlich.

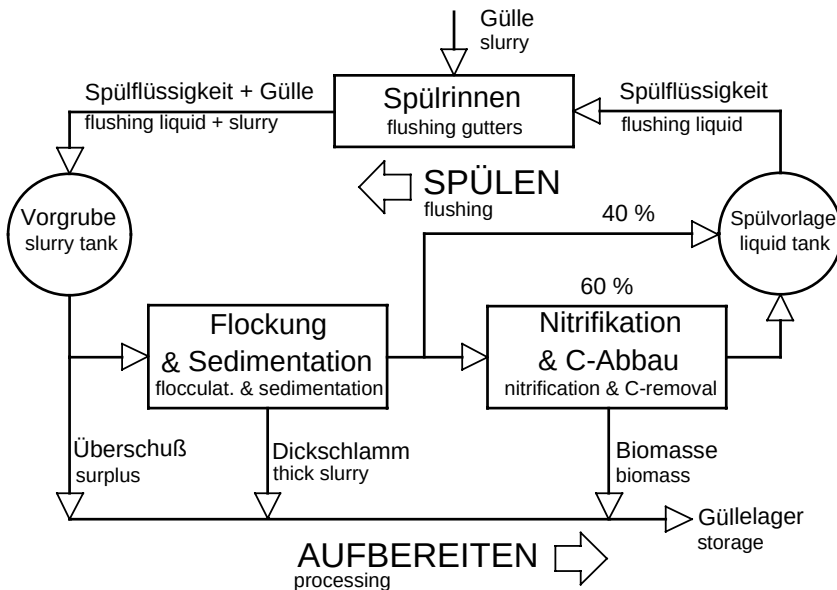


Abb. 1: Grundfließbild der Flüssigmist-Spülanlage
Flow chart of the manure flushing system

2 Stallsystem und Messtechnik im Stall

Die stallseitigen Abluftemissionen und die Klimadaten wurden in einem einstreulosen Mastschweinestall mit Großraumbuchten für jeweils 30 Tiere und Rohrbreiautomaten durchgeführt (Abb. 2).

Die Luft wird durch den Mittelgang unterflur zugeführt und im Aufenthaltsbereich der Tiere ebenfalls Unterflur wieder abgesaugt. Zur Quantifizierung der Emissionsminderung wurden die emissionsrelevanten Messungen zeitgleich im baugleichen Nebenabteil ohne Spülrinnen (Referenzabteil) durchgeführt.

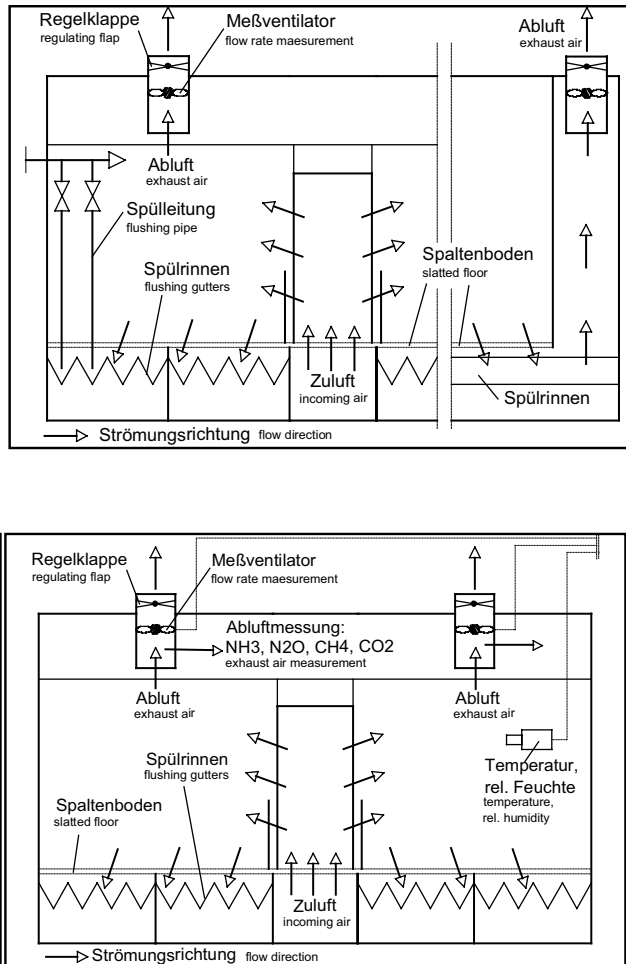


Abb. 2: Stallsystem (Bild links) und Messtechnik im Stall (Bild rechts)
Stable system (Fig. left) and measurement technology in the stable (Fig. right)

3 Ergebnisse

Flockung und Sedimentation

Zur Flockung der ausgespülten Gülle wurde in den Zulauf der Sedimentation ein nichtionisches Polyacrylamid zudosiert (Dosierung: 8 g pro m³ Gülle). Durch die Sedimentation wurden die Kohlenstoff- und die Phosphat-Frachten um die Hälfte und die Stickstoff-Fracht zu mehr als einem Drittel reduziert. Dadurch wurde die nachgeschaltete Biologie entlastet und die Kosten für die Belüftung konnten gesenkt werden.

Tab. 1: Mittlere Abscheidegrade durch Flockung und Sedimentation
Average removal rates by flocculation and sedimentation

PA-Dosierung: 8g PA / m ³ Gülle	TM	C _{ges}	N _{ges}	P
Abscheidegrad [%]	50	47 - 58	27 - 46	55

PA: Polyacrylamid TM: Trockenmasse ges: gesamt

Nitrifikation und Denitrifikation

Bei kontinuierlichem Betrieb beträgt der Ammoniumstickstoff-Abbaugrad bis zu einer Raumbelastung von 150 g N pro m³ und Tag konstant über 97 %. Bei Batch-Betrieb (24-Stunden Zyklus) wurde der Reaktor in einem Raumbelastungsbereich von 50 bis 130 g N pro m³ und Tag gefahren, wobei der Abbaugrad ebenfalls über 97 % lag. Die Nitrifikation erfolgte also sowohl bei kontinuierlichem Betrieb als auch bei Batch-Betrieb vollständig.

Die Denitrifikation verlief über zwei Stufen. Etwa 75 % des produzierten Nitrit- und Nitratmassenstromes wurde sowohl bei kontinuierlichem Betrieb als auch bei Batch-Betrieb in dem Spülvorlagebehälter denitrifiziert. Es handelt sich dabei um einen unkontrollierten Prozess, da mit Ausnahme durch den Spülvorgang selbst keinerlei Umwälzung in dem Spülvorlagebehälter erfolgte. Auch der Eintrag von leicht abbaubarem Kohlenstoff (als Energiequelle benötigt) erfolgte ungeregt und war allein von dem eingestellten Mischungsverhältnis von biologisch behandelter und unbehandelter Fraktion abhängig. Der verbleibende Anteil an Nitrit und Nitrat wurde in der Vorgrube vollständig denitrifiziert.

Emissionsmassenströme

Die Gesamtemission der untersuchten Spurengase setzt sich zusammen aus der Summe der stallseitigen Emissionen und der Emissionen des Bioreaktors. Der gesamte Emissions-Minderungsgrad ergibt sich durch den Bezug der jeweiligen Gesamtemission auf die Emissionen des Referenzabteils. Die Gesamtemissionen und die Emissionsminderungsgrade sind in Abbildung 3 als Prozentangaben unter den Pfeilen aufgeführt.

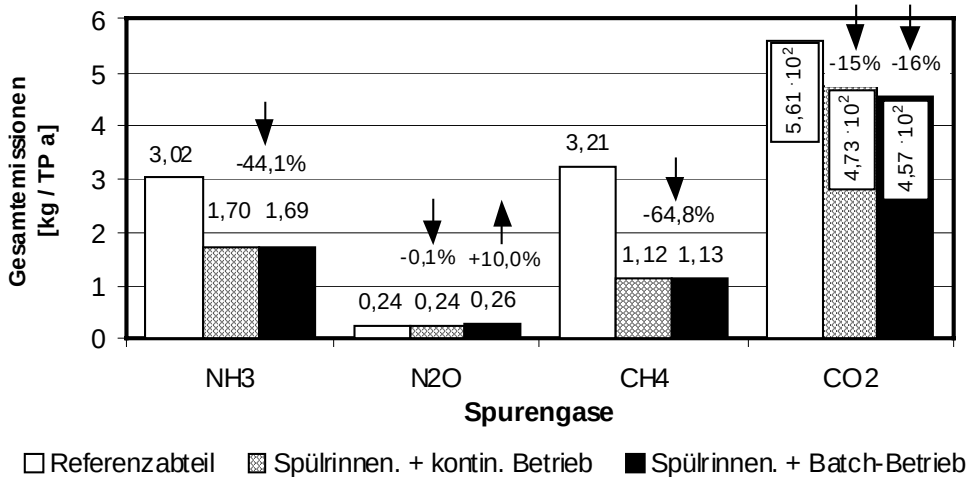


Abb. 3: Gesamtemissionen und Minderungsgrade der Gase NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2
 Total emissions and reduction ratio of the gases NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2

Gemittelt über drei Mastdurchgänge und hochgerechnet auf ein Produktionsjahr ergibt sich für Ammoniak eine Gesamtemission von 3,02 kg NH_3 /TP a und für das Spülrinnenabteil ein Wert von 1,70/1,69 kg NH_3 /TP a (kontinuierlicher Betrieb/Batch-Betrieb). Die gesamte NH_3 -Emissionsminderung beträgt damit für beide Betriebsarten 44,1 %.

Die N_2O -Emissionen lagen im Referenzabteil bei 0,24 und im Spülrinnenabteil bei 0,24/0,26 kg N_2O TP a (kontinuierlicher Betrieb/Batch-Betrieb). Bei Batch-Betrieb des Bioreaktors waren die Gesamtemissionen (Spülrinnenabteil und Bioreaktor) um 10 % höher als die N_2O -Emissionen aus dem Referenzabteil. Die N_2O -Gesamtemissionen liegen jedoch noch immer innerhalb des von HARTUNG und MONTENY (2000) recherchierten Wertebereiches von 0,02 bis 0,31 kg N_2O /TP a für einstreulose Mastschweineställe und sind demnach als gering einzustufen.

Bezüglich Methan wurde eine besonders deutliche Reduzierung der Emissionen um 64,8 % gegenüber dem Referenzabteil erzielt. Die CH_4 -Emissionen betragen im Referenzabteil 3,21 und im Spülrinnenabteil 1,12/1,13 kg CH_4 /TP a (kontinuierlicher Betrieb/Batch-Betrieb). Durch die drastische Verkürzung der Gülle-Verweilzeit im Stall verglichen mit dem Referenzsystem und der intensiven Durchlüftung der Gülle beim Spülen der Rinnen wird der Gärprozess immer wieder unterbrochen. Da Methanbakterien sehr O_2 -empfindlich sind und eine relativ lange Generationszeit haben, können sie sich in einem solchen System nur schwer halten und die Methanbildungsrate ist gering.

In Abbildung 4 ist der Anteil der gasförmigen Emissionen des Bioreaktors an den Gesamtemissionen dargestellt. Die Ammoniakemissionen in der Abluft des Bioreaktors waren gegenüber den Emissionen aus dem Stallbereich vernachlässigbar. Dies ist auf die niedrigen pH-Werte (um pH 6,8) und die ebenfalls niedrigen NH_4 -Konzentrationen ($< 15 \text{ mg/l}$) in der Flüssigkeit des Reaktors zurückzuführen. Im Vergleich dazu entstanden insbesondere bei Batch-Betrieb des Bioreaktors Lachgasemissionen mit einem relativen Anteil von etwa 20 % an den Gesamtemissionen. Auch bei kontinuierlichem Betrieb wurde während des gesamten Messzeitraumes Lachgas gemessen. Der Anteil an den Gesamtemissionen beträgt bei kontinuierlichem Betrieb jedoch nur etwa 12 %.

Die Methanemissionen des Bioreaktors haben einem Anteil von 1,7 % bei kontinuierlichem Betrieb und von 2,7 % bei Batch-Betrieb. Die unterschiedlichen Anteile den CO_2 -Emissionen bei kontinuierlichem Betrieb und bei Batch-Betrieb (8,2 % bzw. 5,0 %) sind im wesentlichen auf die unterschiedliche Höhe der Kohlenstoff-Abbauraten im Reaktor zurückzuführen.

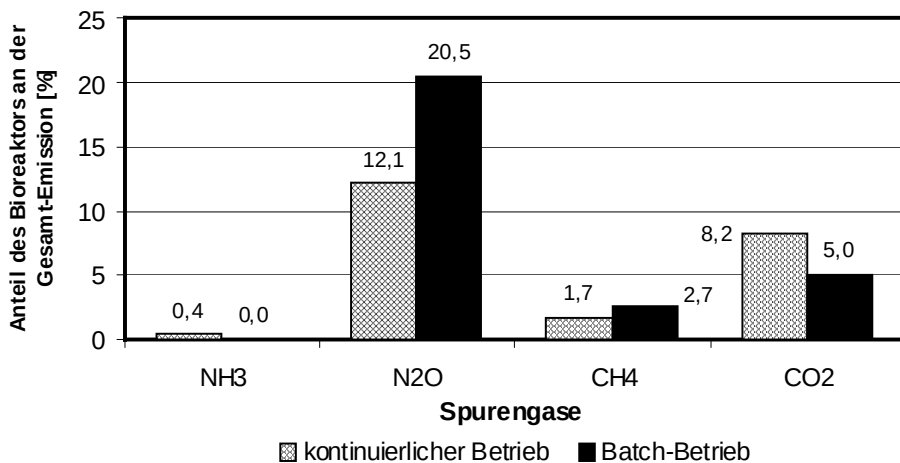


Abb. 4: Anteil der gasförmigen Emissionen des Bioreaktors an den Gesamtemissionen
Share of the gaseous emissions of the biological reactor from the total emissions

Gesamtbewertung des Aufbereitungsverfahrens

Beide Varianten des Aufbereitungsverfahrens, das kontinuierliche Belevungsverfahren und das Aufstau-Belevungsverfahren (Batch-Prozess), haben sich hinsichtlich der biologischen Leistungsfähigkeit als gleichwertig erwiesen. Die Gesamtemissionen (Stallbereich und Bioreaktor) der untersuchten Spurengase NH_3 , CH_4 und CO_2 lagen ebenfalls in ähnlicher Höhe. Bei Batch-Betrieb des Bioreaktors traten jedoch etwa 10 % erhöhte N_2O -Gesamtemissionen auf. Im Vergleich mit anderen Untersuchungen z.B. WILLERS et al. (1996); BURTON und FARRENT (1998) sind diese jedoch immer noch als gering einzustufen.

Weitere Vorteile des Batch-Verfahrens gegenüber dem kontinuierlichen Prozess liegen in der höheren Prozessstabilität, dem geringeren Wartungsaufwand und den geringeren Investitionskosten (6 € pro Tierplatz, Betriebsgröße: 2.500 Mastschweine) und Energiekosten (0,57 € pro Tierplatz und Jahr, Betriebsgröße: 2.500 Mastschweine). Für den untersuchten Anwendungsfall scheint daher das Batch-Verfahren gegenüber dem kontinuierlichen Prozess die bessere Alternative zu sein.

Literatur

BURTON, C.H., FARRENT, J.W. (1998): Continuous aerobic treatment of pig Slurry: Evaluation of options based on long-treatment time and two-stage processing, J. Agric. Engng. Res. 69: 159-167

HARTUNG, E. und MONTENY, G.-J. (2000): Emissionen von Methan und Lachgas aus der Tierhaltung – eine Literaturstudie, Landtechnik 54 (3): 180-181

WILLERS, H.C., DERIKX, P.J.L., TEN HAVE, P.J.W., VIJN, T.K. (1996): Emission of ammonia and nitrous oxide from aerobic treatment of veal calf slurry, J. Agric. Engng. Res. 63: 345-352

Immissionen von Ammoniak im Umfeld hoher Tierkonzentrationen – Entwicklung der Immissionssituationen

Nitrogen Dynamics in Vicinity of Large Scale Farm Animal Houses – Development of Models in the Surroundings

HANNES KREMP¹, THOMAS KUHLMANN², HELGA BÖHM³

¹ Ing. Büro ECO-CERT Prognosen, Planung und Beratung zum technischen Umweltschutz, Teerofen Haus 3, 19395 Karow

² Ing. Büro ECO-CERT Prognosen, Planung und Beratung zum technischen Umweltschutz, Hoppenhof 1, 19399 Techentin

³ Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M/V, 18273 Güstrow

Schlüsselwörter: Immissionen Ammoniak, Massentierhaltung, Schweinemast
Keywords: nitrogen dynamics, large herds, fattening pigs

Zusammenfassung

Durch das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V wurden im Umfeld einer Schweinemastanlage mit 15.000 Tierplätzen an einem definierten Aufpunkt Langzeitmessungen zur Erfassung der Ammoniakkonzentration sowie weiterer Parameter durchgeführt. Die Messungen erfolgten vom Juli 2000 bis Januar 2001. Nachgewiesen wurde, dass die Ammoniakkonzentration am Messpunkt im Wesentlichen von der Windrichtung bestimmt wird.

Der Mittelwert der Ammoniakkonzentration am Messpunkt, gelegen in etwa 350 m Entfernung nordöstlich der Stallanlage, gebildet aus 4221 Datensätzen, beläuft sich auf $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei Windrichtungen zwischen 240° und 280° beträgt die Konzentration am MP im Mittel der Ergebnisse $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die Belastung wird an 55 Tagen im Untersuchungszeitraum erreicht.

Es erfolgte zur Präzisierung des Emissionsmassenstromes der Anlage Messungen der Gaskonzentrationen in der Abluft der Ställe. Mit Hilfe der präzisierten Emissionsdaten gelang es, über die Berechnung von einzelnen Immissionssituationen eine hinreichende Identität zwischen Emissionsmassenstrom und Konzentration am Aufpunkt, hier insbesondere den Messpunkt aus der Langzeitmessung, herzustellen.

Fazit der Berechnungen ist, dass die Abstandsdefinition der TA-Luft 2002 über die vorgezeichnete Abstandskurve zu einer deutlichen Überschätzung der zu erwartenden Immissionssituation führt.

Summery

By ministry for environment, nature protection and geology in Mecklenburg-Western Pomerania were accomplished a long-term measurement data logging of ammonia concentration as well as further parameter in the surrounding field of a pig mast plant with 15.000 animal at a defined point. Measurements took place from July 2000 until January 2001. It was proven that the ammonia concentration at measuring point is essentially determined by the wind direction.

The average value of ammonia concentration amounts to $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ at measuring point (MP), been in approximately 350 m distance northeast the stable, nearly exactly in 250° . Basis of data interpretation are 4221 data records. With wind directions between 240° and 280° the concentration at the MP amounts to $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, the load is reached on 55 days in the investigation period.

It took place measurements of gas concentrations in exhaust air of the stables for specifying the emission mass flow. With the help of the specified emission data it succeeded to make over the computation of individual immission situations a sufficient identity between emission mass flow and concentration at the point considered, here in particular at MP of the long-term measurement.

Result of the computations is that distance definitions of legislation (TA-Luft 2002) leads across the marked distance curve to a clear over-estimation of the immission situation which can be expected.

1 Aufgabenstellung

In der Schweinemast werden heute Tierbestandsgrößen angestrebt, die unter dem Gesichtspunkt eines wirtschaftlichen Betriebes einer Anlage die Größenordnung von 10.000 und mehr Mastplätzen erreicht. Diese Größenordnungen werden jedoch insbesondere unter dem Gesichtspunkt potentielle Umweltschäden als erheblich angesehen und die entsprechenden Genehmigungsverfahren zeichnen sich durch Langwierigkeit und Unsicherheit auf Seiten der Behörden und der Bearbeiter aus.

Der Gesetzgeber hat mit Novellierung der TA-Luft dem Gedanken dieser potentiellen Umweltgefährdung entsprochen und insbesondere für Ammoniak ein Immissionsszenario aufgezeigt, dass von Fachleuten der Immissionsprognostik als deutlich überzogen angesehen wird. Um objektive Beurteilungsgrößen zu finden, wurde in den Jahren 2000 – 2002 in Mecklenburg-Vorpommern ein Messprogramm an landwirtschaftlichen Großanlagen durchgeführt.

Ausgehend von einem Antragsverfahren für eine Anlage mit 10.000 Mastplätzen und 5.000 Ferkelaufzuchtplätzen wurde in Zusammenarbeit zwischen dem beauftragten Planungsbüro und dem Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg - Vorpommern ein Projekt entwickelt und erarbeitet, dass folgende Teilschritte beinhaltete:

Erfassung der Immissionssituation im Nahbereich einer seit ca. 30 Jahren bestehenden Schweinemastanlage mit etwa 15.000 Tierplätzen (Anlage A).

Erfassung der Immissionssituation an einem Standort, der für den Bau einer Schweinemastanlage ausgewählt und genehmigt wurde (Anlage B).

Nachweis der langfristigen Entwicklung der Immissionssituation im Nahbereich einer intensiven Schweinemast mit einem Tierbestand > 10.000 Tierplätzen nach deren Inbetriebnahme.

2 Methoden

Bisherige Untersuchungen stellten vielfach darauf ab, dass Emissionsverhalten einer Anlage zu beurteilen. Entsprechende Untersuchungen über den Emissionsmassenstrom je Tierart, den Tagesgang und deren Abhängigkeit vom jeweiligen Lüftungssystem wurden in den letzten Jahren umfangreich publiziert.

Die Untersuchungen des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie zielen auf eine punktuelle Erfassung der Immissionssituation und der Deposition ab.

Das Verfahren zur Beurteilung der Immissionssituation für Ammoniak aus der Gasphase wurde bereits in den Veröffentlichungen des LUNG dargestellt.

Zur Messung der Ammoniakkonzentration wurde ein eignungsgeprüfter Stickstoffoxidanalysator der Firma ANSYCO mit Thermokonverter aus Quarzglas und eine zweites Ammoniakmessgerät im Parallelbetrieb betrieben. Die Messungen erfolgten mit dem Gerät AC 31 M. Der Konverter ermöglicht es, durch einen speziellen Weg der Kalibrierung NH_3 in der Gasphase und somit als Halbstundenmittelwerte zu erfassen.

Die Messungen an der bestehenden Anlage A erfolgten in ca. 350 m Entfernung nordöstlich der Stallanlage, an einem fest fixierten Punkt. Der Messzeitraum war der 01.07.2000–31.12.2000.

Die Messungen am neu zu entwickelnden Standort der Anlage B erfolgten ab 01.02.2000 zum 01.05.2002 als Nullmessung während der Aufbauphase der Anlage. Sie wurde während der Belegung der Anlage B fortgeführt. Ab 01.05.2002 wurden Ställe jeweils in Partien zu 900 Tieren belegt, die Belegung der Stallanlage wurde im Oktober 2002 abgeschlossen.

Die Untersuchungen an der Anlage B beinhalten neben der Konzentrationsmessung von Gasen Staubbiederschlagsmessungen und sonstige Regenwasseruntersuchungen, die mit einer monatlichen Auswertung erfasst wurden. Ermittelt wurden im Umfeld der Anlagen über an vier Messpunkten verteilte Bergerhoffsammler der Staubbiederschlag, Chlorid, Nitrat, Sulfat, Natrium, Ammonium, Kalium, Kalzium und Magnesium.

Parallel zu diesen Untersuchungen wurden Messungen zum Emissionsverhalten der Anlagen durchgeführt, mit denen aufgrund der Spezifik der Ställe die aus eine Kombination von Ober- und Unterflurentlüftung betrieben werden, spezifische und absolute Emissionsmassenströme ausgewiesen wurden.

Mit Hilfe zweier Rechenmodelle erfolgten auf der Basis der standortgültigen Ausbreitungsklassenstatistik Berechnungen zum Immissions- und Depositionsverhalten, jetzt jedoch dargestellt aus den theoretischen Modellen der Transmission.

3 Messergebnisse zur Immissionskonzentration

Um die Beziehung der einzelnen Umweltfaktoren mit der Ammoniakkonzentration zu berechnen und darzustellen, war es notwendig, jeden einzelnen Datensatz auf seine Eigenschaften zu überprüfen. Brauchbar und nicht signifikant durch äußere Einflüsse beeinträchtigt waren 4.221 Datensätze. Aus diesen wurden die in Tabelle 1 benannten Mittelwerte bestimmt.

Auf Grund der Nachweisgrenze von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden Werte $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gesetzt.

Der Mittelwert für die Gaskonzentration NH_3 der gesamten Messreihe beträgt am Messpunkt $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die Schwankungsbreite 0 bis $68,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Vertrauensbereich der Ammoniakkonzentration bewegt sich zwischen $5,1$ und $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Abbildung 1 ist der Konzentrationsverlauf von Ammoniak am Messpunkt graphisch dargestellt.

Tab. 1: Mittel der NH_3 -Konzentration sowie der Umweltdaten im Untersuchungszeitraum

	NH_3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Temp Grad C	F_{rel} %	WG m/s	LD hPa
N	4.221	4.221	4.221	4.221	4.221
Maximalwert	68,2	33,4	94,5	10,70	1.029,4
Minimalwert	0,0	- 12,9	26,2	0,01	981,2
Mittelwert	5,3	10,2	81,2	2,40	1.007,3
Standardabweichung	7,2				

worin

NH_3 - Gaskonzentration von Ammoniak in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Temp - Temperatur in $^{\circ}\text{C}$

F_{rel} - relative Luftfeuchte in %

WG - Windgeschwindigkeit in m/s

Ld - Luftdruck in hPa

N - Stichprobe

Immissionssituation Wanzlitz

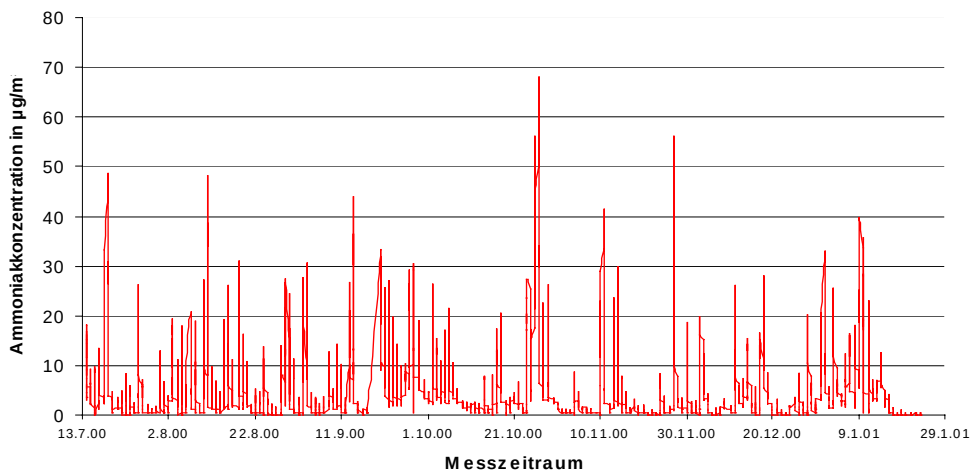


Abb. 1: Verlauf der Ammoniakkonzentration im gesamten Messzeitraum

Die Spitzenwerte wurden gesondert untersucht und auf ihre Regelmäßigkeit geprüft, es konnte jedoch keine Periodizität in den Immissionswerten nachgewiesen werden. Die Spitzenwerte vom 20.09.00 und 27.09.00 resultieren aus der Gülleausbringung im unmittelbaren Nahbereich südlich des Messpunktes.

Aus detaillierteren Auswertungen der Spitzenwerte wird ersichtlich, dass diese mit der Windrichtung korrelieren, eine Abhängigkeit von der Tageszeit und damit von Prozessen in der Stallanlage ist jedoch nicht erkennbar.

Daher wurden die Stundenmittelwerte der Ammoniakkonzentrationen über den gesamten Messzeitraum, und gesondert dargestellt, bei Windlagen zwischen 240° – 280° graphisch ausgewiesen. Ziel dieser Darstellungsweise war es, zu prüfen ob ein Tagesgang in der Ammoniakkonzentration nachweisbar ist, wie es für Stallsysteme von GALLMAN u.a. (2002) beschrieben wird.

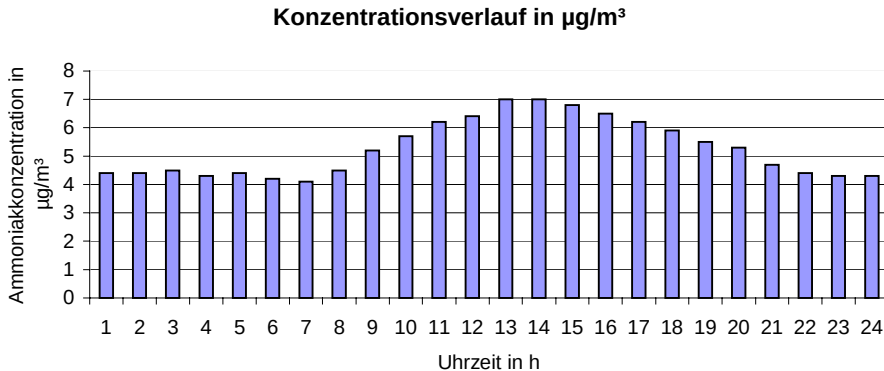


Abb. 2: Verlauf der Ammoniakkonzentration am MP

Die Ammoniakkonzentration am Messpunkt unterliegt scheinbar einem Tagesgang, dessen Verlauf dem üblicherweise in der Literatur veröffentlichten Verlauf in den Ställen entspricht. Um diesem Ansatz zu folgen, wurden wie nachfolgend dargestellt, die Datensätze aus der Windrichtungsverteilung gefiltert, die einer Windrichtung von 240° – 280° zugeordnet werden können.

Entgegen der Tendenz aus der graphischen Darstellung der gesamten Messreihe weist die NH_3 -Konzentration aus der gefilterten Stichprobe zur Tagesmitte eine fallende Tendenz auf. Der in Abbildung 2 erkennbare (scheinbare) Tagesgang am Immissionsort verliert sich bei Zuordnung der Messergebnisse zu den Windrichtungssektoren, aus denen der wesentliche Einfluss auf die Messwerte zu erwarten ist.

Ein schwankender Verlauf der Ammoniakkonzentration am Messpunkt ist mit folgenden Prozessen erklärbar:

Mit Zunahme der Tieraktivitäten steigt im Stall die NH_3 -Konzentration, die begleitet ist von einer Zunahme der Lüftungsleistung, die eine Verdünnung der Schadgaskonzentration bewirkt.

Die meteorologischen Verhältnisse mit dem Tagesgang im Temperaturverlauf haben Einfluss auf die Abluftleistung der Ställe. Die bodennahe Atmosphäre ist tagsüber eher labil geschichtet, nachts sind stabile Schichtungen vorherrschend. Damit ist tagsüber der Luftaustausch höher und die Verdünnung der Abluftfahne größer.

Die Ausbreitungsverhältnisse, darunter die Windgeschwindigkeit beeinflussen den Konzentrationsverlauf am Messpunkt. Mit steigender Windgeschwindigkeit ist eine Konzentrationsverringerng zu erwarten.

In weiteren Untersuchungen ist zu klären, welche Ursache für den Tagesgang in der gesamten Stichprobe vorliegt.

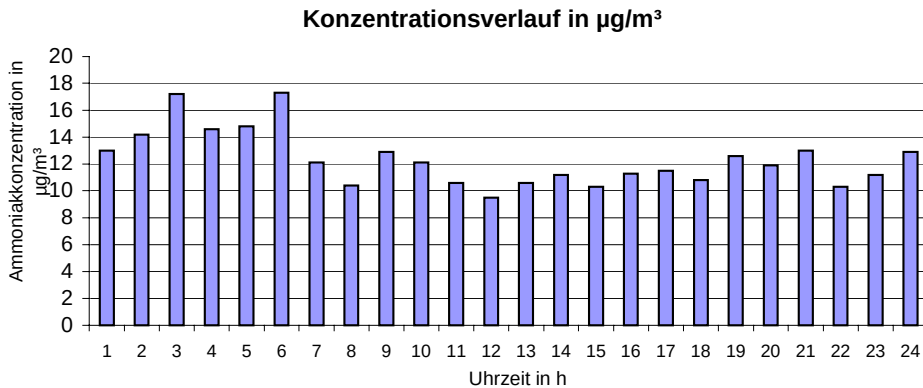


Abb. 3: Verlauf der Ammoniakkonzentration am MP in den Windrichtungen 240° - 280°

4 Fazit der Messung

Die Ergebnisse der Messungen der Immissionskonzentration von Ammoniak im Nahbereich einer Schweinemastanlage mit 15.000 Tierplätzen weisen eine erhebliche Schwankungsbreite auf. Die Tage, an denen hohe Messergebnisse auftraten, unterliegen keiner Periodizität und sind auch nicht auf definierte Abläufe im Stall zu beziehen. Der tatsächliche Einfluss der Schweinemastanlage auf die Immissionssituation wird durch die Betrachtung der Windrichtungen zwischen 240° und 280° verdeutlicht. Zwischen Windrichtung und Ammoniakkonzentration am MP besteht eine deutliche Abhängigkeit. Für diesen Windrichtungssektor wurde für den Messzeitraum von etwa 6 Monaten am Messpunkt in 350 m Entfernung zur Anlage eine Ammoniakkonzentration von $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt.

Literatur

GALLMANN E.; HARTUNG E.; JUNGBLUTH T. (2002): Umweltgerechte Mastschweinehaltung III, Tageszeitliche Effekte. Landtechnik4, S. 236 – 237

Möglichkeiten und Grenzen zur Minderung von Ammoniak-, Staub- und Geruchsemissionen durch Abluftreinigungsverfahren

Options and Limitations for the Reduction of Ammonia, Dust and Odor Emissions by Waste Gas Cleaning Systems

JOCHEN HAHNE, ROLF SCHICKE, KLAUS-DIETER VORLOP

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Technologie und Biosystemtechnik,
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Biofilter, Abluftwäscher, Staub, Ammoniak, Geruch
Keywords: biofilter, waste gas scrubber, dust, ammonia, odor

Zusammenfassung

Der Einsatz von Biofiltern zur Reinigung von Abluft aus der Mastschweinehaltung mit den üblichen Ammoniakfrachten ist als alleinige Verfahrensstufe nicht empfehlenswert. Durch die bei feucht gehaltenen Biofiltern erzielte Ammoniakabscheidung kommt es durch mikrobielle Prozesse zur Freisetzung sekundärer Spurengase (NO_x , N_2O). Der Geruchsminderungsgrad sinkt durch die Stickstoffanreicherung und die starke Säurebildung. Staub kann bei feucht gehaltenen Biofiltern (Schichtdicke mindestens 15 cm) effektiv abgetrennt werden. Der Geruchsminderungsgrad schwankt zwischen 50 % (220 GE/m³) und mehr als 90 % (> 900 GE/m³). Die Abluftwäsche ist für die quantitative Geruchsbeseitigung nicht geeignet. Staub und Ammoniak können mit der schwefelsauren Abluftwäsche um mehr als 95 % reduziert werden. Die Verfahrenskombination aus Abluftwäsche und Biofiltration ist nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand ein sicheres und empfehlenswertes Verfahren zur Reinigung von Abluft aus einstreulosen Schweinehaltungsanlagen.

Summary

The use of biofilters is not advisable as a single treatment step for the cleaning of waste gas from piggeries with the common ammonia loads. Secondary trace gases (NO_x , N_2O) arise by microbial processes in consequence of the achieved ammonia separation in humid kept biofilters. The odor reduction efficiency decreases conditioned by the nitrogen accumulation and the strong acid production. Dust can be separated efficiently with humid kept biofilters (layer thickness 15 cm at least). The odor reduction efficiency ranges from 50 % (220 OU/m³) and more than 90 % (> 900 OU/m³). The waste gas scrubbing is not suited for a quantitative odor reduction. Dust and ammonia can be reduced more than 95 % with the sulfuric acid scrubbing. According to the current level of awareness a combination of waste gas scrubbing and biofiltration is a secure and advisable process for the cleaning of waste gas from litter free piggeries.

1 Einleitung und Problemstellung

Abluftreinigungsverfahren in der Tierhaltung gewinnen angesichts unbestreitbarer Umweltbelastungen und verschärfter gesetzlicher Auflagen (TA Luft, 2002) zunehmend an Bedeutung. Außerdem zeichnet sich ab, dass Kommunen wegen wachsender Nutzungskonflikte (Flächennutzungspläne) den Betriebserweiterungen auf vorhandenen Standorten gegenüber Neuansiedlungen im Außenbereich den Vorzug geben. In diesen Fällen können festgelegte Mindestabstände unterschritten und dementsprechend emissionsmindernde Maßnahmen wie die Abluftreinigung gefordert werden. In Regionen mit hoher Tierbestandsdichte und hoher Immissionsbelastung durch Staub und Ammoniak können Betriebserweiterungen in den meisten Fällen nur bei weitergehenden Emissionsminderungsmaßnahmen genehmigt werden. Für Betreiber von Tierhaltungsanlagen und die Genehmigungsbehörden stellt sich in diesen Fällen die Frage, welches Abluftreinigungsverfahren die geforderten Wirkungsgrade in Hinblick auf die zu begrenzenden Parameter dauerhaft einhält.

2 Betriebsvoraussetzungen und Verfahrensauswahl

Abluftreinigungsverfahren können nur bei zwangsbelüfteten Ställen mit gefasster Abluftführung eingesetzt werden. Damit beschränkt sich ihre Anwendung im wesentlichen auf die Schweine- und Geflügelhaltung. Frei belüftete Ställe und insbesondere Rinderhaltungen mit natürlicher Lüftung, die erheblich zu den nationalen Ammoniakemissionen beitragen, können nicht mit dieser Technik ausgestattet werden.

Die Wahl eines geeigneten Abluftreinigungsverfahrens wird vor allem von der Abluftzusammensetzung, den zu behandelnden Volumenströmen, den Reinigungszielen und ökonomischen Gesichtspunkten bestimmt. Die Abluftverbrennung scheitert an der geringen Energiedichte in der Abluft. Adsorptionsverfahren (z. B. Aktivkohlefilterung zur Geruchsbeseitigung) verursachen hohe Druckverluste und erfordern eine Nachbehandlung des beladenen Adsorbermaterials (Verbrennung, Regeneration). Neuere Verfahren wie die Niedertemperatur-Plasmatechnik können zur Geruchsstoffbeseitigung eingesetzt werden [1]. Bei diesem Verfahren werden Geruchsstoffe durch elektrische Felder oder Energiebündelungen bei Umgebungstemperatur angeregt oder ionisiert, wodurch ihre Reaktionsfähigkeit erheblich gesteigert wird. Über radikalische Reaktionen erfolgt dann die Geruchsstoffbeseitigung, aber im Regelfall keine vollständige Oxidation. Angesichts der Stallabluftzusammensetzung (Staub, Ammoniak und Geruchsstoffe), der hohen Kosten für die Radikalerzeugung sowie der erforderlichen Sonderwerkstoffe ist ein direkter Einsatz zur Behandlung von Stallabluft nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand jedoch fraglich.

Angesichts großer, stark schwankender Volumenströme und der im Vergleich zu industriellen Prozessen vergleichsweise geringen Schadstoffkonzentration sowie in Hinblick auf die Verfahrensziele bieten sich für die Tierhaltung daher vor allem absorptive (Abluftwäscher), biologisch arbeitende Verfahren (Biofilter, Rieseltbett- und Biowäscherverfahren) sowie Verfahrenskombinationen an.

3 Verfahrensziele und Anforderungen

Mit dem Abluftreinigungsverfahren sollen folgende Ziele erreicht und dauerhaft gewährleistet werden:

- Beseitigung von Geruchsstoffen,
- Abtrennung und Verwertung von Ammoniak,
- Abscheidung von Staub und Mikroorganismen,
- Vermeidung der Problemverlagerung von der Luft- auf die Wasser- oder Festphase,
- Vermeidung der Bildung sekundärer Emissionen (Schadgase, Staub, Mikroorganismen),
- Wartungsarmer und langfristig sicherer Betrieb durch weitgehende Automatisierung,
- Einfache Steuerungsmöglichkeit der Anlage.

4 Versuchsaufbau und Ergebnisse

4.1 Geruchsminderung, Ammoniak- und Staubabscheidung bei Biofiltern

Die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf die Behandlung von Abluft aus einer Mastschweineanlage. Der eingesetzte, intermittierend befeuchtete Biofilter hatte eine Gesamtschüttungshöhe von 1 m (je 0,5 m Wurzelholz (rohgasseitig) und Rindenmulch (reingasseitig)) und wurde mit Filterflächenbelastungen zwischen 100 und 200 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ im Aufstrom betrieben. Die insgesamt 6 olfaktometrischen Messungen erstreckten sich über einen Zeitraum von 4 Jahren. Die Ergebnisse zeigen, dass der Geruchsminderungsgrad mit der Geruchsstoffkonzentration im Rohgas ansteigt (Abb. 1). Nach den vorliegenden Messungen können Geruchsminderungsgrade von 50, 70 bzw. 90 % bei Geruchsstoffkonzentrationen oberhalb von 220, 450 bzw. 900 GE/m^3 erreicht werden. Aufgrund des Eigengeruches des Filtermaterials wird der Geruchsminderungsgrad bei Rohgaskonzentrationen unter 40 GE/m^3 negativ. Die hedonischen Beurteilungen zeigen, dass der prozesstypische Geruch bei ordnungsgemäßen Betrieb eliminiert werden kann.

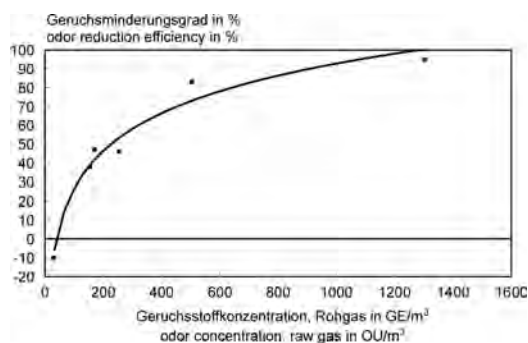


Abb. 1: Abhängigkeit des Geruchsminderungsgrades von der Geruchsstoffkonzentration im Rohgas bei der Biofiltration

Dependency of the odor reduction efficiency on the raw odor concentration at the biofiltration

Die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse zur Ammoniakabscheidung beziehen sich auf einen Biofilter mit intermittierender Befeuchtung und einer Gesamtschüttungshöhe von

0,5 m Rindenmulch (2 x 0,25 m). Dieser wurde über 148 d mit Stallabluft beaufschlagt, die eine durchschnittliche Ammoniakkonzentration von 7,5 ppm aufwies. Die Filterflächenbelastungen bewegten sich zwischen 40 und 90 m³/(m² h). Die Stickstoffbilanz dieses Versuches zeigt bei einer Wiederfindungsrate von 84,7 %, dass im Mittel 91 % des Ammoniaks im Biofilter zurückgehalten wurden (Abb. 2). Der abgeschiedene Ammoniak wurde teilweise im Filtermaterial und im Sumpfwasser akkumuliert, teilweise nitrifiziert und auch in Form sekundärer Spurengase als Stickoxid und Lachgas wieder freigesetzt [2]. Parallel dazu trat eine starke pH-Wertabsenkung im Filtermaterial und im Sumpfwasser auf. Bei Verminderung der Filterflächenbelastung unter 20 m³/(m² h) oder Abschaltung der Anlage (Mastwechsel) kann das im Filtermaterial angereicherte Nitrat denitrifiziert werden, wobei wiederum Lachgas entsteht. In einem entsprechenden Versuch wurden unter diesen Bedingungen 20 % des eingetragenen Ammoniaks zu Lachgas umgesetzt.

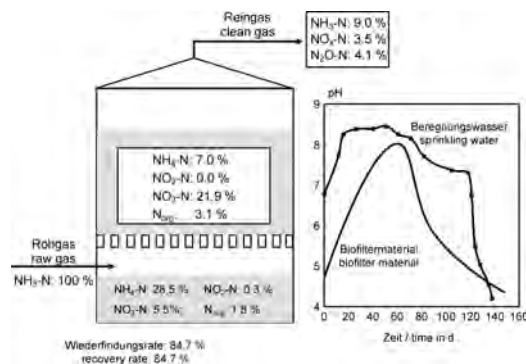


Abb. 2: Stickstoffbilanz und Versauerung eines Biofilters bei der Reinigung von Abluft aus Mast Schweineställen

Nitrogen balance and acidification of a biofilter at the cleaning of waste gas from piggeries

Die Staubabscheidung wurde bei einem Versuchsbiofilter (Durchmesser: 0,19 m, Höhe: 1 m) mit zwei simultan betriebenen Laserstreulichtgeräten (Rohluft/Reinluft) ermittelt (Fa. SFP, FMS 31c/30). Als Filtermaterial wurde luftgetrockneter und befeuchteter Rindenmulch in einer Schichtdicke von 15 cm eingesetzt. Als Referenz diente der Biofilter ohne Befüllung. Die Filterflächenbelastung betrug 4585 m³/(m² h). Die Ergebnisse zeigen, dass bei allen Varianten ab einer Partikelgröße von 1 µm eine Staubabscheidung nachzuweisen war (Abb. 3). Bei dem „leeren“ Biofilter stieg der Staubabscheidegrad von 18,5 % (1 µm) über 59,5 % (3 µm) auf 96,7 % (25 µm). Die Steigerung des Staubabscheidegrades durch Einsatz trockenen Rindenmulches (15 cm Schüttungshöhe) war – von den kleinsten Korngrößen bis 3 µm einmal abgesehen – insgesamt gering. Demgegenüber ergab der Einsatz feuchten Rindenmulches (15 cm Schüttungshöhe) oberhalb einer Partikelgröße von 2 µm eine nahezu quantitative Staubabtrennung.

4.2 Geruchsminderung, Ammoniak- und Staubabscheidung bei der Abluftwäsche

Die Geruchsminderung bei der Abluftwäsche mit einer 2-stufigen, schwefelsauer und im Gegenstrom betriebenen Füllkörperkolonne wurde in einen Zeitraum von 4 Jahren siebenmal bestimmt. Die Wäscher-Gasbelastungen bewegten sich 2700 und 4600 m³/(m² h).

Als Füllkörpermaterial wurden lose Schüttungen von Plastikhohlkugeln ($2 \times 0,9 \text{ m}$) mit einer spezifischen Oberfläche von $98,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$ eingesetzt. Die Ergebnisse (Abb. 4) ergaben Geruchsminderungsgrade von 21–38 % bei Geruchsstoffkonzentrationen unter $500 \text{ GE}/\text{m}^3$ sowie 45–48 % bei Geruchsstoffkonzentrationen von $600\text{--}900 \text{ GE}/\text{m}^3$. Bei Geruchsstoffkonzentrationen oberhalb von $1900 \text{ GE}/\text{m}^3$ ergaben die Messungen stark schwankende Geruchsminderungsgrade (33 und 74 %), die auf zwei mögliche Ursachen zurückgeführt werden können. Die beiden Messungen könnten bei unterschiedlichen Staubkonzentrationen im Rohgas erfolgt sein. Hohe Geruchsminderungsgrade bei der Abluftwäsche sind vor allem bei hohen Staubkonzentrationen im Rohgas zu erzielen. Andererseits ist grundsätzlich auch eine Neubildung von Geruchsstoffen aus der Abluftwäsche durch Ausbildung von Anaerobzonen möglich.

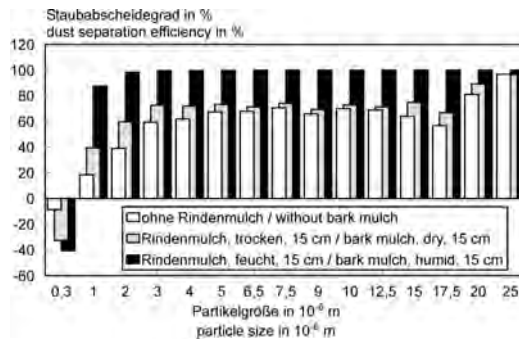


Abb. 3: Effekt der Biofiltermaterialbefeuchtung auf den Abscheidegrad verschiedener Staubfraktionen
Effect of the biofilter material humidification on the separation efficiency of different dust fractions

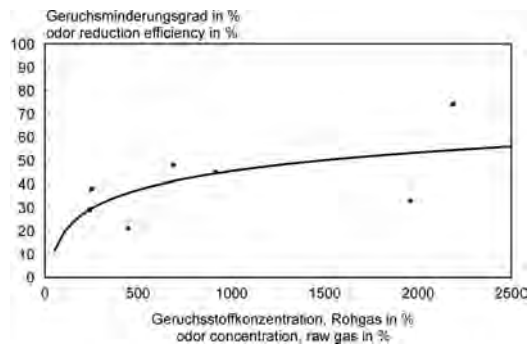


Abb. 4: Abhängigkeit des Geruchsminderungsgrades von der Geruchsstoffkonzentration im Rohgas bei der Abluftwäsche mit Schwefelsäure
Dependency of the odor reduction efficiency on the raw odor concentration at the waste air scrubbing with sulfuric acid

Zur Ammoniakabtrennung wurde ein Abluftwäscher (Durchmesser: $0,19 \text{ m}$, Höhe: $1,0 \text{ m}$) mit saurer Waschlösung (verdünnte Schwefelsäure, $\text{pH} < 4$) eingesetzt. Die Berieselung erfolgte mit einem Drehsprenger bei einer Berieselungsdichte von $7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$. Bei Wäscher-Gasbeladungen zwischen 5600 und $7900 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ wurden bereits $56,7 \%$ des Ammoniaks in der leeren, berieselten Kolonne abgetrennt und als Ammoniumsulfat ge-

bunden (Abb. 5). Durch Einsatz einer Füllkörperschüttung von 4, 9, 19 und 40 cm Höhe (Pall V 15, PP) wurde der Abscheidegrad auf 96, 99, 99,1 und 99,7 % gesteigert. Die Wahl der Füllkörper hatte auf den Abscheidegrad nur einen geringen Einfluss. Auch die Variation der Berieselungsdichte zwischen 5,5 und 8,8 m³/(m² h) hatte keinen erkennbaren Einfluss auf den Abscheidegrad. Entscheidend hierfür ist vor allem eine gleichmäßige und vollständige Benetzung der Füllkörper mit saurer Waschlösung. Oberhalb von pH-Werten von 4–5 tritt grundsätzlich eine deutliche Verschlechterung der Ammoniakabscheidung auf, insbesondere bei höheren Ammoniakbelastungen und geringeren Berieselungsdichten.

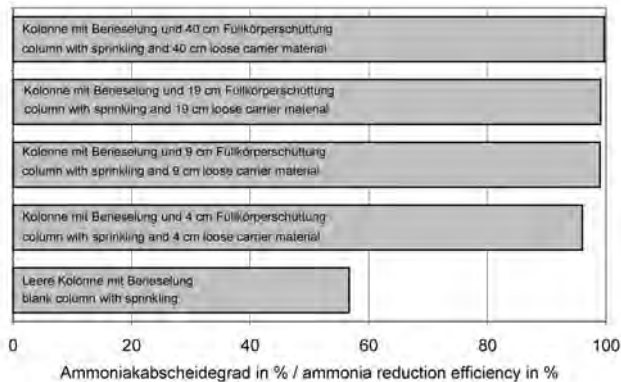


Abb. 5: Wirkung der Berieselung und der Länge der Füllkörperschüttung auf den Ammoniakabscheidegrad bei der Abluftwäsche mit Schwefelsäure
Effect of sprinkling and carrier material length on the ammonia reduction efficiency at the waste gas scrubbing with sulfuric acid

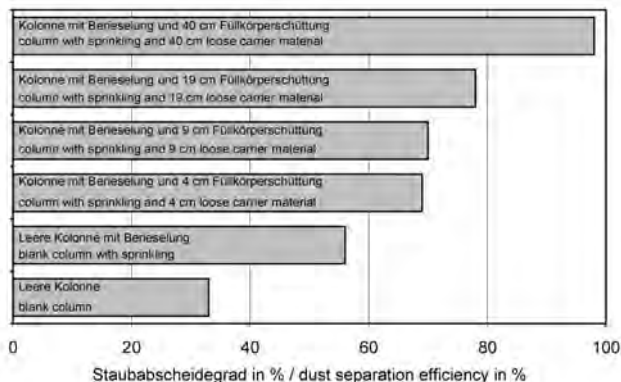


Abb. 6: Wirkung der Berieselung und der Länge der Füllkörperschüttung auf den Staubabscheidegrad bei der Abluftwäsche mit Wasser
Effect of sprinkling and carrier material length on the dust reduction efficiency at the waste gas scrubbing with water

Die Staubabscheidung wurde mit zwei simultan betriebenen Laserstreulichtgeräten gemessen (Fa. SFP, FMS 31c/30) an Abluftwäscher (Durchmesser: 0,19 m, Höhe: 1,0 m) ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass bereits in der leeren, unberieselten Kolonne 33 % des Staubes durch Adsorptionsvorgänge abgeschieden wurden (Abb. 6). Durch die Berieselung mit Wasser über einen Drehsprenger mit einer Berieselungsdichte von $7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ stieg der Abscheidegrad auf 56 %. Eine weitere Steigerung des Staubabscheidegrades auf 69, 70, 78 und 98 % wurde unter Beibehaltung der Berieselung durch Verwendung von Füllkörperschüttungen (Pall V 15, PP) mit einer Höhe von 4, 9, 19 und 40 cm erzielt. Der Staubabscheidegrad der berieselten Kolonne (Füllkörperschüttung: 19 cm) stieg mit der Partikelgröße von 25 % ($0,5\text{--}1 \text{ }\mu\text{m}$) über 64 % ($2\text{--}3,5 \text{ }\mu\text{m}$) auf 99 % ($7,5\text{--}10 \text{ }\mu\text{m}$).

4.3 FAL-Verfahren zur Stallabluftreinigung

Das FAL-Verfahren zur Reinigung von Abluft aus Mastschweineställen [3, 4] ist ein Kombinationsverfahren aus schwefelsaurer Abluftwäsche und nachgeschalteter Biofiltration und wird seit 1998 mit einem Volumenstrom von bis $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ betrieben. Bei Wäscher-Gasbeladungen bis zu $5300 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ und Biofilterflächenbelastungen bis zu $300 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ wurde eine durchschnittliche Ammoniakabscheidung von $> 95 \%$ erzielt. Die Bildung sekundärer Spurengase (NO_x , N_2O) konnte durch die Ammoniakvorabscheidung weitestgehend unterbunden werden. Bei einem Schwefelsäureverbrauch von bis zu $10 \text{ kg}/(\text{Mastplatz a})$ fielen 30–40 Liter Ammoniumsulfatlösung mit einer N-Konzentration von 70–80 kg/t an. Der gesamte Frischwasserverbrauch schwankte zwischen 5 und $7 \text{ kg}/1000 \text{ m}^3$ Abluft im Jahresmittel. Die diskontinuierlich gemessenen Staubabscheidegrade lagen über 95 %. Der diskontinuierlich gemessene Geruchsminderungsgrad des Gesamtverfahrens schwankte zwischen 42 und 62 % ($250\text{--}500 \text{ GE}/\text{m}^3$ im Rohgas), 71 und 90 % ($600\text{--}900 \text{ GE}/\text{m}^3$ im Rohgas) sowie 89 und 97 % ($> 900 \text{ GE}/\text{m}^3$ im Rohgas). Die Geruchstoffkonzentration in der Reinluft lag immer unterhalb von $300 \text{ GE}/\text{m}^3$. Die wiederholt durchgeführten hedonischen Beurteilungen ergaben in allen Fällen eine deutliche Verbesserung der Geruchswirkung. In den meisten Fällen wurde reinluftseitig kein prozesstypischer Geruch mehr wahrgenommen.

Weiterer Optimierungsbedarf besteht bei der Ausführung der Tröpfchenabscheider (Abluftwäsche) und den Biofilterberegungsdüsen.

Literatur

- [1] RAFFLENBEUL, R. (2002): Empfehlenswerte Anwendungen der Niedertemperatur-Plasmatechnik zur Geruchsbeseitigung, in: VDI-Berichte 1722, 101-115, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf
- [2] HAHNE, J.; BRANDES, M. (2002): Einsatz von Biofiltern zur Stallabluftbehandlung, Landtechnik 57, H. 6, 336-337
- [3] HAHNE, J.; VORLOP, K.-D. (2001): Reinigung von Abluft aus Mastschweineställen mit integrierter Stickstoffrückgewinnung, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 61, H. 4, 139-143
- [4] HAHNE, J.; VORLOP, K.-D. (2001): Treatment of waste gas from piggeries with nitrogen recovery, Landbauforschung Völkenrode 51, H. 3, 131-136

Geruchsemissionen aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes eines Chemo-Sensor-Arrays

Odour Emissions from Animal Livestock – Possibilities and Limits of the Use of a Chemo-Sensor-Array

STEFAN NESER, BARBARA MAIER, ANDREAS GRONAUER

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Geruch Tierhaltung, Sensorarray, Olfaktometrie

Keywords: odour, animal farming, sensor array

Zusammenfassung

Es wurden mit der Olfaktometrie und dem Einsatz eines Chemosensorarrays zwei Methoden kombiniert, die zu einer kontinuierlichen Bewertung der Emissivität einer landwirtschaftlichen Geruchsquelle über längere Zeiträume herangezogen werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse werden zukünftig an landwirtschaftlichen Quellen emissions- und immissionseitige Monitoringuntersuchungen durchgeführt werden, um verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minderung von Geruchsemissionen quantitativ zu einzuordnen. Ergebnisse derartiger Untersuchungen stellen Daten bereit, die auch als Grundlage für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren herangezogen werden können.

Summary

With the olfactometry and the employment of a chemosensor array two methods were combined, which are consulted for a continuous evaluation of the emission level of a agricultural source of odour during longer periods. On basis of these results in the future at agricultural sources emission and immission monitoring investigations will be accomplished, in order to arrange process engineering measures for the decrease of odour emissions quantitatively. Results of such investigations make data available, which can be consulted also as basis for legal licensing procedures.

1 Einleitung

Im Zuge enger werdender Besiedelung fühlen sich immer mehr Anwohner in der Umgebung landwirtschaftlicher Nutztierhaltung von den dort entstehenden Gerüchen belästigt. Zur Zeit steht zwar ein Instrumentarium zur Verfügung, das Schadgase kontinuierlich messen kann, aber die Geruchsmessung mit der Methode der Olfaktometrie erlaubt nur Stichprobenmessungen. Deshalb wurde ein System zur qualitativ-kontinuierlichen Messung von Geruchsemissionen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung entwickelt und auf seine Anwendbarkeit in Rinder- und Schweineställen getestet.

2 Material und Methode

Im Rahmen dieses Projektes wurde ein neuer Ansatz zur kontinuierlichen Geruchserfassung entwickelt, der die olfaktometrische Geruchsmessung (Sensor = menschlicher Geruchssinn) mit einer technischen Einrichtung zur kontinuierlichen Analyse (Sensor = Metalloxidsensoren, angeordnet in einem Multisensorarray) kombiniert. Das entscheidende Defizit der Olfaktometrie, kontinuierliche Messungen durchführen zu können, wurde durch den Einsatz der Chemosensortechnologie kompensiert. Die wesentlichen Teile des verwendeten Gerätes sind drei Sensorkammern mit jeweils sechs Metalloxidsensoren, einem Temperaturfühler und einem Feuchtigkeitssensor. Dies gewährleistet zum einen die genaue Dosierung der Probe und zum anderen die Reproduzierbarkeit der Messungen (s. Abb. 1).

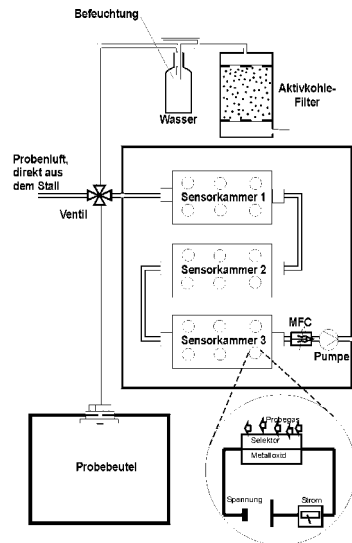


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Chemosensor-Arrays
Schematic structure of the chemosensor array

Die MOS-Sensoren sind aus 2 Schichten aufgebaut. An der Oberfläche liegt die selektive Schicht, die mit dem Probegas in Wechselwirkung tritt. Diese Schicht wird durch Do-

tierung mit Fremdatomen des Halbleitermaterials aufgebaut. Der untere Teil wird nur aus dem reinem Halbleitermaterial gebildet.

Die Oberfläche des Sensors belädt sich mit Sauerstoff aus dem Trägergas. Durch Bildung von negativ geladenen Sauerstoffmolekülen werden Elektronen dem Leitungsband des Halbleiters entzogen. Dadurch ändert sich dessen Widerstand (steady state value).

Zur immissionsseitigen Messung mussten umfangreiche Veränderungen am Multisensorarray vorgenommen werden. Bei der Anreicherung einer gasförmigen Probe auf einem Feststoff ist die Korngröße der Parameter, der die aktive Oberfläche, auf die adsorbiert werden kann, bestimmt. Die Sensorkammern des Multisensorarrays wurden durch die Verringerung des Totvolumens und den kompletten Austausch einer Sensorkammer durch neu entwickelte Sensoren mit höherer Empfindlichkeit an die immissionsseitige Messung adaptiert (s. Abb. 2).

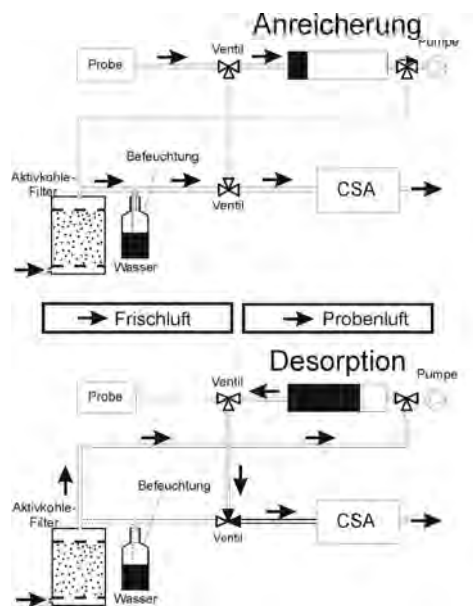


Abb. 2: Messung mit Anreicherungseinheit
Measurements with enrichment unit

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Geruchsqualitäten verschiedener Tierarten

Wie die statistische Analyse (Varianzanalyse mit SPSS; Anova) ergab, unterscheiden sich einige Sensoren hoch signifikant hinsichtlich der Geruchsproben aus Schweine-, Rinder- und Hühnerställen. Gleichzeitig besteht eine sehr unterschiedliche Sensitivität der Sensoren auf die Gerüche aus den o. g. Haltungssystemen. Eine gebräuchliche Art der graphischen Darstellung ist der sog. Radarplot. Abbildung 3 gibt die entsprechenden Radarplots

für die drei Beispiele wieder. Die unterschiedliche Charakteristik der Sensorreaktionen auf die unterschiedlichen Quellen wird deutlich. Das Chemosensorarray ist demnach in der Lage, die Geruchsemissionen aus einem Schweinestall von den Geruchsemissionen eines Rinder- und Hühnerstalles zu trennen.

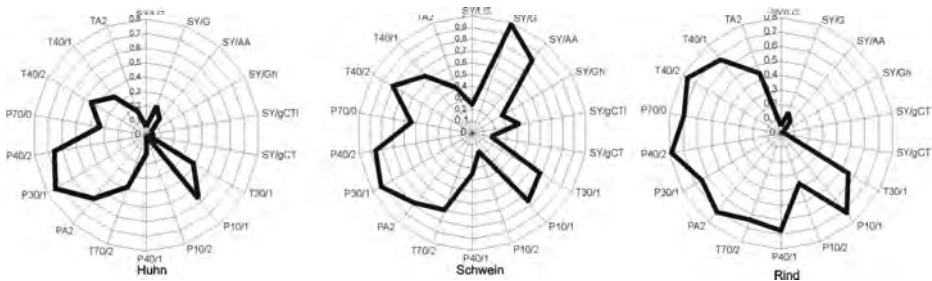


Abb. 3: Vergleich der Abluft aus Schweine-, Rinder- und Hühnerställen
Comparison of the exhaust air of houses for pigs, cattle and chicken

3.2 Monitoring der Geruchsstoffkonzentrationen und -emissionsraten

Das Chemosensorarray wurde an verschiedenen Stallsystemen eingesetzt. Insgesamt lassen sich zum emissionsseitigen Praxiseinsatz des geruchskalibrierten Chemosensorarrays folgende Aussagen treffen:

- Das olfaktometrisch kalibrierte CSA lässt erstmalig ein Monitoring der Geruchskonzentrationen in der Abluft von landwirtschaftlichen Tierhaltungen zu.
- Die Ergebnisse der Feldversuche dokumentieren die hohe zeitliche Dynamik der Geruchsfreisetzung und bestätigen somit die Notwendigkeit kontinuierlicher Messungen.
- Die Feldversuche zeigen, dass zwischen Rinder- und Schweineställen deutliche Unterschiede hinsichtlich der Geruchsstoffkonzentration vorliegen.
- Die Abhängigkeit der Geruchskonzentrationen von verschiedenen Einflussfaktoren, wie Tiermasse im Stall, Haltungsform, Lüftungstechnik etc. kann reproduzierbar erfasst und differenziert werden.
- In Verbindung mit der kontinuierlichen Erfassung des Luftvolumenstromes wurde die methodische Grundlage gelegt und validiert, Geruchsmassenströme (Emissionsraten) kontinuierlich und reproduzierbar zu erfassen.
- Die methodische Entwicklung gestattet es erstmalig, verfahrenstechnische Vergleiche durchzuführen, um entsprechende qualitative und quantitative Bewertungen hinsichtlich der Geruchsrelevanz vorzunehmen.

3.3 Immissionsseitiger Praxiseinsatz des Chemosensorarrays

An stärker beeinträchtigten Immissionsorten konnte das entwickelte Messsystem die olfaktometrisch erfassten Ereignisse abbilden. Das System „Anreicherungseinheit-CSA“ kann für Immissionsmessungen eingesetzt werden (s. Abb. 4). Dabei ist jedoch sicherzustellen, dass

hohe Schwankungen der Windrichtung und der Dispersionsbedingungen am Immissionsort bei der Datenauswertung zwingend berücksichtigt werden. Dies erfordert einen hohen Aufwand bei der Datenauswertung.

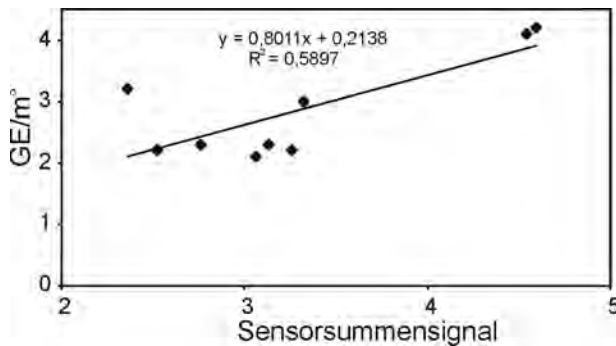


Abb. 4: Zusammenführung der Immissionswerte der Olfaktometrie und des Chemosensorarrays
Connection of the immission results of the olfactometry and the chemosensor array

Derzeit sind für immissionsseitige kontinuierliche Messungen folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Olfaktometrische Bestimmung der Abluft am Emittenten (diskontinuierlich; $n > 7$),
- olfaktometrische Bestimmung am Immissionsort (diskontinuierlich; $n > 7$),
- kontinuierliche Windfeldmessung am Immissionsort,
- Diskriminanzanalyse zwischen Sensormesswerten der Abluft beim Emittenten und am Immissionsort (Kriterium: Beide Datensätze entstammen der gleichen Grundgesamtheit),
- Selektion der Datensätze nach orographischen und meteorologischen Kriterien.

4 Ausblick zukünftiger Arbeiten

Zukünftige Arbeiten werden sich auf folgende Bereiche und Maßnahmen konzentrieren:

Bereich Methodik:

- Weiterführende Selektion von Sensoren,
- Entwicklung geeigneter Auswertalgorithmen,
- weiterreichende Analyse geruchsrelevanter Substanzen sowie
- Überprüfung und Optimierung von Messverfahren wie z. B. der Fourier transformierten Infrarotspektroskopie.

Bereich Anwendung:

- Gezielte Vergleiche von verfahrenstechnischen Maßnahmen zur Minderung von Geruchsemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen,
- Jahresmonitoring an verschiedenen Stallsystemen,
- Vertiefung des immissionsseitigen Einsatzes, um die breite Anwendbarkeit im Immissionsbereich sicherstellen zu können.

Literatur

- CZERNY, M.; SCHIEBERLE, P.; MAIER, B.; RIEß, G.; GRONAUER, A.; SCHÖN, H. (2001): Identifizierung von Geruchsstoffen in Schweinestall-Luft. Landtechnik 56 (5), S. 342-343
- DOLLNICK, H.W.O. (1988): Verfahren zur analytischen und sensorischen Erfassung von Geruchsstoffen in Emissionen. Diss., Fakultät für Brauwesen, Lebensmitteltechnologie und Milchwirtschaft der TU-München, 1988
- HORNER, G. (1993): Einsatz von Sensor-Arrays in der Olfaktometrie; Sensor 93; Vol 2; Nürnberg; 1993 S.179-185
- MAIER, B.; RIEß, G.; GRONAUER, A. (2000): Erkennung und Bewertung von Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft – Einsatz von chemischen Sensorarrays Agrartechnische Forschung 6, S. 32-35 (2000)
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (1989) Olfaktometrie, Geruchsschwellenbestimmung-Olfaktometer mit Verdünnung nach dem Gasstrahlprinzip. 3881, Beuth-Verlag, Berlin
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (1992): Olfaktometrie Bestimmung der Geruchsintensität 3882, Beuth-Verlag, Berlin
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) (1993): Bestimmung der Geruchsimmission durch Begehungen 3940 Beuth-Verlag, Berlin

Quantifizierung von Emissionsquellen in Mastschweineställen

Quantization of Emissions Sources in Pig Fattening Houses

ENRICO SIEBER¹, WERNER FROSCHE¹, WOLFGANG BÜSCHER²

¹ Institut für Agrartechnik und Landeskultur, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Ludwig-Wucherer-Str. 81, 06108 Halle (Saale)

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

Schlüsselwörter: Emissionsquellen, klima- und umweltrelevante Gase, Stallböden
Keywords: emission source, green house and ecorelevant gases, floors

Zusammenfassung

Mit der gewählten Windkanalmethode ist eine reproduzierbare Emissionsquellenuntersuchung in Stallanlagen durchführbar. Die verwendete Versuchsanordnung kann für die gewünschten Bilanzierungsaufgaben als geeignet angesehen werden. Ergebnisse im unmittelbaren Vergleich zwischen gewölbten Liegeflächen und Spaltenböden in Schweinemastställen weisen auf ein Emissionsaufkommen von jeweils etwa 50% hin. Als wesentlicher emissionsbeeinflussender Faktor für die Freisetzung von Schadgasen ist dabei die Temperatur zu nennen. Sie steht im direkten Zusammenhang mit der Lüfrate und dem somit zweiten wesentlichen Einflussfaktor. Einen entscheidenden Einfluss auf die Geruchsentwicklung stellt der „Pegelstand“ des Flüssigmistes im Kanal unter den Spaltenböden dar.

Summary

The selected investigation ensure an successful and repeatable emission measurement and permitted this in all kind of animal houses. For our work we used a wind tunnel balance method. Results of the direct compartments between spherical sloping and slatted floors shown the ammonia emission was agreed by 50%.The temperature is recognized as the mean influence of ammonia release. The temperature was continued to the ventilation rate and in this way the second mean influence.

The process of odour release also to liquid manure level under the slatted floor.

1 Einführung/Problemstellung und Projektziele

In Untersuchungen zum Emissionsgeschehen aus Stallanlagen werden in den wenigsten Fragestellungen die Gesamtemissionen von Schadgasen, Gerüchen und Stäuben betrachtet.

Die Bewertung der Tiergerechtigkeit und Umweltfreundlichkeit einer Stallanlage ist jedoch nicht nur durch eine Betrachtung des Gesamtsystems Stall zu erzielen. Wesentlichen Einfluss auf die Freisetzung von Schadgasen, Gerüchen und Stäuben hat das Verhalten der Tiere und die Wahl des Aufstallungssystems.

Ansatz für eigene Untersuchungen bietet die detaillierte Erfassung von Emissionsquellen im Stall. Zu den emittierenden Flächen zählen demnach folgende:

- der Stallgang,
- der Futtertrog,
- der Güllekanal,
- die Buchtenfläche,
- teilweise die Ausrüstungsgegenstände sowie
- die Tiere.

In dem Projekt sollten nicht nur die Gesamtemissionen eines Haltungssystems sondern darüber hinaus einzelne Emissionsquellen im Stall quantifiziert werden.

Aussagen zum Einfluss von Aktivitäts- und Ruhephasen der Tiere im Stall auf den Umfang von Schadgas-, Geruchsstoff- und Staubemissionen widersprechen sich SCHMIDT (1997), HOY (1998). Untersuchungen zu tageszeitlichen Schwankungen im Emissionsniveau sind jedoch von eminenter Bedeutung, da die bei Emissionsmessungen gewonnenen Werte als Datengrundlage für Ausbreitungsmodelle und Standortfragen dienen.

Mit Hilfe der Untersuchungen soll unter anderem ein Ansatz gefunden werden, um eine gezielte Beurteilung über die Freisetzung von Schadgasen, Gerüchen und Stäuben einzelner Stallfußböden zu erreichen. Ebenfalls ist die Fragestellung zum Einfluss von Staub auf den Transport von Schadgasen und Geruchsstoffen zu klären.

2 Material und Methoden

Zur Ermittlung der Daten wurden neben den kontinuierlichen Schadgasmessungen diskontinuierliche Probenahmen für Gerüche und Stäube im Abluft- und Tierbereich angestellt. Ausgehend von der Gesamtemission werden die Freisetzungen der Schadgase, Gerüche und Stäube entsprechend der jeweils verteilten Boniturnote kalkulatorisch bestimmt. Über diesen Weg kann den nicht zu beprobenden Emittenten ein Emissionsniveau zugeordnet werden. Durch die Bilanzierungsmethode werden die nicht untersuchten Emittenten, wie zum Beispiel die Tiere, die Stallausrüstung oder der Futtertrog, in das Modell eingebunden.

Unter Anwendung einer Aktivhaube (Windkanal) mit einer Probenahmefläche von 1 m² wurden verschiedene Bodenoberflächen beprobt.

Dabei standen sowohl Beton- und Gussplattenböden sowie gewölbte Liegeflächen im Versuchsstall zur Verfügung. Besondere Erwähnung ist dabei auf die Probenahme unter Praxisbedingungen zu legen.

Zur Ermittlung der Daten wurden neben den kontinuierlichen Schadgasmessungen diskontinuierliche Probenahmen für Gerüche und Stäube im Abluft- und Tierbereich ange-

stellt. Ausgehend von der Gesamtemission werden die Freisetzen der Schadgase, Gerüche und Stäube entsprechend der jeweils verteilten Boniturnote kalkulatorisch bestimmt. Über diesen Weg kann den nicht zu beprobenden Emittenten ein Emissionsniveau zugeordnet werden. Durch die Bilanzierungsmethode werden die nicht untersuchten Emittenten, wie zum Beispiel die Tiere, die Stallausrüstung oder der Futtertrog, in das Modell eingebunden.

Unter Anwendung einer Aktivhaube (Windkanal) mit einer Probenahmefläche von 1 m² wurden verschiedene Bodenoberflächen beprobt. Dabei standen sowohl Beton- und Gusspaltenböden sowie gewölbte Liegeflächen im Versuchsstall zur Verfügung. Besondere Erwähnung ist dabei auf die Probenahme unter Praxisbedingungen zu legen.

Durch wöchentliches Bonitieren der verschmutzten Oberflächen in den Buchten und der Tiere wurde deren Einfluss auf das Emissionsverhalten beschrieben.

Zur Bestimmung der Geruchsemissionen wurden olfaktometrische Messungen durchgeführt und die Geruchsschwellen mit dem Olfaktometer TO7 von Mannebeck bestimmt.

3 Ausgewählte Ergebnisse

3.1 Boniturergebnisse der Verschmutzungsgrade

Bei der visuellen Beurteilung der verschmutzten Stallfußboden, sind dem Versuchsstall (**VS IIIa**) (Abb. 1), über den Versuchszeitraum, die günstigsten Boniturnoten zugeteilt wurden. In diesem Stall waren Betonspalten mit 12,5 % Schlitzanteil als Liegefläche und Gusspalten im Fress- und Kotbereich. Für die Untersuchungen wurden die Betonspalten einer Bucht im Liegebereich durch Ökospalten ersetzt.

*Im **VS I** (Abb. 1) war eine regelmäßige Verschmutzung der gewölbten Liegefläche in den ersten Tagen nach der Einnistung zu erkennen. Diese kann durch das neue Umfeld und die geänderte Gruppenzusammensetzung der Tiere erklärt werden.*

Wesentlich problematischer war der Zustand im **VS II**. Die bonitierten Buchten fielen durch eine, die ganze Vormastphase überdauernde, starke Verschmutzung auf. Ursache dafür ist in einer ungünstigen Abluftführung zu sehen.

Dies führte zu einer unerwünschten Anordnung der Funktionsbereiche durch die Tiere innerhalb der Buchten. Auf den gewölbten Liegeflächen entstanden schon bei Außentemperaturen von ca. 15 °C Suhlen, wodurch sich sowohl die emittierenden Oberflächen der Stallböden, als auch die der Tiere vergrößerten.

Der Betonspaltenboden im **VS II** (Tab. 1) wirkt sich negativ auf die Verschmutzung aus. Der in Tabelle 1 dargestellte hohe Anteil an planbefestigtem Boden von 93,2 % lässt besonders im späteren Vormastabschnitt Mängel der Durchlässigkeit von Kot erkennen. Es konnte festgestellt, dass die Stege der Spaltenböden durch das größere Tiergewicht sauberer getreten wurden, jedoch die Schlitzte zunehmend verkrusteten.

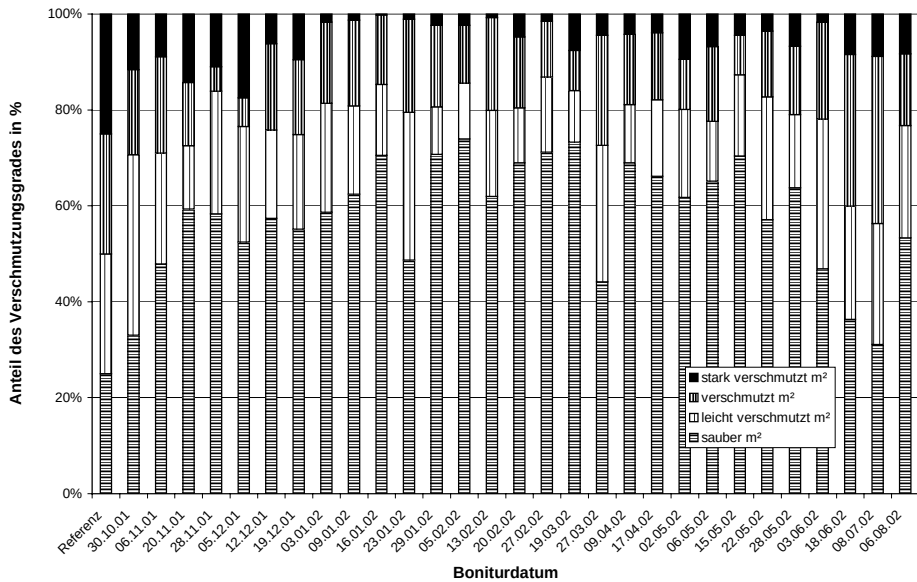


Abb. 1: Verschmutzungsgrad der einzelnen Stallfußböden im Versuchsstall VS I über den Versuchszeitraum
degree of fouling of different floortypes in the experimental compartment VS I

Tab.1: Ausrüstungsvarianten in der Versuchsanlage mit einer Buchtengröße von 23,5 m²
floor variation of the testing pig house with pen size from 23,5 m²

Versuchsstall	Liegefläche	Anteil planbefestigt %	Spaltenboden	Schlitzfläche m ²	Anteil gesamt ge- schlossener Boden- fläche/Bucht %
Stall I	gewölbt	100	Gussspalten	3,22	86,3
Stall II	gewölbt	100	Betonspalten	1,61	93,2
Stall III/a	Ökospalten/Beton	< 10 % Schlitzanteil	metallische Gussspalten	4,17	82,3
Stall III/b	Betonspalten	12,7 % Schlitzanteil	metallische Gussspalten	4,52	80,8

Aus Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass im Gegensatz zu den Verschmutzungsgeschehen auf den beprobten Flächen im **VS I** in den Wintermonaten, bei Messungen im **VS II** zur Sommerzeit der höhere Verschmutzungsgrad auf den Liegeflächen auftrat.

Die Boniturnote der Stallböden sind folgendermaßen zu interpretieren: 1 sauber, 2 leicht verschmutzt, 3 verschmutzt, 4 stark verschmutzt.

Tab. 2: Vergleich der NH_3 -Emissionen zwischen gewölbter Liegefläche und Spaltenboden in den Versuchsställen VS I und VS II

difference of NH_3 emission between spherical sloped and slatted floor

	Temperatur °C	Versuchstall I				Temperatur °C	Versuchstall II			
		Konzentration mg/m ³	Lufrate m ³ /h	Emission g/h	Bonitur		Konzentration mg/m ³	Lufrate m ³ /h	Emission g/h	Bonitur
LF	12,23	1,55	1212,50	0,72	1	17,24	4,21	3218,23	15,48	3,8
SP	12,23	2,41	1216,27	1,02	2,58	17,0	3,52	3431,73	13,33	3
6,12 °C Außentemperatur metallische Gusspalten			Güllestand in cm 42,58			15,88 °C Außentemperatur Betonpalten			Güllestand in cm 77,4	

Untersuchungen im **VS II** führten die Tagesmittel der zu einer NH_3 -Konzentration von 4,21 mg/m³ über der Liegefläche und 3,52 mg/m³ über dem Spaltenboden. Die entsprechenden konzentrationsbeeinflussenden Parameter sowie die Emissionen sind aus der Tabelle 2 zu entnehmen. Bei den Messungen im **VS I**, die hauptsächlich unter Bedingungen der Winterlufrate verliefen, sind im Mittel 45 % der Ammoniakemissionen von den gewölbten Liegeflächen und etwa 55 % von den Spaltenböden freigesetzt wurden. Dabei ist jedoch nur der unmittelbare Vergleich zwischen Liegefläche und Spaltenboden angestellt wurden. Im **VS II**, in dem die Datenaufnahme unter Sommerlufrate erfolgte trat eine NH_3 -Freisetzung in Mittel zu 46,3 % von den Spaltenböden und zu 53,7 % von der Liegefläche auf. Die Unterschiede der Spaltenböden zwischen beiden Versuchsställen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.

3.2 Vergleich der Ammoniakemissionen von differenzierten Stallböden

Als emissionshemmend ist bei den oben beschriebenen Beobachtungen der eingeschränkte Luftaustausch zwischen dem Tierbereich und dem Güllekeller zu sehen. Diese Ergebnisse werden durch Aussagen von DE PRAETERE et al. (1989), JANSSEN et al. (1987), über eine gesteigerte Ammoniakfreisetzung bei steigender Strömungsgeschwindigkeit und Turbulenzen unterstützt. In Bezug auf die Ammoniakmessungen wurden mit der angewandten Messmethode Konzentrationen im Bereich von 1–7 mg/m³ Luft ermittelt. Dabei ist, wie in Tabelle 2 beschrieben, eine differenzierte Betrachtung zwischen den Versuchsergebnissen vom **VS I** und **VS II** anzustellen.

Bei einem Temperaturdurchschnitt von 12,23 °C im Windkanal unterscheiden sich die durchschnittliche Ammoniakkonzentrationen von 1,55 mg/m³ über den Liegeflächen recht deutlich zu einer Konzentration von 2,41 mg/m³ über dem Spaltenboden.

3.3 Vergleich der Geruchemissionen zwischen gewölbter Liegefläche und Spaltenboden

Die Quantifizierung der verschiedenen Geruchsschwellen im **VS I** zeigt, dass eine mittlere Geruchskonzentration von 45,39 GE über dem Spaltenboden nachgewiesen werden konnte (Tab. 3). Den wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Geruchsschwelle stellt dabei der Stand der Gülle unter dem Spaltenboden dar. Wie in der Abbildung 2 beschrieben, variiert das Geruchsaufkommen mit dem Stand der Gülle stärker als mit der Temperatur der unbelasteten Probenluft. Bereits bei Untersuchungen von OLDENBURG (1989) eine Temperaturabhängigkeit der spezifischen Geruchsemission von Schweinemastställen mit einem Anstieg von 0,95 GE/(s GV) ermittelt wurde.

Es besteht somit eine Abhängigkeit der Geruchsemission von der Lufrate, da diese direkt mit der Stalltemperatur bzw. Außentemperatur korreliert.

Tab. 3: Geruchkonzentration im VS I aus verschiedenen Quellen
odour concentration from different sources

	Geruchkonzentration in GE	Außentemperatur in °C	Stalltemperatur in °C	Boniturnote	Güllestand in cm (total)
Liegefläche	25,83	5,52	20,21	1	-
Spaltenboden	45,39	5,52	20,21	2,33	44,87

Untersuchungen von WANKA und SCHMIDT (2000) dokumentierenden keine Signifikanz zwischen der Geruchsstoffemission und der Bodengestaltung, wobei im Versuchsaufbau die Gesamtemission der differenzierten Aufstallungen betrachtet wurden.

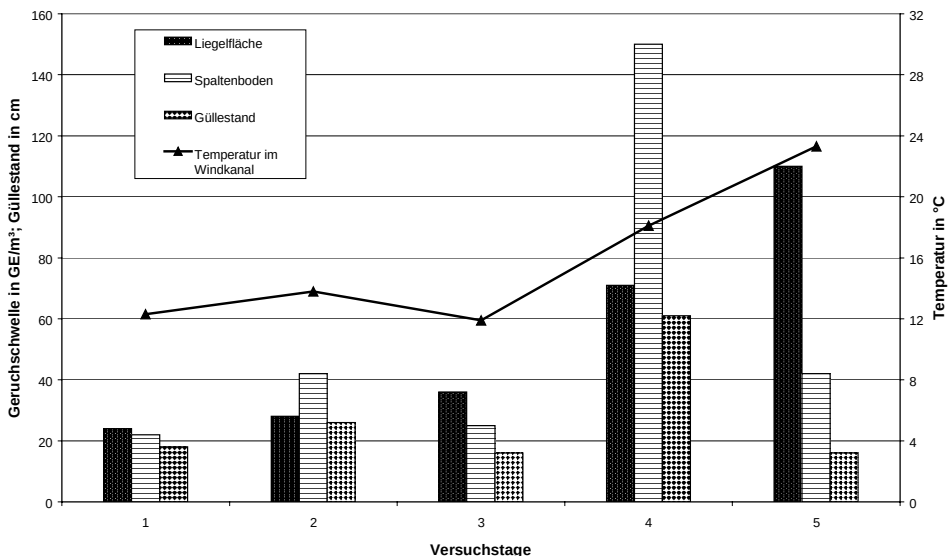


Abb. 2: Geruchkonzentration über dem Spaltenboden bei unterschiedlichem Güllestand
odour concentration from slatted floor with different level of slurry in the channel

Literatur

HARTUNG, E. (1995): Entwicklung einer Messmethode und Grundlagenuntersuchung zur Ammoniakfreisetzung aus Flüssigmist. Forschungsbericht Agrartechnik des VDI-MEG 275, Dissertation

HOY, S. (1998): Nur etwas Staub und sonst nichts? DGS Spezial; August 1998: 27-30

JANSSEN, J.; K.-H. KRAUSE (1987): Stallinterne Beeinflussung der Gesamtgasemission aus Tierhaltungen. Grundlagen der Landtechnik 37, S.213-220

OLDENBURG, J. (1989): Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Schrift 333, Münster-Hiltrup

PRAETERE, K. DE; W. VAN BIEST (1989): Airflow patterns and their relation to ammonia distribution. Land and Water Use. S. 1457-1464

WANKA, U.; SCHMIDT (2000): Messtechnische Erfassung von Gerüchen für landwirtschaftliche Anlagen. Abschlussbericht von IFU GmbH, In Auftrag der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Ist das Einhalten der Ammoniak-Emissionsminderungsziele Deutschlands ohne Viehbestandsabbau erreichbar?

Will Germany be Able to Meet the Emission Ceilings Targets Without Reducing Animal Livestock Numbers?

HELMUT DÖHLER¹, ANGELA BERGSCHMIDT², ULRICH DÄMMGEN³,
BRIGITTE EURICH-MENDEN¹, BERNHARD OSTERBURG², MANFRED LUETTICH³

¹ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt

² Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der FAL, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

³ Institut für Agrarökologie, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Ammoniak-Emissionshöchstgrenzen, Tierbestandsabbau, Minderungs-Szenarien
Keywords: ammonia emission ceilings, reduction of Animal livestock numbers, abatement scenarios

Zusammenfassung

Das Ziel, die nationalen Ammoniak-Emissionen Deutschlands bis zum Jahre 2010 auf 550 kt/a bzw. die der Tierhaltung auf 400 kt/a zu reduzieren, ist alleine mit der zu erwartenden, rückläufigen Entwicklung der Tierbestandszahlen und dem derzeitigen Stand der Umsetzung emissionsmindernder Maßnahmen nicht zu erreichen. Nur bei einer Umsetzung anerkannter Emissionsminderungsmaßnahmen in einem großen Teil der tierhaltenden Betriebe Deutschlands ist mit der Erreichung des Minderungsziels zu rechnen. Die Kosten für die Emissionsminderung betragen etwa 5 bis 6 €/kg Ammoniak, können aber bei Nutzung .

Summary

The target reducing the German total ammonia emissions in 2010 to 550 kt/y and the ammonia emissions from livestock to 400 kt/y resp. can not be achieved by the expected decline of livestock numbers and by the present state of implementation of abatement measures. Assuming this development of livestock numbers, the target can only being met by implementing the acknowledged abatement measures in a high proportion of the livestock farms. The abatement costs are assumed to be around 5. to 6. €/kg of ammonia.

1 Einleitung

Durch internationale Vereinbarungen (UNECE-Multikomponenten-Protokoll im Rahmen des Genfer Luftreinhalteabkommens, und die Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-RL)) ist Deutschland verpflichtet, die Ammoniakemissionen bis zum Zieljahr 2010 auf 550 kt jährlich zu begrenzen.

Die NEC-RL sieht in Artikel 6 auch die Erstellung nationaler Programme zur Erreichung der festgelegten Emissionshöchstgrenzen vor. Für die deutsche Landwirtschaft steht dabei die Minderung der Ammoniakemissionen im Vordergrund, da der Großteil dieser Emissionen auf landwirtschaftliche Verursacher zurückzuführen ist. Nach derzeitigem Kenntnisstand müssen die Emissionen der Tierhaltung in Deutschland auf etwa 400 kt reduziert werden, da die Emissionen durch Mineraldünger und nicht landwirtschaftlicher Quellen (Haushalte, Industrie, Verkehr, sonstige) etwa 140 bis 150 kt betragen.

Der Beitrag befasst sich mit den Minderungsmöglichkeiten und Kosten im Bereich der Tierhaltung sowie der zugrunde liegenden Methodik. Er baut auf die Ergebnisse eines BMVEL-UBA-Forschungsvorhabens auf, das von KTBL, FAL und Agrartechnik Bornim e. V. (ATB) bearbeitet wurde (DÖHLER et al. 2002). Weitere Hinweise zum methodischen Vorgehen und zu Ergebnissen finden sich in EURICH-MENDEN et al. (2000), OSTERBURG und BERGSCHMIDT (2002) und OSTERBURG et al. (2002).

2 Vorgehensweise, Datengrundlage, Methoden

Zur Berechnung der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft wurden zwei Modelle eingesetzt: Das auf MS-EXCEL basierende Kalkulationsprogramm GAS-EM ermittelt die Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung in den letzten Jahren, darüber hinaus ist die Berechnung anderer NH_3 -Quellen sowie die Kalkulation weiterer Spurengasemissionen möglich. Das Agrarsektormodell RAUMIS führt die Flächennutzung, Tierhaltung und eine Vielzahl anderer statistischer Quellen zu einer konsistenten Abbildung der deutschen Landwirtschaft zusammen. Mit RAUMIS können ex-ante und ex-post Kalkulationen unter Einbeziehung agrartechnischer und agrarstruktureller Veränderungen vorgenommen werden. Darüber hinaus sind Kostenberechnungen möglich.

Ziel der Modellierung war die Entwicklung einer nach Verfahren in der Tierhaltung und im Wirtschaftsdüngermanagement differenzierten Emissionsschätzung, die nicht nur die Tierbestandsentwicklung, sondern auch veränderte Techniken und Verfahren berücksichtigt und dadurch auch eine bessere Abbildung der Wirkungen von Emissionsminderungsstrategien erlaubt.

3 Emissions-Ausgangssituation für die Jahre 1990 (Basisjahr) und 1999 (Berechnung mit RAUMIS)

Die berechneten Ammoniak-Emissionen für das Basisjahr 1990 und das Jahr 1999 sind in Tabelle 1 dargestellt. Neben den Daten der Viehzählung gingen die Ergebnisse aus Befragungen in Modellregionen und Sonderauswertungen der Tierbestandsgrößenklassen des Statistischen Bundesamtes in die Berechnung der Ausgangssituation ein. Für den Bereich der Emissionen bei der Ausbringung wurde sowohl mit einem einheitlichen Emissions-

Faktor gerechnet, als auch mit variablen Emissions-Faktoren in Abhängigkeit von zu erwartenden Witterungsverhältnissen zur Zeit der Ausbringung.

Tab. 1: NH_3 -Emissionen der Tierhaltung in Deutschland 1990 und 1999 (in kt NH_3)
 NH_3 -Emissions from animal livestock in Germany in 1990 and 1999 (kt NH_3)

Jahr	Tierh. ges.	Emissionen kt NH_3			
		Stall	Weide	Lagerung	Ausbringung
1990					
Rinder gesamt	367	68	24	76	198
Schweine gesamt	181	92	0	50	39
Pferde, Schafe	25	6	2	9	8
Geflügel gesamt	40	23	0	1	15
Tierhaltung gesamt	614	191	26	136	260
1999					
Rinder gesamt	278	69	20	53	137
Schweine gesamt	124	72	0	32	20
Pferde, Schafe	22	6	1	8	7
Geflügel gesamt	41	24	0	1	16
Tierhaltung gesamt	466	171	21	94	180

Quelle: RAUMIS, Stand 2002

Die Entwicklung der Emissionen hängt von der Veränderung der Tierzahlen und vom technischen Wandel in der Haltung und im Wirtschaftsdüngermanagement ab. Wie Tabelle 1 zeigt, sanken die Emissionen der Tierhaltung von 1990 von über 600 kt Ammoniak auf rund 466 kt im Jahr 1999. Dies ist vor allem auf den starken Tierbestandsabbau in den neuen Ländern zwischen 1990 und 1992 zurückzuführen.

4 Projektionen zur Abschätzung der Emissionen im Jahr 2010

Für die Abschätzung der Ammoniak-Emissionen im Jahr 2010 wurden verschiedene Projektionen durchgeführt. Entscheidend für die Höhe der Emissionen ist hierbei die Entwicklung der Tierbestandszahlen. Zur Erstellung von Projektionen wurden Annahmen zur Tierbestandsentwicklung und Flächennutzung für das Zieljahr 2010 getroffen. Auf Grundlage dieser Annahmen sowie der Annahmen zu Haltungs-, Lagerungs- und Ausbringungsverfahren für das Jahr 2010 wurden mit Hilfe von RAUMIS zu erwartende NH_3 -Emissionen kalkuliert.

4.1 Minderungsszenarien und Kosten der Emissionsminderung

Die Baseline-Projektion 2010_T2000 für das Jahr 2010 (unter der Annahme des Fortschreitens der bisherigen Trends zur Tierbestandsentwicklung und der Annahme, dass zwischen dem Jahr 2000 und 2010 kein entscheidender technologischer Wandel auf den Betrieben erfolgt) ergibt Emissionen der Tierhaltung von 461 kt NH_3 /a. Unter Berücksichtigung der Emissionen anderer Quellen von 140 kt zeigt sich, dass die Verpflichtung zu einer Reduktion der NH_3 -Emissionen auf 550 kt im Jahr 2010 nicht eingehalten werden kann. Zur

Erreichung des Reduktionsziels sind daher zusätzliche, gezielte Emissionsminderungsmaßnahmen umzusetzen.

Aus den Minderungsmaßnahmen und den geschätzten Minderungspotentialen wurden verschiedenen Szenarien zur Emissionsminderung entwickelt.

Szenario 1: Förderung - Realistische Minimalminderung: In diesem Szenario wird angenommen, dass durch Förderung und ohne obligatorische Auflagen nur begrenzte Umstellungsraten auf emissionsmindernde Technologien zu erzielen sind. Weniger wirksame Maßnahmen wie die Abdeckung von Rindergüllelagern, die aufgrund der ohnehin stattfindenden Schwimmdeckenbildung kaum Effekte zeigt, bleiben unberücksichtigt.

(50 % aller Mastschweine MS > 600 Mastplätze MP proteinangepasste Fütterung; 50 % Gülleausbringung (Rinder/Schweine) mit Schleppschauch SS/Güllegrubber GG; 50 % Behälter Schweinegülle SG abgedeckt, 50 % der Gülle unmittelbar eingearbeitet; 50 % Geflügel proteinangepasste Fütterung)

Szenario 2: Auflagen – Realistische Maximalminderung: Unter der Annahme obligatorischer Auflagen für die Tierhaltung wird angenommen, dass es zu einer vermehrten Anwendung von emissionsmindernden Technologien kommt. Verfahren wie die angepasste Fütterung und die unmittelbare Wirtschaftsdüngereinarbeitung werden mit einer Umsetzung von 50 % angenommen. Die Güllelagerabdeckung wird mit einer Umsetzung von 100 % angesetzt. Andere Verfahren werden mit einer Umsetzung von 90 % berechnet.

(50 % aller MS > 600 MP proteinangepasste Fütterung; 90 % Gülleausbringung (Schweinegülle) mit SS/GG, 100 % Rindergülle RG; 100 % Behälter SG/RG abgedeckt, 50 % der Gülle unmittelbar eingearbeitet; 90 % Geflügel mit Kotbandbelüftung; 50 % Geflügel proteinangepasste Fütterung; 50 % Geflügelkot mit unmittelbarer Einarbeitung).

Szenario 3: Förderung und Auflagen - Relativ unrealistische Maximalminderung: Zusätzlich zu den Annahmen aus Szenario 2 wird eine vermehrte Umsetzung effektiverer Fütterungsmaßnahmen und unmittelbarer Einarbeitung, daneben eine Erhöhung der Güllelagerkapazität angenommen.

Die mit den beschriebenen Szenarien errechneten Ammoniak-Emissionen und die daraus entstehenden Mehrkosten gegenüber der Ausgangsprojektion 2010_T2000 sind in der Tabelle 2 dargestellt. Die zusätzlichen Kosten für die Minderungsmaßnahmen liegen hierfür bei 5 bis 6 €/t NH₃.

Tab. 2: Wirkung der Umsetzung der Emissionsminderungs-Szenarien 1, 2 und 3 gegenüber der Baseline-Projektion 2010_T2000 (Referenz)

Effects of Abatement Measures of Scenarios 1, 2 and 3 in Comparison to the Baseline-Projection 2010_T2000 (Reference)

Szenario	NH ₃ -Emissionen	Emissionsminderung gegenüber Referenz		Mehrkosten gegenüber Referenz	Kosten €/kg NH ₃
	Kt	kt	%	Mio €	
2010_T2000	461,3				
Szenario 1	429,2	32,1	7,0	151	6,08
Szenario 2	410,8	50,5	11,0	291	6,29
Szenario 3	390,2	71,0	15,4	322	5,16

Quelle: RAUMIS, Stand 2002

4.2 Weitere Szenarioberechnungen zur Umsetzung der NEC-Richtlinie

Aufbauend auf die beschriebenen Arbeiten im BMVEL-UBA-Projekt wurden im Frühjahr 2002 an der FAL weitere Szenarien zur Umsetzung der NEC-Richtlinie berechnet. Dabei stand die Minderung der NH_3 -Emissionen aus der Tierhaltung im Mittelpunkt. Eine Reduktion der Tierhaltungs-Emissionen auf 400 kt kann demnach erreicht werden durch die weitgehende Umsetzung

- 0 der Einarbeitung von Gülle und Mist innerhalb von 4 Stunden nach Ausbringung auf unbewachsene Flächen und
- 1 Ausbringung von Gülle auf bewachsenen Ackerflächen mit der Schleppschlauchtechnik in allen Betrieben
- 2 sowie als zusätzliche Auflagen in nach BImSchG genehmigungspflichtigen Betrieben:
- 3 der Abdeckung von Güllelagern (Stroh)
- 4 einer Güllelagerkapazität für mindestens 6 Monate, der angepassten Fütterung bei Schweinen und Geflügel

Die Ergebnisse dieser Analysen sind in das Nationale Programm zur Umsetzung der NEC-RL in Deutschland eingeflossen, das sich im Januar 2003 noch in der Abstimmung befand.

Literatur

DOEHLER, H.; DAEMMGEN, U.; BERG, W.; BERGSCHMIDT, A.; BRUNSCH, R.; EURICH-MENDEN, B.; LUETTICH, M.; OSTERBURG, B. (2002): Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien sowie Erfassung und Prognose der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft und Szenarien zu deren Minderung bis zum Jahre 2010. Abschlussbericht im Auftrag BMVEL und UBA, UBA-Texte 05/02, 192 S.

EURICH-MENDEN, B.; DOEHLER, H.; ZAPF, R. (2000): Emissionsminderungspotentiale für Ammoniak aus der Tierhaltung im Landkreis Coburg, 112. VDLUFA Kongress in Hohenheim, Kongressband 55, S. 143-148

OSTERBURG, B.; BERG, W.; BERGSCHMIDT, A.; BRUNSCH, R.; DAEMMGEN, U.; DOEHLER, H.; EURICH-MENDEN, B.; LUETTICH, M. (2002): Nationales Ammoniak-Emissionsinventar KTBL-FAL-ATB-Projekt „Landwirtschaftliche Emissionen“. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung - Grundlagen, Wirkungen und Minderungsmaßnahmen, KTBL Schrift 406, Darmstadt, S. 231-248

OSTERBURG, B.; BERGSCHMIDT, A. (2002): Politische Maßnahmen zur Reduzierung der Ammoniakemissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Rahmenbedingungen, Berechnungsmethoden und politische Handlungsoptionen. Agrarspectrum 34: S. 132-135

OSTERBURG, B. (2002): Rechnerische Abschätzung der Wirkungen möglicher politischer Maßnahmen auf die Ammoniakemissionen in Deutschland im Jahr 2010. Studie im Auftrag des BMVEL, Braunschweig, im April 2002. (Publikation der Ergebnisse soll im Jahr 2003 erfolgen).

Einfluss der Fütterung auf die Geruchsfreisetzung in Mast-schweinegülle

Effect of Feeding on Emissions of Odor from Pig Slurry

HELGA ANDREE¹, THOMAS HÜGLE¹, EIKE ROTH²

¹ Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Universität Kiel, 24098 Kiel

² Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 24327 Blekendorf

Schlüsselwörter: Geruchsemission, Mastschweine, Proteinversorgung

Keywords: odor emission, fattening pigs, protein-supply

Zusammenfassung

Die Haltung von Mastschweinen ist mit der Freisetzung übelriechender Gerüche verbunden. Die Mehrzahl der geruchsaktiven Substanzen aus Mastschweinegülle resultieren aus dem Proteinstoffwechsel. Eine Manipulation der Proteinzufuhr lässt somit Auswirkungen auf die Geruchsemission erwarten. Andererseits beeinflusst die Höhe der Proteinzufuhr auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Gülle, so dass mit veränderten Emissionsprozessen zu rechnen ist.

Der Einfluss des Proteingehaltes im Mastschweinefutter (19,5 % XP, 15,5 % XP und 13,5 %XP) auf die Geruchsemission wurde in systematisch angelegten Mastversuchen mit olfaktometrischen Methoden untersucht. Während die Geruchsstoffkonzentration kaum Reaktion auf den Eiweißgehalt in der Ration zeigt, scheint sich jedoch die Zusammensetzung und Qualität des Geruchs tendenziell zu verändern.

Summary

Pig keeping is associated with the release of nasty smelling odors. The majority of odorous compounds in pig slurry result from the protein breakdown. Thus, changes in protein supply might lead to effects on odor emissions. On the other hand, when pig diets contain different levels of protein, chemical and physical properties of the slurry might also change. It has to be taken into account, that emission processes are affected.

The effect of different protein levels in finishing pig diets (19,5 % CP, 15,5 % CP and 13,5 % CP) on odor emissions has been investigated in systematically designed fattening trials with olfactometric methods. Whereas odor concentration hardly reacts on the level of protein supply, there is some incidence, that composition and odor quality is submitted to some change.

1 Zielsetzung

Von Mastschweineställen ausgehende Gerüche stellen in vielen dicht besiedelten Regionen ein erhebliches Belästigungspotential dar. Beeinträchtigungen benachbarter Anwohner soll durch die Einhaltung von Mindestabständen entgegen gewirkt werden (TA Luft, 26. Juni 2002). Im Einzelfall ist ein Unterschreiten des Mindestabstandes von einer Tierhaltungsanlage zur nächsten Wohnbebauung zulässig, dies jedoch nur wenn die Emissionen an Geruchsstoffen durch primärseitige Maßnahmen nachweislich gemindert werden. Darüber hinaus wird im Maßnahmenkatalog der novellierten TA Luft verlangt eine an den Nährstoffbedarf der Tiere angepasste Fütterung sicherzustellen. Inwieweit diese Forderung zur Reduktion der Geruchsstoffemissionen geeignet ist und demzufolge als primärseitige Maßnahme zur Geruchsminderung angesehen werden kann, wurde im Rahmen eines von der DFG geförderten Projektes am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel in Zusammenarbeit mit dem Lehr- und Versuchszentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in Futterkamp untersucht.

2 Hypothese

Die Emission von Geruchsstoffen erfolgt bei einstreuloser Haltung nahezu ausschließlich aus der Gülle. Die Menge und Zusammensetzung der Gülle sind fütterungsabhängig. Vor allem der Proteinbedarf in der Ration steigt mit fortschreitender Mast nur unterproportional im Vergleich zum Energiebedarf. Um Mangelsituationen zu vermeiden, werden Mastschweine auch bei Mehrphasenfütterung die längste Zeit in der Mast mit Eiweiß überversorgt.

Neben dem Ammoniak als Abbauprodukt der Proteinversorgung enthält die Gülle andere flüchtige Bestandteile, die weniger eine Umweltschädigung denn eine Umweltbelästigung hervorrufen. Es handelt sich meist um organische Verbindungen mit funktionellen osmophoren Gruppen. Neben diesen vielfach aus dem Proteinstoffwechsel resultierenden geruchswirksamen Substanzen wie z. B. flüchtige Fettsäuren (FFS), phenolische Verbindungen, Indole, NH_3 und Amine (O'NEILL UND PHILLIPS, 1992), fallen vor allem die schwefelhaltigen Abbauprodukte mit außerordentlich niedrigen Wahrnehmungsschwellenwerten auf. Auch bezüglich der ekelregenden Wirkung von Güllegerüchen scheinen die aus dem Aminosäurenstoffwechsel resultierenden Sulfide Leitkomponenten zu sein (HOBBS et al. 1995).

Daraus ließe sich die Hypothese ableiten, dass durch eine Verminderung von Proteinüberhängen in Mastschweinerationen die Konzentration der aus dem Proteinstoffwechsel resultierenden Geruchsstoffen gesenkt wird und damit geringere Geruchsemissionen und Geruchsbelästigung zur Folge hätte.

Andererseits beeinflusst die Fütterung auch die biologischen, chemischen und physikalischen Vorgänge in der Gülle, so dass mit veränderten Emissionsprozessen zu rechnen ist (ZHANG et al., 1994, ARROGO et al., 1999, NI et al., 2001). Ein niedrigerer pH-Wert führt zu einem Anstieg der Konzentration der in der Gülle gelösten flüchtigen sauren und osmophoren Bestandteilen, was nach dem Henry'schen Gesetz zu höheren Partialdrücken führt. Es ist aufgrund dieser Tatsache deshalb bei Güllen eiweißreduziert gefütterter Schweine von einer größeren Geruchsbelästigung auszugehen.

Weiterhin ist zu bedenken, dass es sich bei den Geruchsstoffen aus der Tierhaltung um Riechstoffkomplexe handelt. Ändern sich nun aufgrund veränderter Fütterungsstrategien z. B. die Konzentration eines Einzelstoffes oder die chemisch-physikalischen Umgebungsbedingungen, wodurch Qualität und Quantität des emittierten Riechstoffkomplexes beeinflusst wird, dann können kompensatorische, additive, synergistische und belagernde Wirkungen im Geruchseindruck auftreten. Eine technische Analyse der Gaszusammensetzung als Untersuchungsmethode stößt hier an Grenzen, da sie keine semantische Interpretation des aus dem Zusammenwirken der Einzelkomponenten resultierenden Geruchseindrucks ermöglicht (BOEKER, 2001, GARLAPP et al., 2001). Mit Hilfe der Olfaktometrie kann jedoch die Wirkung unterschiedlicher Fütterungsstrategien (unterschiedliche, bedarfsdeckende Eiweißversorgungsstufen) direkt über die menschliche Nase als Sensor bestimmt werden.

3 Versuch

Insgesamt wurden zwei Mastversuche durchgeführt mit insgesamt 8 Versuchsgruppen (A, B, C, D im ersten Mastdurchgang und E, F, G und H im zweiten Mastdurchgang). Je Mastdurchgang wurden in zwei, jeweils durch einen Mittelgang getrennten Mastabteilen je eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe mit einer Anfangslebmasse von ca. 35 kg eingestallt. Eine Versuchsgruppe bestand aus 48 Tieren, davon belegten jeweils 12 Tiere eine Bucht. Alle Tiere erhielten in der Vormast das gleiche Futter mit 19,5 % XP. In der Hauptmast, ab etwa 65 kg Lebendmasse (LM) erhielten die Kontrollgruppen (A, C, F und H) weiterhin das seit Mastbeginn verfütterte Alleinfutter. In den Versuchsgruppen wurde ab 65 kg LM die Fütterung umgestellt. Die erste Versuchsgruppe **V1** erhielt ein auf 15,5 % XP (B und E) und die zweite Versuchsgruppe **V2** ein auf 13,5 % XP (D und G) abgesenktes Alleinfutter. Die Entmistung der einzelnen Stallabteile erfolgte separat für jede Gruppe mit dem Stau-Schwemm-Verfahren. Die Gülle wurde in den Kanälen 14 Tage gestaut und dann mittels Kompressortankwagen vollständig erfasst. Aus dieser homogenen Gülle wurden Proben gezogen und hinsichtlich Geruchsstoffkonzentration, Intensität und Hedonik mit dem Olfaktometer Mannebeck TO7 und laboranalytisch auf den Gehalt an TM, Gesamt-N und $\text{NH}_3\text{-N}$ sowie pH-Wert untersucht.

Um für die Geruchsmessungen c.p.-Bedingungen zu gewährleisten wurden die Proben zunächst bei $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiefgefroren, vor der Messung kontrolliert in einem Wasserbad aufgetaut und bis auf $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ erwärmt. Anschließend wurde die zu messende Gasprobe gezogen und unmittelbar gemessen.

Die statistische Auswertung erfolgte über den t-Test als Paardifferenzenvergleich jeweils zwischen den Gruppen eines Abteils (A vs. B, C vs. D, E vs. F und G vs. H).

4 Ergebnisse

In den Mastleistungen wurden in allen Gruppen ähnliche Ergebnisse erzielt, so dass eine vergleichende Untersuchung der Geruchsemissionen gewährleistet ist. Eine Eiweißabsenkung in der Mastschweineration führte erwartungsgemäß zu niedrigeren Gesamt-N- und $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalten in der Gülle sowie zu niedrigeren pH-Werten. In Bezug auf die Emission von Geruchsstoffen hat der Eiweißgehalt der Ration keinen erkennbar gerichteten Einfluss (Tab. 1).

Tab. 2: Mittlere Geruchsstoffkonzentration c_G (GE/m^3)

Gruppe U V1 V2	Gesamt			Vormast vor Futterumstellung			Hauptmast nach Futterumstellung		
	GE/m^3	s		GE/m^3	s		GE/m^3	s	
A	4486	0,705	n.s.	3067	0,820	n.s.	5550	0,564	n.s.
B	6700	0,968		4100	0,854		8650	0,542	
C	3400	0,982	n.s.	3367	0,778	n.s.	3425	1,105	n.s.
D	3514	1,063		3067	0,713		3850	1,236	
E	6379	0,992	n.s.	4700	0,622	n.s.	7638	0,284	n.s.
F	6464	0,619		5200	0,798		7413	0,212	
G	3700	0,378	n.s.	3433	0,239	n.s.	3900	0,332	n.s.
H	4136	0,424		2733	0,531		5188	0,244	

Paardifferenzenvergleich (t-Test): n.s. = $P > 0,05$

Die Spannweite der Werte für die Geruchsstoffkonzentration c_G war zwischen den Abteilen und auch zwischen den Mastdurchgängen größer als zwischen den Fütterungsvarianten, sowohl in der Gesamtbetrachtung als auch in der Vor- und Hauptmast. Es war jedoch zu beobachten, dass mit zunehmendem Alter der Tiere die c_G leicht anstieg und in der Hauptmast die Werte weiter auseinander lagen.

Die geringe Reaktion der c_G auf den Eiweißgehalt der Ration scheint zunächst widersprüchlich zu den Untersuchungen von HOBBS et al. (1996) zu sein, die in proteinreduziert erzeugter Gülle mit Gaschromatographie geringere Konzentrationen einzelner typischer Güllegeruchsstoffen gemessen haben. Die einzelstoffliche Zusammensetzung veränderte sich jedoch auch in Abhängigkeit von der Rationszusammensetzung. Darüber hinaus wurde nur eine Auswahl an Substanzen gemessen und nicht der subjektiv auf die menschliche Nase wirkende Güllegeruch. Übertragen auf die eigenen Ergebnisse lässt sich schließen, dass vermutlich Einzeleffekte gegenläufig wirken können, einerseits eine veränderte einzelstoffliche Zusammensetzung, andererseits auch Einflüsse auf die chemisch-physikalischen Emissionsbedingungen in der Gülle. Darüber hinaus sind sicherlich auch Überlagerungseffekte durch einzelne Komponenten geben. So prägen z. B. die sulfidhaltigen flüchtigen Substanzen außerordentlich stark den typischen Güllegeruch, auch noch bei sehr niedrigen Konzentrationen.

In der Geruchsscharakteristik (Intensität und Hedonik) ergab sich folgender Befund (Abb.1). Die 10 im überschwelligen Bereich dargebotenen Geruchsproben lassen sich nach Sortierung in ansteigender Konzentration untergliedern in eine Latenzphase, in der der Geruch zwar wahrgenommen wird, aber die Steigerung der c_G noch keine Steigerung in der Wahrnehmungsintensität auslöst. Danach schließt sich eine Phase an in der mit steigender c_G auch die Wahrnehmung des Geruchs intensiver wird, bis das Maximum der Wahrnehmungsintensität/Hedonik der jeweiligen Probe erreicht wird.

Obwohl sich die Unterschiede hier nicht statistisch absichern lassen fallen dennoch einige Trends auf. Prinzipiell scheinen die eiweißreduziert gefütterten Gruppen (B, D, E, und G) in der Wahrnehmungsintensität (Abb. 1, linke Grafik) etwas verlängerte Latenzphasen aufzuweisen, in der die Geruchsschwelle zwar überschritten ist, die Wahrnehmung jedoch schwach/neutral ist. Besonders auffällig ist hier, dass in der Hauptmastphase die Kontrollgruppen (A, C, F und H) tendenziell längere Latenzphasen aufzeigen als die Versuchsgruppen (B, D, E, und G), wobei auch die maximale Intensität der Wahrnehmung hier etwas geringer ist als in den Kontrollgruppen (A, C, F und H).

Die hedonische Geruchswahrnehmung (Abb. 1, rechte Grafik) zeigt eine weniger eindeutige Abhängigkeit von der Fütterung. Zwar gibt es auch hier Unterschiede in der Länge der Latenzphase, die Unterschiede scheinen sich jedoch mehr auf den Mastdurchgang zu beziehen als auf die Fütterung.

Vor allem die tendenziellen Unterschiede in der Intensität und der Hedonik deuten darauf hin, dass die eiweißangepasst gefütterten Tiere einen etwas mildereren Güllegeruch verursachen und somit auch von einer qualitativen Änderung in den Geruchskomponenten ausgegangen werden kann.

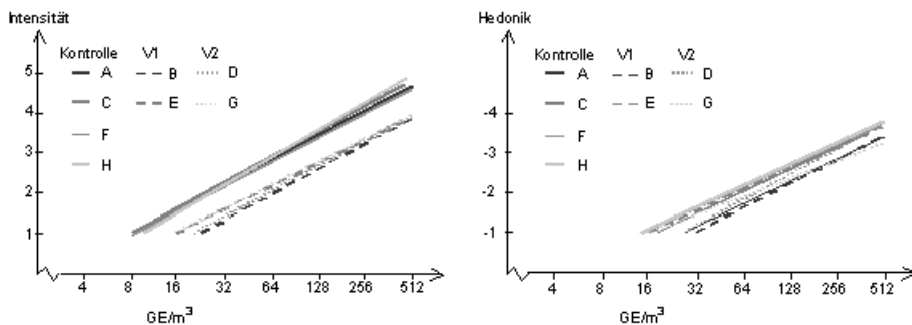


Abb. 1: Intensität und Hedonik der untersuchten Gasproben nach der Latenzphase

Literatur

O'NEILL, D. H. and V. R. PHILLIPS. 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 of in the Air around them. *Journal of Agricultural Engineering Research* 53:23-50

HOBBS, P. J., T. H. MISSELBROOK and B. F. PAIN (1995): Assessment of odours from livestock wastes by photoionization detector, an electronic nose, olfactometry and gas-chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural Engineering Research* 60:2, 137-144

ZHANG, R.H., D.L. DAY, L.L. CHRISTIANSON and W.P. JEPSON (1994): A computer model for predicting ammonia release rates from swine manure pits. *Journal of Agricultural Engineering Research* 58 (4) 223 –229

- AROGO, J., R.H. ZHANG, G.L. RISKOWSKI, L.L. CHRISTIANSON and D.L. DAY (1999): Mass transfer coefficient of ammonia in liquid swine manure and aqueous solutions. *Journal of Agricultural Engineering Research* 73:1 77 – 86
- NI, J.-Q., A. J. HEBER, D. T. KELLY and A. L. SUTTON (2001): Mechanism of gas release from liquid swine wastes. ASAE Paper Number 01-4091
- BOEKER, P. (2001): Chemosensorik und Geruchsmessung. *Agrartechnische Forschung* 7:4 77-81
- GARLAPP, A. K., W. J. POWERS and D. S. BUNDY (2001): Comparison of olfactometry, gas chromatography and electronic nose technology for measurement of indoor air from swine facilities. *Transactions of the ASAE*, 44:5 1283-1290
- HOBBS, P. J., B. F. PAIN, R. M. KAY and P. A. LEE. 1996. Reduction of Odourous Compounds in fresh Pig Slurry by Dietary Control of Crude Protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 71:4, 508-514

Emissionen aus der Mastschweinehaltung nach groen lable Konzept im Vergleich zur Großgruppenhaltung auf Vollspaltenboden

Emissions from Fattening Pigs Kept in a Groen Lable Housing System Compared with Large Group Housing on Fully Slatted Floor

HORST CIELEJEWSKI, JENS-PETER RATSCHOW

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, 48143 Münster

Schlüsselwörter: Mastschweinehaltung, Stallvergleich, Umweltwirkungen, Ammoniakemissionen, Luftvolumenströme, Stalltemperatur

Keywords: pig fattening management, comparing housing systems, environmental effects, ammonia emissions, air volume flow, house temperature

Zusammenfassung

In den Niederlanden werden emissionsarme Haltungsverfahren für Mastschweine nach dem groen lable Standard bewertet, wenn sie weniger als 1 kg NH₃/Platz emittieren. In Deutschland übliche Mastverfahren werden hingegen mit Emissionen von 3 kg NH₃/Platz bewertet. Vor diesem Hintergrund werden auf dem Landwirtschaftszentrum der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Haus Düsse, in zwei verschiedenen Abteilen typische Varianten deutscher und niederländischer Schweinmastverfahren verglichen. Die Ammoniakemissionen variieren stark zwischen den einzelnen Durchgängen und den beiden Haltungsverfahren. Eine eindeutige Rangfolge lässt sich nicht ableiten. Die optischen Eindrücke können als Erklärung für die hohen Ammoniakkonzentrationen im Teilspaltenabteil im dritten Durchgang dienen. Im Durchschnitt über mehrere Mastdurchgänge liegen die Emissionen eng beieinander (100 % zu 95 %).

Summary

In the Netherlands low-emission housing systems for feeding pigs are evaluated according to the groen label standard when emissions are less than 1 kg NH₃/place. In Germany normal feeding systems emissions are usually evaluated at of 3 kg NH₃/place. To this background, typical variants of German and Dutch pig feeding systems were compared in two different compartments at the Agricultural Centre of the Westphalia-Lippe Chamber of Agriculture, Haus Düsse. The ammonia emissions vary between the individual cycles and the housing systems. There is no clear ranking concerning the emission criteria. The optical impressions help explain the higher ammonia concentrations in the third cycle in the part slatted pens. In the average of some cycles the emissions are relatively similar (100 % to 95 %).

1 Einleitung

Im Laufe der letzten Jahre hat es eine Vielzahl von Messergebnissen zu Ammoniakemissionen verschiedener Haltungungsverfahren von Schweineställen gegeben. Dabei sind die Messmethoden und auch die Haltungungsverfahren nur selten so detailliert beschrieben, dass ein Vergleich der veröffentlichten Zahlenwerte ohne weiteres möglich wäre. Aber auch die grundsätzliche Einordnung von Haltungungsverfahren kann wegen der verschiedenen Bezugsgrößen sehr unterschiedlich sein. So werden die in Deutschland üblichen Mastverfahren mit Emissionen von ca. 3 kg NH₃/Platz und Jahr bewertet, in den Niederlanden werden 2 kg NH₃/Platz und Jahr als normal angesehen. Haltungungsverfahren, die nur 1 kg NH₃/Platz und Jahr emittieren, gelten als besonders emissionsarm und bekommen ein sogenanntes „groen label“. Betriebe, die solche Haltungungsverfahren einsetzen, werden für eine gewisse Zeit nicht mit weiteren Umweltauflagen überzogen.

2 Ausrüstung der Ställe

Da diese Werte extrem niedrig erschienen, hat die Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe für einen direkten Vergleich auf dem Landwirtschaftszentrum Haus Düsse in zwei verschiedenen Abteilen typische Varianten deutscher und niederländischer Schweinemastaufstellungen miteinander verglichen. Für das deutsche Verfahren werden in einem Abteil zwei Großgruppen á 30 Mastschweine auf Schlitzböden mit einem Flächenangebot von 0,75 m² je Tier gehalten. Das Futter wird flüssig über Sensorfütterung vorgelegt. Als niederländisches „groen label“ Haltungungsverfahren werden in einem Abteil sechs Gruppen mit je sieben Tieren gehalten, denen jeweils 1 m² zur Verfügung steht. Der Fußboden ist als Teilspaltenboden (original niederländische Dreikantroste) konzipiert, d. h. er verfügt über eine mittig gewölbte feste Liegefläche, die mit Fußbodenheizung ausgestattet ist. Zur Emissionsminderung wurden die Güllekanäle wie gefordert unter den Spalten durch eingebaute Schrägen verengt und die Gülle wird häufig, bei Erreichen eines bestimmten Pegelstandes, abgelassen. Einzelheiten können der Abbildung 1 entnommen werden. Diese Vorgaben sind die speziellen Kriterien dieser „groen label“ Lösung. Die Fütterung erfolgt an Breiautomaten.

In beiden Abteilen werden dieselben Futterkomponenten gesetzt, das Ferkelmaterial ist einheitlich und die Abteile werden von demselben Stallpersonal betreut. Die eingesetzten Lüftungsanlagen berücksichtigen in ihrer Auslegung entweder die deutsche DIN 18910 oder die holländischen „groen label“ Anforderungen. Es wurde allerdings angestrebt, den Teilspaltenbodenstall mit 2° C niedrigerer Luft-Innentemperatur zu betreiben als den Schlitzbodenstall.

3 Messprogramm

Die für eine Beurteilung wichtigen Parameter wie Stalltemperatur, Luftvolumenstrom, Ammoniak- und Kohlendioxidkonzentrationen werden über die gesamte Mastperiode in Fünf-Minuten-Intervallen gemessen und auf dem Klimacomputer registriert. Wöchentlich werden diese Daten auf einem angeschlossenen PC gesichert. Dabei werden auch die Gasverbräuche für die Stallbeheizung notiert, die Stallverschmutzung wird skizziert und die Sensoren für die Ammoniakmessung werden ausgetauscht. Um belastbare Ergebnisse

von Ammoniakmessungen zu erhalten, werden die Sensoren nur für etwa eine Woche im Stall zur Messung eingesetzt und können anschließend 14 Tage in Außenluft, elektrisch angeschlossen, regenerieren. Vor dem erneuten Einsatz im Stall werden sie kalibriert, und zwar mit Außenluft für die Bestimmung des Null-Punkts und mit NH_3 -Prüfgas von ca. 80 ppm. Die dabei festgestellten Abweichungen liegen zwischen 0 und 5 ppm.

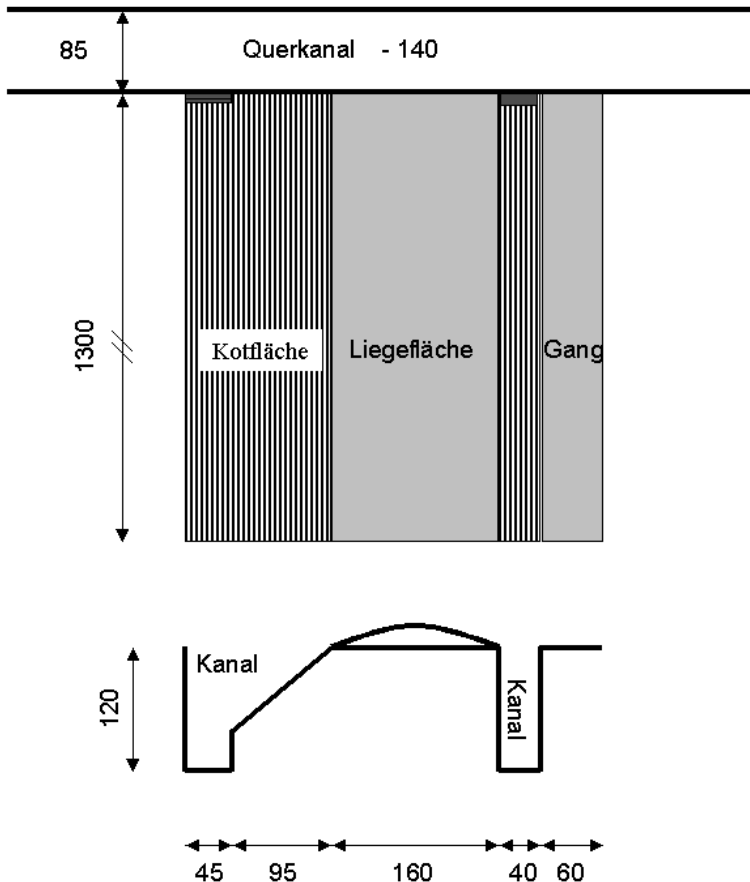


Abb. 1: Grundriss und Querschnitt einer groen lable Stallbucht
 Lay out and cross section of a groen lable pen

Auf Haus Düsse wird das Tiergewicht eines jeden Einzeltieres beim Ein- und Ausstallen festgehalten. Zudem gibt es Zwischenwägungen für alle Einzeltiere im Abstand von einigen Wochen. Aus diesen Gewichtsdaten wird der Fleischzuwachs für die ganze Mastperiode, sowie für jeden Tag die aktuelle Tierlebensmasse für das gesamte Abteil ermittelt. Die jeweils aktuelle Tierlebensgesamtmasse wird den Klimamessungen zeitlich zugeordnet. Aus den gemessenen Konzentrationswerten für Ammoniak und Kohlendioxid und den dazugehörigen Luftvolumenströmen können somit spezifische Emissionswerte (= auf 100 kg oder 500 kg Lebendgewicht bezogene Kenngrößen) errechnet werden.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der einzelnen Durchgänge sind in Tabelle 1 dargestellt. Die durchschnittlichen täglichen Zunahmen sind mit 800 g sehr gut. Damit sind ca. 2,74 Durchgänge/Jahr zu erzielen. Die angestrebte Temperaturdifferenz von ca. 2° C zwischen Teilspaltenbodenstall und Vollspaltenbodenstall konnte nicht eingehalten werden, obwohl im Teilspaltenbodenabteil deutlich intensiver gelüftet wird. In den Frühjahr- und Herbstdurchgängen ist die spezifische Luftrate (je 100 kg Lebendgewicht) etwa 15 bis 20 % größer, in den Sommerdurchgängen sogar um 40 bzw. 67 % größer als im Vollspaltenbodenabteil. Dennoch ist der Gasverbrauch für die Heizung deutlich geringer, vor allem im Winterdurchgang wurde nur 11 % der Heizenergie benötigt. Das mag in dem Konzept der Fußbodenbeheizung mitbegründet sein.

In den ersten beiden Durchgängen hatte der „groen lable“-Stall deutlich geringere Konzentrationswerte (ppm) an Ammoniak als die deutsche Variante. Die Tiere hielten sich an die vorgesehenen Funktionsbereiche, d. h. die Buchten wirkten trocken und sauber und insbesondere die festen aufgewölbten Flächen wurden als Liegefläche benutzt und nicht verschmutzt. Im Vollspaltenbodenabteil wurden dagegen große Flächen zum Abkoten und Abharnen angelegt, so dass die Buchten überwiegend feucht und verschmutzt wirkten. Das gute Aussehen der Teilspaltenbodenbuchten in dieser Phase kann damit zusammenhängen, dass die neuen Abteile erst „eingefahren werden mussten“. Im dritten Durchgang im Sommer hatte das „groen lable“ Verfahren die höheren Ammoniakkonzentrationswerte aufzuweisen. Das Tierverhalten hatte sich geändert: die Bereiche zum Koten und Abharnen wurden parallel zu den Buchtentrennwänden angelegt, also auch auf der gewölbten festen Liegefläche. Die Buchtenflächen wirkten nicht mehr so sauber und trocken wie in den ersten beiden Durchgängen.

Die Ammoniakemission als Produkt aus der Konzentration und dem dazugehörigen Luftvolumenstrom, bezogen auf 100 kg Lebendmasse im Abteil, weist nur für den ersten Durchgang für den Teilspaltenbodenstall eine deutlich geringere Emission aus (65 %). In den Durchgängen zwei und drei war die Ammoniaklast höher als im Schlitzbodenstall, vornehmlich bedingt durch die deutlich erhöhten Luftwechselraten im Vergleich zum Schlitzbodenstall. Im vierten Durchgang waren die Ammoniakemissionen mit 88 % wieder geringer, obwohl eine sehr hohe Luftrate (167 %) gefahren wurde. Die Konzentrationswerte lagen jedoch nur bei 52 % der NH_3 -Konzentration des Schlitzbodenabteils.

In den einzelnen Mastdurchgängen wurden also in den einzelnen Abteilen sehr unterschiedliche Luftwechselraten und Ammoniakkonzentrationen gemessen. Auch die daraus errechneten Ammoniakemissionen waren sehr unterschiedlich. Eine eindeutige Rangierung ist bisher aber nicht auszumachen. Saldiert man die Daten über einen längeren Zeitraum, ergibt sich dagegen ein einheitliches Bild. Für die ersten drei Durchgänge (gut 13 Monate) hat das Schlitzbodenabteil 8,24 kg Ammoniak je 100 kg Lebendgewicht emittiert (das entspricht etwa 4,4 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ je Tierplatz und Jahr). Das Teilspaltenbodenabteil hat 7,83 kg NH_3 je 100 kg Lebendgewicht (das entspricht etwa 4,2 $\text{NH}_3\text{-N}$ je Tierplatz und Jahr) emittiert. Das sind etwa 95 % der Emissionen des Schlitzbodenstalls. Damit sind die eingangs erwähnten großen Vorteile des niederländischen „groen lable“ Verfahrens auf Teilspaltenboden mit Breiautomatenfütterung gegenüber der konventionellen Schweinemast in Großgruppen mit Sensorfütterung auf Schlitzboden in diesem Versuch nicht nachvollziehbar.

Tab. 1: Kennzahlen verschiedener Mastdurchgänge
Coefficients of various fattening cycles

		groen lable 1	Groß- gruppe 1	groen lable 2	Groß- gruppe 2	groen lable 3	Groß- gruppe 3	groen lable 4	Groß- gruppe 4
Einstalldatum		14.01.00	14.01.00	31.05.00	31.05.00	19.10.00	19.10.00	15.03.01	15.03.01
Ausstallen bis		15.05.00	22.05.00	26.09.00	26.09.00	13.02.01	20.02.01	17.07.01	20.07.01
Stallbelegung	Std.	2928	3096	2832	2832	2808	2976	2976	3048
Messdaten f. Stunden		2304	2358	2829	2829	2640	2951	2963	3028
Zunahme	g/d	808	756	814	800	826	783	823	791
Futter	kg/kg	2,72	2,89	2,78	2,83	2,90	3,11	2,96	2,89
Über- schuss	Euro	104,69	103,99	105,10	109,26	109,56	103,32	97,94	97,41
Gewicht	kg	2867,45	4035,05	2631,01	4041,00	2742,31	4008,46	2429,50	3427,10
Zuwachs	kg	3611,30	5105,20	3430,80	5099,00	3447,90	5033,40	3254,2	4498,8
NH ₃ -N	ppm	15,31	25,14	14,38	16,10	23,31	22,10	11,60	22,40
	%	61	100	89	100	105	100	52	100
NH ₃ -N	mg/h je 100 kg	696,62	1020,25	1180,15	970,43	871,49	782,34	999,20	1137,80
	kg/Durch- gang* 100 kg	2,04	3,16	3,34	2,75	2,45	2,33	2,97	3,47
	%	65	100	121	100	105	100	88	100
NH ₃ -N theo	kg/Jahr je 100 kg	6,10	8,94	10,34	8,50	7,63	6,85	8,75	9,97
CO ₂	ppm	632,94	1661,03	339,81	1750,90	1027,34	3086,97	360,30	2834,00
	%	38	100	19	100	33	100	12	100
CO ₂	kg/h je 100 kg	56,94	151,09	69,03	271,43	101,95	278,47	57,60	179,40
	%	38	100	25	100	37	100	32	100
CO ₂ theo	kg/Jahr je 100 kg	498,79	1323,55	604,70	2377,73	893,08	2439,40	504,58	1571,54
t _{Stall}	° C	21,18	21,74	23,49	23,12	20,18	21,06	21,20	21,70
t _{Außen}	° C	9,27	9,27	15,98	15,98	5,70	5,70	12,13	12,13
Lüftung	m ³ /h	2064,79	2442,90	3066,79	3570,84	1569,48	1927,80	2767,20	2663,03
Lüftung	m ³ /h je 100 kg	75,47	62,80	123,83	88,04	57,64	50,86	135,30	80,90
	%	120	100	140	100	113	100	167	100
Gas- menge	m ³			34,70	39,00	30,98	291,90	6,66	197,99
	%			89	100	11	100	3,4	100
NH ₃ -N	kg/DG*10 0 kg Zwachs	1,82	2,64	2,58	2,27	2,12	1,78	1,96	2,57

Durchschnitt über 3 Durchgänge Großgruppe: 33,80 kg NH₃-N /GV * a = 4,4 kg NH₃-N/ Tierplatz und Jahr
Durchschnitt über 3 Durchgänge groen lable: 32,20 kg NH₃-N /GV * a = 4,2 kg NH₃-N/ Tierplatz und Jahr

Allerdings sind die bei konventionellen Teilspaltenboden-Haltungsverfahren aufgetretenen erhöhten Ammoniakemissionen im Vergleich zum Vollspaltenbodenstall von etwa 10 % hier nicht zu verzeichnen. Aus Umweltschutzgründen hat das Teilspaltenbodenverfahren mit aufgewölbter Liegefläche und Fußbodenheizung aber keine Vorteile gegenüber den konventionellen Schlitzbodenhaltungsverfahren hinsichtlich der Ammoniakemissionen.

Begleitend sind auch Kohlendioxidemissionen erfasst worden. Die gemessenen Konzentrationen und die errechneten Emissionswerte unter Berücksichtigung des Luftwechsels und des Lebensgewichtes weisen für das Verfahren auf Teilspaltenboden mit Breifütterung immer wesentlich niedrigere Werte auf. Da durch die Berücksichtigung des Lebendgewichtes die CO₂-Freisetzung aus der Atmung der Tiere schon in die Berechnung eingegangen ist, liegt der Schluss nahe, dass in den Abteilen in unterschiedlichem Maße Kohlendioxid aus anderen Quellen produziert wird (Stallkomponente). Denkbar sind intensive Umsetzungsprozesse in der größeren Güllemenge unter dem Vollspaltenbodenabteil, intensivierte Umsetzungsprozesse im Flüssigfutter oder höhere Umsetzung in den Verschmutzungszonen des Vollspaltenbodens. Hierin liegt eventuell noch ein gewisses Potenzial, um Geruchs- und Ammoniakemissionen weiter zu vermindern.

Sampling and Analysis of Bioaerosols in the Vicinity of Farm Animal Houses

Probenahme und Bestimmung von Bioaerosolen in Umfeld von Tierhaltungsanlagen

JÖRG HARTUNG, JENS SEEDORF

Institut for Animal Hygiene, Animal Welfare and Behaviour of Farm Animals,
School of Veterinary Medicine, 30559 Hannover

Keywords: bioaerosols, dispersion, sampling techniques, field measurements

Schlüsselwörter: Bioaerosole, Ausbreitung, Probenahmetechniken, Feldmessungen

Zusammenfassung

Die moderne Nutztierhaltung wird heute zunehmend als Quelle fester, flüssiger und luftgetragener Emissionen angesehen, die sich nachteilig auf Mensch, Tier und Umwelt auswirken können. Zu den wichtigsten luftgetragenen Emissionen gehören die sogenannten Bioaerosole, die sich wesentlich aus Staub, Staubinhaltsstoffen und Mikroorganismen zusammensetzen. Sie kommen in zum Teil hohen Konzentrationen im Stall vor, wo sie in der Lage sind, die Atemwegsgesundheit von Tier und Mensch nachteilig zu beeinträchtigen. Mit dem Lüftungssystem gelangen diese Bioaerosole in die Umwelt, wo sie ebenfalls Befürchtungen über Gesundheitsbeeinträchtigungen bei Anwohnern auslösen können. Daher ist es notwendig, Abschätzungen zur Verfrachtungsentfernung von Bioaerosolen aus Nutztierställen vorzunehmen. Dazu sind Messungen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen notwendig. Der vorliegende Bericht gibt eine Übersicht über verfügbare Probenahme- und Analysetechniken, die sich in die Prinzipien von Sedimentation, Filtration, Impingement und Impaktion einteilen lassen. Die mit den genannten Methoden erzielten Ergebnisse über die Verfrachtungsentfernung von Partikeln werden aus der Literatur als Auswahl zusammengestellt. Es zeigt sich, dass die Transmissionsstrecken großen Schwankungen unterworfen sind.

Summary

Modern animal production is increasingly regarded as a source of solid, liquid and gaseous emissions which can be both a nuisance and environmentally harmful. The most important aerial pollutants are the so called bioaerosols which are composed of airborne dust, special dust components and micro-organisms. Bioaerosols in animal houses are known to have negative effects on the respiratory health of animals and humans. These bioaerosols are emitted by the ventilation system into the environment and are supposed to contribute to respiratory disorders in residents living close to farm animal enterprises. Therefore data about the transmission distance of such bioaerosols are highly desirable. This report reviews some most appropriate methods for sampling and analysis of bioaerosols based on the principles of sedimentation, filtration, impingement and impaction. The literature-based survey of transmission distances reveals that the transmission (travel distances) of various bioaerosol compounds can vary greatly.

1 Introduction

Modern farm animal production is increasingly regarded as a source of solid, liquid and gaseous emissions which can be both a nuisance and environmentally harmful. The most important aerial pollutants in animal houses are the so called bioaerosols which are emitted in considerable quantities into the environment by the ventilation system. Bioaerosols in livestock buildings consist of a complex mixture of organic material (i. e. proteins, polycarbohydrates), biological active components (i. e. endotoxins, glucans) and micro-organisms (i. e. bacteria, fungi). Even gases such as ammonia can be adsorbed to the surface of bioaerosol particles. Typically, bioaerosols are characterised by a range of biological properties which include infectivity, allergenicity, toxicity and pharmacological or similar effects (HIRST 1995). Because of this nature bioaerosols are recognised as important health hazards for workers in livestock operations. Today there is increasing concern that these emitted bioaerosols may also play a role in respiratory affections in people living in the vicinity of animal enterprises.

Little is known on role and fate of emitted particles in the surrounding of farms, transmission distances of these substances, their dynamic behaviour and dispersion in ambient air and the individual receptor concentration (deposition, immission) at various distances around the farm. Some measurements in the seventies of the last century report on transmission distances of about 100 m for bacteria from poultry houses (i. e. PLATZ 1979, SARIKAS 1976). Today it was shown that dust particles and bacteria may travel more than 115 m and 200 to 300 m, respectively (HARTUNG et al. 1998, MÜLLER and WIESER 1987). A recent survey on bioaerosols is given by SEEDORF and HARTUNG (2002).

One reason for this shortage in knowledge is the lack of suitable sampling techniques and measurement strategies for outdoor measurements.

This paper gives an overview on some sampling and analysis procedures which are used for bioaerosol sampling in the surrounding of animal houses. Strength and weaknesses as well as the applicability for practical use are briefly lined out and the literature on transmission distances is summarised and discussed.

2 Sampling techniques

Most sampling methods are based on the principles of sedimentation, filtration, impingement and impaction.

Sedimentation uses the gravitational forces depositing airborne particles on different kinds of surfaces. The sedimentation process is influenced by a variety of factors such as the aerodynamic diameter and the specific density of the particle and the velocity of the ambient air. For that purpose collecting devices of glass or plastic are used. The Bergerhoff methods are using defined glass containers filled with distilled water. After the exposition time the sample liquid is evaporated and the dry residue is determined gravimetrically. Glass plates, aluminium foils or other surfaces coated with glycerine jelly or silicone grease can be used for dust sampling. The dust particles are attached to the surfaces and can be counted or analysed. Although sedimentation techniques are simple the data cannot be related to an air volume, only to the surface. Furthermore, sedimentation favours the sampling of larger particles due to their sedimentation behaviour.

The collection of airborne particles by filtration is widely used. Filters are usually fixed in cassettes or sampling frames and the air is sucked through with flow rates from more than $0.1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ up to $68 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ depending on the sampling system and the aim of the measurement. In a case study high volume samplers were successfully applied to monitor the dust concentration at different distances in the surrounding of a pig fattening unit (HARTUNG et al. 1998). For endotoxin sampling e. g. glass fibre filters and for micro-organisms polycarbonate filters with defined pore sizes can be used. A considerable problem of the filtration technique is the rapid desiccation of deposited bacteria on the filter surface limiting survival times significantly. Therefore sampling times should be as short as possible, but long enough to collect sufficient micro-organisms on the filter for detection and analysis.

Impingers are very effective in sampling micro-organisms from air. They are usually made of glass filled with a liquid which serves as sampling medium. The air is sucked by means of pumps through the liquid and the particles are stripped of the air stream and enrich in the liquid. Aliquots of the liquid are taken for microbiological analysis. The grown colonies are counted and the results are given in colony forming units (cfu) per liter of air. The liquid impinger was first described as a dust sampler, later BRACHMAN et al. (1964) proposed to use the so called All-Glass-Impinger 30 (AGI-30) as a standard bacterial aerosol sampler. A sampling rate of 12.5 l min^{-1} is used. The advantage of the impinger technique is that viable micro-organisms are collected rather gently in the sampling fluid. A major limitation for outdoor sampling is the relative low flow rate. Sometimes long sampling times are required to collect sufficient amounts of micro-organisms for proper detection.

Impaction based measurements are usually designed for short or medium term sampling of bacteria. In principle, the air is drawn through a specifically designed opening (slit, hole) at a given speed. The particles are accelerated and impact on the surface of a fixed or slowly rotating agar surface (e. g. Petri dish) directly under the opening (e. g. PAHL et al. 1997). After incubation the grown colonies are counted and given in cfu l^{-1} . For measurements in ambient air the hand held Reuter-Centrifugal-Sampler (RCS) (PLATZ et al. 1995) and the stationary Casella slit sampler were used. Other instruments use perforated plates (sieves) such as the single stage hole-to-agar medium impactor (Burkhard impactor) or the multi stage cascade impactor which is able to separate the particles in different particle size classes (Andersen impactor). Desiccation of the agar surface during longer sampling and storage times and relative low air throughputs in the instrument limit the use of this technique for outdoor measurements.

The described sampling methods allow the qualitative and quantitative measurement of micro-organisms and dust particles, they do not allow continuous reading or monitoring of dynamic concentration profiles. Such online measurements e. g. by dust laser-optical based systems are carried out in occupational environments but are very rare in immission situations (SCHMIDT and HOY 1996).

Airborne dust concentrations can also be monitored by an instrument working with a radioactive beta-source. Air is drawn through a filter tape at a controlled air flow rate and the particulates in the gas stream are deposited on the filter tape. The greater the amount of dust on the tape, the more radiation energy is absorbed giving a measure for the particulate concentration. Readings on unloaded filter tapes before each measurement serve as controls. The difference between the control and the final reading is directly proportional

to the dust mass collected on the tape. In relation to the air flow rate average values and to some extent profiles of the dust concentration can be given. The sampled dust is available for further analysis, i. e. on endotoxins or any other substances of concern.

3 Analysis of bioaerosols

For the detection of viable particles a rough distinction between cultural and non-cultural methods can be made. The former one is the classical method to determine bacteria and fungi by cultivation on agar medium surfaces. Defined temperatures, suitable atmospheres and the nutrient requirements are essential for a successful bacterial and fungal growth. A wide variety of selective agar media can be purchased to distinguish among species families. Testing for biochemical reactions allows the differentiation of species.

For the detection of dead or non-growing micro-organisms alternative methods such as antibody based detection or the determination of specific microbial nucleic acids, i. e. polymerase chain reaction (PCR), are in use (KÄMPFER et al. 1999). Unfortunately these modern methods are unable to distinguish between living and dead micro-organisms which is essential when the risk of infectious agents is going to be assessed.

Dust is commonly characterised by its dust mass or the number of dust particles is directly assessed in the airborne state (laser-optical based instruments) or indirectly by microscopical analysis. For the analysis of specific dust components such as endotoxins or mycotoxins analysis systems are available like the *Limulus-Amebocyte-Lysate* (LAL) test or gas chromatography, respectively.

4 Problems of outdoor sampling

The specific problems encountered with outdoor sampling are related to the properties of the components of interest, the limitations of the sampling instruments (e. g. limited flow rates) and the environmental conditions (e. g. season, weather, wind speed and direction) at the actual sampling time. Most important is the definition of the aim of the measurements which determines the sampling strategy taking into account geographical and local conditions for sampler types and positions. Usually the aim cannot be achieved just by one sampler or single-step sampling procedure. Crucial is also to find so called representative sampling positions both for the measuring points and the reference point. Furthermore, entries of soil-to-air particles, also addressed as secondary aerosols, changing meteorological conditions and not sufficiently defined source strengths have to be taken into account and make the interpretation of field results difficult at times. In view of these limitations a few transmission distances for bioaerosols are given in Table 1.

5 Transmission distances of particles

There are only few experimental data available on transmission distances of bioaerosols from animal confinement houses. From epidemiological studies it is known that foot-and-mouth disease (FMD) -virus can travel over distances of more than 50 kilometres (i. e. DONALDSON and FERRIES 1975). Experiments around farms revealed elevated levels of dust particles and bacteria in comparison to reference point measurements between 50 and 115 m and 50 and 300 m, respectively (Table 1). These figures are far from being safe

distances because they do not reflect the spread of specific pathogens or allergenic components (e. g. feather fragments) which may be transported much longer distances, and which can develop health risk even in small quantities.

Tab. 1: Reported transmission distances of bioaerosols emitted from livestock buildings

Component	Distance, m	Reference
Dust particles	50	Schmidt and Hoy (1996)
	115	Hartung et al. (1998)
Bacteria	50	Platz et al. (1995)
	100	Sarikas (1976)
	200	Holmes et al. (2000)
	200-300	Müller & Wieser (1987)

6 Conclusions

- Most of the numerous bioaerosol sampling and analysis techniques were developed for in house measurements where usually high concentrations of bioaerosols are present.
- There is an urgent need for the development of comprehensive strategies for the measurement of bioaerosol emission and deposition in the vicinity of farm animal enterprises.
- Such strategies should include the description of suitable instrumentation for the different bioaerosol compounds and the definition of representative sampling positions in different heights above ground around the farms.
- Future work should also focus on the detection of „marker“ compounds typical for the bioaerosol emissions from different animal houses in order to facilitate discrimination between different sources.
- For regional planning purposes future pollution reduction strategies in livestock farming should bring together results from practical field measurements and tools like numerical dispersion models. The latter can contribute to define appropriate sampling positions around farms, and the former can help to improve the accuracy of the model calculations.

References

- BRACHMAN, P.S., EHRLICH, R.; EICHENWALD, H.F. et al. (1964): Standard sampler for assay of airborne microorganisms, Science, 14, 1295
- DONALDSON, A.I.; FERRIES, N.P. (1975): The survival of foot-and-mouth disease virus in open air conditions. Hyg. Camb., 74, 409
- HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; TRICKL, TH.; GRONAUER, H. (1998): Freisetzung partikelförmiger Stoffe aus einem Schweinestall mit zentraler Abluftführung in die Stallumgebung. Dtsch. tierärztl. Wschr., 105, 244-245
- HIRST, J.M. (1995): Bioaerosols: Introduction, retrospect and prospect, in: Bioaerosols Handbook; Cox, C.S., Wathes, C.M. (eds.); CRC Press, Florida, 5-14

- HOMES, M.J.; HEBER, A.J.; WU, C.C.; et al. (1996): Viability of bioaerosols produced from a swine facility. Proc. Int. Conf. Air Pollution Agric. Operations, 7-9 February, Kansas City, Missouri. Ames, Iowa State University, 127-131
- KÄMPFER, P.; BEYER, W.; DANNEBERG, G.; et al. (1999): Neuere Methoden zum Nachweis und zur Identifizierung luftgetragener Mikroorganismen. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 59, 219-228
- MÜLLER, W.; WIESER, P. (1987): Dust and microbial emissions from animal production. In: Animal production and environmental health, Strauch, D. (ed.); World animal Science, B6; Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Niederlande, 47-89
- PAHL, O.; PHILLIPS, V.R.; LACEY, J.; HARTUNG, J.; WATHES, C.M. (1997): Comparison of commonly used samplers with a novel bioaerosol sampler with automatic plate exchange. J. Aerosol Sci., 28, 427-435.
- PLATZ, S. (1979): Menge und Ausbreitung von aus Geflügelställen emittierten Bakterien und die durch sie verursachte Kontamination der Umwelt. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 92, 297-301
- PLATZ, S.; SCHERER, M.; UNSHELM, J. (1995): Untersuchungen zur Belastung von Mastschweinen sowie der Umgebung von Mastschweinställen durch atembaren Feinstaub, stallspezifischen Bakterien und Ammoniak. Zbl. Hyg., 196, 399-415
- SARIKAS, G. (1976): Untersuchungen über Keim- und Staubemissionen aus Geflügelställen. Thesis, School of Veterinary Medicine Hannover, Germany
- SCHMIDT, R.; HOY, ST. (1996): Untersuchungen zur Staubemission aus Geflügelintensivhaltungen. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 109, 95-100
- SEEDORF, J.; HARTUNG, J. (2002): KTBL Schrift 393, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, pp.166

Influence of Different Ventilation Systems on Inhalable and Respirable Dust Concentrations Distributions in Weaning Pig Houses

Einfluss verschiedener Lüftungssysteme auf inhalierbare und einatembare Staubkonzentrationen in Ferkelaufzuchtställen

GORAN TOPISIROVIC, D. RADIVOJEVIC

Institute of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Nemanjina Str. 6, YU-11080 Belgrade-Zemun

Keywords: weaning pigs, dust concentration, ventilation system
Schlüsselwörter: Ferkelaufzucht, Staubkonzentration, Lüftungssystem

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit ist die Reduzierung von Staubkonzentrationen. Es basiert auf der vermuteten Abhängigkeit zwischen Staubkonzentrationen und Luftgeschwindigkeiten. Staubkonzentrationen und Luftgeschwindigkeiten wurden an zwanzig gleichmäßig über die Fläche verteilten Messpunkten erfasst. Versuchsvarianten waren: Fußboden- und Deckenlüftung, sowie kombinierte Lüftungssysteme. Der Versuchsraum umfasste 36 Flatdecks (0,22 m²/Ferkel). Die Bodenlüftungskapazität betrug 3,48 m³/s und die gesamte Deckenlüftungskapazität betrug 4 m³/s (4 Ventilatoren). Luftgeschwindigkeiten bei Boden-, Decken und kombinierten Lüftungssystemen rangierten zwischen: 0,01 bis 0,25 m/s; 0,02 bis 0,18 m/s bzw. 0,05 bis 0,22 m/s.

Durchschnittliche Konzentrationen von inhalierbarem Staub betrugen während des Kontrolldurchganges und während der drei Versuchsdurchgänge 32, 26, 30 bzw. 33 Partikel/cm³. Durchschnittliche einatembare Staubkonzentrationen betrugen während des Kontrolldurchganges und während der drei Versuchsdurchgänge 30, 25, 29 bzw. 31 Partikel/cm³.

Summary

This work is an attempt of analysis of one approach to dust concentration reduction. It is based on supposed dependency of dust concentrations field on airflow velocities fields.

Dust concentrations and airflow velocities have been measured at twenty measuring points, smoothly positioned over the house cross section. Experimental values were achieved by: floor, roof and both ventilation systems.

Experimental room contained 36 wire boxes (0.22 m²/piglet). Floor ventilation capacity was 3.48 m³/s, and the total roof ventilation capacity was 4 m³/s (4 fans).

Airflow velocities, during the floor, roof and both ventilations, ranged from: 0.01 to 0.25 m/s, 0.02 to 0.18 m/s and 0.05 to 0.22 m/s (respectively).

The average inhalable dust concentrations during the control, as well as first, second and third experimental treatment were: 32, 26, 30 and 33 particles/cm³ (respectively). The average respirable dust concentrations during the control, as well as first, second and third experimental treatment were: 30, 25, 29 and 31 particles/cm³ (respectively).

1 Introduction

The control of primary dust production, concentration and sedimentation, as well as its secondary production, in swine confinement buildings, is very difficult. For that reason, the issue with regard to dust concentration and size distribution control, along with the maintenance of other microclimate conditions within optimal intervals remains open.

Dust is mechanically irritating the skin and mucous of respiratory organs and disturbing the immune status of human or animal organism (OSTRO and CHESTNUT 1998).

Dust is the most important vector of pathogen and non pathogen microorganisms colonies (TAKAI et al. 1993).

Dust is absorbing and transferring gases, odors and vapors (DEBOER et al. 1991).

Finally, humans consume even 15 kg of air (daily average) but only about 1 kg of food and 1,5 kg of water. At the same time, finishing fattening pig consumes about 40 kg of air, 2,5 kg of food and 4 kg of water (ZHANG 1999).

The research program of this work comprehends analysis of applying ventilation for dust concentration reduction and control in swine buildings air. This method is based on using existing ventilation systems in stalls, and that is a very important advantage.

Nevertheless, along with this advantage, much unsolved problems also appear, like working regime of ventilation system and choice of proper type of system itself.

The most important questions for particular cases in practice are: ventilation rate, inlet and outlet openings positioning and airflow directions through the building.

2 Materials and Methods

Reproduction building was lengthwise separated in the farrowing and weaned piglets rooms. The experimental weaning room contained 36 wire boxes (2 x 18). Floors were made of fully perforated iron sheet, risen on 40 cm over the floor of central feeding passage. Stock density was 10 piglets per box, e. g. 0.22 m²/piglet.

The room was ventilated by forced underpressure ventilation system. Inside air was extracted at the same time through the fans in the roof and under the perforated floor. Fresh air entered through windows.

Four axial ventilators (full capacity 4 m³/s) in four vertical extracting canals (diameter 60 cm) were positioned in the roof.

Through the fully slatted floor, inside air was extracted by one axial fan (3.48 m³/s), positioned in the outside vertical extracting canal (diameter 80 cm). The whole object was equipped with liquid manure cleaning system.

Weaners were fed *ad libitum*, with the dry flour feed, from the self feeders mounted in the front fences of the boxes, and watered from the nipple drinkers, mounted on the back wall of the box.

During the *control treatment*, all the fans were switched off and all of the fresh air inlet openings were closed.

First experimental treatment was conducted during the floor ventilation system.

Second experimental treatment was conducted during the roof ventilation system.

Third experimental treatment was conducted during the both floor and roof ventilation system together ("both ventilations").

Inhalable (total) and respirable (< 5 µ) dust concentrations were measured.

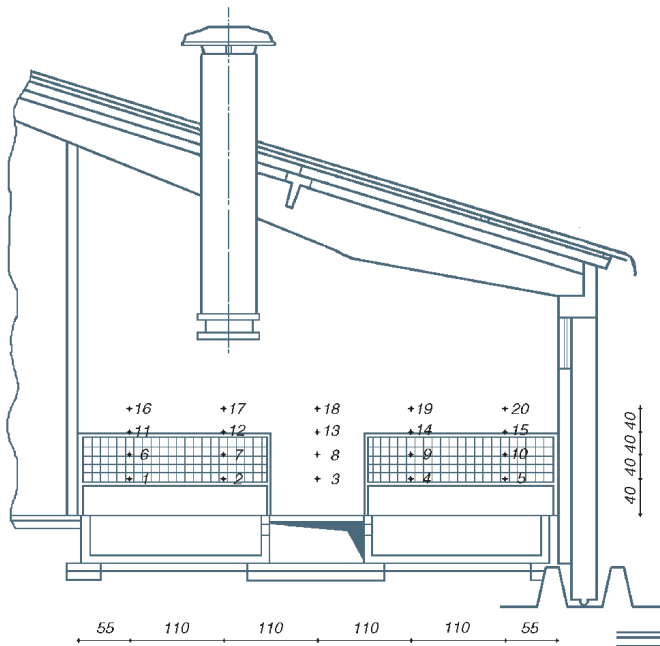


Fig. 1: Measuring points disposal in the weaning room

Dust concentrations and airflow velocities were measured at 20 measuring points. The points were disposed in five vertical and four horizontal rows (figure 1). Horizontal rows were distanced from each other in 40 cm. The lowest row was positioned in the piglets breathing zone (40 cm), and the highest in the workers breathing zone (160 cm).

Dust concentrations were measured by konimeter method, based on counting of dust particles in air sample ("Konimeter 10", Karl Zeiss, Jena). Airflow velocities in ventilation canals were measured by turbine anemometer (measur. range 0 - 20 m/s, acc. ± 0.1 m/s).

Airflow velocities at measuring points inside the room were measured by hot wire anemometer (measuring range 0 - 2 m/s, accuracy ± 0.03 m/s). Air temperatures and humidity were measured by digital hygro-thermometer with NiCr - Ni thermo par.

3 Results and Discussion

During the floor ventilation, airflow velocities (Graph. 1) ranged from 0.01 to 0.25 m/s.

During the roof ventilation (Graph. 2) velocities were between 0.02 and 0.18 m/s.

With the both ventilations (Graph. 3) velocities were among 0.05 and 0.22 m/s.

During the control treatment, the highest value (39 p./cm³) was measured at point 4, and the lowest (21 particles/cm³) at point 8 (avr. 32 particles/cm³, Graph. 4).

In the first experimental treatment, the highest value (38 p./cm³) was noticed at point 9, and the the lowest (19 particles/cm³) at point 13. (avr. 26 particles/cm³, Graph. 5).

In the second experimental treatment, the highest value (41 p./cm³) was measured at point 4, and the lowest (22 p./cm³) at point 7 (avr. 30 particles/cm³, Graph. 6).

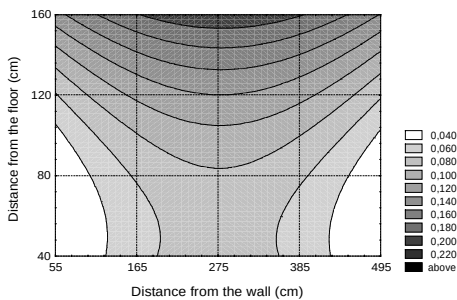
In the third experimental treatment, the highest concentration (49 p./cm^3) was measured at point 4, and the lowest (18 p./cm^3) at point 16 (avr. 33 p./cm^3 , Graph. 7).

During the control treatment, the highest value (37 p./cm^3) was measured at point 14, the lowest (19 p./cm^3) at point 8 (avr. 30 p./cm^3 , Graph. 8).

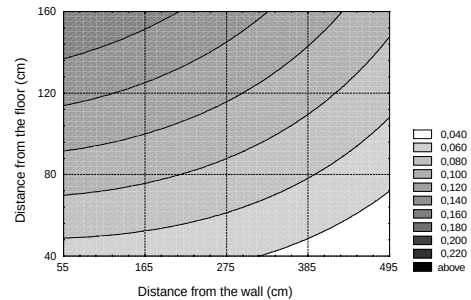
In the first experimental treatment, the highest value (36 p./cm^3) was noticed at point 9, the lowest (18 p./cm^3) at point 13 (avr. 25 p./cm^3 , Graph. 9).

In the second experimental treatment, the highest value (40 p./cm^3) was measured at point 4, the lowest ($21 \text{ particles/cm}^3$) at point 7 (avr. 29 p./cm^3 , Graph. 10).

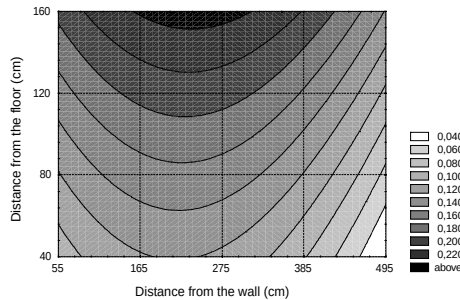
In the third experimental treatment, the highest concentration (46 p./cm^3) was measured at point 4, the lowest (16 p./cm^3) at point 16 (avr. 31 p./cm^3 , Graph. 11).



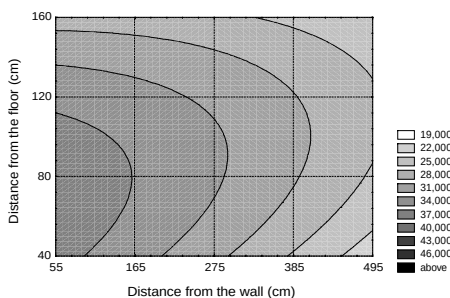
Graph. 1: Airflow velocities,
floor ventilation system



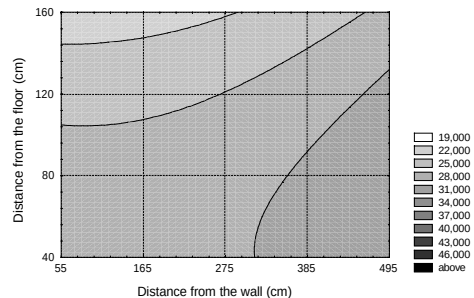
Graph. 2: Airflow velocities,
roof ventilation system



Graph. 3: Airflow velocities, both ventilation systems



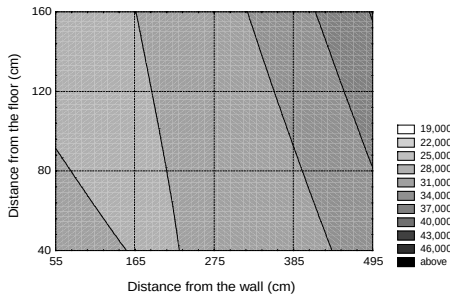
Graph. 4: Inhalable dust concentrations,
no ventilation



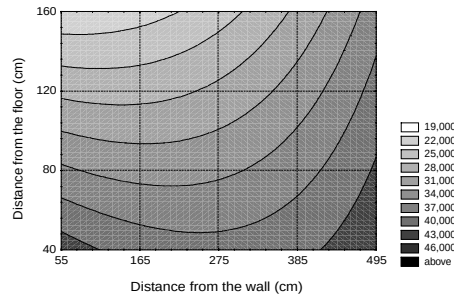
Graph. 5: Inhalable dust concentrations,
floor ventilation

Medium strong dependences of dust concentrations distribution to airflow velocities were mainly noticed. So, it could be concluded that the influence of other factors on dust concentrations was more significant than the influence of air velocities. (Graphs 12–17).

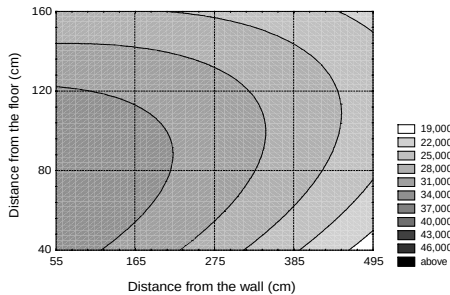
Nevertheless, strong correlations were found only in treatments with floor and both ventilations (second degree polynomial - $R^2 = 0.6755$, linear function - $R^2 = 0.7146$, respectively). According to the results of these two experimental designs it was concluded that increasing airflow velocities over 0.10 m/s, in the weaning room tends to decrease dust concentrations.



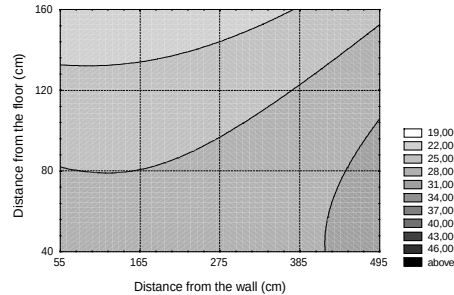
Graph. 6: Inhalable dust concentrations, roof ventilation



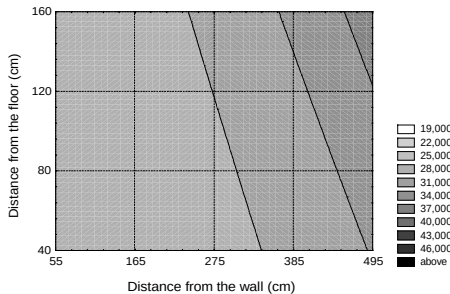
Graph. 7: Inhalable dust concentrations, both ventilations



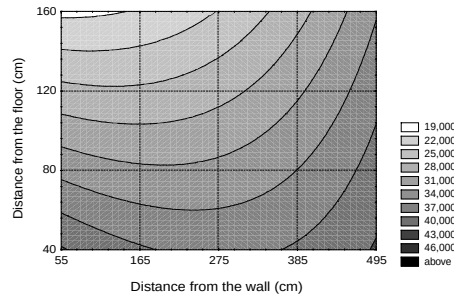
Graph. 8: Respirable dust concentrations, no ventilation



Graph. 9: Respirable dust concentrations, floor ventilation



Graph. 10: Respirable dust concentrations, roof ventilation



Graph. 11: Respirable dust concentrations, both ventilations

4 Conclusions

Airflow velocities ranged in: 0.01 - 0.25 m/s, 0.02 - 0.18 m/s and 0.05 - 0.22 m/s, under floor, roof and both ventilations, respectively.

Average inhalable dust concentrations were: 32, 26, 30 and 33 particles/cm³, under floor, roof and both ventilations, respectively.

Average respirable dust concentrations were: 30, 25, 29 and 31 particles/cm³, under floor, roof and both ventilations, respectively.

Floor ventilation caused very significant decrement of both dust fractions concentrations.

In the piglets breathing zone, by floor ventilation, very significant decrement of dust concentrations was achieved, but by both ventilations very significant increment was noticed.

In the humans breathing zone, by floor, as well as both ventilations, very significant decrement of dust concentrations was achieved.

Strong correlations between dust concentrations and airflow velocities were calculated by floor and both ventilations. Regression functions were linear and second or third degree polynoms.

Increment of airflow velocity, especially over 0.10 m/s, resulted in dust concentration reduction in the weaning room.

References

- BREUM, N.O.; TAKAI, H.; ROM, H.B. (1990): Upward vs. Downward Ventilation Air Flow in a Swine House. Transactions of the ASAE 33(5): 1693-1699 p.p.
- BUNDY, D.S. (1991): Electrical Charge Plays Role in Dust-Collections System. Feedstuffs 63(12). 30 p.
- DEBOER, S.; MORRISON, W.D.; BRAITHWAITE, L.A. (1991): Effects of Environmental Quality in Livestock Buildings on Swine Health and Productivity. Transactions of the ASHRAE 97(2). 511 – 518 p.p.
- DONHAM, K. (1999): A Historical Overview of Research on the Hazards of Dust in Livestock Buildings. International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities. Proceedings. CIGR, EurAgEng, NJF, DJS. Denmark. 13 - 21 p.p.
- KLOOSTER VAN'T, C.E.; ROELOFS, P.F.M.M.; DEN HARTOG, L.A. (1993): Effects of Filtration, Vacuum Cleaning and Washing in Pig Houses on Aerosol Levels and Pig Performance. Livestock Production Science 33. 171 - 182 p.p.
- OSTRO, B.; CHESTNUT, L. (1998): Assessing the Health Benefits of Reducing Particulate Matter Air Pollution in the United States. Environmental Research, Section A 76: 94-106.
- PEDERSEN, S. (1998): Staubreduzierung in Schweineställen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 105(6). 247 - 250 p.p.
- TAKAI, H.; MÖLLER, F.; IVERSEN, M.; JORSAL, S.E.; BILLE-HANSEN, V. (1993): Dust Control in Swine Buildings by Spraying of Rapeseed Oil. Proceedings of 4th Livestock Environment Symposium. ASAE. Coventry. 726-733 p.p.
- WATHES, C.M. (1994): Air and Surface Hygiene. Livestock Housing. Ed. Wathes, C.M. and Charles, D.R. CAB International. 123 - 148 p.p.

ZHANG, Y.; BARBER, M.E.; PATIENCE, F.J.; FEDDES, R.J.J. (1995): Identification of Oils to be Sprinkled in Livestock Buildings to Reduce Dust". ASHRAE Transactions, V.101, Pt. 2. 1179-1192 p.p.

ZHANG, Y. (1999): Engineering Control of Dust in Animal Facilities. International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities. Proceedings. CIGR, EurAgEng, NJF, DJS. Denmark. 22 - 29 p.p.

Investigation of How Ammonia Emissions from Buildings Housing Cattle Vary with the Time Cattle Spend Inside those Buildings

Ammoniak Emissionen aus Rinderställen und ihre Abhängigkeit von der Aufenthaltsdauer der Tiere im Stall

JOHN WEBB¹, S. BALSDON², DAVID CHADWICK²

¹ ADAS Wolverhampton, Wergs Road, Wolverhampton WV6 8TQ, UK

² Iger North Wyke, Okehampton, Devon EX20 2SB, UK

Keywords: ammonia, cattle buildings, housing period

Schlüsselwörter: Ammoniak, Rinderställe, Aufenthaltsdauer

Zusammenfassung

Das Inventar der Ammoniak-(NH₃)-Emissionen im Vereinigten Königreich (UK Ammonia Emissions Inventory, UKAEI) deutet darauf hin, dass Rinderställe eine der größten Ammoniak-Quellen sind, die etwa 19% zur Gesamtemission beitragen. In UK wird Rindvieh normalerweise vom späten Oktober bis zum frühen April im Stall untergebracht; zu den anderen Jahreszeiten sind die Tiere auf der Weide. Eine Differenzierung zwischen belegten und unbelegten Gebäuden ist jedoch nicht einfach. Im Sommer z.B. kehren Milchkühe zweimal am Tag von der Weide zum Hof zurück, um gemolken zu werden; sie verbringen häufig noch vorher oder nachher Zeit in den Gebäuden. Darüber hinaus ist der Übergang von der Stallhaltung zur Weidehaltung nicht genau bekannt. Zu Anfang und Ende der Weidesaison werden häufig nur 2-6 Stunden pro Tag auf der Weide verbracht, die übrige Zeit in oder nahe den Gebäuden. Es ist schwierig, Emissionen von Gebäuden, die nur zeitweise am Tag belegt sind, genau zu schätzen, was zu einem großen Problem bei der Zusammenstellung eines Emissionsinventars führt.

Aufgaben dieser Studie sind:

1. Die Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen Aufenthaltsdauer in Ställen und NH₃-Emissionen unter kontrollierten Bedingungen
2. Die Quantifizierung der NH₃ Emissionen aus Rinderställen im Winter und im Sommer unter Praxisbedingungen.
3. Die Bestimmung des durch Reduktion der Aufenthaltsdauer in Ställen entstehenden Emissionsreduktionspotentials.

Die bisherigen Ergebnisse wurden unter kontrollierten Bedingungen mittels großen Fo-lientunnel (Tunnel aus Polyäthylen bei IGER North Wyke) erarbeitet. Ziel war die Bestimmung der Zusammenhänge zwischen der Aufenthaltsdauer im Stall und den NH₃-Emissionen. Die Güte der unter diesen kontrollierten Verhältnissen gefundenen Beziehungen soll anschließend durch Messungen an frei belüfteten Ställen unter Praxisbedingungen an Gebäuden untersucht werden. Hierzu werden die von Silsoe Research Institut (SRI) entwickelten Methoden für reale Stallgebäude angewendet.

Die Tunnel und die Tiere selbst hatten keinen Einfluss auf die Emissionen. In den ersten Untersuchungen wurden die Gesamt-NH₃-Emissionen wesentlich ($p=0.005$) von der Unterbringungsdauer positiv beeinflusst. Bezogen auf den Prozentsatz von ausgeschiedenem gesamtammonifizierbaren N (TAN) wurden die Emissionen geringer, je länger die Aufent-

haltensdauer war. Diese ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine Reduktion der Zeit, die die Rinder in Ställen verbringen, wahrscheinlich eine Reduktion der NH_3 -Emissionen verursachen wird. Diese Reduktion wird aber nicht direkt proportional zur Reduktion der Aufenthaltsdauer sein.

Summary

The UK Ammonia Emissions Inventory (UKAEI) indicates that buildings housing cattle are one of the largest sources of ammonia (NH_3) emissions, accounting for c. 19% of the total. In the UK cattle usually occupy these buildings from late October to early April; at other times they are outdoors grazing. However, in practice there is no simple distinction between occupied and unoccupied buildings. For example, in summer dairy cows return to the farm twice a day to be milked, and will often spend some time, either before or after milking, inside the buildings. Furthermore, the change from housing to grazing outdoors is not usually abrupt. At the beginning and end of the grazing season, cattle may graze for only 2-6 h per day and spend the rest of the time in and around the buildings. Thus accurately estimating emissions from buildings which are occupied for only part of the day is a major problem in constructing accurate emissions inventories.

The objectives of this study are:

- 1. To quantify under controlled conditions the relationship between the number of hours cattle spend in buildings and the amount of NH_3 emitted from those buildings.*
- 2. To quantify NH_3 emissions from commercial buildings housing cattle in summer and winter.*
- 3. To determine the extent to which total NH_3 emissions may be reduced by reducing the proportion of time cattle spend in buildings.*

The results reported here were measured under controlled conditions from the large polytunnels at IGER North Wyke in order to determine the relationships between the proportion of the day the building is occupied and consequent NH_3 emissions. To determine the validity of any relationships identified under these controlled conditions, subsequent measurements will be made from naturally-ventilated commercial livestock houses using methods developed by Silsoe Research Institute (SRI) for full-scale buildings.

There was no effect of the polytunnels/animals on emissions, but overall NH_3 emissions were significantly ($p = 0.005$) affected by the time the animals were kept within the tunnels, NH_3 emissions increasing with increasing length of occupation. When expressed as a percentage of total ammoniacal-N (TAN) excreted, relative emissions decreased with duration of housing. Thus, these preliminary results indicate that reducing the time cattle spend in buildings is likely to lead to a reduction in NH_3 emissions. However, the reduction may not be directly proportional to the decrease in the housing period.

1 Introduction

The UK Ammonia Emissions Inventory (UKAEI) indicates that buildings housing cattle are one of the largest sources of ammonia (NH_3) emissions, accounting for c. 19 % of the total (MISSELBROOK et al., 2001). In the UK cattle usually occupy these buildings from late October to early April; at other times they are outdoors grazing. However, in practice there is no simple distinction between occupied and unoccupied buildings. For example, in summer dairy cows return to the farm twice a day to be milked, and will often spend some time, either before or after milking, inside the buildings. Furthermore, the change from housing to grazing outdoors is not usually abrupt. At the beginning and end of the grazing season cattle may graze for only 2–6 h per day and spend the rest of the time in and around the buildings. Thus accurately estimating emissions from buildings which are occupied for only part of the day is a major problem in constructing accurate emissions inventories. PHILLIPS et al., (1998) found no significant difference ($p < 0.05$) between NH_3 emissions in summer when the cows were in the buildings for 4 h d^{-1} , and winter when the cows were housed all day. However, the data presented show large differences in measured emissions, $400 \text{ g NH}_3 \text{ d}^{-1}$ in summer, $710 \text{ g NH}_3 \text{ d}^{-1}$ in winter, and the estimate of significance was strongly influenced by one low emission rate in winter. Clearly emissions will take place from soiled surfaces in the absence of animals, but emissions cannot continue indefinitely, as the the source of ammoniacal-N deposited in urine will be finite. Ammonia emissions per unit of $\text{NH}_4\text{-N}$ voided by housed livestock would be expected to be greater in summer due to the increased mass transfer of NH_3 though the liquid/gas boundary at increased temperature (ELZING and MONTENEY, 1997). MONTENEY et al., (1999) found NH_3 emissions from a cow house to increase by c. 50 % as the mean temperature increased from 9 to 17°C , indicating losses would not decrease *pro rata* with decreased occupancy. However, they also found emissions increased linearly with urination frequency, indicating the likelihood of an overall decrease in NH_3 emissions as the cows spend less time indoors. Hence, a more extensive dataset would be useful to provide a robust estimate of differences between winter and summer emissions.

2 Approaches and Methods

The objectives of this study are:

1. To quantify under controlled conditions the relationship between the number of hours cattle spend in buildings and the amount of NH_3 emitted from those buildings.
2. To quantify NH_3 emissions from commercial buildings housing cattle in summer and winter.
3. To determine the extent to which total NH_3 emissions may be reduced by reducing the proportion of time cattle spend in buildings.

The results reported here were measured under controlled conditions from the large polytunnels at IGER North Wyke in order to determine the relationships between the proportion of the day the building is occupied and consequent NH_3 emissions. Subsequently, measurements will be made from commercial livestock houses using methods developed by Silsoe Research Institute (SRI) to determine the validity of any relationships identified under controlled conditions in full-scale naturally-ventilated buildings.

2.1 Phase 1. IGER Polytunnels

2.1.1 Treatments

Groups of four cattle (fresian x charolais heifers) were allocated/blocked into 4 groups, according to equal liveweight (average initial liveweight was c. 350 kg head⁻¹), and one group was housed in each of the 4 polytunnels. Each tunnel was occupied for a different length of time each day to give 4 treatments. Ammonia emissions were measured from each treatment. The treatments were (time spent inside the building per day) 2, 6, 12 and 24 hours. A Graeco-Latin square approach was used such that over the course of the Project each polytunnel was used for all 4 treatments, each of the animal groups was used for all four treatments and each of the animal groups spent one period in each building. In the first year reported here, the cattle were placed in the tunnels on clean/scraped concrete at c. 9.00 am. Emission measurements were made for the following 24 hours with cattle from treatments 1, 2 and 3 being removed at various times in the day. The concrete was scraped at the end of the 24 hour period to simulate normal practice in commercial farm buildings. Measurements were made for the 24 hours following scraping and the removal of all animals. This latter measurement provides information on 'background' emissions from scraped concrete floors in the absence of cattle. Measurements were made in Autumn and Spring to provide a range of temperatures.

In year 2, NH₃ emissions are being measured from the same treatments but scraping occurs soon after the cattle are removed from the building to simulate best practice. Ammonia samplers were then changed and emission measurements continued for 24 hours.

In both years the relative emissions will be expressed as a proportion of the ammonia emitted from the tunnel where cattle were housed for 24 hours. This will allow the data from the two years to be compared.

Cattle were offered the same diet within each housing period to ensure no influence of dietary N intake on ammonia emissions. As far as possible, the diet will remain similar between the two years, i.e. grass silage plus concentrates.

2.2 Ammonia Measurements

Ammonia emissions were determined from measurements of the NH₃ concentration of inlet and outlet air and measurements of air exchange rate. Ammonia concentrations entering and leaving the houses were measured using acid traps containing 0.1 M orthophosphoric acid.

3 Results

There was no significant effect of the individual tunnels on NH₃ emissions or mean temperature. However, maximum temperatures recorded in tunnel 4, at c. 30 °C were greater than those in tunnels 2 and 3 (c. 21 °C). Temperature records are not available for tunnel 1. This difference in peak temperature had some influence on the results from individual replicates.

During the first measurement period of the graeco-latin square design, NH₃-N emissions increased up to c. 1.0 and 3.0 g h⁻¹ per tunnel after 9 h for the 2 and 12 h treatments respectively, but increased to c. 3.5 g h⁻¹ per tunnel after 21 h for the 24 h treatment

(Fig. 1a). Emissions then decreased to c. 1 g h^{-1} per tunnel or less for all treatments 24 h after the animals had been removed. Cumulative emissions were c. x 4 greater from the 24 h housing period than from the 2 h period.

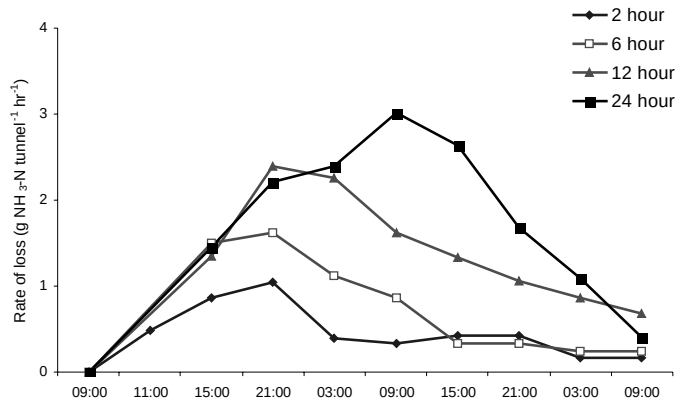


Fig. 1a: Effect on NH_3 emissions of the length of time spent in the building by dairy cattle, rep. 1
 NH_3 Emissionen von Stallgebäuden: Einfluss der Unterbringungsdauer bei Milchvieh. Probe 1

Over the second measurement period NH_3 emissions increased to c. $1.0\text{--}3.0 \text{ g h}^{-1}$ per tunnel after 9 h for all treatments and then decreased, except for the 24 h treatment which continued to emit up to c. 3.0 g h^{-1} per tunnel until 3 h after the animals had been removed (Fig. 1b). For all treatments emissions decreased to c. 1 g h^{-1} per tunnel or less 24 h after the animals had been removed. The greater peak emissions from the 12 h treatment were probably a result of a much greater peak temperature (37°C) for that treatment compared with the others (c. 25°C). Cumulative emissions were again c. x 4 greater from the 24 h housing period than from the 2 h period.

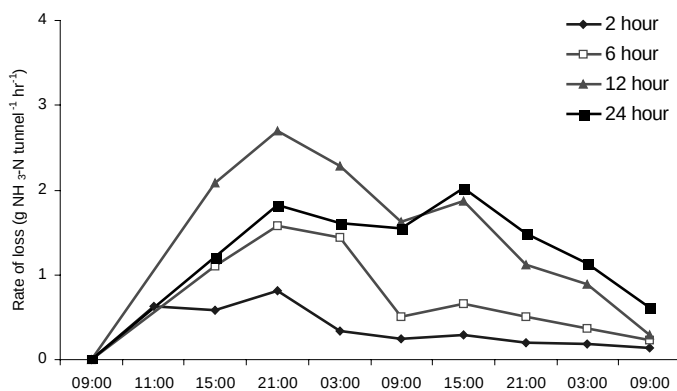


Fig. 1b: Effect on NH_3 emissions of the length of time spent in the building by dairy cattle, rep. 2
 NH_3 Emissionen von Stallgebäuden: Einfluss der Unterbringungsdauer bei Milchvieh. Probe 2

In the third measurement period NH_3 emissions were greatest after 3 h for the 2 h treatment, after 9 h for the 6 and 14 h treatments and after 15 h for the 24 h treatment, the last giving the greatest emissions of up to c. 5.0 g h^{-1} per tunnel (Fig. 1c). Emissions decreased to c. 1 g h^{-1} per tunnel or less 24 h after the animals had been removed. Cumulative emissions were c. $\times 10$ greater from the 24 h housing period than from the 2 h period.

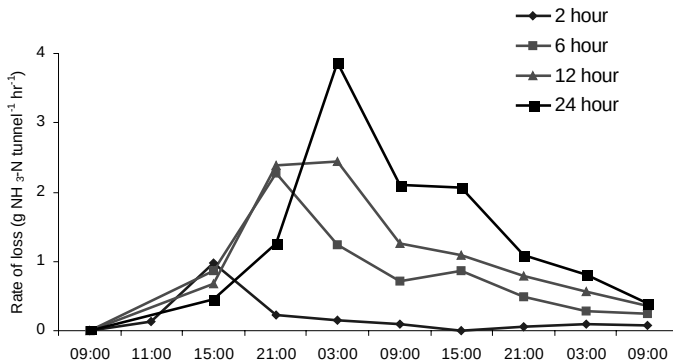


Fig. 1c: Effect on NH_3 emissions of the length of time spent in the building by dairy cattle, rep.3
 NH_3 Emissionen von Stallgebäuden: Einfluss der Unterbringungsdauer bei Milchvieh. Probe 3

Over the final measurement period NH_3 emissions followed a very similar pattern to that observed over the third period. The greatest emissions were c. 5.0 g h^{-1} per tunnel from the 24 h treatment. Emissions decreased to c. 1 g h^{-1} per tunnel or less 24 h after the animals had been removed (Fig. 1d). In this replicate the 2 h treatment was housed in tunnel 4 and the greater peak temperatures are the probable reason for the emissions from this treatment being as great as from the 6 h treatment. Cumulative emissions were c. $\times 4$ greater from the 24 h housing period than from the 2 h period. (Fig. 2).

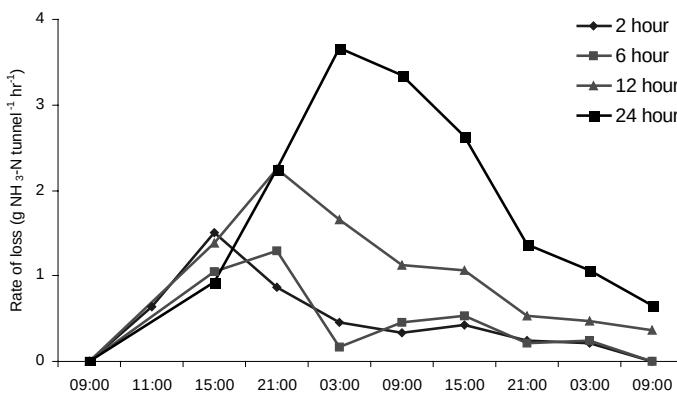


Fig. 1d: Effect on NH_3 emissions of the length of time spent in the building by dairy cattle, rep.4
 NH_3 Emissionen von Stallgebäuden: Einfluss der Unterbringungsdauer bei Milchvieh. Probe 4

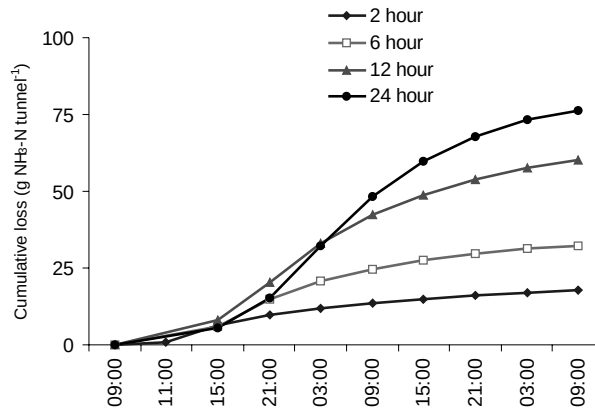


Fig. 2: Effect on NH_3 emissions of the length of time spent in the building by dairy cattle, mean cumulative emission

NH_3 Emissionen von Stallgebäuden: Einfluss der Unterbringungsdauer bei Milchvieh. Durchschnittliche Gesamtemissionen

These data were subjected to analysis of variance. There was no effect of the polytunnels/animals on emissions, but overall emissions were significantly ($p = 0.005$) affected by the time the animals were kept within the tunnels, emissions increasing with increasing length of occupation (Table 1).

The 24 h emission was equivalent to $2.9 \text{ g LU}^{-1} \text{ h}^{-1}$, rather greater than the $1.6 \text{ g LU}^{-1} \text{ h}^{-1}$ value determined from a number of UK studies (MISSELBROOK et al., 2002). When expressed as a percentage of TAN excreted, relative emissions clearly decrease with duration of housing. The estimate of 50 % TAN is greater than that used to estimate $\text{NH}_3\text{-N}$ emissions from buildings housing cattle on slurry-based systems used in the NARSES model of national ammonia emissions (WEBB et al., 2002).

Table 1: Mean emissions of $\text{NH}_3\text{-N}$, g per tunnel, g per 500 kg livestock unit (LU), % of total ammoniacal-N (TAN) excreted, and 5 of 24 h emissions

Durchschnittliche $\text{NH}_3\text{-N}$ Emissionen, g pro Tunnel, g pro 500 kg Vieheinheit, % des ausgeschiedenen ammoniakalischen Ns (TAN), und % der 24-h-Unterbringung Emissionen.

Treatment	2 h	6 h	12 h	24 h	SE
Total $\text{NH}_3\text{-N}$ emission g	21.5	43.7	80.0	100.5	5.05
$\text{NH}_3\text{-N}$ emission as $\text{g LU}^{-1} \text{ h}^{-1}$	7.5	5.1	4.7	2.9	
$\text{NH}_3\text{-N}$ emission as % TAN excreted	> 100	87	80	50	
$\text{NH}_3\text{-N}$ emission as % of 24 h emission	21	43	80	100	

Regression on time spent in the polytunnels accounted for 82 % of the variance in NH_3 emission ($p < 0.001$). However, the relationship indicated that there would be some emission of NH_3 even in the absence of animals. The inclusion of temperature in the regression did not increase the amount of variance in NH_3 emission accounted for. However, inclusion of $T_{\max}$ gave an intercept of 0. Thus, these data suggest that as cattle spend less time within building so NH_3 emissions from those buildings will decrease.

References

- ELZING, A.; MONTENEY, G. J. (1997): Modelling and experimental determination of ammonia emission rates from a scale model dairy-cow house, Transactions of the ASAE 40 (3), 721-726
- MISSELBROOK, T.H.; JARVIS, S.C.; CHAMBERS, B.J.; SMITH, K.A.; WEBB, J.; PHILLIPS, V.R.; SNEATH, R.W.; SUTTON, M.A.; THEOBALD, M.R.; DRAGOSITS, U. (2001). Inventory of Ammonia Emissions from the UK - 1999. DEFRA Contract Report AM0108
- MONTENEY, G. J.; SCHULTE, D. D.; ELZING, A.; LAMAKER, E. J. J. (1999): A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall dairy cow houses, Transactions of the ASAE 41 (1), 193-201
- PHILLIPS, V. R.; BISHOP, S. J.; PRICE, J. S.; YOU, S. (1998): Summer emissions of ammonia from a slurry-based, UK dairy cow house, Bioresource Technology 65, 213-219
- WEBB, J.; ANTHONY S. G. (2002) A national model for estimating potential reductions in ammonia emissions and their costs. 10th FAO RAMIRAN Conference, May 14 - 18, 2002, Srbske Pleso, Hotel Patria, Slovak Republic

Zur Variation der Emissionen aus der Broilermast

About Variation of Emissions in Broiler Fattening

REINER BRUNSCH, GÜNTER HÖRNIG

Institut für Agrartechnik Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Broilermast, Emission, Ammoniak, Methan, Lachgas, Geruch
Keywords: broiler fattening, emission, ammonia, methane, laughing gas, odour

Zusammenfassung

Im Rahmen des nationalen Emissionsinventars ist die Broilermast relativ unbedeutend, da die Stoffumsätze in diesem Produktionszweig relativ gering sind. Ungeachtet dessen bereiten die Emissionen aus Geflügelmastställen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach Bundesimmissionsschutzgesetz Probleme (Nachbarschaftskonflikte, unerwünschte Stickstoffdepositionen), die bei Hähnchenmästern, Beratern und Behörden die Nachfrage nach aktuellen Emissionsdaten hervorrufen. Die Autoren haben deshalb drei Jahre lang in bis zu drei Ställen eines Broilermastbetriebes Messungen durchgeführt, auf deren Grundlage die im Beitrag vorgestellten Emissionsdaten errechnet werden.

Summary

The ammonia emission from broiler fattening is small compared with the emission from total livestock farming in Germany. Independent of this the ammonia and odour emission of broiler houses is of interest to meet opposite views from farmers, their neighbours and the environmental agency. Long time measurements of emissions under production conditions are necessary to evaluate the danger for environment and neighbourhood. The authors collected data over three years in up to three different houses of one farm, show and discuss emission data of ammonia, methane, laughing gas, carbon dioxide and odour.

1 Einleitung

Größere Broilermastbetriebe befinden sich häufig in der Nähe von Wäldern oder anderen schützenswerten Biotopen. Für den Weiterbetrieb oder die betriebswirtschaftlich notwendige Kapazitätserweiterung sind Umweltverträglichkeitsprüfungen erforderlich, die betriebliche Besonderheiten und Standortbedingungen zu berücksichtigen haben. Absolut ist beispielsweise die Ammoniak-Emission aus Broilerställen für Deutschland mit 6 kt NH_3 angegeben. Das sind lediglich 1,2 % des gesamten Ammoniakauftkommens aus der deutschen Tierhaltung [1]. Daraus wird deutlich, dass die Emissionen aus diesem Bereich der Tierhaltung weniger Bedeutung im Rahmen nationaler Emissionsminderungsstrategien besitzen, sondern hauptsächlich ein Standortproblem sind.

Gegenstand der Untersuchungen war die Erfassung der Variabilitäten im Emissionsgeschehen innerhalb einer Produktionsanlage in verschiedenen Mastdurchgängen. Die einzelnen Messperioden waren verschieden lang und konzentrierten sich überwiegend auf das Ende der Mastperiode mit den höchsten Emissionsmassenströmen. In der Literatur gefundene Emissionsdaten aus der Broilermast auf Einstreu schwanken für Ammoniak beispielsweise zwischen rund 20 und 250 g NH_3 je Tierplatz und Jahr [2 bis 8].

Rechnet man die Emissionen für ein Jahr mit sieben Haltungsperioden hoch, liegt der Jahresmittelwert bei rund 50 g NH_3 je Tierplatz und Jahr. Dabei haben die Emissionsspitzen zum Mastende einen bedeutenden Einfluss auf den Jahresmittelwert [9].

2 Haltungsbedingungen

Die Haltungsbedingungen im Untersuchungsbetrieb gewährleisteten die Mindestanforderungen für die Haltung von Masthähnchen [10] und gehen in vielen Punkten darüber hinaus. In einen Stall wurden während der Versuchsdurchführung maximal 22.500 Küken eingestallt. Die Ställe verfügen über eine Seitenwand-Zwangslüftung, wobei jeweils die Zu- bzw. die Abluftseiten benachbarter Ställe zueinander weisen. Von den insgesamt 9 Ställen erfolgten die Messungen jeweils in Stall 6, 7 oder 8, so dass jeder der „Versuchsställe“ zwei Nachbarställe hatte und damit vergleichbare Umströmungsbedingungen. Für die Zusatzheizung werden Gasgebläse-Direktheizungen eingesetzt. Die Steuerung der Klimatisierung, der Fütterung und die Prozessdokumentation laufen über ein gesamtbetriebliches Managementprogramm rechnergestützt. Die Mastdauer betrug im Untersuchungszeitraum 35 bis 42 Tage. Die Tiere werden auf Hobel-Sägespäne-Einstreu gehalten. Nach jedem Mastdurchgang erfolgt die Entmistung mit unmittelbarem Abtransport des Mistes aus dem Betriebsgelände.

3 Messmethoden und Messpunkte

Mittels Langzeitdatalogger für Temperatur und relative Luftfeuchte wurden die Außen- und Stallwerte gemessen und gespeichert. Für die Bestimmung der Gaskonzentrationen von Ammoniak, Kohlendioxid, Methan und Lachgas diente der Multigasmonitor 1302 und der Multiplexer 1309 von BRÜEL und KJÆR. In jedem analysierten Stall befand sich ein Messpunkt für die Gasanalytik. Die Außenluftkonzentration wurde im Zuluftbereich zwischen den Ställen 6 und 7 gemessen. Zur Reduzierung von Verschleppungseffekten zwischen den verschiedenen Messstellen wurden mehrere Wiederholungen an einem Messpunkt

durchgeführt. Die Messungen fanden jeweils über mehrere (bis zu 34) Tage kontinuierlich statt. Durch die geringe Anzahl Messstellen ist eine recht hohe zeitliche Auflösung der Dynamik der Gaskonzentrationswerte an den einzelnen Messpunkten möglich.

Für die Bestimmung der Geruchsstoffkonzentrationen wurden an den Abluftventilatoren Proben gezogen, die im ATB am Olfaktometer TO 7 mit einem erfahrenen Probandenteam analysiert wurden.

4 Bestimmung der Emissionsmassenströme

Aufgrund der praktischen Gegebenheiten (Lüftungsanlage, Versuchsdauer) musste die Kohlendioxidbilanzmethode entsprechend DIN 18910, Ausgabe 1992, genutzt werden, um die Lüftungsmassenströme zu berechnen. Es wurde die Kohlendioxidproduktion der Tiere und der Direktheizungen berücksichtigt. Für die Berechnung der Kohlendioxidproduktion der Broiler standen die tagesaktuellen Tierzahlen und deren mittlere Lebendmasse zur Verfügung. Um die in der DIN nicht berücksichtigten höheren Lebendmassen zum Mastende in der Berechnung verwenden zu können, wurde eine Exponentialfunktion ermittelt (Gleichung 1) mit n für die Tieranzahl und LM für die mittlere Lebendmasse des Einzeltieres in kg.

$$\sum K_{ST} = n \cdot 3,0153 \cdot LM^{0,7676} \quad (1)$$

Unter Berücksichtigung der Dichte der Luft (Tab. 14 der DIN 18910) lässt sich schließlich der Volumenstrom errechnen, welcher multipliziert mit der Differenz der Gaskonzentrationswerte den Emissionsmassenstrom ergibt. Obwohl der Emissionsmassenstrom in g/h angegeben ist, handelt es sich um Mittelwerte für den jeweiligen Haltungstag, da für die Kohlendioxidabgabe der Tiere auch nur Tagesmittelwerte nutzbar sind.

Die Kohlendioxidmassen aus der Verbrennungsluft wurden über die Laufzeit der Heizer ermittelt.

4.1 Gasförmige Emissionen

Bei dem beschriebenen Haltungsverfahren entstehen über die gesamte Messperiode Emissionen von Methan, Lachgas und Ammoniak. Während die Lachgasemissionen über den Auswertungszeitraum in etwa in einem gleichbleibendem Schwankungsbereich bleiben, ist beim Methan die Tendenz zu steigenden Werten zum Ende der Mastperiode erkennbar. Infolge der hohen Variationskoeffizienten führen statistische Trendanalysen bei diesen beiden Gasen nur zu Funktionen mit sehr geringen Bestimmtheitsmaßen, so dass deren Veröffentlichung praktisch unbedeutend ist.

Die Spannweiten für die Gase Methan, Lachgas, Ammoniak und für Geruch sind für die einzelnen Haltungstage in [11] angegeben. Im Vergleich dazu stehen die Tageswerte aus der idealisierten Ammoniak-Emissionskurve, wie sie in [9] dargestellt ist. Diese Kurve orientiert sich an dem in der Umweltverträglichkeitsprüfung üblichen Jahresmittelwert von 50 g NH_3 je Mastplatz.

Der Vergleich der berechneten Emissionsdaten mit dem „Standard“ lässt erkennen, dass in einzelnen Messperioden sehr deutliche Unterschreitungen des „Standards“ auftreten können. Andererseits können Einzeltagesmaxima auch über der idealisierten Kurve liegen.

Es scheint insbesondere ab dem 35. Haltungstag zu einer Überbewertung im „Standard“ zu kommen. Diese Aussage muss jedoch insofern relativiert werden, weil gerade die Durchgänge mit hohen Emissionswerten spätestens am 36. Tag ausgestallt wurden, so dass keine vergleichbaren Datensätze über die gesamte Mastperiode vorliegen. Die statistische Trendanalyse aller der Tabelle in [11] zu Grunde liegender Ammoniakwerte führte im Vergleich zu [9] zu einem flacheren Verlauf bei mittlerem Bestimmtheitsmaß.

Zur Klärung des Effektes der Mastperiode und des jeweiligen Stalles sind die Emissionsdaten zwischen dem 29. und 35. Haltungstag gesondert ausgewertet worden. Tabelle 1 enthält die Mittelwerte der Auswertungsabschnitte für die einzelnen Mastdurchgänge, den Gesamtmittelwert und die Standardabweichung, die als Maß des Effektes betrachtet wird. Da aus Zwischenauswertungen ein „Stalleffekt“ trotz identischer Bauweise und Bewirtschaftung vermutet wurde, erfolgte eine zu den Perioden in Tabelle 1 ergänzende Vergleichsuntersuchung, deren Resultate in Tabelle 2 dargestellt sind. An der Größe der Standardabweichung ist zu erkennen, dass der „Stalleffekt“ geringer einzuschätzen ist, als der „Periodeneffekt“.

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichung der Emissionen aus Broilermastställen zwischen dem 29. und 35. Masttag (mg/Tier und Tag)

Emissions from broiler houses between the days 29 and 35 of fattening period (mg/animal and day)

	Sommer 198	Winter 199	Frühjahr 2 1999	Winter 2000	Frühjahr 2 2000	Perioden-Mittelwerte	Standard-abweichung
Ammoniak	237	424	285	112	85	236	139
Methan	97	26	31	14	156	64	60
Lachgas	15,2	5,8	4,8	14,3	2,8	8,6	5,1
Kohlendioxid	98	108	99	100	90	99	6

Tab. 2: Mittelwerte der Emissionen aus Broilermastställen zwischen dem 29. und 35. Masttag bei zeitgleicher Analyse (mg/Tier und Tag)

Emissions from broiler houses between the days 29 and 35 of fattening period at the same time (mg/animal and day)

	Stall 6	Stall 7	Stall 8	Mittelwert aller Ställe	Standard-abweichung
Ammoniak	85	128	116	110	22
Methan	153	84	89	109	38
Lachgas	9,1	9,5	9,4	9,3	0,2
Kohlendioxid	91	97	97	95	3

4.2 Geruchsemissionen

Eigene Messwerte liegen nur für die Tage 32 bis 37 vor [11]. Allerdings sind in den ersten drei Wochen der Mast in der Umgebung der Ställe kaum spezifische Gerüche wahrzunehmen.

Die Kalkulation der Geruchsemissionen erfolgte auf der Basis von anemometrischen Kurzzeitmessungen am Abluftventilator während der Probenahme.

Im Vergleich zu anderen Veröffentlichungen erscheinen die ca. 200 bis 400 Geruchseinheiten (GE) je Sekunde zum Ende der Mast als niedrige Werte.

5 Zusammenfassende Diskussion

Emissionsdaten aus der Broilermast weisen eine hohe Variabilität von Stall zu Stall, aber auch zwischen einzelnen Mastdurchgängen auf, selbst wenn die Ställe ein einheitliches Management haben. Die vorliegenden Versuche waren nicht vordergründig auf die Ursachenermittlung für die Variationen konzipiert.

Die in der Literatur nur sporadisch festgestellte Tatsache des Auftretens von Methan- und Lachgasemissionen in der Broilermast kann mit den eigenen Untersuchungen bestätigt werden. In die breite Spanne der in der Literatur ausgewiesenen Ammoniakemissionen ordnen sich die vorgestellten Daten eher im unteren Bereich ein. Aus den eigenen Versuchen kann auch die Tendenz beobachtet werden, dass die früheren Mastdurchgänge höhere Emissionen aufwiesen, als die späteren. Dies wird als Ergebnis des gezielten Managements angesehen. Neben bedarfsangepassten Fütterungsstrategien steht die Einstreu-/Mistbeschaffenheit im besonderen Interesse der Betriebsleitung und des Betreuungspersonals. Unter den beschriebenen Produktionsbedingungen scheint es realistisch, die in der Genehmigungspraxis angesetzten Ammoniakemissionen zu unterschreiten.

6 Ausblick

Die weitere, ursachenbezogene Bestimmung von Emissionen aus der Broilermast ist notwendig, um Genehmigungsbehörden und Mästern belastbares Datenmaterial anzubieten. Methodische Unsicherheiten, die in der vorgestellten Versuchsdurchführung und Datenauswertung noch vorhanden sind, werden bei kommenden Untersuchungen der Autoren reduziert. So wird in einem speziell ausgestatteten Stall der Volumenstrom mittels Messventilatoren in den Abluftschächten bestimmt, Laufzeiten von Heizgeräten werden direkt von der Steuerung erfasst, eine höhere Anzahl an Messpunkten und Sensoren wird die Zufälligkeit der Messwerte weiter einschränken. Ergänzend zu den kontinuierlichen Aufzeichnungen der Messventilatoren werden kurzzeitige Volumenstrommessungen mittels Tracermethoden durchgeführt. Insbesondere bei Vergleichsuntersuchungen hat sich die Kombination von Emissionsmessungen in der Praxis und im Labor mit Kot- und Mistanalysen bewährt, um die Logik der Teilresultate zu bewerten. Nährstoffbilanzierungen auf Stallebene werden ein weiteres Mittel für ursachenbezogene Emissionsanalysen sein.

Literatur

- [1] DÖHLER, H. et al. (2002): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. UBA-Texte 05/02, Umweltbundesamt Berlin.
- [2] HOFFMANN, J. et al. (2002): Emissionen aus der Broilermast zu hoch veranschlagt? DGS Magazin 22/2002 S. 26-29.
- [3] PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSON, J.; BIRCH, H. (1996): Ammoniak og stov i kvaeg-, svine-og fjerkraestalde. II. Intern rapport nr 65, fra Statens Husdyrbrugsforsog.
- [4] SNEATH, R. W.; HOLDEN, M. R.; PHILLIPS, V. R.; WHITE, R. P. (1996): An Inventory of Emissions of Aerial Pollutants from Poultry Buildings in the UK. Proceedings of the Conference on „Air Pollution from Agricultural Operations“ Kansas City, Miss., Febr.

- [5] MACKE, H.; VAN DEN WEGHE, H. (1997): Reduction of Ammonia and Nitrous Oxide Emissions in Broiler Houses by Litter Ventilation. Proceedings of the Internat. Sympos. "Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities", Rosmalen (NL), Vol. 1, S. 305-310.
- [6] GROOT KOERKAMP, P. W. G.; UENK, G. H. (1997): Climatic Conditions and Aerial Pollutants in and Emissions from Commercial Animal Production Systems in the Netherlands. Proceedings of the Internat. Sympos. "Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities", Rosmalen (NL), Vol. 1, S. 139-144.
- [7] JELÍNEK, A.; SLÁMA, J.; CEŠPIVA, M.; PLÍVA, P. (1997): The toxic gases emissions from stables environment impact. Annual Report of the Research Institute of Agricultural Engineering, Prague (CZ).
- [8] JELÍNEK, A.; CEŠPIVA, M.; PLÍVA, P. (1999): Monitoring of ammonia emissions from farming activities. Zemedelska Technika, 45, 1999 (1), S. 19-27.
- [9] HÖRNIG, G.; BRUNSCH, R. (2000): Tränkwasserzusatz senkt Emissionen aus Broilerställen. DGS-Magazin, Woche 18/2000, S. 25-29.
- [10] N.N. (1999): Mindestanforderungen für die Haltung von Masthähnchen und Puten festgelegt. DGS Magazin 39/1999 S. 10-16.
- [11] BRUNSCH, R.; HÖRNIG, G. (2003): Emissionen aus der Broilermast. Landtechnik, Heft 1 (im Druck).

Auswirkungen der TA-Luft 2002 auf zukünftige Genehmigungsverfahren

Impacts of TA-Luft 2002 (German Emission Standard) on Future Permit Procedures

JENS-PETER RATSCHOW

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, 48143 Münster

Schlüsselwörter: Luftreinigung, TA-Luft
Keywords: air purification, TA-Luft

Zusammenfassung

Trotz aller konkreten Regelungen der TA-Luft gibt es vielfältige Beurteilungsspielräume für die zuständigen Behörden, um im Einzelfall angemessene Vorgehensweisen zu ermöglichen. Da dem Ziel der TA-Luft aber Rechnung getragen werden muss, müssen sich sinnfällige Vorgehensweisen zwischen den Antragsstellern, den Gutachtern und den Genehmigungsbehörden einspielen. Deshalb wird es in Zukunft mehr als bisher darauf ankommen, dass die Landwirte sich rechtzeitig vor der Antragsstellung umfassend beraten lassen und dann das Genehmigungsverfahren professionell organisieren und durchführen, um dies erfolgreich abzuschließen.

Durch die Beurteilung der Vorbelastung und der Zusatzbelastung wird die Standortfrage für Tierhaltungen gerade in den Regionen Weser-Ems und Westfalen-Lippe noch kritischer.

Summary

Despite all the concrete rules contained in the German emission standard TA-Luft, the responsible authorities have scope for assessment in many different ways enabling them to proceed appropriately in particular cases. However, since it is necessary to cater to the objectives of TA-Luft, expedient procedures must be established between applicants, appraisers and permit-issuing authorities. That is why in future it will be more important than ever for farmers to obtain comprehensive advice in good time before submitting applications, and then to organize and implement the permit procedure professionally in order to complete it successfully.

Assessments of the initial level of emissions and of the additional emissions will make the question of the farm location even more critical for livestock and poultry farmers, especially in the Weser-Ems and Westphalia-Lippe regions.

Das Bundeskabinett hat am 26. Juni 2002 die neue „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)“ verabschiedet. Mit einer dreimonatigen Verzögerung ist nach der Verkündung im Gemeinsamen Ministerialblatt also im Oktober 2002 die TA-Luft in Kraft getreten. Die wichtigsten Auswirkungen auf die Tierhaltungen sollen nachfolgend beschrieben werden.

Die TA-Luft gilt für genehmigungsbedürftige Anlagen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Die genehmigungsrelevanten Anlagenkapazitäten sind in der Tabelle 1 wiedergegeben. Diese Tabelle täuscht allerdings über die Tatsache hinweg, dass von der Neufassung der TA-Luft deutlich mehr Landwirte als früher betroffen sind. Durch das sogenannte „Artikelgesetz“, das schon in 2001 in Kraft getreten ist, wurde der Kreis genehmigungsbedürftiger Tierhaltungen deutlich ausgeweitet. Insbesondere die Meldepflicht für Betriebe mit > 50 GV Tierbestand und > 2 GV/ha Tierbesatz hatte zu Irritationen geführt. Erst durch die sogenannte „Rundungsregelung“ und damit das indirekte Heraussetzen auf 2,49 GV/ha wurde eine Entlastung – auch für unsere Region – geschaffen. In dieser Tabelle sind auch die Plätze für die Rinder und Kälber mit 250 bzw. 300 Plätzen angegeben, wenn sie auch in allen anderen Teilen der TA-Luft nicht speziell aufgeführt sind. Dies hat Konsequenzen, die nachfolgend diskutiert werden sollen.

Die Behörden müssen auf der Grundlage der TA-Luft Anträge zum Neubau oder zur Änderung (wesentliche Änderungen) von genehmigungsbedürftigen Anlagen prüfen. Damit ist die TA-Luft eine verbindliche Regelung für die Verwaltungsbehörden der Länder.

Die neue TA-Luft ist in einen Immissions- und einen Emissionsteil gegliedert. Der Immissionsteil dient dem Schutz der Nachbarschaft und der Umwelt vor unvermeidbaren Schadstoffbelastungen. Zur Bemessung werden deshalb in der TA-Luft Immissionsgrenzwerte für Schadstoffe und entsprechende Beurteilungskriterien festgelegt. Besonders wichtig ist hierbei, dass nicht nur das eigene Vorhaben zu berücksichtigen ist (Zusatzbelastung), sondern auch die Beiträge aus Nachbarschaftsquellen (Vorbelastung). Der Emissionsteil enthält insbesondere technische, bauliche und organisatorische Anforderungen zur Umsetzung der Emissionsminderung verschiedener Schadstoffe und gibt Grenzwerte an.

Tab. 1: Genehmigungrelevante Anlagenkapazitäten

Art der Anlage	Kapazität
Mastschweine ($> = 30$ kg)	1500 Plätze
Sauen (inkl. Ferkel < 30 kg)	560 Plätze
Ferkel (Aufzucht $10 - 30$ kg)	4500 Plätze
Legehennen	15000 Plätze
Junghennen	30000 Plätze
Mastgeflügel	30000 Plätze
Truthühner	15000 Plätze
Rind	250 Plätze
Kalb	300 Plätze
Pelztier	750 Plätze
Anlagen unabhängig von der Tierart und Nutzungsrichtung	> 50 GV und > 2 GV je ha
Einzelstehende Güllebehälter	2500 m ³

1 Besonders wichtig: Abstandsregelungen

Neben den schon seit vielen Jahren entsprechend der TA-Luft von 1986 und den entsprechenden VDI-Richtlinien durchgeführten Geruchsimmissionsprognosen, können in Zukunft auch die Umweltwirkungen von Ammoniak und die Deposition von Stickstoff eine besondere Rolle spielen. Damit ist die TA-Luft 2002 deutlich mit ihren Anforderungen hinaufgegangen, wurden Ammoniak und Stickstoff bisher doch nur vereinzelt, z. B. im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen, behandelt. Die Geruchsimmission-Richtlinie (GIRL), die in NRW zur Beurteilung der Geruchsimmissionen seit Jahren eingesetzt wird, wurde nicht in die TA-Luft 2002 aufgenommen. In NRW bleibt es bei der bisher üblichen Praxis: Bei der Beurteilung wird zunächst auf die Mindestabstandsregelung der VDI-Richtlinien „Emissionsminderung Tierhaltung (VDI 3471 Schweine und VDI 3472 Hühner)“ abgestellt. Die Ausbreitungsrechnungen werden mit den entsprechenden Programmen vorgenommen. Hierbei ist es selbstverständlich, dass die neu errichteten Tierhaltungen dem Stand der Technik entsprechen müssen und die Gesamtimmissionen die Jahresmittelwerte nicht überschreiten dürfen.

In Gebieten, in denen zurzeit eine deutliche Überschreitung der Belastungswerte, also mehr als 15 % der Jahrestunden, vorliegen, können auch höhere Werte akzeptiert werden, wenn bei Änderungen oder Neubauten eine deutliche Verbesserung erzielt wird. Ziel muss es allerdings sein, dass in der Weiterentwicklung künftig wesentlich erhöhte Belastungswerte nicht mehr auftreten und das Ziel im vertretbaren Zeitrahmen erreicht wird.

Zusätzlich zur TA-Luft werden als Erkenntnisquelle die Abstandsregelung für Geruch die VDI-Richtlinien genutzt. Bundesweit wird der Gründruck der VDI-Richtlinie 3474 (fälschlicherweise wird immer behauptet, er sei zurückgezogen) insbesondere für die Beurteilung von Rinderhaltungen herangezogen. Da zurzeit die Genehmigungsbehörden in NRW gehalten sind, diese Erkenntnisquelle nicht zu nutzen, gibt es für diesen Bereich in der Umsetzung zurzeit Unsicherheiten.

Neu in die TA-Luft aufgenommen sind auch Kataloge für Emissionsminderungsmaßnahmen, die schon als Punktetabellen in den VDI-Richtlinien zur Verfügung standen. Als besonders wichtige Kenngrößen zur Reduzierung der Abstände zur Abstandskurve ist die nährstoffangepasste Fütterung und als technische Maßnahme die zentrale Abluftführung und die Gruppenschaltung bei den Lüftungsanlagen zu sehen. Mit der Gruppenschaltung ist es möglich ganzjährig hohe Abluftgeschwindigkeiten von 12 m/s zu garantieren. Hiermit ist dann die entsprechende Austrittshöhe garantiert.

Häufiger wird auch als primäre Maßnahme die Abluftreinigung, also die Biofilter, diskutiert. Hierfür bilden in der Regel zentrale Abluftführungen die technische Voraussetzung. Heutige Biofiltersysteme müssen aber verhältnismäßig sein und auch ganzjährig die vorgesehenen Minderungsgrade erzielen. Zurzeit werden einfache Biofilter und aufwendige Biofilter-Systeme stärker untersucht. Abschließend konnte noch nicht geklärt werden, welche technischen Lösungen für die Landwirtschaft sinnvoll einzuführen sind, soll doch die Verhältnismäßigkeit (TA-Luft) gewahrt sein.

Neu aufgeflammt ist auch die Diskussion über die Höhe der Kamine hinsichtlich der Ableitbedingungen. Dabei stellt die TA-Luft eindeutig klar, dass die Regelung von 10 m über Flur und 3 m über First für Anlagen gelten soll, die mit hohen Emissionsmassenströmen (bei geringem Volumenstrom) arbeiten. Da gerade aber diese beiden Kriterien für die Landwirtschaft nicht zutreffen, wurde in der Vollzugspraxis von diesen allgemeinen Be-

stimmungen ausgenommen. Abluftbedingungen für die freie Lüftung werden nicht genannt. Der Gründruck VDI 3474 gibt entsprechende Hinweise.

Die Beurteilung der Ammoniakemissionen kann in Zukunft im Einzelfall als Sonderfallprüfung mit einbezogen werden. Zunächst muss jedoch eine Konkretisierung der Definition für „empfindliche Pflanzen“ und „Ökosysteme“ vorgenommen werden. Auch müssen die Ammoniakemissionen und die Stickstoffdeposition getrennt voneinander beurteilt werden, weil es sich hierbei um unterschiedliche Wirkungsgrade des Ammoniak handelt. Ammoniak wirkt direkt auf die Blätter der Pflanzen ein. Die Stickstoffdeposition geschieht dagegen als Ablagerung auf Pflanzen und Böden, bei dem der Stickstoff zur Nährstoffanreicherung und –versauerung führen kann. Nach der Definition der „empfindlichen Pflanzen“ in der TA-Luft werden beispielhaft Baumschulen- und Kulturpflanzen genannt. Gerade aber die Kulturpflanzen der Landwirtschaft dürften kaum gemeint sein, da sie in der Regel gegenüber Ammoniak unempfindlich sind und NH_3 -Erträge direkt als Dünger wirken. Aus biogener Sicht ist „Wald“ auch nicht gleich „Wald“ und Bedarf einer differenzierten Bewertung.

Die Abstandskurve für NH_3 -Emissionen in der TA-Luft entspricht eine Konzentration von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die unter besonders ungünstigen metrologischen Ausbreitungsbedingung berechnet wurde. Diese Werte stellen damit sicher, dass auch an besonders ungünstigen Standorten bei hoher Vorbelastung keine schädlichen Umweltwirkungen zu erwarten sind. Die in einer Abstandskurve ermittelten Abstände können kaum von landwirtschaftlichen Betrieben, selbst in unserer Einzelhofanlage, eingehalten werden. Die mit einer Ausbreitungsrechnung ermittelten Abstände liegen fast immer deutlich niedriger und damit sicher innerhalb der Abstände der Gerüche, so dass die alte Regel, dass über die Geruchsausbreitung in der Regel auch die Abstände für Ammoniakemissionen abgedeckt werden.

Die in der TA-Luft ausgewiesenen Emissionsfaktoren decken nicht alle Bereiche der Tierhaltung ab, so dass dem Einzelfallgutachten größere Bedeutung in diesen Fällen zukommen wird. Hinsichtlich der Stickstoffdeposition soll eine Prüfung erfolgen, wenn der Tierbesatz auf der politischen Kreisfläche $> 2 \text{ GV/ha}$ beträgt. Für NRW wird dies den Kreis Borken betreffen. Alle andere Kreise sind nach der offiziellen Statistik hiervon ausgenommen.

In wie weit dieser Bewertungsgrundsatz fachlich richtig ist, kann in den Gutachten diskutiert werden, wird doch der Tierbesatz auf der Fläche hier für die Beurteilung zu Grunde gelegt, obwohl die Stickstoffdeposition die Gesamtheit der Emissionsquellen auch von einem deutlich weiter gefassten Umkreis einschließt. Entsprechend den Hauptwindrichtungen und den vorherrschenden Windstärken kann hier oftmals eine deutliche Verlagerung unterstellt werden. In der Tabelle 2 sind die Ammoniakemissionsfaktoren der TA-Luft auszugsweise wiedergegeben.

Tab. 2: Ammoniak-Emissionsfaktoren der TA-Luft (Auszug)

Tierart, Nutzungsrichtung, Aufstallung, irtschaftsdüngerlagerung	Ammoniakemissionsfaktor (kg/(Tierplatz x a))
Mastschweine	
Zwangslüftung, Flüssigmistverfahren (Teil- oder Vollspaltenböden)	3,64
Zwangslüftung, Festmistverfahren	4,86
Außenklimastall, Kistenstall (Flüssig- oder Festmistverfahren)	2,43
Außenklimastall, Tiefstreu- oder Kompostverfahren	4,86
Ferkelerzeugung (Zuchtsauenhaltung)	
Alle Bereiche und Aufstallungsformen (Zuchtsauen inkl. Ferkel bis 25 kg)	7,29
Legehennen	
Käfighaltung mit belüftetem Kotband	0,0389
Volierenhaltung mit belüftetem Kotband	0,0911
Bodenhaltung/Auslauf (Entmistung 1 mal je Durchgang)	0,3157
Mastgeflügel	
Masthähnchen, Bodenhaltung	0,0486
Enten	0,1457
Puten	0,7286
Milchvieh	
Anbindehaltung, Fest- oder Flüssigmistverfahren	4,86
Liegeboxenlaufstall, Fest- oder Flüssigmistverfahren	14,57
Laufstall, Tiefstreuverfahren	14,57
Laufstall, Tretmistverfahren	15,79

2 GV-Schlüssel bedeutungsvoll

In der TA-Luft wurde die Bezugsgröße für Tierplatzzahlen aufgegeben und dafür die Tierlebensmasse in GV-Einheiten eingeführt. Deshalb spielt der GV-Schlüssel (1GV entspricht 500 kg Tiermasse) hier eine außerordentlich wichtige Rolle.

In der Tabelle 3 sind die GV-Schlüssel der TA-Luft wiedergegeben. Für die Sauen mit Ferkeln ergibt sich hier ein deutlicher Unterschied gegenüber früheren Regelungen wie ebenso für die Ferkelaufzucht. Die Mastschweine bis 110 kg sind nahezu gleichgeblieben mit 0,13 GV/Tier als Einzeltiermasse und auch für Geflügel ergeben sich Veränderungen. Besonders wichtig ist aber, dass die Änderungen des Bundesratsvorschlages durch den Bundestag bestätigt wurden, nämlich dass der Satz unter die Tabelle eingeführt wurde: „Für Produktionsverfahren, die wesentlich von denen in dieser Tabelle genannten Halteverfahren abweichen, kann die mittlere Einzeltiermasse (GV/Tier) im Einzelfall festgelegt werden.“ Durch diesen Satz wurde die Forderung berücksichtigt, dass es verschiedene Halteverfahren gibt, die sich nicht in dieses Beurteilungsschema hinsichtlich der mittleren Einzeltiermasse einfügen lassen. Denn die „mittlere Einzeltiermasse“ berücksichtigt das

Haltungsverfahren in der Weise, dass auch die Stillstands- und Reinigungszeiten mit eingerechnet werden. In begründeten Einzelfällen kann also von dieser mittleren Einzeltiermasse und damit von dem GV-Schlüssel abgewichen werden. Allerdings wird in dem Genehmigungsverfahren dieses spezifische Tierhaltungsverfahren dann auch fixiert und ist Bestandteil der Genehmigung. Eine andere Betriebsweise würde eine erhebliche Änderung und damit die Neugenehmigung auslösen.

Tab. 3: Auszug GV-Schlüssel (1 GV entspricht 500 kg Tiermasse)

Tierart	Mittlere Einzeltiermasse1) GV/Tier
Schweine	
Niedertragende und leere Sauen, Eber	0,3
Sauen mit Ferkeln (bis 10 kg)	0,4
Ferkelaufzucht (bis 25 kg)	0,03
Mastschweine (bis 110 kg)	0,13
Jungsauenaufzucht (bis 90 kg)	0,12
Geflügel	
Legehennen	0,0034
Junghennen (bis 18. Woche)	0,0014
Masthähnchen (bis 35 Tage)	0,0015
Masthähnchen (bis 49 Tage)	0,0024
Pekingentenaufzucht (bis 3. Woche)	0,0013
Pekingentenmast (bis 7. Woche)	0,0038
Flugentenaufzucht (bis 3. Woche)	0,0012
Flugentenmast (bis 10. Woche)	0,005
Truthühneraufzucht (bis 6. Woche)	0,0022
Truthühnermast, Hennen (bis 16. Woche)	0,0125
Truthühnermast, Hähne (bis 21. Woche)	0,0222

3 Bauliche und betriebliche Maßnahmen auf Tier- und Umweltschutz

Die in der TA-Luft aufgelisteten Maßnahmen umfassen im wesentlichen bekannte Vorgehensweisen zur Immissions- und Emissionsminderung, die im wesentlichen durch die VDI-Richtlinien oder durch die gute fachliche Praxis bekannt sind. In Tabelle 4 sind diese aufgelistet.

Erstmalig wird in der TA-Luft heute darauf abgestellt, dass die baulichen und betrieblichen Anforderungen mit den Erfordernisse eine artgerechten Tierhaltung abzuwägen sind, so weit diese tiergerechtere Form der Tierhaltung zu höheren Emissionen führt. Damit wird indirekt Bezug auf die „Best verfügbaren Techniken“ genommen, die europaweit zurzeit entwickelt werden und künftig Kategorien aufstellen für Tierhaltungen, die genehmigungsfähig sind und anderen Systemen, die aus Tier- oder Umweltschutzgründen weniger gut geeignet sind.

Hinsichtlich der Lesart zu den baulichen und betrieblichen Anforderungen gibt es insbesondere bei der Lagerung und/oder Zwischenlagerung der Gülle im Stall erhebliche Irritationen. Dies liegt daran, dass die TA-Luft in diesen Passagen sehr widersprüchlich in den einzelnen Punkten ausgedrückt ist. Zunächst wird festgehalten, dass die Unterstalllagerung verboten sei, dann wird aber festgehalten, dass eine Zwischenlagerung im Stall bis 10 cm Unterkante Spalten bei konventioneller Lüftung und bis 50 cm Füllstandshöhe bei Unterflurabsaugung möglich ist.

Hier muss man berücksichtigen, dass in der TA-Luft eine kurze Lagerdauer zur Emissionsminderung und andererseits aus hygienischen Gründen und aus den Vorschriften der Tierseuchenhaltungsverordnung Mindestzwischenlagerdauern von 8 Wochen in der Schweinehaltung gefordert werden. Als sinnvoller Kompromiss würde sich aus diesen Regelungen ergeben, dass die Abferkelabteile nach jedem Durchgang bei ca. 50 cm Höhe entleert und gereinigt werden und die Zwischenlagerbehälter der Mastschweinestallungen nach jedem Durchgang entleert werden. Dieses würde Füllstandshöhen von max. 65 cm bei Kanaltiefen von 75 cm berücksichtigen. Aus Tierschutzgründen, Seuchenschutzgründen und betrieblicher Arbeitsorganisation wäre dies ein sinnvoller Kompromiss aller Forderungen. Damit wäre auch die in der TA-Luft geforderte Verhältnismäßigkeit gewahrt.

Da Rinder in dem GV-Schlüssel (sicher versehentlich) überhaupt nicht genannt werden und das Zirkulationsverfahren das Standardverfahren für Milchvieh- und Rindermastställe ist, wird auch heute schon bei vielen Genehmigungsbehörden davon ausgegangen, dass dieses System weiterhin Bedeutung haben soll. In der TA-Luft gibt es keinen einzigen Hinweis hinsichtlich der Differenzierung für diesen Bereich. Deshalb ist dieses Vorgehen sinnfällig und weiterhin das Zirkulationsverfahren anzuwenden. Das Slalomsystem fördert dagegen ebenso die Emission, wie auch Schieberentmistungssysteme mit planbefestigten Böden.

Künftig werden Neubauten für Schweineställe nur noch mit außenstehenden Güllebehältern genehmigt werden, die Zwischenlagerung im Stall ist aber entsprechend der TA-Luft möglich. Entsprechend der Schweinehaltungshygiene-Verordnung ist dieses auch Voraussetzung, um das Hygienekonzept umzusetzen. Rinderställe können weiterhin die Unter-Stall-Lagerung vorsehen.

Zur Abdeckung der Güllelagerbehälter gibt es langjährig erprobte und bewährte Maßnahmen. In der TA-Luft werden gehäckseltes Stroh, Granulatschüttungen und Zeltdächer vorgesehen. Für alle Varianten gibt es baulich-technische Lösungen, die auch verhältnismäßig sind.

Hinsichtlich der Prognose der Zusatzbelastung für einzeln stehende Güllebehälter gibt es zurzeit keine Regelungen. In der TA-Luft ist kein Ausbreitungsmodell für windinduzierten Quellen (z. B. Offenställe, Güllebehälter) vorgeschlagen. Deshalb wird es hier einige Unsicherheiten im praktischen Vollzug geben.

Literatur kann beim Verfasser angefordert werden.

Emissionsminderung durch die Kombination von Abdeckung und Absenkung des pH-Wertes von Gülle

Emission Reduction by a Combination of Covering and Acidifying Slurry

WERNER BERG

Institut für Agrartechnik Bornim (ATB), 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Emissionsminderung, Gülleabdeckung, Gülleensäuern
Keywords: emission reduction, slurry cover, slurry acidification

Zusammenfassung

Die Abdeckung von Güllelagern ist eine gute Möglichkeit, gasförmige Emissionen während der Lagerung zu verringern. Eine andere Möglichkeit der Emissionsminderung ist das Absenken des pH-Wertes der Gülle. Die Kombination von Abdeckung und Absenkung des pH-Wertes der Gülle zielt auf eine effektive Minderung aller relevanten Emissionen. Dies sind Ammoniak, Methan, Distickstoffmonoxid (Lachgas) und Geruch.

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse aus Laboruntersuchungen zur Abdeckung von Schweinegülle mit einem Perlite, das in handelsüblicher Form (Pegulit®¹) und in Kombination mit Milchsäure eingesetzt wurde, vorgestellt. Es werden die Wirkungen unterschiedlicher Schichtdicken dieser Abdeckmaterialien im Vergleich zur Güllelagerung ohne Abdeckung dargestellt.

In weiterführenden Untersuchungen soll geprüft werden, inwieweit es gelingt, den pH-Wert vor allem an der Gülleoberfläche stärker und langanhaltender herabzusetzen als bisher.

Summary

Covering slurry storage facilities is a good measure to reduce gaseous emissions during storage. Acidifying slurry is another possibility of emission reduction. The aim of combining both, covering and acidifying slurry, is an effective reduction of all relevant emissions. These are ammonia, methane, nitrous oxide and odour.

Results are presented from laboratory investigations on covering pig slurry with a perlite, customary in trade (Pegulit™) and combined with lactic acid. The effects of different layer thickness of these materials are shown in comparison to slurry storage without any cover.

Further investigations aim at achieving a lower pH value above all at the slurry surface and for a longer period.

¹ An dieser Stelle sei den Firmen ETH Umwelttechnik GmbH und Deutsche Perlite GmbH für ihre Unterstützung gedankt.

1 Einleitung

Die bislang entwickelten und angewendeten Abdeckungen für Güllelager sollen hauptsächlich Geruchs- und Ammoniakemissionen vermindern. Diese Abdeckungen können nach dem vorliegenden Stand der Erkenntnisse unter bestimmten Bedingungen zu erhöhten Methan- und/oder Distickstoffmonoxid-Emissionen führen (BERG et al. 2003, CLEMENS et al. 2003).

Untersuchungen zum Absenken des pH-Wertes von Rinder- und Schweinegülle mit Milchsäure haben gezeigt, dass sich damit die Emissionen aller drei genannten Gase nahezu vermeiden lassen. Hinsichtlich der Geruchsfreisetzung konnte jedoch keine Minderung nachgewiesen werden (BERG und HÖRNIG, 2000).

Erste Untersuchungen zur Kombination eines Perlits mit Milchsäure haben zu ersten positiven Ergebnissen geführt (BERG, 2002).

2 Material und Methoden

Die experimentellen Untersuchungen fanden im Labormaßstab an Lagerbehältern mit jeweils 65 l Schweinegülle statt. Der Trockenmassegehalt der Gülle betrug 6,7 %. Die Untersuchungen erfolgten mit einem Perlit, das zum einen im handelsüblichen Zustand (Pegülit®), d.h. ohne weitere Zusätze verwendet und zum anderen mit Milchsäure versetzt wurde. Die Menge an Milchsäure war so bemessen, dass sie bei einer Perlitschicht von 2 cm 1 Volumenprozent der Güllemenge im Lagerbehälter entsprach, also 0,65 l 50 %-ige Milchsäure. Folgende Varianten wurden untersucht: eine 2 cm (Perlit IV_2) und eine 4 cm (Perlit IV_4) starke Abdeckung des mit Milchsäure versetzten Perlits, eine 4 cm (Pegülit_4) und eine 8 cm (Pegülit_8) dicke Abdeckung des handelsüblichen Materials. Nicht abgedeckte, unbehandelte Gülle diente als Bezugsbasis (Kontrolle).

Die Untersuchungen begannen mit den als geringst möglich angenommenen Aufwandsmengen an Abdeckmaterial und Milchsäure.

Die Güllelagerung erfolgte über einen Zeitraum von 71 Tagen in offenen Behältern. Während der Gasmessung waren die Behälter verschlossen und definiert belüftet (offene Kammer). Folgende Parameter wurden bestimmt:

- Trockenmasse-, Ammonium- und Gesamtstickstoffgehalt der Gülle zu Beginn und am Ende der Lagerung,
- Konzentration der Gase Ammoniak (NH_3), Distickstoffmonoxid (N_2O) und Methan (CH_4) in der Abluft aus den Lagerbehältern,
- Temperatur im Labor (= Gülletemperatur),
- pH-Wert der Gülle,
- Geruchsschwelle der Abluft aus den Lagerbehältern,
- Sedimentationsverhalten der Gülle.

3 Ergebnisse

Die pH-Werte der Kontrolle und der Pegülit-Varianten sanken nach der Gülleeinlagerung zunächst aufgrund biologischer Aktivitäten auf Werte von bis zu 6,5 ab (Abb. 1). Diese Vorgänge liefen vor allem im Sediment ab, so dass der pH-Wert dort um etwa 0,1 unter dem Wert an der Gülleoberfläche lag. Nach ca. 2 Wochen ließen diese Aktivitäten nach und der pH-Wert stieg allmählich wieder an. Die Homogenisierungen hatten darauf keinen Einfluss. Bei dem mit Milchsäure versetzten Perlit ging ein Teil der Säure innerhalb der ersten Woche in Lösung. Die erste Homogenisierung am 21. Tag der Untersuchungen bewirkte einen Lösungsschub, infolge dessen der pH-Wert auf 6,0 sank. Danach stieg der pH-Wert stetig an. In den ersten 6 Wochen der Lagerung lag, im Gegensatz zu den nicht-angesäuerten Varianten, Der oberflächennahe pH-Wert unter dem im Sediment.

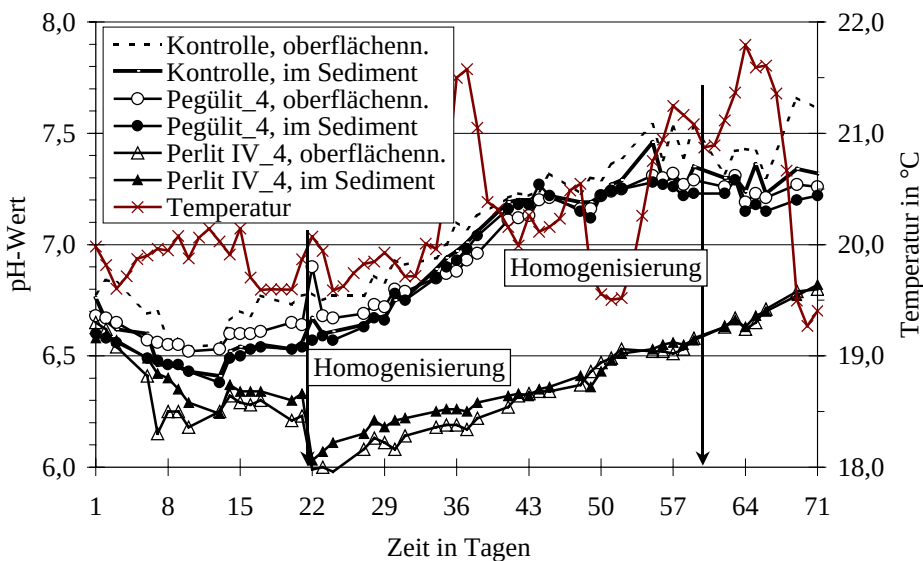


Abb. 1: Verlauf von pH-Wert und Temperatur im Untersuchungszeitraum

Die Ammoniakemission wurde von dem mit Milchsäure versetzten Perlit bei pH-Werten unterhalb von 6,5 sehr gut vermindert (Abb. 2). Darüber war die Wirkung bezüglich Ammoniak schlechter als bei dem unbehandelten Perlit (Pegülit).

Die Methanemission wurde von den untersuchten Varianten kaum herabgesetzt (Abb. 3). Die erhöhten Werte bei 8 cm starken Pegülit-Abdeckung lassen sich nicht durch andere Messungen stützen.

Distickstoffmonoxid-Emissionen waren nur bei den beiden Pegülit-Varianten festzustellen (Abb. 4). Darüber wurde bereits bei Messungen an Praxisbehältern berichtet (WANKA und HÖRNIG, 1997).

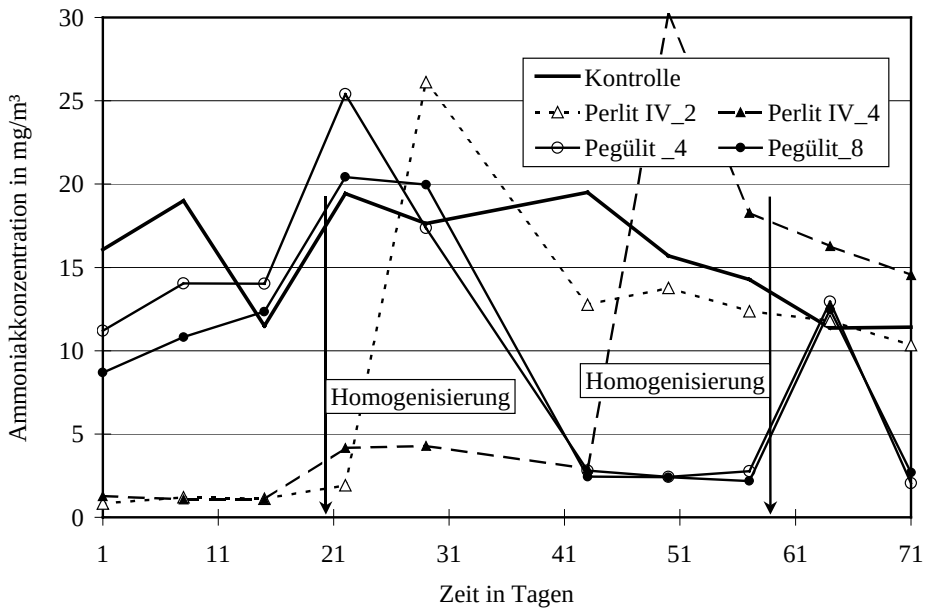


Abb. 2: Verlauf der Ammoniakkonzentration im Untersuchungszeitraum

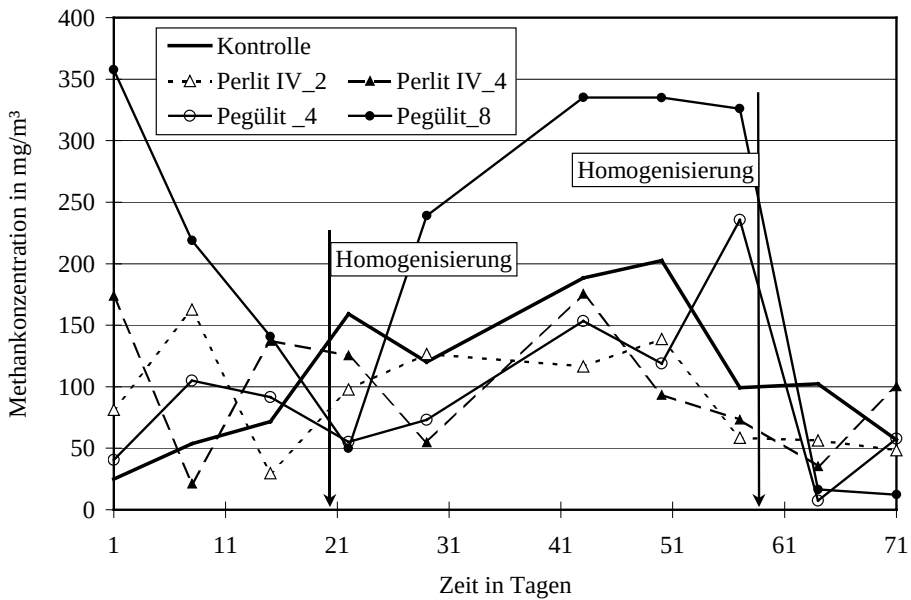


Abb. 3: Verlauf der Methankonzentration im Untersuchungszeitraum

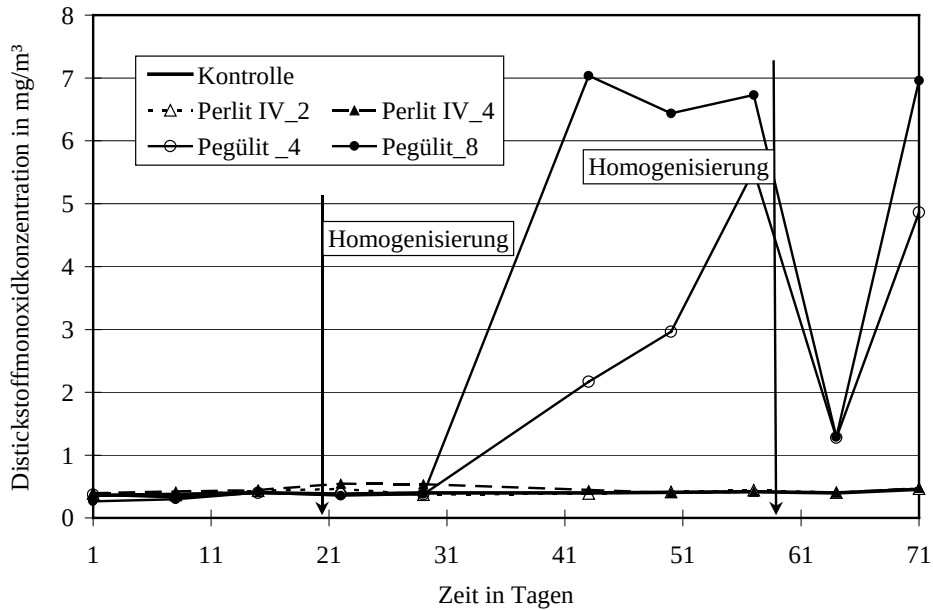


Abb. 4: Verlauf der Distickstoffmonoxidkonzentration im Untersuchungszeitraum

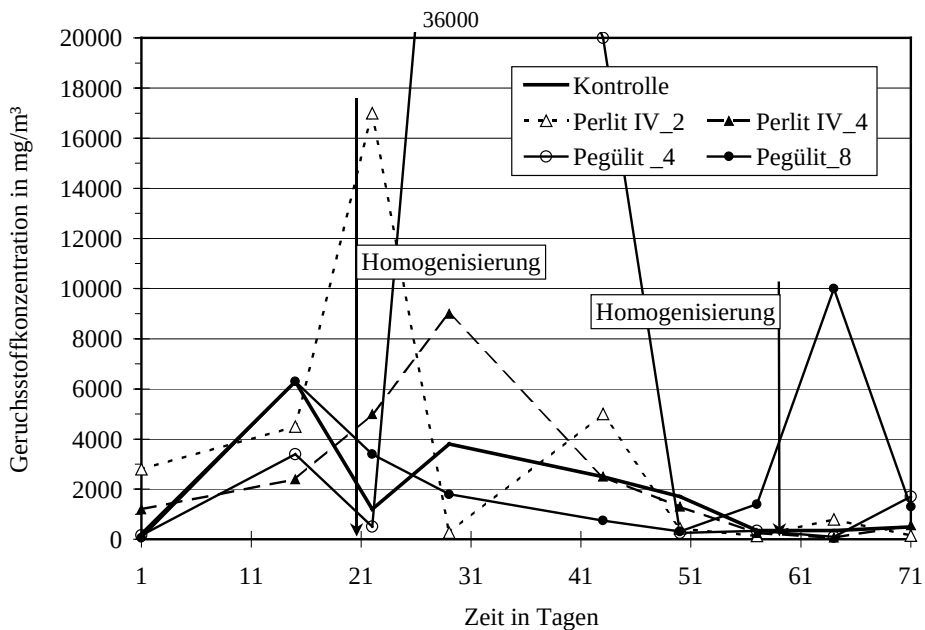


Abb. 5: Verlauf der Geruchskonzentration im Untersuchungszeitraum

Die Bestimmungen der Geruchsschwellen zeigten starke Schwankungen bei allen untersuchten Varianten (Abb. 5). Ohne die z.T. extrem hohen Werte nach den Homogenisierungen führten die Variante Pegülit_8 und noch schwächer die Variante Perlit IV_2 in Mittel zu geringfügigen Geruchsminderungen (Tab. 1).

Anhand der bisherigen Untersuchungsergebnisse lässt sich einschätzen, dass Schichtdicken von 4 cm nicht ausreichen die genannten Emissionen langanhaltend zu vermindern. Mit Milchsäure versetztes Perlit kann dem handelsüblichen nur dann überlegen sein, wenn die geringeren pH-Werte auch über längere Zeit stabil bleiben.

Tab. 1: Mittlere Konzentrationen im Versuchszeitraum

Mittlere Konzentration	Kontrolle	Perlit IV_2	Perlit IV_4	Pegülit_4	Pegülit_8
NH ₃ in mg/m ³					
insgesamt	15,6	9,2	9,4	10,5	9,5
ohne Homogenisierung ¹	15,6	9,8	9,2	8,3	7,7
CH ₄ in mg/m ³					
insgesamt	108	92	99	94	203
ohne Homogenisierung ¹	102	95	104	110	246
N ₂ O in mg/m ³					
insgesamt	0,4	0,4	0,4	1,9	3,0
ohne Homogenisierung ¹	0,4	0,4	0,4	2,1	3,6
Geruch in GE/m ³					
insgesamt	1900	3500	2500	6900	2800
ohne Homogenisierung ¹	2200	1900	2500	8800	1700

¹ d.h. ohne die Werte vom 22. und 64. Untersuchungstag

Literatur

BERG, W. und G. HÖRNIG (2000): Reducing Ammonia Emissions by Acidifying Slurry with Lactic Acid. 2nd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, Des Moines, Iowa, USA

BERG, W. (2002): Reducing Ammonia Emission by a Slurry Cover including Acid. International Conference on Agricultural Engineering AgEng 2002. Budapest, Hungary

BERG, W., HÖRNIG, G. und U. WANKA (2003): 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

CLEMENS, A., WOLTER, M., WULF, S. und H.-J. AHLGRIMM (2003): Lachgas- und Methan-Emissionen bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. In: Emissionen der Tierhaltung und Beste Verfügbare Techniken zur Emissionsminderung. KTBL-Schrift 406, Darmstadt

WANKA, U. und G. HÖRNIG (1997): Untersuchungen zur Wirksamkeit von Güllebehälterabdeckungen zur Reduzierung von Emissionen. 3. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaft, Kiel

Moderne Entenhaltung – Langzeitstudie von Emissionen und Abluftreinigungssystemen

Modern Duck Farming – Long Time Investigations of Climate Gases and Air Cleaning Systems

GUNNAR BREHME

Bbsk Produktions- u. Verwaltungs-GmbH & Co. KG, Reudener Str. 10, 39264 Reuden

Schlüsselwörter: Entenhaltung, Emissionen, Abluftreinigung, Messtechnik
Keywords: duck farming, emissions, air cleaning, measuring technique

Zusammenfassung

Es mangelt an zuverlässigen Emissionsdaten aus der Geflügelhaltung, speziell aus der Entenhaltung. Infolge des Wachstumsprozesses der Tiere innerhalb eines Durchgangs kann das Jahresemissionsgeschehen durch einmalige, stündliche Messungen in keiner Weise abgeleitet werden.

Das Ziel dieser Untersuchungen ist, erstmals Langzeit-Datenmaterial aus der Entenhaltung zur Verfügung zu stellen. Hierbei wird vor allem die Bedeutung der jahreszeitlichen Einflüsse sichtbar. Die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse tragen dazu bei, das momentane Defizit – zumindest im Bereich der Entenhaltung – auszugleichen.

Ferner dient der Vortrag dazu, die moderne Entenhaltung von heute vorzustellen sowie den Einsatz von Abluftreinigungsmaßnahmen objektiv zu beurteilen.

Summary

There is no reliable emission data from poultry houses, especially for duck farming. Because of the animals growing process in each fattening cycle, the annual emission values cannot be determined by single or short measurements.

The aim of these investigations is, for the first time, to determine reliable emission data from duck houses by long-term measurements. The current data show that the seasons have an important influence on emission behaviour. The won knowledge helps to overcome the disadvantages (in case of duck farming) as written above.

The paper presents information, relevant to the duck farming of today and shows the first long-time results of using an air cleaning machine. This allows judgement of the effectiveness of an air cleaning machine in an objective way.

1 Material und Methoden

Die wissenschaftlichen Untersuchungen erfolgen auf dem Gelände der BBSK Produktions- und Verwaltungs GmbH & Co. KG in Reuden, Sachsen-Anhalt. Die BBSK ist die größte Entenmastanlage Deutschlands und eine der größten Europas. Zur Zeit werden 360 000 Pekingenten auf Einstreu gehalten.

Das Firmengelände umfasst ca. 80 ha, auf denen sämtliche Nutztierställe und der eigene Schlachthof untergebracht sind. Es werden jeweils 12 Aufzucht- und Mastställe betrieben. In jedem Aufzuchtstall (1 000 m² Grundfläche) und Maststall (3 000 m² Grundfläche) befinden sich 15 000 Tiere. Die Ställe werden komplett zwangsventilert, in jeden Maststall ist zusätzlich eine Abluftreinigungseinrichtung eingebaut. Die Maße eines Maststalls betragen 90 m x 36 m x 7,5 m. Das Stallvolumen umfasst damit etwa 20 000 m³.

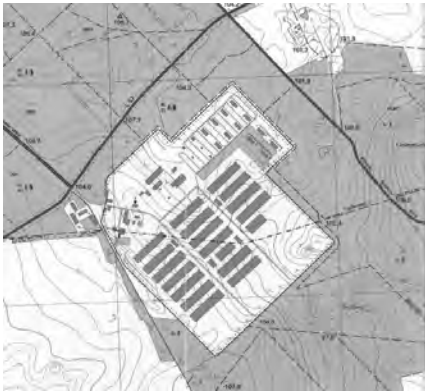


Abb. 1: Kartenansicht der BBSK (links), Blick in einen gereinigten und desinfizierten Maststall (rechts)
Map of the BBSK (left), view in a cleaned and disinfected stable for fattening ducks (right)

Die Kernaufgabe der Messungen besteht in der kontinuierlichen und langfristigen Aufzeichnung, Dokumentation und Überwachung der Emissionen für Ammoniak und Geruch. Parallel zu diesen Emissionsmessungen wird eine neuartige Abluftreinigungseinrichtung in 12 Mastställen auf die Frage hin getestet: Abluftreinigung ja oder nein?

Kontinuierlich, d.h. im Zeitraum zwischen 1 bis 5 min, erfasst werden folgende Parameter: Gaskonzentrationen von Ammoniak, Lachgas, Methan, Kohlendioxid und Wasser (photoakustisch), Luftvolumenstrom (via Messventilatoren), relative Luftfeuchtigkeit der Stall- u. Außenluft, Temperatur der Stall- u. Außenluft, pH-Wert des Abluftreinigungswassers, Temperatur des Abluftreinigungswassers, durchschnittliches Tiergewicht, Verbrauch an Futter, Strom und Wasser, Niederschlagsmenge, Globalstrahlung, Windrichtung, Windgeschwindigkeit sowie Datum und Uhrzeit.

Wöchentlich erfolgt die Bestimmung der Geruchstoffkonzentration (Olfaktometrie) sowie der Konzentrationen an Stäuben und Keimen/Endotoxinen.

Manuell erfasst werden die Anzahl der Tiere, die eingestreute Strohmenge und die Gesamtmenge des anfallenden Mistes nach Ausstallung.

Im Mastbereich werden, wie oben bereits aufgeführt, Abluftreinigungseinrichtungen eingesetzt. In den Mastställen erfolgt neben der rohgasseitigen Messung im Stall zusätzlich die Messung von Gaskonzentration, Geruch, Stäuben und Keimen auf der Reingasseite. Die Reinigungsleistung der Abluftreinigung kann hierdurch kontinuierlich und langfristig bestimmt werden. Bezüglich der Untersuchung der Abluftreinigung werden verschiedene Filtermaterialien und weitere Komponenten untersucht, um einerseits den Reinigungseffekt zu optimieren und andererseits den Arbeitsaufwand zur Wartung der Abluftreinigungsanlagen zu minimieren.

Erste Ergebnisse und Erkenntnisse

Ammoniak weist in aller Regel einen Tagesgang auf. In den kühleren Morgen-, Abend- und Nachtstunden wird weniger Ammoniak aus der Einstreu freigesetzt als tagsüber bei höheren Temperaturen. Das erfordert eine Mindestmessdauer von 24 Stunden.

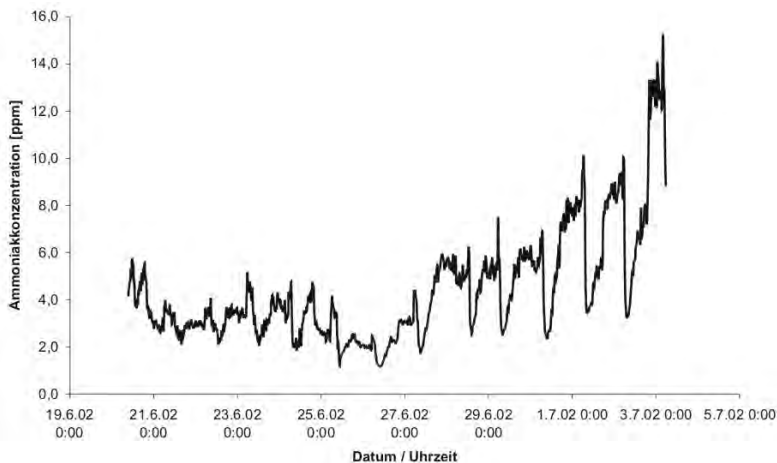


Abb. 2: Mittlere Ammoniakkonzentration über eine Aufzuchtperiode im Sommer
Curve of the average ammonia concentration during a summer raising cycle

Die Abbildung 2 zeigt den Ammoniakverlauf über einen kompletten Aufzuchtzyklus. Die Abluft im Aufzuchtbereich wird über Seitenwandlüfter hinaus befördert. Zu erkennen sind in Abb. 2 die typischen Tagesgänge von Ammoniak. Vom 1. bis zum 10. Lebenstag der Tiere liegen die Konzentrationswerte um 5 ppm. Die Tagesmaxima erreichen mit zunehmendem Alter der Tiere (ab 10. Lebenstag) höhere Werte. Der starke Abfall der Konzentrationswerte am Vormittag ist das Ergebnis des Einstreuvorganges, der täglich einmal erfolgt.

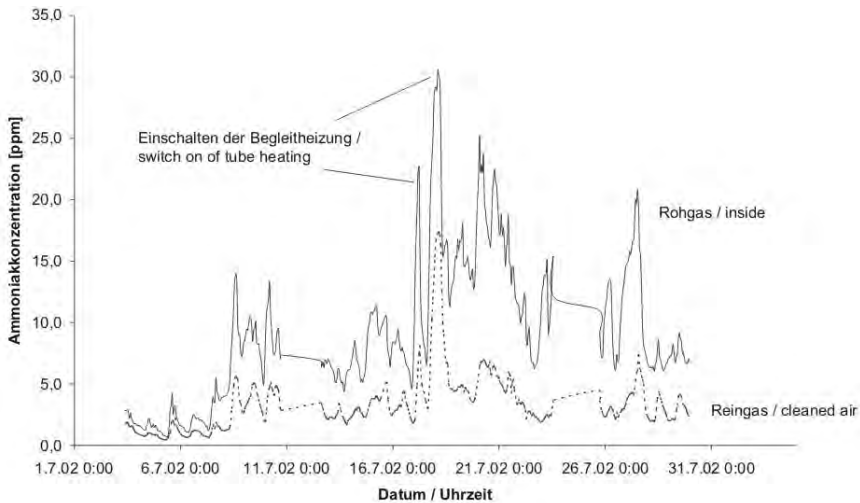


Abb. 3: Mittlere Ammoniakkonzentration (Rohgas + Reingas) über eine Mastperiode im Sommer unter Einsatz einer Abluftreinigungsanlage
 Course of the average ammonia concentration (inside + cleaned air) during a summer fattening cycle with an air cleaning machine

Die Abbildung 3 zeigt den Ammoniakverlauf über einen kompletten Mastzyklus. Im Gegensatz zur Aufzucht ist der zeitliche Verlauf der Ammoniakkonzentration unstrukturiert. Die eingebaute Abluftreinigungseinrichtung (siehe Abb. 4) saugt die Abluft durch zwei senkrechte Filterwände. Sie wird vom ersten Masttag an betrieben. Der Säurezusatz erfolgt ebenfalls von Beginn an über eine pH-Wert-Regelung. Zu Beginn der Mast ist das Ammoniakangebot sehr gering. Das bedeutet auch, dass die Reinigungsleistung (= Abstand zwischen den beiden Kurven in Abb. 3) geringer ist. Sie erhöht sich jedoch mit zunehmendem Ammoniakgehalt in der Stallluft. Allerdings bewirkt eine Erhöhung der Abluftkonzentration nicht zwangsweise eine Erhöhung der Reinigungsleistung.

Zu erkennen ist in Abb. 3 ebenfalls der Effekt einer Schlauch-Begleitheizung. Wird diese während einer Messung (mit 12 Messpunkten) zugeschaltet erhöht sich sprunghaft die Temperatur in den Ansaugschläuchen, was zu einer Verfälschung des Konzentrationswertes führt.

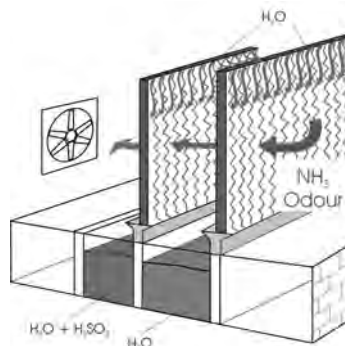


Abb. 4: Prinzip der Abluftreinigung/Scheme of the air cleaning process

Abbildung 4 veranschaulicht das Funktionsprinzip der Abluftreinigung. Die Abluft wird vom Stallraum durch die Filterwände gesogen. Beide Filterwände werden im Kreislauf mit Wasser durchspült. Durch die Reaktion des in der Stallluft enthaltenen Ammoniaks mit Wasser wird NH_3 gelöst.

In der ersten Filterwand werden vornehmlich Staub, Stroh, Federn und Hautabrieb aufgefangen. Da das Reinigungswasser die Reinigungswände im Kreislauf passiert, ist die Verstopfungsgefahr der Filterwände gering. Im Reinigungsbecken der zweiten Filterwand wird zusätzlich Schwefelsäure (H_2SO_4) zugegeben, um das Ammoniakpufferpotenzial zu erhöhen. Die gereinigte Stallluft wird sodann in die Umgebung abgegeben bzw. bei Bedarf in den Stallraum zurückgeführt – vor allem im Sommer als zusätzliche Kühlung.

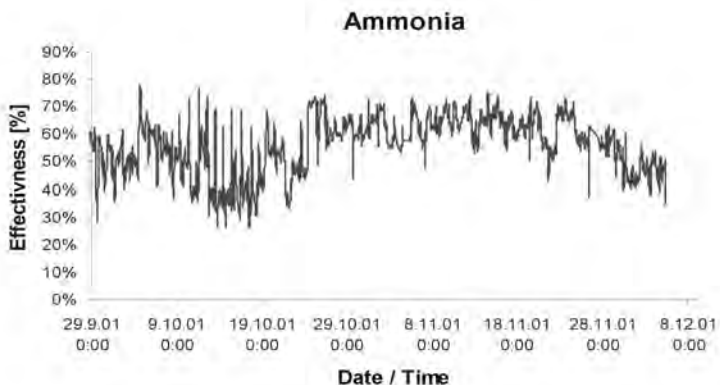


Abb. 5: Reinigungsleistung der eingesetzten Abluftreinigungsanlage über 61 Tage in Bezug auf die Ammoniakkonzentration in einem Entenelternstierstall mit Einstreu.

Long time effectiveness of the air cleaning machine in reducing ammonia (61 days) in a stable for parent ducks

Die Reinigungsleistung hängt stark von der Jahreszeit und damit von der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit ab. In den wärmeren Monaten – die Luftfeuchtigkeit der Stallluft lag bei 40 bis 50 % – konnten über 80 % Reinigungsleistung verzeichnet werden. In kühleren/kalten Monaten – die Luftfeuchtigkeit der Stallluft lag bei 80 bis 95 % – betrug die Reinigungsleistung teilweise nur 20 %. Im Durchschnitt der untersuchten 12 Monate lag die Reinigungsleistung bei ca. 60 %.

Ausgehend von bislang drei vollständig untersuchten Aufzucht- und Mastdurchgängen in verschiedenen Jahreszeiten, werden die jährlichen Emissionsmassenströme – stellvertretend für Ammoniak – berechnet (Tab. 1). Da der einschlägigen Literatur nur eine „relativ ungenaue“ [1] Massenstromangabe für Enten zu entnehmen war, welche auf einer stündlichen (!) Messung basiert, weisen die im Folgenden aufgeführten Langzeitwerte Pioniercharakter auf.

Tab. 1: Errechnete mittlere Emissionsmassenströme für Ammoniak in einem Aufzucht- und Maststall für Pekingenten (Gramm pro Tierplatz [TP] und Jahr)

Calculated emission mass flows of ammonia (average) in a stable for raising and fattening ducks (gram per animal place [TP] and year)

	g NH ₃ /TP*a Spring	g NH ₃ /TP*a Summer	g NH ₃ /TP*a Autumn	g NH ₃ /TP*a Winter
Aufzucht Raising	1.5*	9.8	22.3	still in work
Mast Fattening	118.2	49.0	110.8	still in work

* nur 1.–5. Lebenstag / only 1st – 5th living day

Literatur

[1] EURICH-MENDEN, B.; BERGSCHMIDT, A.; BERG, W.; BRUNSCH, R. (2002): Ammoniak-Emissionsfaktoren, Minderungsmaßnahmen und deren Kosten. In: BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. Umweltbundesamt, Texte 05/02, Kapitel 3, S.48-80

Agricultural Biogas Plants – Actual State and Future Trends

Landwirtschaftliche Biogasanlagen – Aktueller Stand und zukünftige Trends

PETER WEILAND

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Technologie und Biosystemtechnik,
Abt. Technologie, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Biogasanlagen, Anaerobe Verfahren, Substrate, Gasnutzung
Keywords: biogas plants, anaerobic processes, substrates, gas utilization

Zusammenfassung

Der Einsatz landwirtschaftlicher Biogasanlagen hat in den letzten Jahren sprunghaft zugenommen, da mit der Einführung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes Rahmenbedingungen geschaffen wurden, die eine langfristig gesicherte Einspeisevergütung für den produzierten Strom garantieren. Obgleich die Produktion erneuerbarer Energie Hauptziel der Anwendung von Vergärungsverfahren ist, hat die Verbesserung der Gülleeigenschaften und die Verminderung von Geruchsemissionen eine wichtige Bedeutung.

Um die Wirtschaftlichkeit der Biogasproduktion zu verbessern, werden in über 90 % der landwirtschaftlichen Biogasanlagen Kosubstrate mitverarbeitet. Neben organischen Abfällen aus der Lebensmittel- und Agrarindustrie werden zunehmend auch nachwachsende Rohstoffe als Kosubstrate eingesetzt. Für die Verarbeitung dieser festen Substrate kommen spezielle Einbringtechniken sowie neuartige Gärverfahren zum Einsatz.

Zur energetischen Nutzung des Biogases stehen neben der bewährten Verwertung in Gas- und Zündstrahlmotoren zukünftig auch Mikrogasturbinen, Brennstoffzellen und Stirlingmotoren zur Verfügung.

Summary

The application of biogas plants increased considerably during the recent years, because the Renewable Energy Sources Act, which has come into force in 2000, guarantees a fixed compensation for the produced electricity for 20 years. Therefore, energy production is the main aim of anaerobic digestion, but pollution control and the improvement of manure quality is also of increasing interest.

In order to achieve a better economy, more than 90 % of all agricultural biogas plants are operated with co-substrates. In addition to organic wastes from food- and agro-industry also renewable crops are applied for co-fermentation with increasing quantity. For treating such solid substrates special feeding systems and new fermentation processes were developed.

For the efficient energetic use of biogas new technologies like micro gas turbines stirring engines and fuel cells will be available in future in addition to the well-tried gas and dual-fuel diesel engines.

1 Introduction

The production of renewable energy for reducing the fossil CO₂ emissions is one of the key strategic issues of the German Government which has result in the development of new process techniques for biogas production from manure, industrial organic wastes and energy crops. Today, approx. 1,800 agricultural biogas plants with an installed electric capacity of more than 160 MW are in operation in Germany. About 95 % of all plants are of typical farm-scale with digester sizes between 200 and 1,200 m³. In addition, approx. 5 % of all biogas plants are large centralized installations based on the utilization of animal manure delivered from a group of farmers together with non-agricultural organic wastes from food- and agro-industry. The typical treatment capacities of farm-scale plants are between 2,000 and 14,000 m³/a whereas the treatment capacities of centralized installations are between 30,000 and 90,000 m³/a.

Conceptually strong different types of plants are applied, which differ in reactor design, operation conditions and the type of feedstock's used for biogas production. Approximately 98 % of all biogas plants use combined heat and power plants (CHP) with dual-fuel diesel engines or gas engines. Micro gas turbines are used only in few full-scale plants whereas other innovative technologies, like fuel cells, are tested only in laboratory and pilot scale.

2 Substrates

With energy production as the main objective the type of feedstocks used for anaerobic digestion is of high relevance because the biogas yield obtained per reactor volume depends on the energy density and the biological degradability of the applied feedstocks. The biogas yield from cow and pig manure is only between 25 resp. 36 m³ per ton of fresh mass, because the dry matter content is low and most of the energy rich substrates have been digested by the animals already before. Therefore, manure as the only substrate for biogas production is non-economic in most applications which makes the digestion of co-substrates necessary. A nationwide evaluation of biogas plants has shown, that more than 90 % of the running plants are operated with co-substrates, which mainly come from foods- and agro-industry, from markets, canteens and the municipal sector. Only 7 % of all plants are operated exclusively with manure as the only substrate.

More than 30 different co-substrates from the non-agricultural sector are used in agricultural biogas plants but the utilization of energy crops is of increasing importance for co-fermentation. About 50 % of all biogas plants which were put into operation since 1999 use energy crops for co-digestion (RIEGER und WEILAND, 2002). Most of the conventional agricultural crops are suitable for co-digestion if they are harvested before the lignification starts. The methane yield per ton of organic dry matter (ODM) is between 250 and 450 m³ with strong differences in the specific methane yield per hectare (Fig. 1).

The highest methane yield per hectare and year can be achieved by forage maize and forage beets. Today, forage maize is the most often applied energy crop and there exist good chances that the biomass yield per hectare can be increased by a factor of two within the next few years. Also two-culture systems result in high biomass yields because two different crops are harvested within only one vegetation period.

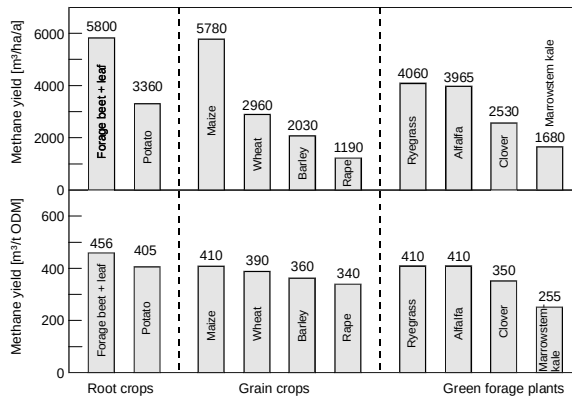


Fig. 1: Methane yields of different crops

The use of pig or cow manure as the basic substrate has the advantage that the high buffer capacity of manure stabilizes the process pH-value and balances any lack of trace elements or nutrients which are important for the microbial activity.

3 Processes

For anaerobic digestion wet- and dry-fermentation processes can be applied. Wet-fermentation processes, which are operated usually at a maximum total solids content of 10–13 % DM, are predominantly applied in agriculture. For co-fermentation of solid substrates a mixing with manure or recirculated process water in a separate conditioning tank was necessary up to now which results in a high energy demand for mixing in order to avoid scum or bottom layers and often results in the emission of unpleasant smell. In order to avoid these disadvantages direct charging systems were developed which allow a direct feeding into the fermenter.

For the direct charging of solids screw conveyors, piston feeding and flushing systems are applied (Fig. 2).

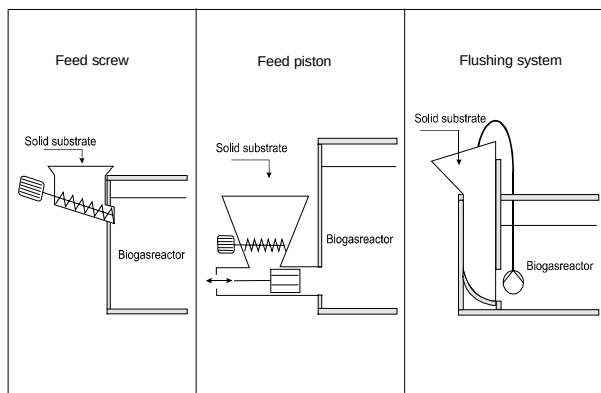


Fig. 2: Direct charging systems for solid substrates

Screw feeder systems are arranged at the top of the reactor short below the liquid level and can be used for short fibrous and bulky material. This feeding system cannot be applied for biogas reactors with changing liquid levels. Piston feeding systems can be arranged at the bottom of the reactor because the system is liquid tight. The material is transported by two contra rotating screws into the cylinder room and is pressed by a hydraulic piston into the fermenter. Flushing systems are operated often with a mobile nozzle in order to flush the material via the flushing pocket into the reactor. This technology can be applied also for pasty and sticky materials.

Dry-fermentation systems are operated at a total solids content between 20–40 % DM. They are used since many years for the treatment of source separated municipal wastes, but the application in the agricultural sector has been started only recently. They can be applied for mono-fermentation of yard manure from cows, pigs and poultries but also for co-fermentation of yard manure together with energy crops. Only batch processes without mixing are of interest in agriculture due to the low investment costs. Two different process types were tested recently in full-scale application: container processes with percolation and bag processes without percolation (Fig. 3).

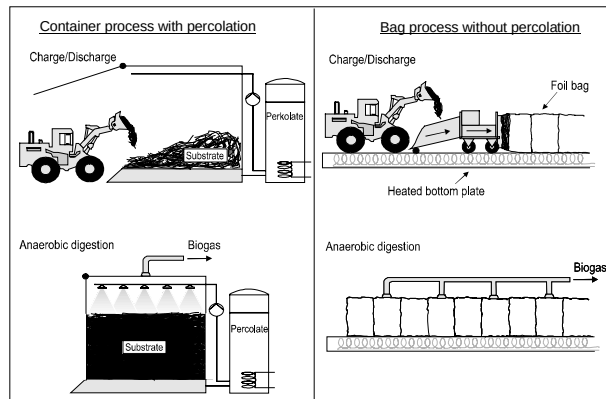


Fig. 3: Typical processes for dry-fermentation

The percolation process consists of a gas tight container which is coupled with a tank for storage and heating of the percolation water. In the first step, when the solid substrate is loaded into the gas tight container, the organic matter is aerated for a short time in order to achieve the mesophilic digestion temperature by aerobic rotting. In the next step the reactor is closed and process water from the percolation tank is spread on the top of the solid substrates for inoculation and to maintain a uniform moisture content in the substrate bed. After 4–6 weeks the anaerobic degradation has been finished and the reactor can be aerated once more for a short time, before the reactor is opened, unloaded and refilled with the next charge (MITTERLEITNER, 2002).

The bag process is operated without percolation and uses a gas tight foil bag for fermentation, which is normally used for ensiling of forage crops. The bag is located on a heated bottom plate and isolated during the operation time. For inoculation the substrate has to be mixed with anaerobic treated matter before the bag is filled, because there is no chance for

controlling the process behaviour after filling. In order to avoid an acidification the ratio between fresh and digested material has to be defined carefully for every individual substrate (LINKE, MIERSCH und GEGNER, 2002).

Dry-fermentation processes are insensitive against foreign matter and use a simple plant technology without moving installations, but they need more security precautions against explosion and show a higher risk for greenhouse gas emissions. Only few experiences from full scale plants are available up to now which makes the evaluation of these processes difficult.

4 Biogas utilisation

Biogas can be used for all applications designed for natural gas if the gas quality is adapted to the requirements by removing gaseous components like H_2S , CO_2 , water and other trace components (Fig. 4).

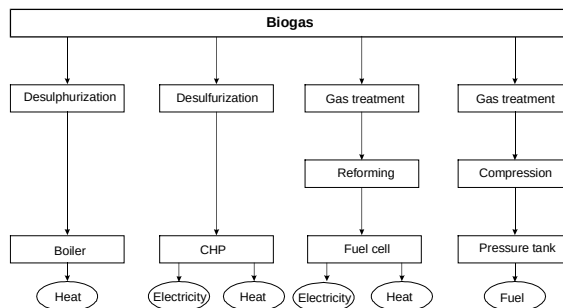


Fig. 4: Possible applications for biogas utilisation

Today, approx. 98 % of all biogas plants in Germany use combined heat and power plants (CHP) with gas or dual-fuel engines. Up to an installed electrical power of 200 kW_{el} dual-fuel engines dominate, which need 8–10 % diesel oil for gas ignition. They show a high electric efficiency of up to 38 % but the exhaust gas is characterized by relatively high emissions of carbon monoxide and nitrogen oxides. For reducing the exhaust gas emissions better motor management technologies and an the admixture of water to the ignition jet are tested. For higher electric capacities spark ignited gas-diesel engines are preferred due to their robustness and high reliability but their electric efficiency is lower and typically in the range between 33 and 35 %. An exhaust gas treatment is not necessary because the CO and NO_x emissions are much lower compared to dual-fuel engines.

Interesting alternatives for the combined heat and power production are micro gas turbines, stirling engines and fuel cells. Micro gas turbines are based on the same technology as turbochargers or auxiliary turbines in air crafts. The compressor, turbine and generator are mounted on the same shaft resulting in only few moving elements. The advantages are a high reliability and low maintenance costs because no lubricants or cooling water is required. The pollutant emissions are low due to the continuous combustion and the formed heat is on a higher level and only in the exhaust gas which enables manifold forms of heat utilisation. The electric efficiency of 25–28 % is lower compared to dual-fuel en-

gines but nearly independent on the load range. Turbines with an electric power between 30 and 100 kW_{el} are available but only few turbines are operated up to now with biogas (DIELMANN und KRAUTKREMER, 2002).

Stirling engines with few kW electric power have come recently on the market for natural gas as fuel which will be soon available also for biogas. The Stirling engine uses an external burner and a fixed amount of a gas which is sealed hermetically inside the gas chambers of two connected cylinders. The gas is heated in one cylinder and cooled in the other cylinder which results in a movement of both pistons. Stirling engines have the potential for a low demand for service because no combustion or explosion takes place inside the cylinders of the engine. Low emissions, low noise and vibrations and a long life-time are expected. The electric efficiency of 24–28 % is also lower compared to conventional combustion engines.

Fuel cells will become an interesting alternative to conventional CHP in few years, because the electric efficiency of 40–60 % is much higher and they produce extremely low emissions, noise and vibrations. They need an intensive gas upgrading for removal of hydrogen sulphide, ammonia and carbon dioxide and a conversion of methane into hydrogen. A first test has started at the Federal Agricultural Research Centre (FAL) in Braunschweig/Germany. The utilisation of biogas as vehicle fuel needs also an upgrading of biogas to achieve the gas quality of natural gas. A first full-scale plant will start-up in Germany in 2003.

References

- DIELMANN, K.P.; KRAUTKREMER, B. (2002): Biogasnutzung mit Mikrogasturbinen in Laboruntersuchungen und Feldtests, Stand der Technik und Entwicklungstendenzen, in: Energie aus Biomasse, OTTI (Hrsg.), Regensburg
- LINKE, B.; MIERSCH, S.; GEGNER, M. (2002): Trockenvergärung im Siloschlauch, in: Biogas - die universelle Energie von morgen, Fachverband Biogas (Hrsg.), Freising
- MITTERLEITNER, H. (2002): Trocken vergären - Es geht auch ohne Gülle, in: Biogas - Strom aus Gülle und Biomasse, Landwirtschaftsverlag, Münster
- RIEGER, CH.; WEILAND, P. (2002): Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich. 2. Zwischenbericht zum Projekt FNR-FKZ 00NR179

Entwicklung eines standardisierbaren Biogasertragstestes zur Ermittlung der Methanausbeute organischer Substanzen

Development of a Standard Method to Determine the Methane Yield of Organic Matter

DOMINIK HELFFRICH, HANS OECHSNER

Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen, Universität Hohenheim, 70793 Stuttgart

Schlüsselwörter: Gärtest, Batch-Versuche, Biogasertrag, Hohenheimer Biogasertragstest

Keywords: fermentation test, batch fermentation, biogas yield, Hohenheimer Biogasertragstest

Zusammenfassung

Zur Planung landwirtschaftlicher Biogasanlagen ist es unerlässlich, die erzielbaren Biogausausbeuten der einzusetzenden Substrate im vorhinein zu kennen. In der Regel werden zur Bestimmung des Biogasertragspotenzials diskontinuierlich arbeitende Versuchsfermenter, mit mehr als drei Litern Volumen eingesetzt.

Der Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) ist ein neues Verfahren zur Ermittlung des Methanertrags aus organischer Substanz, das mit handelsüblichen Laboreinrichtungen durchgeführt werden kann. Durch den kleinen Maßstab können auf engem Raum eine Vielzahl von Wiederholungen bzw. parallele Untersuchungen bei reduziertem Personalaufwand durchgeführt werden.

In umfangreichen Untersuchungen konnte am Beispiel von Rindergülle, Grassilage und Speiseresten belegt werden, dass mit diesem einfachen Versuchsaufbau ebenso gute Ergebnisse erzielt werden können, wie mit den sonst eingesetzten Systemen.

Summary

For the planning of agricultural biogas plants, it is important to know the attainable biogas yields of the substrates, which shall be used. The potential yield of biogas is usually determined in discontinuous fermentation experiments in digesters with more than 3 litres volume.

The "Hohenheimer Biogasertragstest" (HBT) is a new method to investigate the methane yield of organic matter. It is performed with usual laboratory equipment. The small measuring unit allows several repetitions and reduces personal costs.

In large examinations with cattle manure, grass and kitchen wastes it was verified that the quality of the dates, gained with the HBT's simple performed digesters is comparable to the results of conventional systems.

1 Hohenheimer Biogasertragstest

1.1 Einleitung und Zielsetzung

In landwirtschaftlichen Biogasanlagen werden zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit verschiedene organische Stoffe als Gärsubstrate eingesetzt. Gerade die Planung dieser Anlagen erfordert eine genaue Kenntnis der erzielbaren Gasausbeuten aus den vorhandenen Substraten. Hierfür werden in der Regel diskontinuierliche Vergärungen im Labor angesetzt, bei denen das maximale Biogasertragspotenzial ermittelt wird. Das Standardverfahren nach DIN 38 414 Teil 8 (DEV 1985) ist für dünnflüssige Substrate mit geringem Gasbildungspotenzial aus der Abwasserwirtschaft ausgelegt. Für die in der Landwirtschaft üblichen Gärsubstrate mit erheblich höherem organischem Anteil ist das Verfahren ungeeignet. Daher werden von den Forschungseinrichtungen, die sich mit Biogasverfahren beschäftigen, unterschiedliche, meist in Eigenarbeit und mit viel Aufwand hergestellte Versuchsaufbauten zur Bestimmung des Gasbildungspotenzials verwendet (SCHERTLER und KÜBLER 1996).

Das Ziel der Entwicklung des Hohenheimer Biogasertragstests war es, den Versuchsaufbau zu vereinfachen und zu verkleinern, um mehr Wiederholungen bzw. Analysen gleichzeitig durchführen zu können und mögliche Fehlerquellen, wie Undichtigkeiten in den Gasleitungen zu vermeiden. Der Arbeitsaufwand zum Aufbau der Laboreinrichtungen, der Betreuungsaufwand während der Versuche und die zu transportierende Testsubstratmenge sollten vermindert werden. Es galt, das neue Verfahren so zu konzipieren, dass es mit handelsüblichen Laboreinrichtungen durchführbar ist. Durch eine Reduzierung des Impfgüllebedarfs sollte es einfacher werden das Impfsubstrat selbst zu kultivieren. Insgesamt muss das Verfahren reproduzierbare und mit bisherigen Methoden vergleichbare Ergebnisse liefern.

2 Verfahrensbeschreibung des Hohenheimer Biogasertragstests

2.1 Versuchsaufbau

Aufbauend auf die Vorgehensweise beim Hohenheimer Futterwerttest (STEINGAß und MENKE 1986) dienen Glasspritzen (Kolbenprober) mit einem Volumen von 100 bzw. 200 ml mit einer 1/1 Graduierung sowie einem Kapillaransatz, wie in Abbildung 1 gezeigt, als Fermenter. Auf den Kapillaransatz wird ein gasdichtes Schlauchstück aufgesetzt, das mit einer Schlauchklemme verschlossen werden kann. Um den Spalt zwischen Stopfen und Glaskolben abzudichten, wird ein gegenüber dem anaeroben Abbau inertes Gleitfett verwendet. Etwa 60 Kolbenprober werden in einen motorbetriebenen Rotor eingesteckt. Dort werden sie zur Durchmischung bewegt. Die gesamte Einheit wird in einen Brutschrank eingebaut. Dort kann die gewünschte Gärtemperatur gewählt werden.

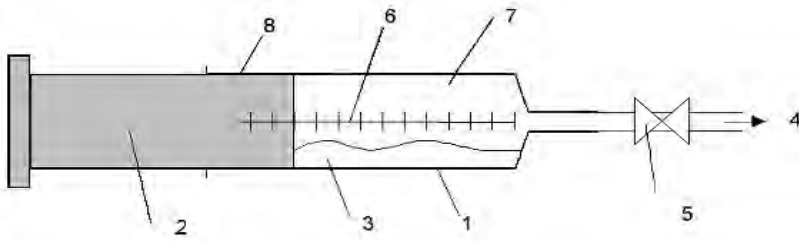


Abb. 1: Kolbenprober mit 1 Glasspritze; 2 Stopfen; 3 Gärsubstrat; 4 Öffnung zur Gasanalyse; 5 Schlauchklemme; 6 Graduierung 1/1; 7 Gasraum; 8 Gleit- und Dichtmittel (Patentantrag C02F 11/04)

2.2 Impfsubstrat

Zum Ansetzen eines Gärversuchs wird Impfsubstrat benötigt. Hierfür wird z. B. ausgefäulte Gülle aus einer landwirtschaftlichen Biogasanlage verwendet. Dieses Impfsubstrat muss temperiert und gasdicht gehalten werden. Zur Kultivierung eignen sich Durchfluss- oder Speicherbiogasanlagen im Labormaßstab. Normalerweise genügt die Adaption der Impfgülle an die Testsubstrate während des Gärtests. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Impfgülle nicht zu sehr „aushungert“ und eine ausreichende Vitalität zeigt. Andererseits sollte sie nicht zu stark gefüttert werden, da sie sonst im späteren Versuchsansatz eine zu hohe Eigengasbildung besitzt, welche die Genauigkeit des Ergebnisses ungünstig beeinflusst. Die Impfgülle sollte bei der späteren Versuchstemperatur gehalten und ein- bis zweimal pro Woche mit hemmstofffreier Rindergülle gefüttert werden.

2.3 Probenaufbereitung

Da die für einen Fermenter benötigte Menge Testsubstrat weniger als ein Gramm beträgt, kommt der Probennahme und –aufbereitung eine besondere Bedeutung zu. Je nach Trockensubstanzgehalt wird eine repräsentative Probe von etwa einem Kilogramm Frischmasse gezogen. Die Probe wird auf den Gehalt an Trockensubstanz-, organischer Substanz und Asche untersucht. Anschließend wird sie in einem Trockenschrank schonend bei 50-60 °C, 48 Stunden lang getrocknet. Dieses Verfahren hat sich in der Tierernährung bewährt, da es nur einen unwesentlichen Einfluss auf das Gasbildungsvermögen ausübt (STEINGAß 1983). Nach der Trocknung sollten gut 100 g mit wenigstens 85 % Trockensubstanzgehalt vorhanden sein. Anschließend wird die Probe auf einen Millimeter Siebdurchgang zerkleinert. Hierfür hat sich eine Schneidmühle bewährt, die das Substrat zerkleinert ohne den Staubanteil wesentlich zu erhöhen. Die Aufbereitung der Probe ermöglicht eine repräsentative Einwaage von 500 mg Testsubstrat in den Fermenter. Diese Kombination aus Trocknung und Zerkleinerung entspricht auch der gängigen Aufbereitungsmethode für Futtermitteluntersuchungen (NAUMANN und BASSLER 1976).

2.4 Versuchsansatz

Für den Versuchsansatz wird das Impfsubstrat grob abgesiebt und unter ständigem Rühren im Temperierbad mit CO₂ begast. In die vorbereiteten Kolben werden zuerst etwa 30 ml Impfsubstrat gegeben und die Einwaage auf 1/100 Gramm genau bestimmt. Anschließend werden 500 mg des Testsubstrates mit Hilfe einer Analysenwaage auf 1/1000 Gramm genau eingewogen. Die Restluft wird mit dem eingefetteten Stopfen aus dem Kolben verdrängt und dieser gasdicht verschlossen. Mit jedem Testsubstrat werden mindestens drei Wiederholungen angesetzt und mindestens drei Kolben mit reinem Impfsubstrat als Nullvariante betrieben.

Sobald eine, zur qualitativen Analyse, ausreichende Menge Biogas vorhanden ist, wird der Füllstand des Kolbens abgelesen und das Gas durch Einschieben des Stopfens der Analyse zugeführt. Anschließend wird der Kolben wieder gasdicht verschlossen und der Füllstand erneut notiert.

3 Übertragbarkeit auf andere diskontinuierliche Gärversuche

3.1 Batch-Versuche in verschiedenen Fermentertypen

Mit dem neu entwickelten Biogasertragstest werden seit über zwei Jahren verschiedenste Substrate vergoren. Um die Übertragbarkeit auf andere Gärverfahren und seine Zuverlässigkeit zu überprüfen, wurden im Biogaslabor der Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen und des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim Vergleichsversuche mit Eudiometern nach DIN 38 414 Teil 8, in liegenden und stehenden Laborbiogasermentern mit 16 bzw. 32 Litern Faulraumvolumen (in Hohenheim verwendete Standardfermenter) durchgeführt. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Versuchsansätze mit reiner Impfgülle, Rindergülle, Grassilage und Speiseresten.

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Gärversuche zum Verfahrensvergleich

Substrat	Fermenterbauart	stehend 32 l	liegend 16 l	Eudiometer 250 ml	HBT 30 ml
Impfgülle (IG)		X	X	X	X
IG & Frischgülle (roh)			X		
IG & aufbereitete Frischgülle mit H ₂ O _{dest.}			X	X	X
IG & aufbereitete Frischgülle					X
IG & Grassilage (roh)			X		
IG & aufbereitete Grassilage mit H ₂ O _{dest.}			X	X	X
IG & aufbereitete Grassilage					X
IG & Speisereste (roh)		X			
IG & aufbereitete Speisereste mit H ₂ O _{dest.}		X		X	X
IG & aufbereitete Speisereste					X

3.2 Ergebnisse

In allen eingesetzten Fermentertypen ergab sich eine zunächst starke und nach circa 10 Tagen langsam abnehmende Biogas- bzw. Methanproduktion. In Abbildung 2 sind exemplarisch die aufsummierten Methanerträge von drei Vergärungsvarianten mit Speiseresten und der dazugehörigen Impfgülle dargestellt. Die Speisereste wurden aufbereitet und roh in stehenden 32 l großen Fermentern sowie nach dem HBT- Verfahren vergoren. Die Endwerte der Speiserestevergärung in den stehenden Fermentern zeigen, dass die Aufbereitungsmethode weder eine Steigerung noch eine Verminderung des Methanertrags bewirkt. Die Ergebnisse der drei Wiederholungen mit aufbereiteten Speiseresten streuen weniger stark, als die der rohen Speisereste. Der erfassbare Normmethanertrag lag sowohl für die Impfgülle als auch für die aufbereiteten Speiseresten bei der Vergärung nach dem HBT um circa 10 % höher als in den stehenden Fermentern.

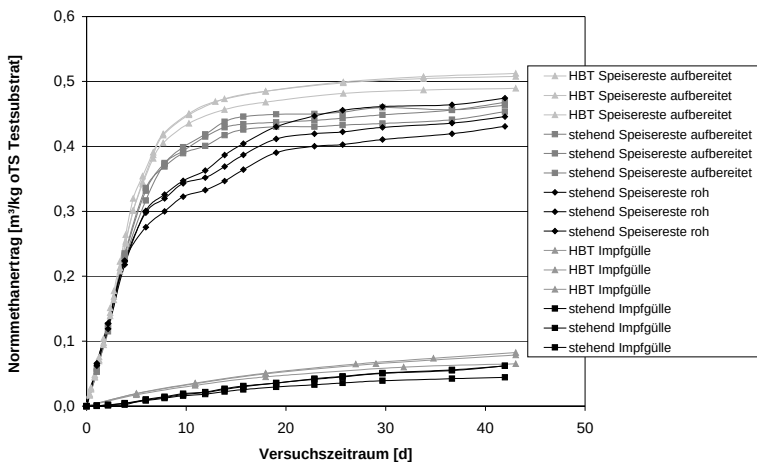


Abb. 2: Summenkurven von jeweils drei Wiederholungen der Speiserestevergärung und der dazugehörigen Impfgüllen

Die Belastung der Impfgülle mit organischer Substanz aus Testsubstrat war in beiden Fermentertypen gleich hoch. Die Kolbenprober wurden nach dem Verfahren des Hohenheimer Biogasertragstests angesetzt, während die stehenden Fermenter mit der Impfgülle, den frischen und aufbereiteten Speiseresten auf ein Gramm genau beschickt wurden. Da es sich bei Verfahren zur Bestimmung des Biogasertrages nicht um physikalische Messverfahren handelt, sondern um biologische Prozesse, die äußeren Einflüssen unterliegen, sind geringe Abweichungen innerhalb der Wiederholungen als normal zu betrachten.

Zum Teil kann durch die besondere Aufbereitung der Substratprobe trotz der geringen Mengen leichter eine repräsentative Einwaage erreicht werden. Dadurch weichen die Wiederholungen weniger voneinander ab, was eine erhebliche Verbesserung der Ergebnisse bedeutet.

Der Hohenheimer Biogasertragstest stellt einen Fortschritt im Bereich der Gärversuche dar, da er auf Standardverfahren aufbauend die bisherigen Versuchsaufbauten vereinfacht. Durch die technische Vereinfachung wird die Schlagkraft des Labors, bei Reduktion von Fehlermöglichkeiten und Personalaufwand, erhöht.

Literatur

DEV DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN ZUR WASSER-; ABWASSER- UND SCHLAMM-UNTERSUCHUNG, Gruppe S-Schlamm und Sedimente (1985): Bestimmung des Faulverhaltens, DIN 38 414 Teil 8

LEMMER, A.; OECHSNER, H. (2000): Bestimmung des Gasertrages verschiedener Feldfrüchte, Hohenheim, Mai 2001

NAUMANN, C; BASSLER, R. (1976): Methodenbuch III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 1. Ergänzungslieferung 1983. VDLUFA-Verlag Darmstadt

STEINGAß, H.; MENKE, K. H. (1986): Schätzung des energetischen Futterwerts aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse; Übersicht der Tierernährung, 14: 251-270

SCHERTLER, C.; KÜBLER, H. (1996): Gärtest zur Bestimmung des Biogasertragspotentials; Entsorgungspraxis 14 (9): 33-36

Energetische Verwertung hygienisch bedenklicher Nahrungsmittelabfälle durch Monofermentation in Biogasanlagen

Monofermentation of Hygienically Critical Nutritional Wastes in Biogas Plants for Energetic Use

JAN ADOLPH, JÜRGEN BECK, THOMAS JUNGBLUTH

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

Schlüsselwörter: Biogasanlagentechnik, regenerative Energie, Reststoffbehandlung, Speisereste, Methan, anaerobe Fermentation

Keywords: biogasplants, regenerative energy, waste treatment, nutritional waste, methane, anaerobic fermentation

Zusammenfassung

Im Rahmen eines von Pro-Inno/AIF geförderten Gemeinschaftsprojektes mit den Partnern Biogas System Technik-Deutschland in Donaueschingen und den Instituten für Agrartechnik sowie für Umwelt- und Tierhygiene der Universität Hohenheim wird eine am Standort Donaueschingen errichtete Biogaspilotanlage zur Verarbeitung von ca. 8.000 t/a Speiseresten und Nahrungsmittelrückläufern wissenschaftlich betreut. Ziel ist es, sowohl den Gärprozess mit den Besonderheiten der Monofermentation von Speiseresten durch verfahrenstechnische Untersuchungen zu optimieren, als auch den Nachweis der hygienischen Unbedenklichkeit des Endsubstrates zu erbringen. Im Vorversuch wurden im Biogaslabor des Instituts für Agrartechnik begleitende systematische Versuche zur Monofermentation von Speiseresten durchgeführt.

Das realisierte Gesamtkonzept soll abschließend für die Anwendung in Landwirtschaft, Industrie und Kommunen optimiert und standardisiert werden.

Summary

Together with the partners Biogassystemtechnik Deutschland, the Institute of Agricultural Engineering and the Institute of Environment and Animal Health, scientific research is done at a pilot biogas plant in Donaueschingen (Germany) supported by Pro-Inno/AIF, Berlin. The process is able to digest 8.000 t/yr. of nutritional wastes and expired food. The aim of the project is to improve the efficiency and to certificate the hygienic safety of the process. The project started in 2001 with detailed experiments in the Biogas-Laboratory of the Institute of Agricultural Engineering to obtain more information about the monofermentation of nutritional wastes. The investigations should establish standards for agricultural, industrial and municipal utilization of the process.

1 Einleitung und Zielsetzung

In der Bundesrepublik fallen jährlich etwa 2 Mio. t Speisereste aus Gastronomie, Großküchen, Krankenhäusern etc. und zusätzlich beträchtliche Abfallmengen aus der Nahrungsmittelindustrie und -vermarktung an, die bisher nach einer umfangreichen Aufbereitung durch spezialisierte Entsorgungsbetriebe als Schweinefutter in die Landwirtschaft zurückgeführt wurden. Ein Beschluss der EU-Agrarminister aus dem Jahr 2001 sieht nun mit Übergangsfristen ein Verbot der Verfütterung von Speiseresten an Tiere vor. Hieraus ergibt sich ein nicht zu unterschätzendes Entsorgungsproblem für das Material, wodurch sehr hohe Kosten für die Entsorgung entstehen.

Ziel der Untersuchungen ist es daher, ein geeignetes Verfahren zur Behandlung dieses Materials zu entwickeln und zu erproben. Neben dem biologischen Abbau des organischen Anteils soll ein Endprodukt mit einwandfreier hygienischer Qualität entstehen, das ohne Risiko in den landwirtschaftlichen Nährstoffkreislauf zurückgeführt werden kann. Verbunden damit ist die zusätzliche Energiegewinnung, die nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG 2000) als regenerative Energie gilt. Einen vielversprechenden Ansatz hierfür bietet die in den letzten Jahren deutlich weiterentwickelte Biogastechnologie.

2 Material und Methode

Um für den Betrieb der Pilot-Biogasanlage belastbare Daten für Betriebsempfehlungen zu haben, wurden von März bis Juni 2002 im Biogaslabor der Universität Hohenheim Voruntersuchungen zur Monofermentation von Speiseresten durchgeführt. Parallel dazu wurde in Donaueschingen die Praxisanlage errichtet, die den Betrieb aufnahm.

2.1 Laborversuchsanlage

Es standen zwölf Fermenteranlagen mit 16 l Nettovolumen, Rührwerk, Heizvorrichtung und Nassgasometer zur Verfügung (siehe Abb.1). Für die Bereitstellung übertragbarer Ergebnisse wurde das gleiche Material in den Versuchsbiogasanlagen eingesetzt, wie auch nach Donaueschingen geliefert wird. Um in den vorbereitenden Untersuchungen möglichst praxisnahe Bedingungen simulieren zu können mussten Vorversuch und Pilotanlage hinsichtlich Substrat und Temperaturführung sowie Verweilzeit mit der entsprechenden Raumbelastung vergleichbar sein.

Die Untersuchungen beinhalteten folgendes Arbeitsprogramm:

- Einfahren der Laborfermenter/Test der Versuchsanlage auf Funktion
- Temperatureffekt (mesophil/thermophil)
- Variation der Raumbelastung
- zweistufige Prozessführung, Prozessstabilisierung und Anpassungen

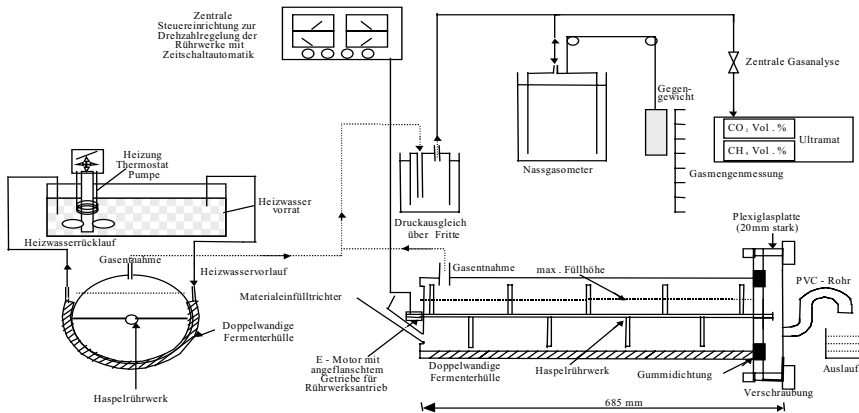


Abb. 1: Liegender Biogasfermenter (16 l Nettovolumen, semikontinuierlicher Durchlaufbetrieb) mit Haspelrührwerk und Nassgasometer

Scheme of the laboratory biogas-plant, 16 l Volume, mechanical stirrer and semicontinuous flow

2.2 Pilotanlage

Die Speisereste werden in zerkleinertem, pumpfähigem Zustand mit einem Silotankzug an die Anlage geliefert und in den Vorbehälter gepumpt. Die Lebensmittelmarktrückläufer sollen später in der Anlieferungshalle zerkleinert, von Störstoffen und Verpackungsmaterial getrennt und auf einen Trockensubstanzgehalt von ca. 15 % eingestellt werden. Anschließend gelangt dieses Substrat ebenfalls in den Vorbehälter mit 200 m³ Rauminhalt wo es bis zur Einspeisung zwischengelagert wird (Abb.2).

Beide Materialströme gelangen anschließend portionsweise in eine Hygienisierungsanlage, in der das Material nach Erreichen der Solltemperatur von 70 °C für 30 Minuten verbleibt. Die hygienisierte und abgekühlte Charge von etwa 3 m³ wird nun in die Beschickungsgrube mit einem Volumen von 115 m³ als Materialpuffer zwischengelagert. In kurzen Intervallen wird in beiden Behältern das Material mit einem Propellerrührwerk homogenisiert. Das in der Beschickungsgrube vorgehaltene Volumen reicht bei Vollastbetrieb der Anlage etwa für fünf Tage aus, so dass auch bei ausbleibender Materialzulieferung während des Wochenendes ein vollautomatischer Betrieb gewährleistet ist.

Von der Beschickungsgrube gelangt das Material anschließend zu vier wärmege­däm­men, liegenden Rohrfermentern mit einem Nettovolumen von jeweils 165 m³. Sie sind 25 Meter lang sowie um 15 Grad zum vorderen Ende geneigt, bei einem Durchmesser von drei Metern. Die zentrale Rührwelle dient sowohl der Materialdurchmischung und Entgasung als auch zur Beheizung des Fermenters, da sie im vorderen Drittel beheizt ist.

Das fermentierte Substrat wird im hinteren Bereich der Rohrfermenter über einen Dom entnommen und fließt durch einen Siphon in den 1.000 m³ fassenden Nachfermenter. Der Gasdom an den Rohrfermentern hat sowohl die Funktion der Gasentnahme als auch durch Einblasen von ca. 4 % Luft zu der entstehenden Gasmenge die Aufgabe der Gasentschwefelung durch dort angesiedelte schwefelreduzierende Bakterien. Gleiches gilt für den Nachfermenter, wobei jeder Gasstrom separat der Gasentfeuchtung zugeführt und mengenmäßig erfasst wird. Gleichzeitig erfolgt eine automatische Messung des CO₂, CH₄ und H₂S Gehaltes.

Das aufbereitete Gas wird in einem BHKW (511 kW_{el}, 615 kW_{th}) verwertet, wobei bei Vollast und angestrebten 8.000 t Materialdurchsatz pro Jahr etwa 2,9 Mio. kWh elektrische Energie erzeugt werden sollen, die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) mit 10,1 Eurocent vergütet werden.

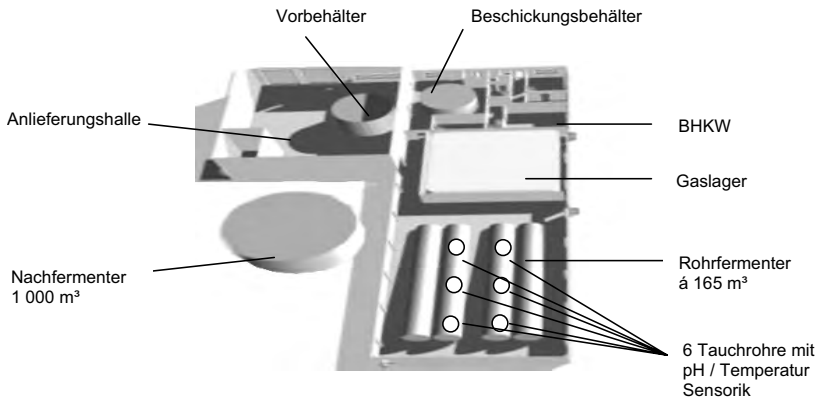


Abb. 2: Modell-Zeichnung der Pilotanlage
Model-scheme of the pilot Biogas-Plant

An der Pilotanlage werden vom Institut für Agrartechnik umfangreiche verfahrenstechnische Untersuchungen vorgenommen. Das Institut für Umwelt- und Tierhygiene führt begleitende seuchenhygienische Untersuchungen durch.

Die beiden mittleren Rohrfermenter sind jeweils mit drei Tauchrohren ausgestattet, die die Probenentnahme direkt aus dem Rohrfermenter ermöglichen (Abb.1) und das Einbringen von Keimträgern und pH-Sensoren erlauben. Insgesamt wird so an sieben Stellen des Prozesses Material entnommen:

- 1 Vorgrube,
- 2 Beschickungsgrube,
- 3,4,5 Rohrfermenter vorne/mitte/hinten
- 6 Auslauf Rohrfermenter
- 7 Nachfermenter

Diese Proben werden auf TS/oTS und flüchtige Fettsäuren hin untersucht, vor allem die für den Prozessverlauf charakteristische Essigsäure und Propionsäure. Die Werte lassen Rückschlüsse über den Abbaugrad und die Effektivität des Prozesses zu und es lassen sich Annahmen über die Prozessbelastung machen. Weiterhin werden in regelmäßigen Abständen repräsentative Einzelproben auf ihre Nährstoffgehalte hin untersucht. Die beiden speziell ausgerüsteten Versuchsfermenter verfügen zudem noch über eine aufwendige pH- und Temperaturmesstechnik, die Untersuchungen zu Materialschichtungen und Strömungen innerhalb der Rohrfermenter ermöglichen soll.

Das Institut für Umwelt- und Tierhygiene der Universität Hohenheim hat im Rahmen der seuchenhygienischen Untersuchungen zudem über diese Tauchrohre die Möglichkeit, Keimträger mit Bakterien- und Virensuspension in den Prozess einzubringen, um Aussagen über die Effizienz der Hygienisierungsleistung treffen zu können.

Arbeitsprogramm an der Pilotbiogasanlage:

- Einfahren der Pilotanlage und Funktionstest
- Installation der pH- und Temperaturmesstechnik
- Stabilisierung der Betriebsverhältnisse
- Temperatureffekt (mesophil/thermophil), Variation der Raumbelastung

3 Erste Ergebnisse

3.1 Ergebnisse des Vorversuchs

Die Laboruntersuchungen haben gezeigt, dass die Monovergärung von Speiseresten ein sehr sensibler Prozess ist. Vor allem die leichte Fermentierbarkeit mit der Folge niedriger Ausgangs-pH-Werte (pH 3,2–5) und die fehlende Pufferkapazität durch andere N-reiche Stoffe wie z. B. Flüssigmist stellen eine hohe Belastung für die Vergärung dar.

Trotzdem gelang es, stabile Betriebsverhältnisse sowohl im mesophilen als auch im thermophilen Temperaturbereich mit folgenden Leistungen zu erreichen (siehe Tab.1)

Tab. 1: Methanausbeuten im Laborversuch (Gesamtmittel)

Methane yields in the laboratory experiments (total mean)

	Einlaufphase		1. Hauptphase	
	mesophil	thermophil	mesophil	thermophil
Reaktorspez. Methanausbeute (l CH ₄ /l RV ¹ · d)	1,34	1,2	1,77	2,25
Substratspez. Methanausbeute (l CH ₄ /kg oTS)	351,57	433,97	349,45	445,06

¹RV = Reaktorvolumen

3.2 Ergebnisse an der Pilotanlage

Seit dem 01.08.2002 bis einschließlich Nov. 2002 ist die Biogasanlage in Donaueschingen noch im Einfahrbetrieb. Es wird bereits ein qualitativ hochwertiges Gas mit ca. 56 % CH₄ im Durchschnitt erzeugt, das im BHKW zu Strom und Wärme verarbeitet wird (siehe Abb. 3). Die produzierte Gasmenge liegt bei etwa 2200 m³/d wodurch sich eine Stromproduktion von 4000 kWh/d ergibt. Die aus dem angelieferten Speiserestssubstrat entstehenden Gasmengen sind enorm hoch, es werden bis zu 200 m³ Biogas/t Frischmasse erreicht. Dies entspricht etwa 640 l CH₄/kg oTS. Diese Werte liegen damit höher als im Laborversuch, was vermutlich vor allem durch die gleichmäßigere Beschickung jeweils im zwei Stunden-Intervall erreicht wird. Der Prozess wird gleichmäßiger mit Substrat versorgt als im Labor, in dem aus arbeitstechnischen Gründen nur eine dreimalige Beschickung pro Tag realisiert werden konnte.

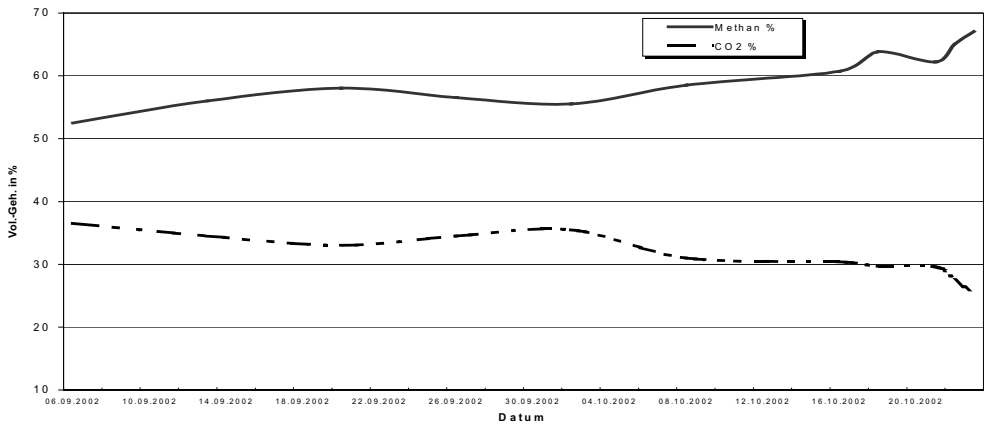


Abb. 3: CH₄- und CO₂-Werte im Biogas an der Praxisanlage (Einfahrbetrieb)
 CH₄- und CO₂-Data from biogas at the Pilot-Biogasplant (Starting Phase)

4 Ausblick

Die Versuche zur Monovergärung von Speiseresten im Laborversuch wurden im Juli 2002 abgeschlossen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist eine Monovergärung von Speiseresten unter Berücksichtigung der Sensibilität des Prozesses mit entsprechenden verfahrenstechnischen Regelungsmechanismen möglich. Die Pilot-Biogasanlage in Donaueschingen ist planmäßig ebenfalls im Juli 2002 in Betrieb gegangen, so dass zeitgleich mit der Messwerterfassung und Probenentnahme begonnen wurde. Somit konnte bereits die Anlaufphase dokumentiert werden, in der der Prozess erfahrungsgemäß schwieriger zu handhaben ist. Die verfahrenstechnischen und hygienischen Untersuchungen sind für eine Dauer von 12 Monaten vorgesehen, so dass sie voraussichtlich im August 2003 abgeschlossen sein werden.

Anaerobbehandlung von Gülle und Kofermenten – Seuchen- und phytohygienische Aspekte im Rahmen der Novellierung der Bioabfallverordnung (BioAbfV)

Anaerobic Treatment of Manure and Biological Wastes – Sanitation Problems under the Aspect of Future German Laws (Bioabfall-Verordnung)

WERNER PHILIPP, KATJA ADE, MILAN DRCA, HELGE LORENZ, REINHARD BÖHM

Institut für Umwelt- und Tierhygiene, Universität Hohenheim (460), 70593 Stuttgart

Schlüsselwörter: BioAbfV, Seuchen-/Phytohygiene, Kofermentation, landwirtschaftliche Biogasanlagen
Keywords: biological waste ordinance, hygienisation, cofermentation, agricultural anaerobic treatment plants

Zusammenfassung

Die Behandlung von biogenen Abfällen in Anaerobanlagen muss seuchen- und phytopathogene Erreger durch die Prozesseinflüsse eliminieren. Genügend hohe Temperaturen und eine entsprechende Zeitdauer der Einwirkung können relevante Erreger inaktivieren. Das Tabak-Mosaik-Virus (TMV), welches für die Prüfung der hygienisierenden Wirkung des Kompostierungsprozesses als Indikatororganismus im Rahmen der s. g. direkten Prozessprüfung nach geltender Bioabfallverordnung (BioAbfV) definiert wurde, eignet sich nach bisherigen Erkenntnissen nur bedingt für die Überprüfung von Vergärungsanlagen. Im folgenden werden Vorschläge der Autoren zur Modifikation der Prüfmethode der Hygienisierungsleistung von Vergärungsanlagen erläutert, die auf Projektergebnissen basieren und die die beabsichtigte Novellierung der BioAbfV betreffen.

Summary

The treatment of biological waste in biogas plants must assure elimination of epidemiologically relevant and phytopathogenic microorganisms. If duration times in the fermenter are long enough and the temperatures reached high enough, these pathogens can be eliminated. The tobacco mosaic virus (TMV) was defined by the biological waste ordinance (BioAbfV) as control-organism for the sanitising effect of the composting process (direct process control). According to recent findings, the suitability of this organism to control the sanitation effect of anaerobic treatment processes is only limited. Here, based on project results, the authors present suggestions concerning a modification of control methods of the BioAbfV for the sanitising effect of biogas plants.

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei der Behandlung von Bioabfällen in Anaerob- oder Vergärungsanlagen gibt es bis heute noch Kenntnislücken dazu, inwieweit durch diese Behandlung eine ausreichende Hygienisierung der Verwertungsprodukte (Gärreste) erreicht werden kann. Als besonders problematisch stellt sich bisher sowohl bei Untersuchungen in Laboranlagen als auch in Praxisanlagen die Inaktivierung des Tabak-Mosaik-Virus (TMV) bei den verwendeten Expositions- und Auswertungsverfahren im Rahmen der nach BioAbfV vorgeschriebenen direkten Prozessprüfung dar. Während diese Techniken mit TMV als ausgewählten Prüforganismus zur phytohygienischen Überwachung der Kompostierung gut geeignet sind, zeigt sich, dass das in der Kompostierung angewandte und bewährte Vorgehen zur Prüfung der Inaktivierung phytopathogener Keime nicht ohne Einschränkung auf die anaerobe Bioabfallbehandlung zu übertragen ist. Andererseits sind durch die Diskussionen auf europäischer Ebene eine Reihe von „neuen“ mikrobiellen Parametern aufgekommen, die unbedingt im Sinne einer möglichen Harmonisierung nationaler Vorschriften in vergleichenden Untersuchungen validiert werden müssen. Ziel laufender Untersuchungen ist daher zu prüfen, unter welchen Umständen ein Verzicht auf die Alternativen stehen die Prüfung der mikrobiologischen Qualität des Endproduktes „Gärrest“ sowie der zu erwartende „Hygienisierungsleistung“ einer Anaerobanlage durch mikrobiologische Untersuchung des Substrates vor und nach der anaeroben Behandlung in Verbindung mit indirekten Prozesskontrollen zur Wahl.

2 Seuchenhygiene

2.1 Seuchenhygiene Untersuchungsergebnisse – Tenazitätsprüfungen an Anaerobanlagen

Im Rahmen der direkten Prozessprüfung mit Hilfe der sog. „Rapp-Keimträger“ wurden vergleichende Untersuchungen zur Überlebensfähigkeit (Tenazität) von Salmonellen (*S. senftenberg* _{W 775}; H₂S neg.) und Coli-Phagen in verschiedenen thermophil betriebenen Biogasanlagen durchgeführt. Aus den vielen Untersuchungsergebnissen ist in Tabelle 1 beispielhaft die Tenazität von *S. senftenberg* und Coliphagen in einer thermophil betriebenen Anlage (45–49 °C) dargestellt.

Tabelle 1 zeigt, dass die artifiziell in die Biogasanlage eingebrachten Salmonellen in der Mehrzahl der Beprobungen innerhalb von 24 Stunden um 8 Zehnerpotenzen reduziert werden. Nur in drei Proben waren sie noch in einer geringen Konzentration in der Größenordnung bis 10¹ KBE/g Gülle nachweisbar. Coliphagen konnten im Gegensatz dazu, sowohl nach 24 als auch nach 48-stündiger Aufenthaltszeit noch in allen Proben nachgewiesen werden. Nach 48 Stunden betrug deren Konzentration pro ml Gülle in allen Proben noch > 10³ KBE.

Tab. 1: Tenazität von *Salmonella senftenberg* und Coliphagen in einer Praxisanlage bei Temperaturen zwischen 45-49 °C; Ausgangskonzentration der Salmonellen 3,3 x 10⁸ KBE/g Gülle; Aufenthaltszeit im Reaktor 24 h Coliphagen 1,3 x 10⁸ pro Gramm Gülle; Aufenthaltszeit im Reaktor 24 und 48 h
Tenacity of *Salmonella senftenberg* and coliphages in an agriculturally used fermentation plant at temperatures between 45-49 °C; original concentration of *Salmonella* 3.3 x 10⁸ cfu/g manure; expose time in the fermentor 24 hrs. Original concentration of coliphages 1,3 x 10⁸ cfu/g manure; expose time 24 and 48 hrs.

KT/Salmonellen	Qualitativ	Quantitativ	KT/Coliph./24h	Qualitativ	Quantitativ
1a	-	n.n.	1a	+	5,0 x 10 ³
1b	-	n.n.	1b	+	3,3 x 10 ⁴
2a	-	n.n.	2a	+	1,8 x 10 ⁴
2b	-	n.n.	2b	+	1,8 x 10 ⁵
3a	-	n.n.	KT/Coliph./48h		
3b	-	n.n.			
4a	+	0,36 x 10 ⁰	1a	+	5,2 x 10 ³
4b	-	n.n.	1b	+	1,3 x 10 ³
5a	+	2,3 x 10 ⁰	2a	+	1,5 x 10 ³
5b	-	n.n.	2b	+	8,0 x 10 ³
6a	+	2,4 x 10 ¹			
6b	-	n.n.			

2.2 Untersuchungsergebnisse – Substratanalysen in Anaerobanlagen

Aus Abbildung 1 werden beispielhaft Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen ersichtlich. Bei der Erfassung der Gesamt- sowie fäkalcoliformen Keime der Salmonellen sowie Enterokokken werden mit Ausnahme der Salmonellen Schwankungen in der Anzahl der Keime ersichtlich, wobei auffallend mit den letzten Ergebnissen der zum Zeitpunkt der Manuskripterstellung ermittelten Daten ein Anstieg der Enterokokken zu verzeichnen ist (Abb. 1).

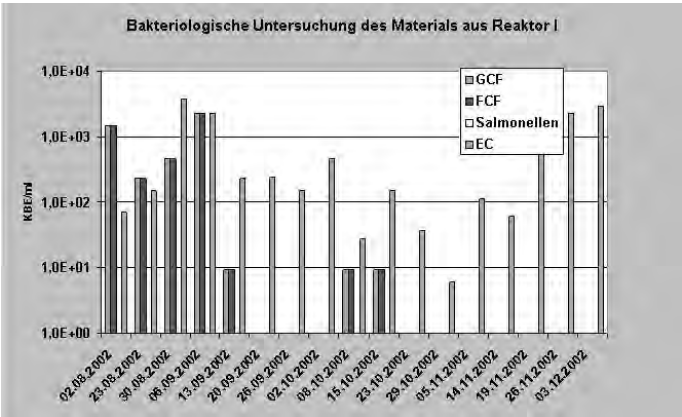


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung mikrobiologischer Untersuchungen von Substratproben aus einer Anaerobanlage

Representative data for microbiological studies of substrate samples from anaerobic treatment plant

In der Gesamtschau von insgesamt 20 untersuchten Biogasanlagen in der Praxis hat sich gezeigt, dass bei 11 Anlagen mit Vorerhitzung der Kosubstrate 6 Anlagen im Lagerbehälter die „Richtwerte“ an Fäkalcoliformen und Fäkalstreptokokken von $< 5 \times 10^3$ KBE/g Gärrest, welche in den „Hinweisen zum Vollzug der BioAbfV“ von einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe im Jahre 2000 veröffentlicht wurden, überschreiten. Von 9 mesophil untersuchten Anlagen können 4 Anlagen die Richtwerte nicht einhalten. Hierzu ergeben sich für die zukünftige Überwachungsstrategien von Anaerobanlagen, besonders bei landwirtschaftlichen Kofermentationsanlagen, die eine Mischung aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und Kofermenten vergären, 2 Fragestellungen: Erstens: Sollten die Endproduktproben direkt aus der Vorbehandlung (Pasteurisierung 70 °C/1h) oder aus dem thermophilen Bereich gezogen werden und nicht im Endlager? (bis zum Lagerbehälter ist eine Vermischung von behandelten und unbehandelten Substraten nicht zu vermeiden). Zweitens: Oder sollte die Gülle generell auch dem Erhitzungsgebot unterzogen werden (siehe (EG) Nr. 1774/2002; (2))?

3 Phytohygiene

Die Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des Verhaltens bzw. der Tenazität von TMV-Virus in Laborfaulanlagen bei der Kombination anaerobe Behandlung (21 d) mit Pasteurisierung (Vor- bzw. Nachbehandlung 70 °C/1h). Je höher die Anzahl der Läsionen, desto geringer ist die Beeinflussung des Virus durch den Faulprozess.

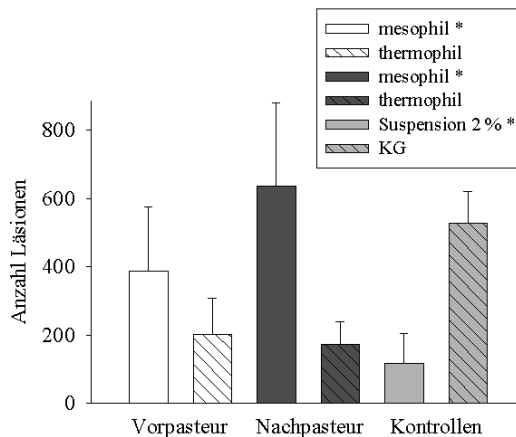


Abb. 2: Anzahl der Läsionen pro Halbblatt nach 21-tägiger Faulung mit Vor- und Nachpasteurisierung. Number of lesions per half leaf after 21 days of decaying with and without pre- and post-pasteurization

Es wird ersichtlich, dass nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungsvarianten (mesophil/thermophil) vorhanden sind. Die höheren Läsionswerte bei den Proben aus der mesophilen Faulung sind methodisch bedingt (im Biotest wurde bei den Proben aus der mesophilen Stufe die gesamte Blattfläche inkuliert; bei der thermophilen nur die halbe). Vergleichbare Ergebnisse zeigen die bisherigen Untersuchungen in Praxisanlagen. In weiteren Untersuchungen liegt ein Schwerpunkt in der Auswahl und Beprobung unterschiedlicher „Expositionstechniken“ zum Einbringen des TMV-Blattmaterials in

die Anaerobreaktoren. Es ist davon auszugehen, dass die Art der Exposition des virusbeladenen Blattmaterials in Anaerobanlagen einen entscheidenden Einfluss auf die Virusinaktivierung hat.

Die Tabelle 2 dokumentiert die Läsionen auf Blattmaterial des TMV nach unterschiedlichen Temperatur-/Zeiteinwirkungen im Wasserbad. Es wird deutlich, dass erst Temperaturwerte über 80 °C die Läsionenzahl enorm beeinflussen. Werte um 90 °C/1h reduzieren die Läsionen auf 0 und damit kann TMV zuverlässig inaktiviert werden.

Tab. 2: Thermische Inaktivierung von TMV im Wasserbad
Thermal inactivation of TMV in the water bath

Zeit (min)	Temperatur (°C)	Wasserbad (N Läsionen)	Pasteur (N Läsionen)
10	70	473 (241)	
	75	659 (368)	
	80	440 (197)	
	85	459 (340)	
	90	0 [1 g]	
	90	309 (64) [2 g]	
60	75	340 (23)	202 (67)
	80	130	30 (11)
	80		205 (112) [10 g]
	85	267	0
	90	0	0
	90		0 [10 g]

Positivkontrolle: 770 (211). Die Zahl in Klammern bedeutet „Standardabweichung.“

4 Vorschläge für Modifikationen des „Hygieneprüfsystems“ in einer novellierten Bioabfallverordnung

4.1 Technische Bedingungen

4.1.1 „Gütegesicherter“ Biogas-Anlagen-Bau (RAL-GZ 629) bzw. „Prototypprüfungen“

Unternehmen garantieren für die gütegesicherte Leistung zum Bau und der Montage der Anlage und ihrer Komponenten. Nach einem Probetrieb erfolgt die Übergabe einer funktionsfähigen Anlage. Dabei sind auch die Hygieneanforderungen mit inbegriffen.

4.1.2 „Baumusterprüfungen“

Erstellen von definierten Baumustern, besonders für landwirtschaftliche Kofermentationsanlagen (Kleinanlagen < 3 650 t/a Abfall). Entfällt allerdings bei „gütegesicherten“ Anlagen.

4.1.3 „Konformitätsprüfungen“

In Anlehnung an die Konformitätsprüfungen bei Kompostierungsanlagen. Dies kann nur bei gütegesicherten oder baumustergeprüften Anlagen unter Berücksichtigung der „indirekten“ Prozesskontrolle und in Ergänzung kontinuierliche Untersuchungen des Endprodukts realisiert werden.

4.2 Hygienische Bedingungen

4.2.1 direkte Prozessprüfung

(zur Gütesicherung und/oder Baumusterprüfung von Anlagen)

- Mikrobiologische Parameter *S. senftenberg* W 775; ergänzt durch *Enterococcus faecalis* und/oder andere Mikroorganismen?
- Entwicklung „neuer“ Keimträgertechniken und Anwendung anderer, epidemiologisch bedeutsamer „Prüfkeime“ für den Bereich Phytohygiene. TMV als „Prüfkeim“ in Abhängigkeit der Eigenschaften und Herkunft der Inputstoffe einsetzbar (z. B. ausschließliche Bioabfallverwertung in kommunalen Anaerobanlagen)

4.2.2 Produktprüfung

- Seuchenhygiene (Salmonellen in 50 g; *E. coli* und/oder *Enterococcus faecalis* bzw. *E. faecium* bzw. Enterobacteriaceae (siehe Verordnung (EG) Nr. 1774/2002; (2))
- Phytohygiene (keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile; definierte Unkrautsamen wie Tomaten oder Rumex-Samen?)

4.3 „Positivliste“ für Bioabfälle

Erarbeitung von grundsätzlichen Erleichterungen bei den Hygieneanforderungen speziell für landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Erstellung einer „Positivliste“ von für die Vergärung und anschließende Aufbringung unproblematischer Bioabfälle: z. B.:

4.3.1 Teil A

Ergänzung und Unterteilung des Anhangs 1 in Bioabfälle, die grundsätzlich zur Verwertung auf Flächen geeignet sind und für die ohne Ausnahmen die Vorgaben des Anhangs 2 der BioAbfV gelten.

4.3.2 Teil B

Aufstellung einer Liste, für die § 3 III 2 für Ausnahmen bzgl. Phyto-/Seuchenhygiene anzuwenden ist (eventl. Wegfall der in Anhang 2 enthaltenen Anforderungen zur Hygiene bzw. Begrenzung auf „indirekte“ Prozessprüfung in Verbindung einer regelmäßigen Produktkontrolle). Zusätzlich z. B. § 4 III 4 für Ausnahmen bzgl. „typischer“ wirtschaftsdüngerbedingter Schadstoff erhöhungen (Kupfer, Zink).

4.4 Kleinanlagenregelung (Landwirtschaftliche Kofermentationsanlagen < 3650 t/a Abfall)

4.4.1 Baumustergeprüfte Anlagen (z. B. Vorerhitzung; Rührkessel- und Pfropfstromfermenter thermophil)

nur „indirekte“ Prozessprüfung und regelmäßige Produktkontrolle.

4.4.2 Einschränkung bzw. Verzicht auf „Hygieneprüfungen“

Hierzu müssen und werden sowohl bei „Einzelbetrieblichen Anlagen“ als auch bei „Gemeinschaftsanlagen“, die jeweils baumustergeprüft oder gütegesichert sind, Erleichterungen hinsichtlich der Möglichkeit der Zulassung (Genehmigung) als auch der Überwachung unter bestimmten Voraussetzungen geschaffen werden. Dazu sind Vorschläge vorhanden, die allerdings, vor allem im Hinblick der ab 30.04.2003 geltenden EU-Verordnung Nr. 1774/2002 (2), die möglicherweise eine kurzfristige Novellierung der Bioabfallverordnung erforderlich macht, noch im Detail abgeklärt werden müssen.

Literatur

(1) Bioabfallverordnung (BioAbfV) (1998): Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. BGBl Teil I, Nr. 65, 2955-2981

(2) Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 10.10.2002, L 273/1-L 273/96

Arbeitsschutz in der Nutztierhaltung – Grundlagen, Ziele und offene Fragen

Occupational Safety and Health in Livestock Farming

MONIKA A. RIEGER

FG Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, FB Sicherheitstechnik,
Bergische Universität GH Wuppertal, 42097 Wuppertal

Schlüsselwörter: Arbeitsschutz, Gesetzliche Grundlagen, Prävention
Keywords: occupational safety and health, legal basis, prevention

Zusammenfassung

In Deutschland werden Arbeitsschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft analog zu anderen Wirtschaftsfeldern gesetzlich gefordert, wobei zum einen staatliche Gesetze und zum anderen berufsgenossenschaftliche Regeln einzuhalten sind (sog. Duales System des deutschen Arbeitsschutzes). Im staatlichen Bereich basieren die Gesetze in der Regel auf EU-Richtlinien, die als Mindestanforderungen auch für die anderen EU-Staaten gelten. Das berufsgenossenschaftliche System stellt dagegen eine deutsche Besonderheit dar, deren Grundlage seit 1997 das Sozialgesetzbuch VII (Unfallversicherungs-Einordnungsgesetz, SBG VII) darstellt (davor Reichsversicherungsordnung (RVO)). In diesem ist der Präventionsauftrag der gesetzlichen Unfallversicherung festgeschrieben.

Im nachfolgenden Beitrag sollen die gesetzlichen Grundlagen, ihre Ausgestaltung in der Praxis sowie offene Fragen bei der Umsetzung von Arbeitsschutzvorgaben in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung vor dem Hintergrund der bekannten beruflich bedingten Erkrankungen der Beschäftigten in der Landwirtschaft erläutert werden.

Summary

In Germany, measures of occupational safety and health in agriculture have their legal basis in national regulations as well as in rules and decrees of the „Berufsgenossenschaft“ (workers' compensation board). Whereas the national rules rest upon guidelines of the European Community defining the minimum standard in occupational health for the EC members, the „Berufsgenossenschaft“ is particular for Germany. Its legal basis is the „Sozialgesetzbuch VII“, which, in 1997, took the place of the „Reichsversicherungsordnung“ (and thus goes back to the social legislation of chancellor Bismarck more than 100 years ago). Besides the workers' compensation, prevention is an important duty of the „Berufsgenossenschaft“.

In this article, the legal basis of occupational safety and health in agriculture are described and illustrated against the background of the well-known occupational diseases of rural workers.

1 Allgemeine Einführung

1.1 Duales System des Arbeitsschutzes

Arbeitsschutz in der Landwirtschaft erfolgt in Deutschland – wie in allen andern Wirtschaftsfeldern – im Rahmen des sogenannten „Dualen Systems“. Dieses besteht zum einen in staatlichen Gesetzen und Verordnungen, zum anderen in berufsgenossenschaftlichen Regeln und Vorschriften. Adressat all´ dieser rechtlichen Vorgaben ist der landwirtschaftliche Betriebseigner.

1.2 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept

Grundsätzlich muss bei der Beschreibung möglicher beruflich- bzw. tätigkeitsbedingter Erkrankungen der Beschäftigten berücksichtigt werden, dass jedes Individuum anders auf gewisse von außen auf den Menschen einwirkende Faktoren reagiert. Für die Zusammenhänge zwischen Arbeitsaufgabe und Arbeitsumgebung auf der einen und Auswirkungen auf den Menschen auf der anderen Seite hat ROHMERT allgemein gültige begriffliche Definitionen vorgeschlagen. Unterschieden wurden „Belastungen“ und „Beanspruchungen“, wobei die Belastungen als die „Gesamtheit der bei einer Arbeit direkt oder indirekt bestehenden oder entstehenden Bedingungen, die Auswirkungen auf den Menschen haben können“ und die Beanspruchungen als „Gesamtheit der durch die individuellen Eigenschaften des einzelnen Menschen bedingten, in diesem und für diesen entstehenden Auswirkungen der Arbeit und der Situation“ verstanden werden (nach LAURIG). Es wird somit gut verständlich, dass ein- und dieselbe Tätigkeit bei verschiedenen Menschen unterschiedlich ausgeprägte Beschwerden oder eben auch keine Beschwerden hervorrufen kann. Von diesen eher auf chronische Belastungen zurückgehenden Beanspruchungsreaktionen können Arbeitsunfälle unterschieden werden, die durch ein plötzlich von außen einwirkendes Ereignis verursacht werden.

Zur Entschädigung der verunfallten Beschäftigten wurde in Deutschland im Jahr 1884 das Gesetz zur Unfallversicherung erlassen, das zur Gründung von Berufsgenossenschaften führte. Diese stellten quasi die institutionalisierte Haftpflichtversicherung der Arbeitgeber zur Entschädigung der Beschäftigten dar. Im Jahr 1925 wurde die Unfallversicherung ergänzt um die Berufskrankenverordnung, die seither kontinuierlich novelliert wurde.

1.3 Berufskrankheiten – beruflich bedingte Erkrankungen

Die Möglichkeit der Entschädigung von in Zusammenhang mit der beruflichen Tätigkeit erworbenen Gesundheitsschädigungen besteht für die Beschäftigten grundsätzlich nur dann, wenn es sich um die gesundheitlichen Folgen eines Arbeitsunfalls (auch Wegeunfall) handelt oder die Symptome einer in der Berufskrankheitenverordnung (BKV) aufgeführten Erkrankung zuzuordnen sind. Diese sind gruppiert in Krankheitsbilder, die auf chemische Einwirkungen oder auf physikalische Einwirkungen zurückzuführen sind, bzw. in Infektionskrankheiten, Erkrankungen der Atemwege und der Haut.

Im Bereich der Nutztierhaltung ist das Auftreten unter anderem der folgenden Berufskrankheiten als möglich anzunehmen:

- BK 1202 „Erkrankungen durch Schwefelwasserstoff“
- BK 1307 „Erkrankungen durch organische Phosphorverbindungen“

- BK 2108 „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können“
- BK 2109 „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule durch langjähriges Tragen schwerer Lasten auf der Schulter, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können“
- BK 2110 „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjährige, vorwiegend vertikale Einwirkung von Ganzkörperschwingungen im Sitzen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können“
- BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“
- BK 3102 „Von Tieren auf Menschen übertragbare Erkrankungen“
- BK 4201 „Exogen-allergische Alveolitis“
- BK 4301 „Durch allergisierende Stoffe verursachte obstruktive Atemwegserkrankungen (einschließlich Rhinopathie), die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können“
- BK 4302 „Durch chemisch-irritativ oder toxisch wirkende Stoffe verursachte obstruktive Atemwegserkrankungen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können“
- BK 5101 „Schwere oder wiederholt rückfällige Hauterkrankungen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können“

Über die definierten Berufskrankheiten hinaus können Erkrankungen anerkannt werden, für deren mögliche berufliche Bedingtheit neuere wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen. Dieses Verfahren hat in der Regel jedoch nur wenig Aussicht auf Erfolg. Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass andere als die in der BKV genannten Krankheiten nicht als beruflich bedingte Erkrankungen entschädigt werden können – selbst wenn im Einzelfall Zusammenhänge mit der beruflichen Exposition anzunehmen sind.

2 Gesetzliche Grundlagen

2.1 Staatliches Arbeitsschutzrecht

Im Bereich der staatlichen Arbeitsschutzvorschriften sind das Arbeitssicherheitsgesetz sowie eine Fülle von Gesetzen zu nennen, die in weiten Teilen Umsetzungen von EU-Richtlinien beinhalten, die Mindeststandards für alle Mitgliedsstaaten definieren. Als eines der wichtigsten Gesetze im Bereich des deutschen Arbeitsschutzes ist das „Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit“ (ArbSchG – Arbeitsschutzgesetz) zu nennen, in dem die EU-Rahmenrichtlinie umgesetzt wird. Zusammen mit weiteren

Arbeitsschutz-Gesetzen (z.B. Gerätesicherheitsgesetz, Chemikaliengesetz) und untergeordneten Verordnungen (z.B. Arbeitsstättenverordnung, Biostoffverordnung) bildet es den Rahmen des staatlichen Arbeitsschutzes. Adressat der Arbeitsschutzvorschriften ist der Arbeitgeber, wobei im ArbSchG eine Beteiligung der Arbeitnehmer am Arbeitsschutz im Betrieb vorgesehen ist. Die Kontrolle des Arbeitsschutzes innerhalb des staatlichen Systems obliegt dem staatlichen Arbeitsschutz, d.h. der Gewerbeaufsicht bzw. den Staatlichen Ämtern für Arbeitsschutz.

2.2 Berufsgenossenschaftliches Recht

Die gesetzliche Unfallversicherung (GUV) wird im Bereich der Landwirtschaft v.a. durch die landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften (LBG) ausgefüllt, die Teil der landwirtschaftlichen Sozialversicherung (LSV) sind. Rechtsgrundlage der landwirtschaftlichen Unfallversicherung ist das für alle GUV-Träger geltende Sozialgesetzbuch VII aus dem Jahr 1997 (Unfallversicherungs-Einordnungsgesetz, SGB VII). Im Vergleich zu der bis dahin geltenden Reichsversicherungsordnung (RVO) brachte das SGB VII vor allem im Hinblick auf den Präventionsauftrag der GUV eine Erweiterung. Die Mitgliedschaft in der LBG ist für den landwirtschaftlichen Unternehmer verpflichtend vorgeschrieben. Im Unterschied zu anderen Wirtschaftsfeldern ist der landwirtschaftliche Unternehmer selbst auch in der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft versichert.

2.3 Auftrag zur Prävention

Zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren erlassen die Vertreterversammlungen der LBG in ihrem autonomen Selbstverwaltungsrecht die Unfallverhütungsvorschriften, die bei allen LBGen einheitlich und gleichlautend beschlossen wurden. Im Bereich der LBG gilt das sogenannte Unternehmermodell, d. h. die Betriebseigner sollen in Schulungen und Unterweisungen in Stand gesetzt werden, die Unfallverhütungsvorschriften im eigenen Betrieb umzusetzen. Die „Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz“ (VSG) umfassen für den Bereich der Nutztierhaltung unter anderem:

Allgemeine Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz (VSG 1.1)

Sicherheitstechnische und arbeitsmedizinische Betreuung und spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge bei besonderer Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz (VSG 1.2)

- Erste Hilfe (VSG 1.3)
- Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (VSG 1.4)
- Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung (VSG 1.5)
- Arbeitsstätten, bauliche Anlagen und Einrichtungen (VSG 2.1)
- Lagerstätten (VSG 2.2)
- Leitern und Tritte (VSG 2.3)
- Eigenbauarbeiten (UVV 2.7)
- Güttelagerung, Gruben, Kanäle und Brunnen (VSG 2.8)
- Technische Arbeitsmittel (VSG 3.1)
- Tierhaltung (VSG 4.1)
- Gefahrstoffe (VSG 4.5)

Die genannten Unfallversicherungsvorschriften orientieren sich somit eher an den genannten Tätigkeitsbereichen und Arbeitsaufgaben als an den auf spezifische Gefährdungen ausgerichteten staatlichen Regeln und Vorgaben.

3 Ziele und Ausblick

Unter den in den zurückliegenden Jahren verabschiedeten staatlichen Arbeitsschutz-Regelungen brachte vor allem die sog. Biostoff-Verordnung (BioStoffV) eine Fülle von Neuerungen. In der BioStoffV wird die Gefährdung aufgrund von Infektionskrankheiten oder der toxischen oder allergisierenden Wirkung von Mikroorganismen am Arbeitsplatz betrachtet. Neben Arbeitsplätzen im Gesundheitsdienst, in der Entsorgungswirtschaft, der Lüftungstechnik oder in der Metallbearbeitung (Umgang mit Kühlschmiermitteln) spielt die Exposition der landwirtschaftlichen Beschäftigten eine besondere Rolle (vgl. Beitrag von RIEGER, DIEFENBACH und LOHMEYER: „Biologische Belastungen in der Nutztierhaltung“), die sich nicht zuletzt in der TRBA 230 „Nutztierhaltung“ niederschlägt (TRBA: Technische Regel Biologische Arbeitsstoffe). Für diese Vorgaben zum Umgang mit biologischen Gefährdungen findet sich bisher keine Entsprechung im berufsgenossenschaftlichen Recht.

Am Beispiel der biologischen Belastungen wird die grundsätzliche Schwierigkeit des Arbeitsschutzes in der Landwirtschaft deutlich, dass die im ArbSchG geforderte Hierarchie der Schutzmaßnahmen (technisch vor organisatorisch vor persönlich) in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung durch den oft direkten Umgang mit den Tieren bzw. Futtermitteln nur begrenzt umgesetzt werden kann. Ähnliches gilt auch für chemische und physikalische Belastungen der Beschäftigten.

Maßnahmen der Prävention arbeitsbedingter Erkrankungen kommt besonders vor dem Hintergrund eine besondere Bedeutung zu, dass im Rahmen der Konzentrationsprozesse in der Landwirtschaft die Beschäftigten längere Expositionszeiten z.B. im Stall aufweisen werden. Eine weitere Zunahme bestimmter Belastungen könnte die Einführung neuer Produktions- und Haltungsbedingungen bringen, deren Auswirkungen für und Anforderungen an den Arbeitsschutz folglich betrachtet werden müssen.

Literatur

ANONYMOUS: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit, ArbSchG - Arbeitsschutzgesetz, 7. August 1996, BGBl. I 1996, 1246, (Änderungen: BGBl. 1996, 1479; BGBl. 1997, 594; BGBl. 1997, 2970; BGBl. 1998, 3849; BGBl. I, 2000, 1983; BGBl. I, 2000, 2048)

BERUFSKRANKHEITENVERORDNUNG (BKV) vom 31. Oktober 1997 (BGBl. I S. 2623) - zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. September 2002 (BGBl. I S. 3541)

BUNDESVERBAND DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN BERUFGENOSSENSCHAFTEN (BLB), Weißensteinstraße 70 – 72, 34131 Kassel, Tel.: ++49 (5 61) 93 59-0, Fax: ++49 (5 61) 9359-4 14

LAURIG, W. (1979): Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an industriellen Arbeitsplätzen, Mod. Unfallverhütung, 23, 22-27

RIEGER, M.A. (2001): Biologische Belastungen der Beschäftigten in der Landwirtschaft, Habilitationsschrift am Fachbereich Sicherheitstechnik, Bergische Universität GH Wuppertal

ROHMERT, W. (1983): Formen menschlicher Arbeit, in: ROHMERT, W. und RUTENFRANZ, J. (Hrsg.): Praktische Arbeitsphysiologie, Thieme, Stuttgart, 7-12

Analyse arbeitswirtschaftlicher Bewertungen bei Modernisierungsplanungen tierhaltender Betriebe

Analysis of Working Conditions in Planning Livestock Farms

URBAN HELLMUTH

Fachhochschule Kiel, Fachbereich Landbau, Am Kamp 11, 24783 Osterrönfeld

Schlüsselwörter: Arbeitswirtschaft, Tierhaltung

Keywords: working conditions, livestock farms

Zusammenfassung

Viele Betriebe, die schon jetzt weitgehend modernisiert und optimiert sind, stehen vor der Frage, wie sie den nächsten Erweiterungs- oder Rationalisierungsschritt gestalten sollen. Größere und arbeitswirtschaftlich quasi „ausgereizte“ Betriebe stehen dabei vielfach vor der Aufgabe, trotz minimierter Arbeitszeitaufwände Arbeitseinsparungen zu erreichen.

Neben der Arbeitszeit kommen weitere Kriterien zum Tragen, um unterschiedlich qualifizierte MitarbeiterInnen mit unterschiedlicher zeitlicher Verfügbarkeit effizient in die Arbeitsprozesse einzubinden. Der Vortrag zeigt mit Tages-, Wochen- oder Jahresarbeitszeitdiagrammen, wie sich mehr oder weniger angepasste technische Alternativen entsprechend unterschiedlich auf den Betriebserfolg auswirken.

Summary

Livestock management asks for new steps of rationalization in increasing the number of animals. Very efficient working farms with less time for work look for other ways to minimize the workload.

But working time is not the only criterion for workload. The lecture shows diagrams about the working time in day, week or year for different qualified staff. More or less adapted technical alternatives carry on to different efficiency of the farming concepts.

Unter dem Planungskriterium „Arbeit“ wird die zeitliche, physische und psychische Belastung der Arbeitskraft bei der Durchführung der Tierbetreuung bewertet. Trotz dieser eigentlichen Differenzierung von Wirkungszusammenhängen werden technische Verfahrensalternativen der Landwirtschaft in aller Regel allein unter dem Gesichtspunkt der aufzubringenden Arbeitszeit in Akh oder Akmin untersucht.

Viele Betriebe, die schon jetzt weitgehend modernisiert und optimiert sind, stehen aufgrund eines Generationswechsels oder wegen des Wettbewerbsdrucks vor der Frage, wie sie den nächsten Erweiterungs- oder Rationalisierungsschritt gestalten sollen. Größere und arbeitswirtschaftlich quasi „ausgereizte“ Betriebe stehen dabei vielfach vor der Aufgabe, trotz minimierter Arbeitszeitaufwände Arbeitseinsparungen zu erreichen. Dies kann sowohl die Familien- als auch die Fremdarbeitsstruktur betreffen. Vor allem die Bewertung der Einbindung von Fremdarbeit hängt wie die Bewertung der Auslagerung von Arbeitsprozessen von einer differenzierteren Untersuchung der Wirkungszusammenhänge ab, wenn verschiedene technische Verfahren hinsichtlich ihres Einflusses auf die Leistungssteigerung eines tierhaltenden Unternehmens verglichen werden sollen.

AUERNHAMMER (1987) und SIEGEL (1995) untersuchten verschiedene Standardverfahren der Milchvieh- bzw. Mastschweinehaltung bezüglich des Kriteriums „Arbeit“. In ihren Untersuchungen unterschieden sie zwischen den Subkriterien „Arbeitszeitbedarf“, „Arbeitsvolumen“, „Arbeitsorganisation“, „Arbeitsbelastung“, „Arbeitsbeanspruchung“ und „Arbeitssicherheit“. Die Definitionen dieser Subkriterien war nicht immer einheitlich, die Verwendung der Subkriterien ermöglichte aber eine transparente Beschreibung der unterschiedlichen Auswirkung der untersuchten Stallmodelle auf die Arbeit.

Am Fachbereich Landbau wurde der Subkriterienkatalog in einer Vielzahl von Studien zur Modernisierungsplanung tierhaltender Unternehmen eingesetzt, die als Diplomarbeiten sowohl aus verfahrenstechnischer, als auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive betreut wurden. Neben dem Arbeitszeitbedarf rückte in diesen Studien insbesondere das Arbeitsvolumen in den Mittelpunkt, das AUERNHAMMER und SIEGEL mit „der von einer Arbeitskraft maximal zu betreuenden Anzahl von Tieren“ definierten. Beide Autoren berechneten das Arbeitsvolumen aus dem Verhältnis der Gesamtarbeitszeit eines Bestandes zur jährlichen Arbeitszeit einer Arbeitskraft. In den oben genannten Studien wurden neben der Arbeitszeit auch die Wirkung der anderen Subkriterien auf das Arbeitsvolumen dargestellt. Dies wird zum Beispiel dann wichtig, wenn technische Verfahren hinsichtlich ihrer Anforderungen auf die Qualifikation der verfügbaren Arbeitskräfte oder hinsichtlich ihrer Einpassung in eine effiziente Arbeitsorganisation des zu modernisierenden Unternehmens zu untersuchen sind. So führen aktuell diskutierte Technologien – vom Futtermischwagen bis hin zum Melkroboter – nicht nur zu Arbeitszeiteinsparungen, sondern vor allem zu körperlichen Entlastungen oder zu Auflösungen von Terminbindungen. Andererseits werden die geistigen Beanspruchungen vielfach deutlich erhöht.

In großen milchviehhaltenden Betrieben führen Konzepte, die auf einzelnen Melkständen beruhen, zu anderen Organisationen der Zusammenarbeit als solche mit zwei Melkständen. Auch die intensivere Ausnutzung der Melktechnik zum Beispiel in Form des dreimaligen Melkens führt zu anderen Arbeitsorganisationen.

Zunehmend prüfen sauenhaltende Betriebe den Wechsel auf modifizierte 3- oder 4-wöchige Absetzrhythmen, um Mästern größere Ferkelpartien anbieten zu können. Dadurch entstehen ausgeprägte Arbeitsspitzen, die wiederum zu einer veränderten Organisation der Zusammenarbeit führen. Die Effizienz der Arbeitswirtschaft kann dann vielfach

nur bei der Betrachtung aller betrieblicher Prozesse, zum Beispiel auch derer der Außenwirtschaft, dargestellt werden.

Der Vortrag wird zum Beispiel an Tages-, Wochen- oder Jahresarbeitszeitdiagrammen für unterschiedlich qualifizierte MitarbeiterInnen mit unterschiedlicher zeitlicher Verfügbarkeit zeigen, dass sich mehr- oder weniger angepasster technischer Alternativen entsprechend unterschiedlich auf den Betriebserfolg auswirken. Der Einsatz der von AUERNHAMMER und SIEGEL eingebrachten Subkriterien erfordert allerdings die Übereinkunft in ihrer Definition, zu der der Vortrag ebenfalls einen Beitrag geben soll.

Literatur

AUERNHAMMER, H. (1987): Kriterium „Arbeit“. In: SCHÖN et al. (1987): Haltungssysteme Milchvieh, KTBL-Schrift 315, Darmstadt

SIEGEL (1995): Kriterium „Arbeit“. In: N.N.: Eingestreute Milchviehställe, KTBL-Schrift 365, Darmstadt

Risk Assessment of Sick Leave Among Farmers in Dutch Livestock Farming

Risikoanalyse des krankheitsbedingten Fehlens von Landwirten in der niederländischen Nutztierhaltung

ESTHER HARTMAN^{1,2}, HUUB OUDE VRIELINK¹, RUUD HUIRNE², JOS METZ¹

¹ Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG), P.O. Box 43, NL-6700 AA Wageningen,

² Farm Management Group, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.

Keywords: livestock, sick leave, injury, case-control

Schlüsselwörter: Viehwirtschaft, Arbeitsverzug, Unfall, case-control

Zusammenfassung

Ziel dieses Studiums ist die Beschaffung von Daten über krankheitsbedingtes Fehlen der niederländischen Bauern und die Einsicht in Risikofaktoren für arbeitsbedingte Verletzungen und Schäden.

Es wurde ein Datenbestand mit 22.807 Meldungen über Ansprüche infolge des Arbeitsausfalles analysiert und eine 'case-control study' wurde durchgeführt.

Innerhalb der Viehwirtschaft die Hauptdiagnose waren Unfälle (34,1 % der Ansprüche) und Rückenschmerzen (20,9 %). Die Anzahl „Ansprüche infolge Arbeitsausfall“ je 100 Personen betrug 2001 in der Schweine- und Geflügelhaltung und der Milchviehwirtschaft 15.3, 9.5 und 6.6.

74 % aller Unfälle waren arbeitsbedingt. Der Hauptgrund des Arbeitsausfalles waren Tierhaltung, Stürze, Maschinen und Werkzeuge. Risikofaktoren waren z. B. hohes Alter, Rauchen und Milchvieh- oder Schweinehaltung. Eine präventive Beratung hinsichtlich der Tierbehandlung scheint einen effektiven Beitrag zur Verhütung des Arbeitsausfalles infolge arbeitsbedingter Verletzungen und Schäden bei Landwirten zu liefern.

Summary

The objective of the present study was to provide baseline data on sick leave of Dutch farmers and to gain insight into risk factors for sick leave due to work-related injuries.

A database with 22,807 sick leave claims was analysed and a case-control study was conducted. In livestock farming, the main diagnoses were injuries (34.1 % of the claims) and back disorders (20.9 %). The number of sick leave claims per 100 persons in 2001 in pig, poultry and dairy farming was 15.3, 9.5 and 6.6.

74 % of all injuries were work-related. The main causes were livestock handling, falls, machinery and equipment. Risk factors were for example higher age, smoking and dairy or pig farming. Emphasis on animal handling in prevention education could be an effective way of preventing sick leave due to work-related injuries among farmers.

1 Introduction

Agriculture is one of the most risky industries. This results in high incidence of sick leave (withdrawal from the job) caused by injuries, among farmers. Insight into these causes is necessary to prevent and reduce such injuries. Unfortunately, few studies have been conducted on work-related injuries among farmers.

The objective of this study was twofold. First, to provide baseline data on the diagnoses, occurrence and duration of sick leave of Dutch farmers. The second objective was to conduct a risk assessment to gain insight into risk factors for sick leave due to work-related injuries.

2 Material and Methods

An extensive database with data on sick leave was analysed. An additional survey was conducted to collect data on personal and work characteristics of farmers with and without sick leave.

2.1 Analysis of a database with sick Leave claims

The database contained data of 23,949 personal policies of self-employed farmers (henceforth referred to as 'policyholders') at the end of 2001. The database also included information on sick leave claims from policyholders made within the time period 1994 through 2001. Policyholders with one or more sick leave claims are referred to as 'claimants'. The claimants constitute the sample population we studied. In total, 22,807 claims from 12,627 claimants were recorded.

2.2 Case-control study: work-related injuries in agriculture

Among the policyholders, a case-control study was conducted. Cases were defined as policyholders that experienced one or more work-related injuries with a sick leave claim (SLC) as a result between January 1998 and December 2001. A work-related injury was defined as an injury which has occurred on a farm and on account of which the injured person has filed a claim at the insurance company. Controls were defined as policyholders that were free from any sick leave in this time period (no SLC). Cases and controls were recruited into the study using our database, filled with information on policies and SLC's from policyholders that were working in different agricultural branches.

From 11,976 policyholders, 899 potential cases were selected. For selecting the controls, a random sample of 3,596 policyholders was taken from the 7,003 policyholders without any SLC during the study period.

2.3 Data collection and data-analysis

The analysis was conducted in two steps. First a descriptive analysis was carried out on the entire dataset. The goal was to gain insight into diagnoses, occurrence and duration of sick leave. Additional data were collected in a questionnaire-survey. The questionnaire included questions on farm- and work characteristics, personal characteristics, psychosocial risk factors, injuries and sick leave as a result of an injury. Questions on injuries were

posed to collect additional information on the circumstances of injuries. A univariate logistic regression analysis was carried out to identify risk factors for sick leave due to work-related injuries.

3 Results

3.1 Diagnoses, occurrence and duration of sick leave

In livestock farming, the main diagnoses for sick leave were injuries (34.1 % of the claims) and back disorders (20.9 %). Other diagnoses were neck or upper extremity disorders (7.4 %), lower extremity disorders (7.2 %), mental disorders (3.5 %) and respiratory diseases (1.5 %). The remaining part of the diagnoses (25.5 %) were for example infections, skin diseases, diseases of the circulatory system and diseases of the nervous system and sense organs. Also sick leave claims that involved more than one diagnosis were assigned to this category.

For agriculture as a whole, the cumulative incidence (CI) of sick leave in 2001 was 9.9 claims per 100 policyholders. In livestock farming, the CI was highest in pig husbandry (15.3), followed by poultry farming (9.5) and dairy farming (6.6).

The duration of sick leave for the main diagnoses in agriculture as a whole is plotted in figure 1. The figure shows the proportion of claimants still on sick leave related to the time since the start of sick leave. After three months, 67 % of the claimants with injuries had recovered, while this percentage was 48 %, 49 % and 24 % for claimants with back, upper or lower extremity disorders, respiratory diseases and mental disorders. In livestock farming, the results were about the same: after three months the proportion of claimants that had recovered were: 68 % (injuries), 49 % (back, upper and lower extremity disorders), 54 % (respiratory diseases) and 20 % (mental disorders).

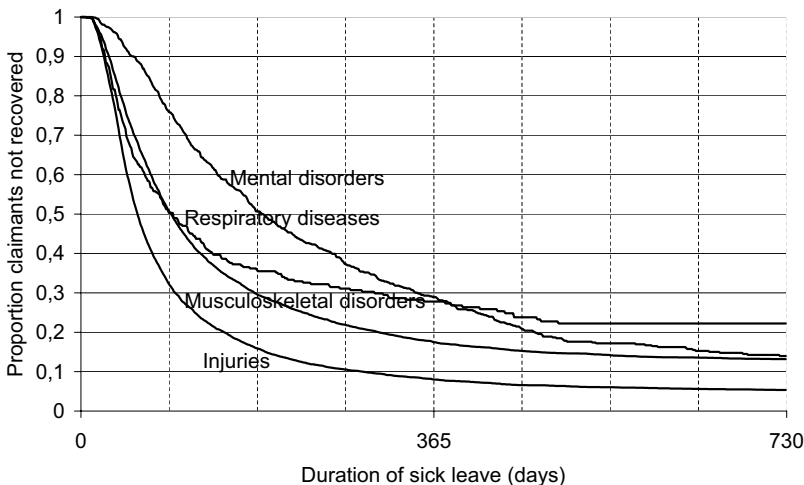


Fig. 1. Proportion of claimants still on sick leave related to the time since the start of sick leave, per diagnosis.

3.2 Case-control study: work-related injuries in agriculture

The response rate of the questionnaire was 25.6 % (1,149 questionnaires had been returned). The response rate was 28.9 % among cases (260 questionnaires) and 22.7 % among controls (816 questionnaires). From all cases, the work-relatedness was unknown when they were recruited for the case-control study. Results of the questionnaire showed that 74 % of the injuries were work-related. For the analysis, cases that reported a work-related injury ($n=142$) and all controls ($n=816$) were selected.

The most frequent types of injury were bruises (21.1 %), sprains or strains (22.5 %) and fractures (17.6 %). Animals were the major external cause of injury (table 1). Other major external causes were falls, machinery and equipment.

Table 1: External cause of injury, expressed as percentage of the total response group

	% of the policyholders with a work-related injury ($n=142$)
Animals	31.0
Equipment	10.6
Falls	13.4
Machinery	12.0
Falling objects	3.5
Slipping	2.1
Other	14.1
Unknown	13.4

Injuries were analysed for factors related to person and farm. In table 2 and 3 the results are shown for categorical and continuous risk factors, respectively.

Table 2 shows that education is not a significant factor in explaining the occurrence of injuries. The percentage smokers was significant higher among policyholders with sick leave. Furthermore, the number of injuries in dairy farming, pig husbandry, as such and pig husbandry in combination with arable farming, was significantly higher.

In table 3, it can be seen that policyholders with sick leave were older and had a higher body mass index. Policyholders with sick leave worked more hours per week on the farm and they worked on the farm for more years. Furthermore, they had more cows and sows at the farm, the number of hours tractor driving was higher and the number of hours contact with cows and pigs was higher.

Results of the univariate logistic regression showed that both personal characteristics and farm- and work characteristics were associated with the risk of sick leave due to work-related injuries. Multivariate logistic regression will reveal the final model for work-related injuries.

Table 2: Categorical variables and sick leave due to work-related injuries. The numbers shown are the percentages of the whole group

	Policyholders with sick leave (claimants: n = 142) %	Policyholders without sick leave (n = 816) %	P-value
<i>Personal characteristics</i>			
Level of education			
Lower	29.7	24.4	Reference
Medium	63.8	65.5	0.281
Higher	6.5	10.1	0.109
Smoking			
No	62.9	74.7	Reference
Yes, < = 5 cigarettes/day	15.2	11.7	0.057
Yes, > 5 cigarettes/day	22.0	13.6	0.018 ¹
<i>Farm- and work characteristics</i>			
Farm type			
Horticulture	6.1	15.4	Reference
Arable farming	3.0	6.2	0.737
Poultry farming	4.5	4.7	0.115
Dairy farming	55.3	48.4	0.006 ¹
Pig husbandry	25.0	19.9	0.005 ¹
Dairy farming and pig husbandry	3.8	3.1	0.067
Pig husbandry and arable farming	2.3	0.6	0.006 ¹
Mushroom farming	0	1.7	0.665

¹ P ≤ 0.05 (Chi-square test)

Table 3: Continuous variables and sick leave due to work-related injuries. The numbers shown are the medians, 10th and 90th percentiles.

	Policyholders with sick leave (claimants: n = 142)			Policyholders without sick leave (n = 816)			P-value
	Median	10 th perc.	90 th perc.	Median	10 th perc.	90 th perc.	
<i>Personal characteristics</i>							
Age (years)	46.7	32.6	57.9	41.0	30.7	54.6	0.000 ¹
Body mass index (kg/m ²)	25.5	22.5	28.6	24.6	21.6	27.7	0.001 ¹
Working duration (hours/week)	60.0	45.0	80.0	60.0	40.0	75.0	0.003 ¹
Working history at the farm (years)	18.0	4.0	29.0	13.0	4.0	27.0	0.001 ¹
<i>Farm size</i>							
number of cows	60.0	24.0	140.0	55.0	33.0	90.0	0.110
number of sows (minimum 50)	215.0	113.0	347.0	180.0	80.0	406.0	0.167
number of cows and sows	62.5	0	235.0	47.0	0	180.0	0.001 ¹
Tractor driving (hours/year)	425.0	0	800.0	350.0	0	800.0	0.026 ¹
<i>Contact with: (hours/year)</i>							
cows	249.0	0	1559.0	0	0	1347.4	0.005 ¹
pigs	0	0	508.4	0	0	257.6	0.026 ¹
cows and pigs	749.0	0	1548.0	233.5	0	1346.0	0.000 ¹
Reparation/maintenance (hours/year)	8.0	0	104.0	4.0	0	80.0	0.206

¹ P ≤ 0.05 (Mann-Whitney test)

4 Conclusions

The following conclusions could be drawn from the present study:

- The risk of sick leave (number of sick leave claims per 100 persons insured) in 2001 was highest in pig husbandry (15.3), followed by poultry farming (9.5) and dairy farming (6.6). The risk of sick leave (number of sick leave claims per 100 persons insured) in 2001 was highest in pig husbandry (15.3), followed by poultry farming (9.5) and dairy farming (6.6).
- Injuries were the main cause for sick leave in agriculture as a whole and also in livestock farming. Of all injuries, 74 % was work-related.
- The fastest recovery from sick leave was seen in case of injuries.
- The main external causes for work-related injuries were livestock, falls, machinery and equipment.
- Both personal characteristics (in particular higher age and smoking) as farm- and work characteristics (in particular dairy farming or pig farming or number of hours contact with cows and sows) were associated with an increased risk of sick leave.
- Emphasis on animal handling in prevention education could be an effective way of preventing sick leave due to work-related injuries among farmers.

Bewertung der Arbeitsqualität in der Milchviehhaltung – unter Einbezug von Körperhaltung und Massenfluss

Assessment of the Working Quality in Dairy Farming – Taking into Consideration Working Postures and Mass Flow

MARION RIEGEL, MATTHIAS SCHICK

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, CH-8356 Ettenhausen

Schlüsselwörter: Arbeitsqualität, Körperhaltung, Massenfluss, Owas
Keywords: working quality, working posture, mass flow, owas

Zusammenfassung

Ungünstige Körperhaltungen, vor allem in Verbindung mit von Hand bewegten Massen, haben einen negativen Einfluss auf die Arbeitsqualität. Ein Ziel des Projektes „Arbeitswirtschaftliche Optimierung landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren“ ist es daher, die Körperhaltung und den von Hand zu bewegenden Massenfluss bei verschiedenen Arbeitsverfahren zu erfassen und zu bewerten. Hierzu stehen das Modellkalkulationssystem PROOF und die Methode OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) zur Verfügung. Durch die Verknüpfung von Arbeitszeitbedarf, Körperhaltung und Massenfluss errechnet sich ein massebezogener Belastungsindex L_M . Dieser dient bei der Arbeitsanalyse als Kennzahl, um Aussagen über die zu erwartende Arbeitsqualität eines Arbeitsverfahrens, auch im Vergleich zu anderen Arbeitsverfahren, zu erhalten.

Summary

Awkward body positions, particularly in conjunction with weights moved manually, have a negative influence on work quality. One objective of the FAT project „Optimisation of work organisation in agricultural working procedures“ was therefore to record and evaluate body postures and manually moved mass flow in various working procedures. Use was made of the PROOF model calculation system and the OWAS method (Ovako Working Posture Analysing System). A mass-related load index L_M was calculated by linking working time requirements, body postures and mass flow. In task analysis, this is used as a key figure to obtain statements about the anticipated work quality of a working procedure, also in comparison to other working procedures.

1 Einleitung

Ungünstige Körperhaltungen sind in der Innenwirtschaft trotz gezieltem Einsatz von technischen Hilfsmitteln noch häufig anzutreffen. In Verbindung mit von Hand zu bewegenden Massen haben diese einen negativen Einfluss auf die Arbeitsqualität. Einfache Grundlagen zur Analyse und Bewertung von Arbeitsverfahren in der Innenwirtschaft fehlten bisher. Ein Ziel des FAT-Projektes „Arbeitswirtschaftliche Optimierung landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren“ ist es daher, den von Hand zu bewegenden Massenfluss sowie die Körperhaltungen bei verschiedenen Arbeitsverfahren zu erfassen und in das vorhandene Modellkalkulationssystem „PROOF“ [SCHICK, 2000] zu integrieren, um Aussagen über die Arbeitsqualität verschiedenster landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren treffen zu können.

2 Methodik

Aufgrund einer ausführlichen Literaturrecherche bietet sich als einfache und leicht erlernbare Vorgehensweise die Methode OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) zur Beurteilung von Körperhaltungen am Arbeitsplatz an [KARHU et al., 1977].

OWAS erlaubt die Erstellung von 84 Körperhaltungs-codes (vier Rücken-, drei Arm- und sieben Beinhaltungen; s. Abb. 1). Für jedes Arbeitselement wird ein dreistelliger Code erstellt. Anschließend kann jeder Körperhaltung mit Hilfe einer Matrix eine Maßnahmenklasse zugeteilt werden (von „Körperhaltung ist normal“ bis „Körperhaltung ist deutlich schwer belastend“), die den Handlungsbedarf für die ermittelte Position definiert.

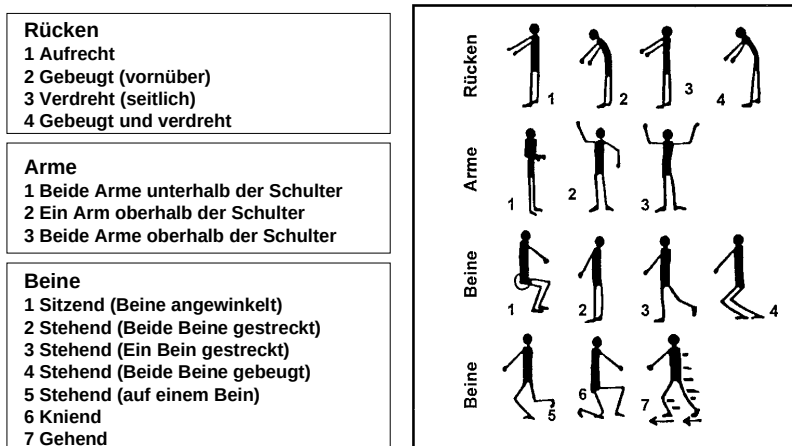


Abb. 1: Körperhaltungen nach der Methode OWAS (Ovako Working posture Analysing System) [BERGER, 2000]

Working postures according to OWAS method (Ovako Working posture Analysing System) [BERGER, 2000]

Nach der Zuordnung einer Maßnahmenklasse zu jedem Arbeitselement wird der relative Zeitanteil berechnet und mit der zugehörigen Maßnahmenklasse (MKL) gewichtet. Die Formel ergibt sich wie folgt [LUNDQUIST, 1990]:

$$L = (1 * MKL1) + (2 * MKL2) + (3 * MKL3) + (4 * MKL4)$$

Die Summe der gewichteten Zeitanteile ergibt den Belastungsindex L des interessierenden Arbeitsverfahrens (L=100 ist optimal, da alle Körperhaltungen der Maßnahmenklasse 1 zugeordnet wurden). Der Belastungsindex L schwankt zwischen den verschiedenen Melkverfahren von 100 bis 165; beim Füttern ergeben sich Werte zwischen 120 und 180.

Beim Melken mit der Eimermelkanlage mit Standardeinstellungen (ohne technische Hilfsmittel) erreicht der Belastungsindex einen Wert von L = 135. Im Vergleich dazu wird beim Melken mit der Rohrmelkanlage ein L von 145 erreicht. Demzufolge besteht nach der Methode OWAS nur ein geringer Unterschied in der körperlichen Belastung beim Melken mit der Eimermelkanlage zum Melken mit der Rohrmelkanlage.

$$L_M = L * \frac{\sum (m_i * t_i)}{\sum t_i} / 100$$

Formel 1: m = Masse, t = Zeit

Formula 1: m = mass, t = time

Bei vielen landwirtschaftlichen Arbeiten sind jedoch erhebliche Massen von Hand zu bewegen (z.B. die Melkeimer in der Eimermelkanlage). Um diese ebenfalls berücksichtigen zu können wurde eine Formel entwickelt, die den Belastungsindex L und die von Hand bewegte Masse miteinander verrechnet. Dadurch erhält man den massebezogenen Belastungsindex L_M (s. Formel 1).

Der Quotient beschreibt hierbei Arbeitssituationen mit ihren jeweiligen Anteilen an von Hand bewegten Massen. Die Massen werden nach der zugehörigen Zeit gewichtet. Bei größer werdenden Quotienten besteht grundsätzlich ein zunehmender Handlungsbedarf.

Der ermittelte Wert dient als neuer Index für die Körperbelastung. Er ist allerdings nur anzuwenden, wenn bewegte Massen anfallen. Ansonsten ist der Belastungsindex L nach LUNDQUIST vorzuziehen.

Der L_M hat zwischen den verschiedenen Melkverfahren eine Spannweite von 0,15 bis 8; beim Füttern besteht eine Spanne von 2 bis 80.

Durch die Verwendung dieser neuen Methode lassen sich verschiedene Arbeitsverfahren unter Berücksichtigung der von Hand bewegten Massen vergleichen. Ein niedriger L_M beschreibt Situationen, bei denen alle Körperhaltungen zur MKL 1 gehören und nur geringe Massen bewegt werden.

3 Ausgewählte Ergebnisse

Unter Verwendung des Modellkalkulationssystems „PROOF“ wurden sieben Melkverfahren (Eimermelkanlage [EMA], Rohrmelkanlage [RMA], Fischgrätenmelkstand [FGM], Side-by-Side-Melkstand [SbS], Reihenmelkstand [RM], Tandemmelkstand [TD] und Autotandemmelkstand [ATD]) hinsichtlich ihrer Belastung bewertet.

Alle Verfahren wurden jeweils mit und ohne technische Hilfsmittel (automatische Melkzeugabnahme, Servicearm, Kannentransportwagen etc.) durchgerechnet, mit Ausnahme des Tandemmelkstandes (nur ohne Hilfsmittel) und des Autotandemmelkstandes (nur mit Hilfsmitteln). Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Belastungsanalyse verschiedener Melkverfahren ohne und mit technischen Hilfsmitteln

[ME = Melkeinheit]

Load analysis of different milking procedures with and without technical tools [ME = milking unit]

Melkverfahren	MKL 1 [%]	MKL 2 [%]	MKL 3 [%]	MKL 4 [%]	L	(mi*ti)/tges	L _M	Anz. Kühe; Anz. ME; Verfahren
EMA ohne techn. Hilfsmittel	66	32	1.6	0	135.4	2.3	3.1	15 ; 2
mit techn. Hilfsmitteln	67	31	1.8	0	134.7	0.6	0.8	
RMA ohne	56	43	1.2	0	145	1	1.4	25 ; 3
mit	53	45	1.3	0	148	0.4	0.6	
FGM ohne	93	5.5	1.2	0	108	1.4	1.6	30 ; 6 ; 2 x 3
mit	92	6.5	1.3	0	109	0.3	0.3	
SbS ohne	95	4.4	0.9	0	106	1	1.1	30 ; 4 ; 1 x 4
mit	94	5.1	1	0	107	0.3	0.3	
RM ohne	95	3.6	0.9	0	105	1	1.1	30 ; 4 ; 2 x 2
mit	95	3-6	1	0	105	0.2	0.3	
TD ohne	96	3.4	0.9	0	105	1	1.1	30 ; 3 ; 1 x 3
ATD mit	92	6.8	1.4	0	110	0.2	0.2	30 ; 4 ; 2 x 2

Die MKL 4 kommt beim Melken nicht vor. Bei den Melkverfahren im Anbindestall überwiegen die MKL 1 und 2, während sich bei den Melkstandverfahren die größten Anteile in der MKL 1 befinden. Innerhalb und auch zwischen den Verfahren weist die körperliche Belastung beim Melken erhebliche Unterschiede auf.

Der L_M fällt bei der Eimermelkanlage stärker ab als bei der Rohrmelkanlage, was darauf zurückzuführen ist, dass beim Einsatz einer Eimermelkanlage mit technischen Hilfsmitteln (im Vergleich zur EMA ohne technische Hilfsmittel) das Tragen der Kannen/Eimer vom Stall in die Milchküche wegfällt. In allen Melkständen ist das Verhältnis der L_M mit und ohne Technik vergleichbar.

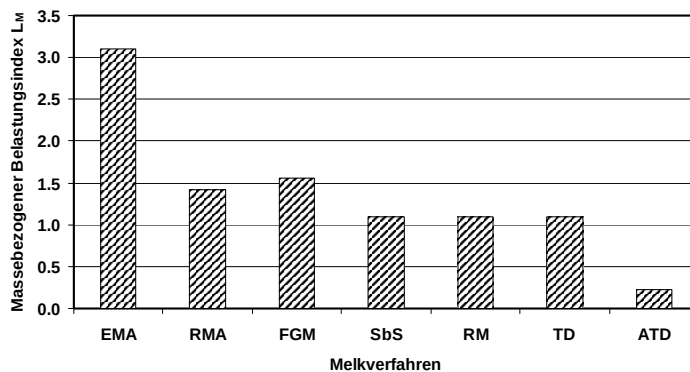


Abb. 2: Massebezogener Belastungsindex bei verschiedenen Melkverfahren ohne zusätzliche technische Hilfsmittel [EMA = Eimermelkanlage; RMA = Rohrmelkanlage; FGM = Fischgrätenmelkstand; SbS = Side-by-Side-Melkstand; RM = Reihenmelkstand; TD = Tandemmelkstand; ATD = Autotandemmelkstand]
Mass-related load index for different milking techniques without additional technical tools [EMA = bucket milking system; RMA = pipeline milking system; FGM = herringbone milking parlour; SbS = side by side milking parlour; RM = tunnel milking parlour; TD = tandem milking parlour; ATD = autotandem milking parlour]

Abbildung 2 zeigt deutlich, dass die Belastung in Anbindeställen mit Eimer- und/oder Rohrmelkanlagen größer als in Laufställen mit Melkständen ist. Die Von Hand zu bewegendenden Massen sind in Anbindeställen mit Rohrmelkanlagen und Laufställen mit Fischgräten-Melkständen vergleichbar. Der Unterschied zwischen diesen beiden Melkverfahren liegt in den Körperhaltungen, was aus dem Belastungsindex L ersichtlich wird (s. Tab. 1).

Auf die weiteren Arbeitsverfahren der Innenwirtschaft (Füttern, Misten, Sonderarbeiten) lässt sich die gewählte Methodik entsprechend übertragen.

4 Schlussfolgerungen

In Anbindeställen mit Eimer- und Rohrmelkanlagen sind die Körperhaltungen, beschrieben durch den Belastungsindex L, überwiegend ungünstig, da der Melker die meiste Zeit unter dem Tier verbringt. Laufställe mit Melkständen dagegen ermöglichen nahezu ausschließlich aufrechte Körperhaltungen. Wird der Massenfluss ebenfalls berücksichtigt (massebezogener Belastungsindex L_M), werden die Unterschiede zwischen den Arbeitsverfahren besser ersichtlich. Bei der Eimermelkanlage muss durch das Tragen der Eimer bzw. Kannen deutlich mehr Masse bewegt werden als bei der Rohrmelkanlage. Diese Unterschiede sind zwischen den einzelnen Melkständen nicht so ausgeprägt. Hier sind insgesamt nur wesentlich geringere Massen von Hand zu bewegen. Eine weitere Arbeitsentlastung in Melkständen bringen vor allem der Einbau eines Servicearmes und einer automatischer Melkeinheiten- Abnahme. Dadurch wird die von Hand zu bewegendende Masse erheblich reduziert. Deutlich wird das bei der Betrachtung des L_M für das Melken in einem Autotandemmelkstand. Bei der Erfassung der Melkverfahren nach OWAS wurden standardisierte Melkabläufe vorausgesetzt. Dies beinhaltet einen ergonomisch optimalen, auf die Körpermasse der Melkperson abgestimmten Arbeitsplatz. In den Praxiserhebungen können Abweichungen in der Belastung ermittelt werden, wenn beispielsweise Melkstände nicht dem Melker angepasst sind.

In Verbindung mit der Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs auf landwirtschaftlichen Betrieben ist der L_M ein hilfreiches Instrument, um Arbeitsverfahren schnell und einfach zu erfassen und um die Arbeitsqualität zu bewerten.

Literatur

BERGER, C. (2000): Humanisierungsmöglichkeiten der Waldarbeit bei Frauen, Abschlussbericht. Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen, Wien.

KARHU, O.; KANSKI, P. u. I. KUORINKA (1977): Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics* 8 (4), S. 199-201.

LUNDQUIST, P. (1990): WOPALAS- A practical method for ergonomical analysis and practical improvements – examples from Swedish industry and agriculture *Advances, in Industrial Ergonomics and Safety II*, 827 – 832, Montral, Quebec, Canada. London, England: Taylor&Francis.

SCHICK, M. (2000): Temps de travail nécessaire pour différents procédés de traite. De l'installation de traité à pots au robot de traite. *Technique Agricole* 7-8, S. 19-31.

Arbeitszeitbedarf und Kosten verschiedener Futtervorlagetechniken bei wachsenden Milchviehbeständen

Labour Requirement and Labour Costs of Different Feeding Technology in Growing Dairy Herds

MATHIAS RADMACHER, HANS-PETER SCHWARZ, HERMANN SEUFERT

Institut für Landtechnik, Justus-Liebig-Universität Giessen, Braugasse 7, 35390 Giessen

Schlüsselwörter: Milchvieh, Arbeitskosten, Fütterungstechnik
Keywords: dairy cattle, labour costs, feeding technology

Zusammenfassung

Eine gewinnbringende Milchproduktion ist nur unter Berücksichtigung hoher Leistungen und hoher Effizienz zu erreichen.

Wachsende Bestände bedingen eine Senkung der Arbeitszeit je Kuh und Jahr auf unter 30 h.

Die Kosten der Futtervorlage ist ein Teilelement, was besondere Beachtung bedarf.

Bei der Berechnung der Arbeitszeit für die Futtervorlage ergab sich ein Unterschied von 16 h in der schlechtesten und 1,5 h je Kuh und Jahr in der günstigsten Variante.

Bei der Ermittlung der Minimalkostenkombinationen nach vorgegebenen Prämissen wurde eine Kostenbelastung je kg Milch von 0,5 bis 2,5 € innerhalb gleicher Bestandsgrößen ermittelt.

Bei einem Vergleich über alle Bestandsgrößen und Verfahren ergaben sich große Unterschiede von bis zu 6 € je kg Milch.

Ab einer Größenordnung von 250 Kühen sind nur noch geringe Einspareffekte von 0,2 € zu erwarten.

Die hier berechneten Verfahrenskosten für die Futtervorlage bei Milchkühen zeigen das vorhandene Einsparpotenzial auf. Durch die Rahmenbedingungen werden die Betriebe weiter wachsen. Eine vorausschauende Investitions- bzw. Unternehmensstrategie hilft Fehlinvestitionen zu vermeiden.

Summery

In case of high milk yield and efficiency it is possible to produce milk above the break even point.

Increasing herd sizes suffer a reduce of labour requirement up to 30 h/year and cow.

The costs of feeding dairy cows should be regarded. In terms of labour requirement for feeding cows a difference about 14,5 h per cow and year in the maximum was found.

A difference in total costs of 0,5 to 25, €/kg milk – by using different feeding technology – in case of the same herd size exists.

Over all different herd sizes and feeding technology a difference of 6 €/kg milk is possible. Herd sizes over 250 cows have a diminishing in feeding costs efficiency of 0,2 €/kg milk. Market requirements force farms to grow. To find the right invest for the future in terms of total costs of feeding cows some remarkable point are shown.

1 Arbeitszeitbedarf und Kosten verschiedener Futtervorlagetechniken bei wachsenden Tierbeständen

Die Entwicklungen in der Milchviehhaltung sind aus Gründen notwendiger Effizienzsteigerung durch wachsende Bestandsgrößen und darauf ausgerichteten verfahrenstechnischen Verbesserungen gekennzeichnet.

Angesichts dieser strukturellen Veränderungen in der Milchviehhaltung sind arbeitswirtschaftliche Konsequenzen zur Arbeitserledigung unabdingbar. Zur Planung und Organisation der Arbeitserledigung – im Sinne der Wirtschaftlichkeit des Produktionsverfahrens – sind vorausgehend umfangreiche Arbeitszeitanalysen und Kostenrechnungen in den einzelnen Teilbereichen der Milchproduktion erforderlich. Sie dienen als Entscheidungsgrundlage. In Milchviehbeständen verschiedenster Größenklassen sind beispielsweise durch den Einsatz der technisch-ökonomisch effizienten Verfahren auch zur Futtervorlage Einsparpotentiale auszuloten.

Über die Hälfte der Milchkühe werden auch heute noch in Deutschland in Beständen unter 50 Tieren gehalten. In vielen kleinstrukturierten Betrieben, aber auch in einigen größeren Beständen ist der Siloblockschneider eine häufig anzutreffende Mechanisierungsform der Fütterung, wobei dann die Futtervorlage im Stall meist noch manuell erfolgen muss. Wegen dieser hohen Arbeitsbelastung erfolgt die Futtervorlage in Beständen von 50 und mehr Kühen weitestgehend durch den Einsatz von Futter-Misch- und Verteilwagen, die sich in ihrer Bauart und ihrem Mischsystem unterscheiden. Sie sind in der Lage auch schlecht mischbare Rationskomponenten wie Heu und Stroh zu zerkleinern oder feuchte Futtermittel wie Pressschnitzel, Treber, Melasse, Pülpe usw. schonend einzumischen.

Für viele Milchviehhalter stellt sich die Frage nach der für ihren speziellen Betrieb arbeitswirtschaftlich- und kostengünstigsten Mechanisierung der Fütterung.

Planungsgrundsätze

- Geringer Arbeitsaufwand (Ziel: 30 AKh/Kuh und Jahr ohne Nachzucht)
- Wettbewerbsfähigkeit (Ziel: Vollkosten < 25 €/kg Milch)
- Erweiterbarkeit des Stallgebäude-Systems unter Beibehaltung des Melkzentrums
- Beachtung von Standortproblemen
- Arbeitswirtschaftlich und ökonomisch erweiterungsfähiges Stallgebäude
- Erstellen eines Masterplans zur Betriebsentwicklung

Die Anordnung der Gärfutter-Flachsiloanlagen und der übrigen Lagerräume für Futtermittel sollten in der Planung der gesamten Milchviehanlage mit einbezogen werden, wobei ein Vorschub von täglich 10–15 cm zu berücksichtigen ist.

Die Grundrissplanung trägt wesentlich dazu bei, die arbeitswirtschaftlichen Bedingungen zu verbessern und leistungsgerechte Managementverfahren praktizieren zu können. Erweiterungsmöglichkeiten sind grundsätzlich vorzusehen und dürfen nicht durch falsche Platzierung zur Gülle- und Silagelagerung oder durch unsinnige ökologische Ausgleichsmaßnahmen behindert werden. Die Distanzen zu den Stallungen müssen ausreichend Platz und Wendemöglichkeiten für Maschinen, Traktoren und Lastkraftwagen zulassen, sollten jedoch nicht zu groß bemessen werden, zur Vermeidung unnötiger Zeitverluste. Durch eine optimale Verkehrsführung zwischen Ställen, Melkhaus und Futterstöcken unter Beachtung der Abmessungen und des Verkehrsflächenbedarfs der mobilen Fütte-

rungstechnik, können Fahrzeuge, Maschinen und Geräte sinnvoll und rationell eingesetzt werden.

In der Arbeitszeit für die Fütterung ist die Entnahme der Rationskomponenten aus den Futterstöcken bis zur Vorlage des Futters auf dem Futtertisch inklusive aller Wegstrecken die zurückgelegt werden müssen enthalten.

Die ausgewiesenen Arbeitszeiten durch das Verfahren des Siloblockschneders, gekoppelt mit einer Greifschaukel, steigt fast proportional zur Kuhzahl an. Bei Verdopplung der Tierzahl von 62 auf 125 lässt sich nur eine Reduzierung der Arbeitszeit von 10,84 AKh auf 9,73 AKh pro Kuh und Jahr für die Futtervorlage realisieren. Die Reduktion der Arbeit um etwas mehr als 1 AKh ist im Vergleich zu den Alternativverfahren gering. Die Futtervorlage erfolgt bei dieser Technik noch manuell, hier kann keine Arbeitszeit durch einen steigenden Tierbestand eingespart werden.

Bei diesem Verfahren wird bei verdoppelter Herdengröße nur durch bessere Auslastung von Greifschaukel und Siloblockschneider eine Arbeitsentlastung erreicht. Dadurch bleiben die Wegstrecken und damit die Zeit, die zur Entnahme der Rationskomponenten aus den Futterstöcken aufgewendet werden muss, bei einer Verdopplung des Tierbestandes gleich.

Diese Variante ist aus verfahrenstechnischen und ökonomischen Gesichtspunkten in größeren Beständen (> 125 Kühe) nicht mehr Gegenstand der Betrachtung.

Der deutlich höhere Arbeitszeitverbrauch durch das Verfahren eines gezogenen Fremdbefüllers ist einerseits durch das An- und Abkuppeln vor bzw. nach dem Beladen und andererseits durch die langsamere Befüllung des Futter-Misch- und Verteilwagens begründet. Die Entnahme der silierfähigen Futtermittel aus den Siloanlagen durch die Greifzange und das anschließende Entleeren des Inhalts in den Futter-Mischwagen dauert durch die hydraulische Arbeit der Schneidorgane wesentlich länger als die Aufnahme der gleichen Rationskomponenten bei den berechneten Fräsmischwagen.

Durch das gezielte Heranfahren der einzelnen Futtermittel hin zum Mischwagen, der am zentralen Beladeplatz abgestellt wird, müssen zusätzliche Wegstrecken zurückgelegt werden. Die Benutzung eines zweiten Traktors ist bei dieser Variante genauso nicht berücksichtigt worden wie der Einsatz einer zweiten Arbeitskraft. Da hierdurch eine Kostensteigerung durch einen suboptimal genutzten zweiten Schlepper induziert worden wäre. Außerdem ist der Einsatz einer zweiten Arbeitskraft auszuschließen da die einzukalkulierenden Wartezeiten dieser Person das Verfahren extrem verteuern würde.

Die Fütterung von 1.000 Milchkühen ist in diesem Verfahren durch eine Arbeitskraft (bei maximal 2.000 AKh/Jahr) beim Verfahren des gezogenen fremd zu befüllenden Futter-Misch- und Verteilwagens nicht mehr gewährleistet.

Der Arbeitszeitbedarf des gezogenen Selbstbefüllers ist gegenüber dem selbstfahrenden Futter-Misch- und Verteilwagen bei allen untersuchten Bestandsgrößen etwas niedriger, wobei die Differenz mit steigender Zahl der Tiere zunimmt.

Diese Unterschiede sind durch die verschiedenen Entnahmeleistungen der Fabrikate in den Futterstöcken zu begründen; denn sowohl zurückzulegende Wege als auch Mischzeiten sind identisch.

Demnach hat die Entnahmeleistung des Fräsmischwagens großen Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf der Fütterung bei diesen beiden Mechanisierungsvarianten.

Durch bessere inhaltsbezogene Auslastung der Futtervorlagetechnik ist bei allen drei Futter-Mischwagen-Alternativen der absolute Arbeitszeitbedarf der Futtervorlage bis zu einer Betriebsgröße von 250 Tieren fast gleich, da bei steigendem Tierbestand sich nur die reine Befüllzeit durch die steigende Futtermenge erhöht, während alle Wegstrecken und die Dauer des Mischvorgangs konstant bleiben. Da bei 62, 125 als auch bei 250 Milchkühen für die Fütterung jeder Leistungsgruppen nur eine Mischung hergestellt werden muss.

Dadurch kann die jährliche Arbeitsbelastung – induziert durch die Futtervorlage – pro Milchkuh mit steigender Bestandsgröße fast linear reduziert werden. Eine Verdopplung des Bestandes erwirkt real etwa eine Halbierung der Arbeitszeit pro Milchkuh.

Bei einer Verdopplung der Tierzahl von 250 auf 500 Milchkühe tritt eine stärkere Erhöhung der benötigten Arbeitszeit auf, damit verbunden eine geringere Reduktion der Arbeitsbelastung pro Tier und Jahr.

Ein Wachstum der Milcherzeugerbetriebe in leistungs- und wettbewerbsfähige Größenordnungen ist unerlässlich. Durch größere Einheiten tritt eine Degression der eingesetzten Arbeit für die Futtervorlage bezogen auf die zu betrachtende Einheit ein. Dadurch steigt die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Futtervorlagetechnik mit steigenden Bestandsgrößen an.

Durch immer schärfer werdende Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft ist eine permanente Verbesserung der technisch-ökonomischen Effizienzen von entscheidender Bedeutung. Die Ermittlung der Nutzungskosten und der Minimalkostenkombination führt dabei zur Verfahrensoptimierung. Die geringsten Jahreskosten aus Technik- und Arbeitskosten stellen das technisch-ökonomisch effizienteste Verfahren der Futtervorlage dar. Dies wurde auf der Basis gleicher Voraussetzungen und Annahmen exemplarisch als Vollkostenrechnung für den ausgewählten Modellbetrieb in den einzelnen Bestandsgrößen vorgenommen.

Die Differenz von 0,5-2,5 €/kg Milch zwischen den Mechanisierungsalternativen bei gleichen Bestandsgrößen zeigen das große Potenzial zur Kostenersparnis bei der Wahl der richtigen Futtervorlagetechnik. Die Kostenbelastung der Milchproduktion durch die Futtervorlage sinkt mit wachsenden Tierbeständen, sie ist im schlechtesten Fall (62 Kühe, Fremdbefüller) mit 7,1 €/kg Milch mehr als 10 mal so teuer als bei der besten Variante (1.000 Kühe, gezogener Selbstbefüller) mit 6,7 €/kg (Abb. 3).

Bei einem Lohnniveau von 15 € je AKh sind in allen untersuchten Betriebsgrößenklassen die kapitalintensiven Mechanisierungsvarianten des gezogenen selbstbefüllenden- und des selbstfahrenden Futter-Misch- und Verteilwagen den arbeitsintensiven Alternativverfahren des Siloblockschneiders und des gezogenen Fremdbefüllers deutlich überlegen.

Nicht nur die Nutzungskosten für Arbeit führen in kleineren Beständen zu erheblich höheren Produktionskosten, vielmehr bewirken auch Kostendegressionen bei den Abschreibungen und den sonstigen Fixkosten insgesamt geringere Produktionskosten bei größeren Betrieben.

Die Lohnkosten der eingesetzten Arbeit übersteigen bei allen untersuchten Mechanisierungsvarianten in allen Betriebsgrößenklassen wesentlich die Kapitalkosten, daher muss mit steigenden Arbeitskosten die menschliche Arbeit entsprechend durch Kapital ersetzt werden.

Die Verminderung des Arbeitszeitbedarfs und der Arbeitsschwere ist ein wichtiges Kriterium zur Gleichstellung der in der Landwirtschaft Tätigen mit anderen Wirtschaftsbereichen, eine Voraussetzung um qualifizierte Arbeitskräfte einstellen zu können. Auch in der Landwirtschaft können hohe Leistungen nur durch gut ausgebildete, motivierte, gut bezahlte Mitarbeiter erreicht werden.

Bei weiter sinkenden Markterlösen sind in der Milchproduktion nur durch

- straffes Management
- ausreichende Bestandsgrößen
- hohe Milchleistungen
- und gute Produktionstechniken in Verbindung mit niedrigen Kosten auch in Zukunft noch Unternehmergewinne zu erzielen.

Arbeitszeitbedarf für die Pensionspferdehaltung in landwirtschaftlichen Betrieben

Labour Time Requirement for Boarding Horses on Farms

BERNHARD HAIDN, NATALIE BERGER

Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik, Lfl, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Schlüsselwörter: Arbeitszeitbedarf, Pferdehaltung
Keywords: labour time requirement, horse boarding

Zusammenfassung

Die Pensionspferdehaltung hat in Deutschland in den letzten 30 Jahren sehr stark an Bedeutung gewonnen. Für betriebswirtschaftliche Analysen sind Daten über den Arbeitszeitbedarf wichtig. In einem Forschungsprojekt wurde dieser für drei gängige Haltungssysteme (Einzelboxen-, Klein-, Großgruppenhaltung) und jeweils für die Bestandesgrößen von 12, 26 und 52 Pferden in Modellkalkulationen ermittelt.

Die Berechnungen ergaben einen deutlichen Unterschied im Gesamtarbeitszeitbedarf zwischen der Einzelboxenhaltung (123-145 AKh/Pferd und Jahr) und der Gruppenhaltung (42-66 AKh/Pferd und Jahr). Diese Unterschiede sind ausschließlich auf die Routinearbeiten zurückzuführen. Die Summe der Sonderarbeiten beträgt in Abhängigkeit von der Bestandesgröße etwa 10-20 AKh/Pferd und Jahr und wird vom Haltungssystem nicht beeinflusst. Die Routinearbeiten werden vor allem durch das Einstreuen und Entmisten bestimmt, die in der Boxenhaltung etwa zwei Drittel des Gesamtarbeitszeitbedarfs und in der Gruppenhaltung etwa ein Drittel bis die Hälfte der Zeit beanspruchen.

Summary

In Germany keeping of boarding horses increased during the last thirty years. For economic analyses data about the labour time requirement are necessary. By modelcalculations this was researched for three common housing systems (single boxes, small groups, large groups) each at a live stock of 12, 26 and 52 horses.

The result of the calculations shows a great difference in the total labour time requirement between horse keeping in single boxes (123-145 h/horse and year) and in groups (42-66 h/horse and year). These differences are only caused by the routine work. The special work reached the amount of 10-20 h/horse and year and is not influenced by the housing system. Routine work is mainly determined by littering and mucking out, which takes two third of the whole time when horses kept in single boxes and one third to one half when they are kept in groups.

1 Einleitung

Der Pferdebestand in Deutschland erreichte 1970 einen Tiefstand von 250.000 Pferden. In den darauffolgenden Jahren stieg er wieder auf einen Wert von derzeit etwa 800.000 Tieren an. Entscheidend für diese Trendwende war eine stetig wachsende Nachfrage an Freizeit- und Sportpferden. Für viele Landwirte stellt die Pensionspferdehaltung im Haupt- oder Nebenerwerb eine wichtige Einkommensquelle dar.

Da die Pensionspferdehaltung zu den betreuungs- und deshalb arbeitsintensiven Tierhaltungszweigen gehört, die sich in Teilbereichen nur mit hohem Aufwand mechanisieren lassen, ist es besonders vor größeren Investitionen wichtig, die betriebliche Situation im Hinblick auf Arbeitswirtschaft und Kosten genau zu erfassen. Es besteht ein Bedarf an Daten- und Informationsmaterial zum Arbeitszeitbedarf in verschiedenen Haltungssystemen. Insbesondere nach betriebspezifischen Kalkulationsmöglichkeiten.

2 Zielstellung

Ziel eines Forschungsprojektes (HAIDN et al. 2002) war es, Kalkulationsmodelle zu entwickeln, mit denen der Arbeitszeitbedarf der Routinearbeiten und mit Einschränkungen auch der Sonderarbeiten wichtiger Haltungssysteme der landwirtschaftlichen Pensionspferdehaltung berechnet werden kann. Der Arbeit lag folgende Vorgehensweise zu Grunde:

- Erstellung von Modellbetrieben mit häufig vorkommenden Stallsystemen als Grundlage der Kalkulation
- Ermittlung spezifischer Arbeitsabläufe anhand der Modellbetriebe
- Analyse vorhandenen Datenmaterials aus der Literatur
- Ergänzung fehlender Arbeitselemente im Bereich der Routinearbeiten durch Zeitmessung auf ausgewählten Betrieben
- Erstellung allgemeingültiger Planzeiten in Form mathematischer Funktionen und deren Dokumentation
- Entwicklung von Modellstrukturen und Modellverknüpfungen mit dem Tabellenkalkulationsprogramm MS-Excel
- Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die ausgewählten Modellbetriebe

3 Material und Methode

Als Grundlage der Arbeitszeitanalyse dienen Modellbetriebe der drei gängigsten Stallsysteme in der Pensionspferdehaltung:

- die Einzelboxenhaltung mit direkt angeschlossenem Einzelpaddock
- die Laufstallhaltung in Kleingruppen mit Fressständerfütterung
- die Laufstallhaltung in Großgruppen mit Abruffütterung

Für jedes dieser Stallsysteme wurden Stallgrundrisse für kleine (12 Pferde), mittlere (26 Pferde) und große (52 Pferde) Pferdebestände angefertigt.

In Anlehnung an diese neun Modellbetriebe wurden zwei Praxisbetriebe mit Einzelboxenhaltung und vier mit Gruppenhaltung ausgewählt. Auf diesen Betrieben wurden neben einer ausführlichen Befragung der Betriebsleiter Arbeitsbeobachtungen mit Zeitmessungen nach der Zeitelementmethode durchgeführt. Auf diese Weise konnten sowohl Informatio-

nen über die wichtigsten Arbeitsgänge und deren Arbeitsabläufe gesammelt werden als auch im Datenpool noch fehlende Planzeiten ergänzt werden.

Damit sowohl der Gesamtarbeitszeitbedarf als auch der von Teilbereichen ermittelt werden kann, wurde im nächsten Schritt aus den Planzeiten Teilvorgangs- und Vorgangsmodelle nach der von HAIDN (1995) und HAIDN (2000) beschriebenen Methode erstellt. Der Schwerpunkt des Modellbaus wurde auf die Bereiche der Fütterung, des Einstreuens und Entmistens sowie den Weidegang gelegt. Für Sonderarbeiten wurde eine Einordnung anhand von Schätzwerten verschiedener Tätigkeiten vorgenommen.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Annahmen für die Arbeitszeitanalyse der Modellbetriebe dargestellt.

Tab. 1: Die wichtigsten Annahmen für die Kalkulationen
The main suppositions for the calculations

Haltungssystem	Einzelboxenhaltung mit Paddock	Kleingruppenhaltung (5-7 Pferde/Gruppe)	Großgruppenhaltung (12-13 Pferde/Gruppe)
Grundfutter- fütterung	In Box 3 x tägl. Heu u. Silage 6 kg/Pferd u. Tag	In Fressständen 2 x tägl. Heu u. Silage 6 kg/Pferd u. Tag	In Vorratsraufen nach Bedarf Heu u. Silage 6 kg/Pferd u. Tag
Kraftfutter- fütterung	2x tägl., 2 kg/Pferd u. Tag, Mineralfutter	2 x tägl., 2 kg/Pferd u. Tag, Mineralfutter	Abruffütterung
Entmistung	1x tägl. per Hand; Matratzenstreu	Liegefläche täglich abmisten, Matratzenstreu, 8x jährlich entmisten, Lauffläche 1x tägl. mit Hoftrac entmisten	
Einstreuen	Stroh 10 kg/Box u. Tag; Sägemehl 15 kg/Box u. Tag	Liegefläche täglich mit Stroh 10 kg/Pferd und Tag	
Weidegang	tägl. zu zweit auf die Weide führen oder in Gruppen (4-6 Pferde) treiben, ca. 20-50 m Entfernung zur Weide	tägl. in Gruppen auf die Weide treiben, ca. 20-50 m Entfernung zur Weide	
Kehren	1-2 x tägl. Stallgassen, Putz- platz, Futterkammer, Wege u. sonstige Flächen	1-2 x tägl. Stallgassen, Putz- platz, Futterkammer, Wege u. sonstige Flächen	1-2 x tägl. Stallgassen, Putz- platz, Futterkammer, Wege u. sonstige Flächen
Stallrundgang, Kontrolle	1 x tägl. mit Einzeltierkon- trolle	1 x tägl. mit Einzeltierkon- trolle	1 x tägl. mit Einzeltierkon- trolle

4 Ergebnisse

Die Berechnung des Gesamtarbeitszeitbedarfes erfolgte durch Aufsummieren der einzelnen Arbeitsteil- und Arbeitsvorgänge. Für die Boxenhaltung ergaben die Kalkulationen Werte zwischen 123 und 145 AKh/Pferd und Jahr (Abb. 1). Bei Klein- und Großgruppenhaltung liegt der Arbeitszeitbedarf mit 48–66 bzw. 42-59 AKh/Pferd und Jahr nur etwa bei einem Drittel bis der Hälfte der Boxenhaltung.

Da die Sonderarbeiten vom Haltungssystem weitgehend unabhängig sind, ist der deutliche Rückgang des Gesamtarbeitszeitbedarfs ausschließlich auf die Routinearbeiten zurückzuführen.

4.1 Routinearbeiten

Für die Routinearbeiten sind bei Boxenhaltung je nach Bestandesgröße 110-124 AKh/Pferd und Jahr (85-90 % der Gesamtarbeitszeit) aufzuwenden (Tab. 2). Bei Gruppenhaltung

lassen sich die verschiedenen Arbeitsgänge besser mechanisieren, so dass dadurch der Zeitbedarf unabhängig von der Bestandesgröße auf etwa ein Drittel sinkt. Großgruppenhaltung ermöglicht nochmals eine Reduzierung um etwa 5 AKh/Pferd und Jahr. Der Anteil der Routinearbeiten sinkt bei der Gruppenhaltung auf 65-75 % der Gesamtarbeit.

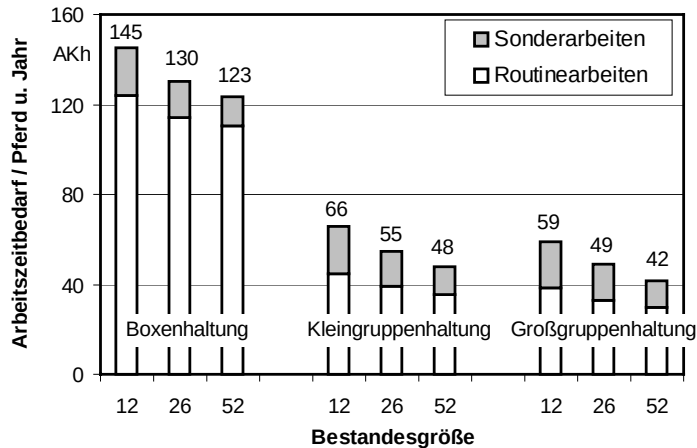


Abb. 1: Gesamtarbeitszeitbedarf der untersuchten Haltungssysteme und Bestandesgrößen
Total labour time requirement of each housingsystem and live stock

Tab. 2: Arbeitszeitbedarf für Routinearbeiten
Labour time requirement of routine work

Haltungssystem Bestandesgröße	Arbeitszeitbedarf / Pferd und Jahr [AKh]								
	Boxen			Kleingruppe			Großgruppe		
	12	26	52	12	26	52	12	26	52
Grundfutterbereitstellung	1,1	1,1	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Grundfutterfütterung	9,8	7,5	7,4	5,9	5,0	5,0	1,2	1,2	1,2
Krafftutterbereitstellung	1,2	0,8	0,5	1,2	0,8	0,5	0,9	0,6	0,6
Krafftutterfütterung	5,8	3,8	2,9	3,0	3,0	2,7	6,1	5,2	3,9
Entmistung	62,9	62,6	62,4	11,0	10,3	9,5	11,8	10,0	9,5
Einstreubereitstellung	1,2	1,2	1,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Einstreuen	9,7	9,5	9,4	2,6	2,0	1,8	2,6	2,0	1,7
Weidegang	20,4	17,4	16,2	8,2	7,1	6,7	4,9	4,1	3,7
Sonstige Routinearbeiten	11,6	10,1	9,6	11,3	9,4	8,2	9,4	8,6	8,2
Summe	123,8	113,8	110,4	44,5	38,9	35,6	38,2	32,9	30,0
Anteil an Gesamtarbeit (%)	85,2	87,5	89,5	68,0	70,9	74,9	64,9	67,6	71,9

Die Fütterungsarbeiten werden überwiegend durch die Art der Grundfuttergabe beeinflusst. Bei Boxenhaltung ist hierfür insgesamt ein Zeitbedarf von 12–18 AKh/Pferd und Jahr erforderlich. Demgegenüber liegt er in der Großgruppenhaltung nur etwa halb so hoch und in der Kleingruppenhaltung nur geringfügig über dieser. Die Krafftuttergabe über eine Abrufstation bringt keine Zeitersparnis gegenüber der Handfütterung in Einzelboxen oder

in Fressständern. Sonstige Fütterungsarbeiten (PC-Arbeiten, Arbeiten an der Abrufstation) gleichen die eingesparte Zeit beim Verteilen des Kraftfutters wieder aus. Die Vorteile der Kraftfuttermenge in der Station liegen in der genaueren tierindividuellen und zeitlich unabhängigen Zuteilung.

Beim Entmisten und Einstreuen zeigen sich die größten Unterschiede im Arbeitszeitbedarf je Pferd und Jahr. Während das einmal tägliche Entmisten der Einzelboxen von Hand mit 62 AKh/Pferd und Jahr etwa 50 % der Routinearbeiten einnimmt, sind dies bei Laufstallhaltung dank der mobilen Entmistungstechnik nur 10-12 AKh/Pferd und Jahr. Auch für das Einstreuen muss in der Einzelboxenhaltung mit knapp 10 AKh gegenüber etwa 2 AKh/Pferd und Jahr in der Gruppenhaltung ein deutlich höherer Arbeitszeitbedarf veranschlagt werden.

Die Arbeiten zum Weidegang bestehen im wesentlichen aus dem täglichen Führen oder Treiben der Pferde vom Stall zur Weide/Koppel. Bei Boxenhaltung wird ein Teil der Pferde zu zweit geführt, ein Teil in Gruppen zu 4-6 Tieren getrieben. Mit steigender Bestandesgröße wird eine zunehmende durchschnittliche Entfernung zur Weide von 20 auf 50 m unterstellt. Der Zeitaufwand für diesen Arbeitsbereich ist beträchtlich und liegt etwa in der Größenordnung der Fütterungsarbeiten. Bei Pferden in Gruppenhaltung ist hierfür deutlich weniger Zeit erforderlich, wobei die Gruppengröße einen beträchtlichen Einfluss ausübt.

In den „Sonstigen Routinearbeiten“ sind der tägliche Stallrundgang mit Einzeltierkontrolle, sowie das tägliche ein- oder zweimalige Kehren/Reinigen von Stallgasse, Futterkammer, Putzplatz usw. enthalten. Der Arbeitszeitbedarf hierfür liegt zwischen 8 und 11 AKh/Pferd und Jahr.

4.2 Sonderarbeiten

Zu den Sonderarbeiten wurden alle Arbeiten zur Organisation des Betriebs (Allgemeine Büroarbeiten, Kundenbetreuung, Betriebsberatung und Weiterbildung), die Reinigungsarbeiten (Stalleinrichtungen, Sanitäreinrichtungen, Aufenthaltsräume, Sattelkammer usw.) und die Pflege der Reitanlagen (Reitplatz für alle Betriebe, Reithalle für mittlere und große Betriebe, Longierzirkel für große Betriebe) gezählt (Tab. 3). Die Summe aller Sonderarbeiten beträgt etwa 10–20 AKh/Pferd und Jahr. Der Zeitaufwand ist nicht vom Haltungssystem sondern vom Umfang der durchgeführten Arbeiten und von der Bestandesgröße abhängig.

Tab. 3: Arbeitszeitbedarf für Sonderarbeiten
Labour time requirement of special work

Haltungssystem Bestandesgröße	Arbeitszeitbedarf / Pferd und Jahr [AKh]								
	Boxen			Kleingruppe			Großgruppe		
	12	26	52	12	26	52	12	26	52
Management und Organisation	7,0	4,2	3,3	7,0	4,2	3,3	7,0	4,2	3,2
Reinigungsarbeiten	1,2	0,8	0,3	0,7	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2
Reitanlagenpflege	13,2	11,3	8,3	13,2	11,3	8,3	13,2	11,3	8,3
Summe	21,5	16,3	11,9	21,0	15,9	11,9	20,6	15,8	11,7
Anteil an Gesamtarbeit	14,8	12,5	10,5	32,0	29,1	25,1	35,1	32,4	28,1

Literatur

HAIDN, B. (1995): Arbeitszeitkalkulation nach der Zeitelementmethode mit dem Tabellenkalkulationsprogramm MS Excel - Möglichkeiten und Grenzen. In: Agrartechnische Berichte Nr. 26, Institut für Agrartechnik und Landesanstalt für landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen der Universität Hohenheim, S. 63-71

HAIDN, B. (2000): Arbeitszeitbedarf in der Mastschweinehaltung. In: Landtechnik Weihenstephan, Landtechnik-Schrift Nr. 11, S. 9-20

HAIDN, B.; BERGER, N.; GRUBER, V. UND LINDENAU, G. (2002): Arbeitszeitbedarf für die Pensionspferdehaltung in landwirtschaftlichen Betrieben. KTBL-Sonderveröffentlichung 041, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

Strohangebot in einstreulosen Mastschweineställen unter besonderer Berücksichtigung des Auftretens von Magenläsionen

Provision of Straw in Fully Slatted Floor Housing Systems for Fattening Pigs Systems with Regard to Lesions of the Stomach

BETINA MONIKA KRESS¹, ANTJE ROß², CHRISTOPH WINCKLER¹,
HERMAN VAN DEN WEGHE¹

¹ Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Georg-August-Universität Göttingen, Universitätsstrasse 7, 49377 Vechta

² Landwirtschaftskammer Weser-Ems, GB 3.17, Mars-la-Tour-Str. 9, 26121 Oldenburg

Schlüsselwörter: Stroh, Mastschweine, Beschäftigung, Magenläsionen, Ulcera

Keywords: straw, fattening pigs, occupation, stomach, ulcera

Zusammenfassung

In einem Praxisversuch über vier Durchgänge wurde der Einfluss einer Strohgabe über Raufen auf die Prävalenz von Magenläsionen bei Mastschweinen (n = 1083) in Vollspaltenbodenbuchten untersucht.

Mittel- und hochgradige Magenläsionen traten in den Strohvarianten im Durchschnitt seltener auf als im Referenzabteil. Signifikante Unterschiede (Chi-Quadrat-Test) bestanden für Hyperkeratosen und Ulcera der Pars proventricularis (Vormagenabteilung, kutane Schleimhaut).

Die Ergebnisse der Untersuchungen unterstreichen die Bedeutung einer ausreichenden Rohfasergabe an Mastschweine vor dem Hintergrund einer positiven Beeinflussung der Tiergesundheit sowie des Tierverhaltens. Unter dem Gesichtspunkt des Tierschutzes und ökonomischer Aspekte/rechtlicher Rahmenbedingungen (Leistungsminderung durch Magengeschwüre und Kannibalismus) ist die Gabe von Stroh durch Raufen positiv zu bewerten.

Summary

It was the aim of this study to investigate the effects of limited amounts of straw provided in racks on the prevalence of stomach lesions in fattening pigs kept in fully slatted floored pens (four fattening periods; n = 1083 pigs).

Severe lesions were less frequently found in pigs provided with straw. There were significant differences for the prevalence of hyperkeratosis and ulcers of the pars proventricularis (Chi-square).

Therefore, our results underline the importance of fibre provision for fattening pigs with regard to pig welfare.

1 Einleitung und Zielsetzung

Strohlose Haltungsverfahren für Mastschweine bieten den Tieren nur eingeschränkte Möglichkeiten ihre arttypische Verhaltensweisen auszuüben. Verhaltensmuster wie Wühlen und Erkunden der Umgebung können die Tiere nur ansatzweise ausführen. Der Einsatz von Stroh wird als wichtiger Beitrag zu einer tiergerechten Haltung angesehen (VAN PUTTEN, 1980). Auch das geltende Recht der Europäischen Union schreibt „ständigen Zugang zu ausreichenden Mengen an Materialien, welche die Schweine untersuchen und bewegen können“ vor.

Ziel der vorliegenden, im Rahmen eines vom Land Niedersachsen und der EU geförderten Projektes durchgeführten Untersuchung war es, durch eine Strohgabe in Vollspaltensystemen eine Anreicherung der Tierumwelt (Beschäftigung) zu erreichen sowie die Wirkung der Strohgabe auf die Tiergesundheit zu überprüfen. Dazu wurde u.a. das Auftreten von Magenläsionen, die in einstreulosen Systemen großen wirtschaftlichen Schaden verursachen (NIENHOFF und SCHMIDT, 1996), erfasst.

2 Tiere, Material und Methoden

Die Untersuchung wurde in drei Abteilen à 120 Mastplätzen eines Praxisbetriebes (Kammstall, Vollspaltenboden) während vier Durchgängen durchgeführt. In je einem Abteil erhielten die Tiere (37,5 % Deutsches Edelschwein, 12,5 % Duroc, 50 % Pietrain) Stroh über zwei verschiedene Raufentypen. Ein Abteil diente als Kontrolle. Die Fütterung der Tiere erfolgte über eine Flüssigfütterungsanlage 3 mal täglich mit einer Fertigmischung.

Folgende Raufentypen wurden eingesetzt:

- handelsübliche Standraufe (Firma Agro Products, DK) mit Trogschale; Volumen 40 Liter.
- Gitterraufe (Eigenkonstruktion); nach unten angeschrägter Vorratsbehälter; Montage an die Buchtenwand; Maschenweite des Gitters 50x50 mm.

Die Vorlage von Weizenlangstroh erfolgte in einer Menge zwischen 7 und 17g/Tier*Tag.

Es wurden Daten zum Tierverhalten, den Tierleistungen, der Tiergesundheit (Bonitur des Integuments) sowie technische Daten zu den Raufentypen, verbrauchten Strohmenngen etc. erfasst.

Die Verhaltensbeobachtungen der Tiere erfolgten durch Direktbeobachtungen an drei Terminen in der Mast sowie anhand von wöchentlichen Videoaufzeichnungen (24-h-Auswertungen).

Für die Bonitur der Mägen wurden diese am Schlachthof gewonnen und in Zusammenarbeit mit der Außenstelle für Epidemiologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover auf Erosionen, Hyperkeratosen und Ulcera untersucht. Dazu wurden die Mägen entlang der großen Krümmung geöffnet, der Mageninhalt entfernt und die inneren Magenwände getrennt nach Pars proventricularis und Fundus/Cardia bonitiert. Die Beurteilung erfolgte in vier Stufen (0 = o.b.B., 1 = geringgradig, 2 = mittelgradig, 3 = hochgradig). Insgesamt wurden 1083 Mägen untersucht.

3 Ergebnisse

3.1 Strohverbrauch

Im Mittel aller Durchgänge verbrauchten die Tiere aus der Standraufe 9,8 g Stroh/(Tier*Tag), aus der Gitterraufe 12,3 g Stroh/(Tier*Tag).

3.2 Tierverhalten

Die Tiere in den Versuchsabteilen beschäftigten sich über die gesamte Mastperiode hinweg durchgängig mit dem Stroh. Es wurden Maximalwerte zwischen 18 % und 30 % (Beginn und Mitte der Mast) sowie 19 % und 32 % (Mastende) der Beobachtungszeit ermittelt.

Zwischen den beiden Varianten mit Stroh bestanden signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U- Test) in der Beschäftigungsdauer. Die Tiere in den Buchten mit Gitterraufe zeigten hier deutlich höhere Beschäftigungsanteile.

3.3 Bonitur der Mägen

Mittel- und hochgradige Magenläsionen (Erosionen, Hyperkeratosen, Ulcera) traten in den Strohvarianten an der Pars proventricularis (pp) tendenziell seltener auf (Abb. 1). Im strohlosen Referenzabteil wurden mit 88,7 % die höchsten Anteile mittel- und hochgradiger Läsionen ermittelt. Allerdings wiesen Tiere aus dem Abteil mit Standraufe gegenüber dem Abteil mit Gitterraufe diesbezüglich eine höhere Schadensrate auf.

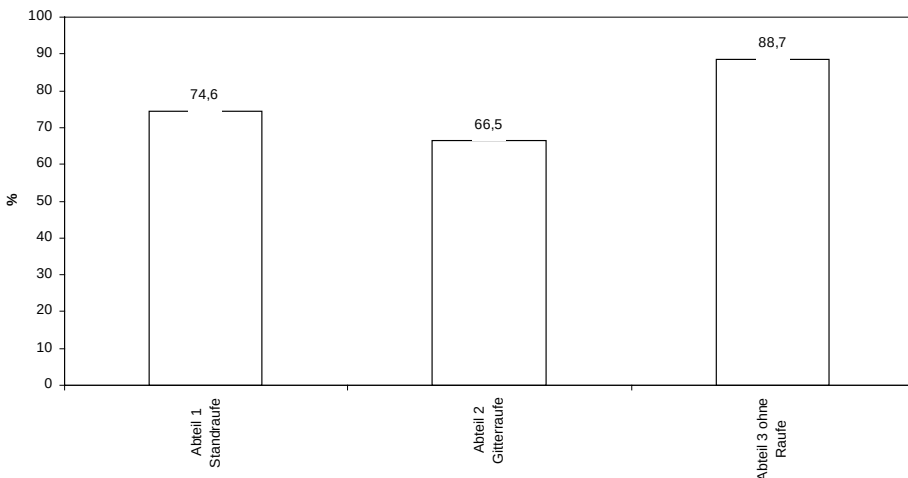


Abb. 1: Mittel- und hochgradige Magenläsionen an der Pars proventricularis (n = 1083)

Hyperkeratosen

Die Aufstallungsvariante hatte einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Hyperkeratosen an der Pars proventricularis (χ^2). So bestanden mittel- und hochgradige Veränderungen bei 51 % (Standraufe) bis 67 % (strohlos) der befundeten Tiere. Umgekehrt lagen geringgradige Veränderungen im strohlosen Abteil seltener vor.

Tab. 1: Bonituren am pars proventricularis (n = 1083), Boniturstadium 0 = ohne Befund, 1 = geringgradig, 2 + 3 = mittel- und hochgradig

Boniturstadium	Abteil 1 Standraufe (n = 334)	Abteil 2 Gitterraufe (n = 370)	Abteil 3 ohne Raufe (n = 379)
Hyperkeratosen (in %)			
0	4.5	8.4	5.0
1	38.3	40.3	28.0
2 + 3	57.2	51.4	67.0
Ulcerata (in %)			
0	91.6	94.3	86.3
1	5.1	3.2	10.0
2 + 3	3.3	2.4	3.7

Ulcerata

Auch das Auftreten von Ulcerata an der Pars proventricularis unterschied sich signifikant zwischen den Behandlungsvarianten (χ^2). Während in den Strohvarianten jeweils über 90 % der Tiere keine Anzeichen für eine Ulcusbildung aufwiesen, war dies im strohlosen Abteil nur zu 86 % der Fall. Die deutlichsten Unterschiede wurden für geringgradige (frühe?) Veränderungen ermittelt (Tab. 1).

Literatur

PUTTEN, G. VAN (1980): Objective observations on the behaviour of fattening pigs. Animal regulation studies 3, p. 105-118

NIENHOFF, H.; U. SCHMIDT (1996): Berufskrankheit bei Intensivhaltung. Magen- und Darmerkrankungen beim Schwein. top agrar extra, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, S. 70-71.

Design and Tests of Equipment and Pen to Feed Sugar Beet Pulp Silage to Pregnant Sows

Entwurf und Test von Anlagen zur Fütterung trächtiger Sauen mit silierten Zuckerrübenschnitzeln

WIM J. HOUWERS¹, MONIQUE KAEMMERER²

¹ Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG), P.O. Box 43, NL-6700 AA Wageningen

² Institute of Sugar Beet Production, P.O. Box 32, NL-4600 AA Bergen op Zoom

Keywords: sow, feeding, roughage, behaviour, housing, design, sugar beet pulp silage

Schlüsselwörter: Sau, Fütterung, Verhalten, Raufutter, Entwurf, Stall, Zuckerrübenschnitzel

Zusammenfassung

Zur Realisierung einer automatischen Fütterung mit Zuckerrübenschnitzel (SBPS, 28 % TS), sind verschiedene Anlagen entworfen und getestet worden. Für die Fütterung im Kastenstand wurden zwei verschiedene Systeme installiert um 10 % SBPS und 80 % Trockenfuttermischung in einer SBPS Dosieranlage auszufüttern. In System A wird individuell und in System B erhalten alle Sauen die gleiche Futtermischung. Beide Systeme haben zuverlässig funktioniert.

Ferner erhielten 40 Sauen in einer Gruppe mit reduziertem Mischfutter in der Abrufstation (ESF) zusätzlich SBPS ad libitum über vier nebeneinander aufgestellte SBPS-Automaten. Es wurden die Futteraufnahme und das Verhalten erfasst. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sauen ihre tägliche SBPS-Aufnahme auf 5 kg beschränkten und vorzugsweise alleine fressen. Die SBPS-Automaten konnten durch starke Sauen blockiert werden. Ferner sind drei Fressplätze für 40 Sauen ausreichend. Bei einem späteren Feldversuch mit 160 Sauen wurde das Futtersystem erfolgreich automatisiert. Diese Sauen haben 2 kg SBPS gefressen. Eine höhere Aufnahme kann durch gestreute Aufstellung der Automaten stimuliert werden.

Summary

To enable automated feeding of SBPS different feeding equipment and pen layouts have been designed and tested. For stall feeding 2 dry feeding systems were equipped to enable feeding of 10 % SBPS in the ration. In system (A) sows could be fed individual diets. In system (B) one mixture for all sows was fed. Both systems proved to be accurate and reliable. Group-housed sows were SBPS fed ad libitum in addition to a reduced ration fed in Electronic Sow Feeders (ESF). In a first trial feed intake and behaviour was measured in a 40-sow unit. Sows limited their SBPS intake within 5 kg, daily feeding activity was triggered by the ESF reset, sows ate mostly alone, dominant sows could block the feeder, and that one feeder to 12 sows was sufficient. In a test in a commercial herd of 160 sows SBPS feeding was successfully automated. To stimulate a higher feed intake feeders should be spread or separated by partitions to prevent that.

Introduction

By feeding pressed sugar beet pulp silage (SBPS) (22 % or 28 % DM) instead of sugar beet pulp (88 % DM) energy can be saved during the drying process. Feeding SBPS allows sows to spend more time on feeding and, when ingested in larger amounts, gives a higher level of satiation, contributing to the sows welfare. Sows given SBPS in their diet will limit their feed intake (BROUNS et al., 1995). Sows housed in stalls can consume 5 kg of SBPS per day. To enable feeding of SBPS to sows on commercial farms viable and automated systems should be available. In four experiments possibilities to automate feeding of SBPS have been developed and tested (HOUWERS and HAAKSMA, 1999 and 2002, HOUWERS et al., 1997 and 2000).

Stall feeding

Two commercial dry feeding systems were tested for suitability to feed a mixture with on a basis of dry matter respectively 12.5 % and 20 % (A) and 10 % (B) compound feed crunch was replaced by sugar beet pulp silage. In these experiments the mixtures contained respectively 680 and 600 (A), and 730 (B) g (dry matter per kg). In both experiments mixers were placed on load cells and delivery of compound feeder and of SBPS to the mixer was initiated by a computer signal. Delivery was stopped as soon as the required weight was reached and a cable-disc conveyer transported the mixture in the pig trough. Components for the mixture were calculated and dosed by weight in a concrete mixer on load cells.

In experiment A for each sow a different quantity and composition of the mixture was made and fed by a computer controlled feeding system (figure 2) on a research farm. Compound dry feed was brought to the mixer by an auger. SBPS was brought in from outside located 1 m³ Corn-Cob-Mix dispenser feeder by a trough auger. Feeds were mixed by a concrete-mixer and dropped in a container above the auger leading to the cable conveyer. Running it for 10 days and measuring fed quantities at 21 troughs tested the performance of the system. No disturbances were reported at a mixture 12.5 % mixture. Measured quantities and compositions at the trough did not deviate more the 1 % from the setvalue. Replacement of 20 % concentrate gave higher deviations and the pipes could not be kept clean. At 30 % replacement it was difficult to transport the mixture.

In system B on a commercial farm one mixture was made to feed all the sows in a outside 900 litre 45°-Mixer and soaked for one hour before it was gradually fed to a 200 meter long cable conveying system to feed 180 sows. Above each trough a manually adjusted volume dispenser was connected to the pipe. On 3 days feed from 30 dispensers feed was collected and weighed. 24 samples were taken and analysed on dry matter content and pH. The weight of the dispensed feed was 7 % (s.d. 5.1 %) higher than was set. The average dry matter content and pH did not deviate from the expected values. It was concluded that a cable conveyer feeding system satisfactorily could compose and dispense a feed mixture containing 10 % dry matter from sugar beet pulp silage on a practical scale. During the test period both dry feeding system performed without technical failure.

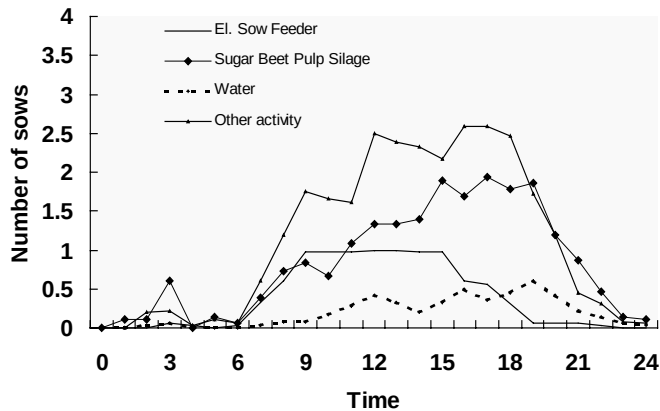


Fig. 1: Daily pattern of number of sows in the ESF, the SBPS troughs, the water trough and in other ways in group '40'

Ad-libitum feeding supplementary to ESF concentrate feeding

Ad libitum SBPS and restricted concentrate was fed to sows in a group varying in size between 30 and 40 from four adjacent single-space SBPS self-feeders. A reduces ration of concentrate was fed in an electronic sow feeder (ESF), placed at 4-m distance. The ESF was reset at 6:30 AM. Sow ID, time, duration and feed intake at each visit were registered. Behaviour was observed by video.

The mean voluntary intake of SBPS per sow per day was 1.99 kg, with a considerable variation between sows. Voluntary water intake was 2.85 kg per sow per day.

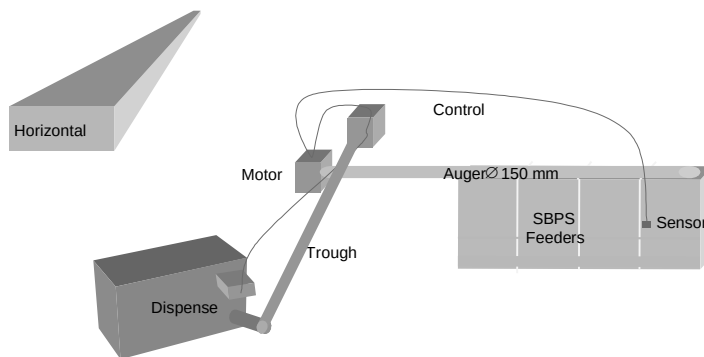


Fig. 2: Schematic presentation of an ad libitum feeding system suitable to feed sugar beet pulp silage

Total water intake, voluntary and by SPBS and ESF) was 4.98 kg. Mean water/feed ratio was 2.11. SBPS intake and voluntary water intake correlated negatively. Daily intake in group "30" was higher than in group "40". Sows started eating SBPS from about 6.00 AM, after a 8 hour period of inactivity (figure 1). On average sows spend 30 min. per day in eating SBPS and 6 min. in drinking water. At about 45 % of the video observations no

SBPS was eaten and it was rare to find 3 or 4 sows eating simultaneously. Frequently a sow withdrew at approach of another sow. One dominant sow could block access to the SBPS feeders. Three feeding spaces for 40 sows were sufficient.

This system was later mechanised in a 160-sow herd. Sows were fed SBPS (28 % DM) in four adjacent 2.2 m wide feeders, separated by a 0.85 m partition. To prevent blockage of the system and spoiling of feed the feeders were frequently filled with small quantities of SBPS. An outside dispenser was filled once a day (figure 2). SBPS was transported by a Ø 220-mm trough-auger feeding and to a Ø 150-mm auger leading to the troughs.

By signal of a sensor (IR) in the last trough the dispenser and augers were controlled. The mean fed amount of SBPS per sow amounted 1,5 kg and varied between consecutive days. Usually 4 sows ate simultaneously, but at distance.

Conclusions

Rations of stall-fed sows can be supplemented by 10 to 20 % DM sugar beet pulp silage by adding a SBPS dispenser and a feed mixer to a cable conveying system. In group housing a reduced ration of concentrate in an ESF system can be automatically supplemented with SBPS.

Design of the sow pen and feeding system influences feed intake and competition between sows. Major aspects of the design are number and location of feeders in relation to drinkers, ESF, lying area, and daily management.

Literature

BROUNS, F., S.A. EDWARDS en P.R. ENGLISH (1995): Influence of fibrous ingredients on voluntary intake of dry sows. *Animal Feed Science and Technology* 54, p 301-313

HOUWERS, H.W.J., J.V. VAN DEN BERG en J.HAAKSMA (1997): Vrije opname van perspulpsilage door zeugen in groepshuisvesting. IMAG-DLO Rapport 97-09, 33 p.

HOUWERS, H.W.J. en J. HAAKSMA (1999): Gemechaniseerd voeren van een mengsel van persulpul en krachtvoer aan zeugen. IMAG-DLO Nota P 99-70. 20 p.

HOUWERS, H.W.J., P.W.G. GROOT KOERKAMP en J. HAAKSMA (2000): Mengen en voeren van persulpul en krachtvoer met behulp van een droogvoerinstallatie. IMAG Nota P 2000-90. 17 p.

HOUWERS, H.W.J. en J. HAAKSMA (2002): Voersysteem voor onbeperkte voeding van persulpul aan zeugen in groepshuisvesting IMAG Nota P2002-43, 19 p.

Ergebnisse zur Heizenergieaufwandmessung der Zonenheizung mit Fista-Platte im Vergleich zur Warmluftgebläse- und Deltaheizung mit Fußbodenheizung in der Ferkelaufzucht

Differences in the Efficiency of Heating-energy Between Three Heating-systems in the Piggery: Zone-heating with Fista-plate, Hot-air-blower and Hot-water-radiation with Floor-heating

MANFRED WEBER, UDO SCHULZE, PETRA STENZEL, ANTJE GRIMMER, ULF GIESCHLER

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden, Lindenstraße 18, 39606 Iden

Schlüsselwörter: Schwein, Ferkelaufzucht, Heizungssysteme, Fista-Platte, Heizenergieaufwand
Keywords: Piglets, heating-system, Fista-plate, Energy

Zusammenfassung

In der durchgeführten Untersuchung wurden 3 Heizungsverfahren in der Ferkelaufzucht miteinander hinsichtlich des Energieaufwandes miteinander verglichen. Zwei Kombinationen aus Raum- und Zonenheizung (Warmluftgebläse bzw. Deltarohrheizung in Verbindung mit einer Fußbodenheizung) wurden dem Zonenheizungssystem mit der Fista-Platte gegenübergestellt. Beim Vergleich ergab sich jeweils die Überlegenheit des Zonenheizungssystems gegenüber den beiden Kombinationssystemen. Während bei gleichen Tierleistungen im Zonenheizungssystem durchschnittlich nur 9 kWh pro Ferkel aufgewandt werden musste, lagen die Zahlen für den vergleichbaren Zeitraum für die Kombination Deltarohr/Fußbodenheizung bei 50 kWh.

In der zweiten Versuchsreihe ergaben sich Unterschiede zwischen Zonenheizung und Warmluftgebläse/Fußbodenheizung in der Größenordnung von ca. 20 kWh/ Ferkel. Von der finanziellen Seite betrachtet ergeben sich für die Zonenheizung deutlich höhere Investitionsausgaben (ca. 15 €/Platz) gegenüber der Variante mit Warmluftgebläse, eine Amortisation kann aber schon nach ca. 4 Jahren auf Grund der geringeren Energieverbräuche eintreten.

Summary

In our Investigation we compared two combinations of room- and zone-heating (hot-air-blower or warm-water radiation with a floor-heating system) with a zone-heating system (Fista-Plate).

We found a clear difference in energy consumption between the 3 systems. In both test series we needed less Energy with the zone-heating system. In the first series there was a difference of about 40 kWh (Fista vs. Hot-water-radiation/Floor heating) and in the second series we found 20 kWh between the two systems (Fista vs. hot-air-blower/floor heating).

1 Einleitung

Dem hohen Wärmebedürfnis abgesetzter Ferkel Rechnung tragend, fällt ein Großteil der benötigten Wärmeenergie in der Sauenhaltung (im wärmegeprägten Stall) in diesen Haltungsabschnitt. Das Temperaturoptimum liegt je nach Zeitpunkt des Absetzens bei 28–32 °C. In herkömmlichen Ferkelaufzuchtställen wird dazu mittels unterschiedlicher Wärmequellen der gesamte Raum auf diese angestrebten Temperaturen aufgeheizt. Aber auch im wärmegeprägten Stall, ähnlich wie im Außenklimastall, reicht es aus den Liegebereich mit diesen Temperaturen zu versorgen und im Aktivitätsbereich, also dem größten Teil des Abteils mit deutlich geringeren Temperaturen auszukommen. Daher stellten wir uns die Aufgabe einmal den Energieaufwand beider Systeme (Raumheizung mittels Warmluftgebläse bzw. Deltarohren in Verbindung mit der Fußbodenheizung gegenüber der Zonenheizung mit Fista-Platte) zu ermitteln.

2 Material und Methoden

Die Untersuchung wurde durchgeführt im Lehrstall der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau in Iden.

Klimatechnische Voraussetzungen in den Versuchsabteilen stellen sich folgendermaßen dar:

- Größe 6 x 5 Meter mit einer Kapazität für ca. 60 Aufzuchtferkel
- Zuluftführung über Porendecke (ca. 1/3 der Decke)
- Unterdrucksystem mit Abluftführung über Deckenventilator (überflur)

Die Energieverbräuche wurden mittels Energiemengenummessgeräte (Pollux-Wärmezähler), die aus dem Durchfluss und den Temperaturunterschieden zwischen Vor- und Rücklauf die verbrauchte Energie berechnen, und eines handelsüblichen Gaszählers ermittelt.

Die technischen Voraussetzungen der Versuchsabteile gestalteten sich wie folgt:

Im ersten Abteil (Abb. 1) wird die Wärmezufuhr über eine FISTA-Platte gewährleistet. Dabei steht jedem Ferkel eine Liegefläche von 0,05 m² unter der Platte zur Verfügung. Die Solltemperaturen der Raumluft liegen für die ersten beiden Wochen der Aufzucht bei 24 °C und werden dann auf 23 °C gesenkt. Im Liegebereich beginnen wir mit 30 °C und fahren die Temperatur bis zur Ausstallung auf 24 °C herunter. Die Abluft wird unter der Decke abgezogen. Wichtig ist hier die an die Raumtemperatur angepasste Regelung der FISTA-Platte, die ein Hochschaukeln von Lüftung und Heizung verhindert.

Im zweiten Abteil (Abb. 2) ist eine Kombination aus Raumheizung (Gaskanone) und Zonenheizung (Fußbodenheizung) eingebaut. Eingestellt werden die Tiere bei 27,5 °C. Bis auf 23 °C wird die Solltemperatur zum Ausstallen abgesenkt. Die Temperatur der Fußbodenheizung liegt kontinuierlich bei etwa 28–30 °C. Um ein gutes Stallklima zu gewährleisten liegt die Mindestluftströmung (außer an sehr kalten Tagen) in allen drei Abteilen bei 10 % Lüfterleistung. Das dritte Abteil unterscheidet sich vom zweiten Abteil nur dadurch, dass die Raumheizung nicht durch eine Gaskanone sondern durch Deltarohre gewährleistet wird. Sowohl Deltarohre als auch die FISTA-Platte und die Fußbodenheizung werden mit Warmwasser betrieben.

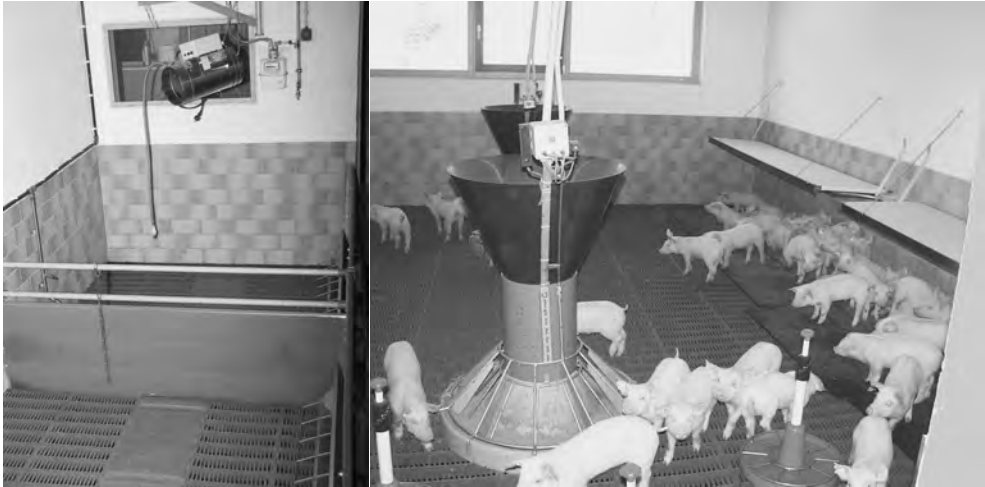


Abb. 1: Abteil mit Fista-Zonenheizung
Zone-heating system

Abb. 2: Abteil mit Warmluftgebläse
Warm-air-blower

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Energieverbrauch bei Fista-Platten Heizung

Über einen Zeitraum von knapp zwei Jahren wurden die Energieverbräuche des Zonenheizungssystems aufgezeichnet (Abb. 3).

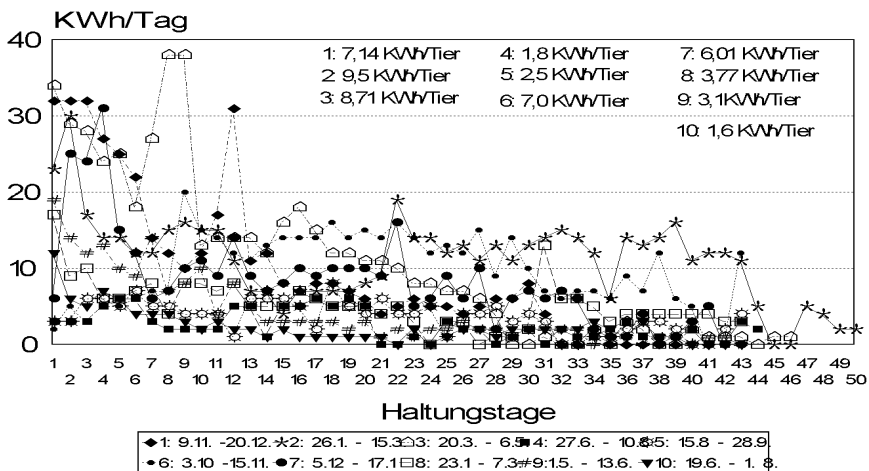


Abb. 3: Energieverbräuche bei Zonenheizung mit Fista-Platte
Energy consumption at Zone-heating system

Die Verläufe des Energieverbrauchs sind in allen Durchgängen gleich. Die hohen benötigten Anfangstemperaturen im Liegebereich spiegeln sich deutlich in den Verbrauchswerten wider. In den letzten zwei Aufzuchtwochen werden nur noch geringe Wärmemengen gebraucht. Durch die Anbindung der Plattentemperaturregelung an den Verlauf der Raumtemperatur wird nur sehr wenig an Überschusswärme weggelüftet und es kommt nicht zu einem gegeneinander von Heizung und Lüftung.

3.2 Vergleich der Heizungssysteme

Die Deltarohre/Fußbodenheizung wurde nur über zwei Belegungen mit der FISTA-Variante verglichen. Die Ergebnisse dieser Messung sind aus der Tabelle 1 zu entnehmen. In beiden Durchgängen wurden im Abteil durch die FISTA-Platte ca. 9 KWh pro Ferkel verbraucht. Dagegen fast das 5 fache im Abteil mit Deltarohr- und Fußbodenheizung. Dort haben wir einen starken Temperaturgradienten von oben nach unten festgestellt. Die von den Deltarohren erzeugte und an die Luft abgegebene Wärme gelangte nicht nach unten zum Ferkel bzw. an den in etwa 80 cm Höhe aufgehängenen Wärmefühler. Damit ist die hohe Leistungsabgabe der Deltarohre über diese beiden Durchgänge zu erklären. Von Februar 2002 bis August 2002 lief dann der Vergleich der Zonenheizung mit dem Kombisystem Fußboden/Gaskanone. Auch hier mussten wir für dieses Kombisystem zwischen 25 und 45 KWh pro Ferkel aufwenden.

Tab. 1: Energieverbräuche und Tierleistungen bei Zonenheizung und Kombiheizung mit Gaskanone und Fußbodenheizung

Zeiträume	Zonenheizung FISTA-Platte	Kombinationsheizung	
		Gaskanone	Fußbodenheizung
Energieverbrauch (KWh/Ferkel)			
Februar–März 2002	3,8	38,8	6,8
April–Mai 2002	4,5	20,5	4,1
Juni–Juli 2002	3,1	26,8	2,8
Tierleistungen (g Tageszunahmen)			
Februar–März 2002	401		400
April–Mai 2002	392		358
Juni–Juli 2002	442		431

Dies liegt in einem deutlichen Widerspruch zu den von der Arbeitsgruppe um Prof. Büscher ermittelten Ergebnissen, passt aber zu den Zahlen der LWK Westfalen-Lippe, die in etwa 25 KWh/Ferkel angeben. Aber auch in diesem Vergleich schneidet die reine Zonenheizung deutlich besser ab. Hier werden nur etwa 10–20 % der Heizenergie bei annähernd gleichen Tierleistungen benötigt.

Literatur

BÜSCHER, W.; KLUGE J. (1999): Heiz- und Elektroenergiekonsum in der Ferkelaufzucht, Landtechnik, 54/1999, Heft 4, S. 238-239

FELLER, B. (1996): Kostenvergleich unterschiedlicher Heizsysteme in der Schweinehaltung, Beratungsunterlage LWK Westfalen-Lippe

WEBER, M. (2003): Auf Zonenheizung umstellen?, SUS 1/2003 im Druck



Abb. 1: Abteil mit Fista-Zonenheizung
Zone-heating system



Abb. 2: Abteil mit Warmluftgebläse
Warm-air-blower

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Energieverbrauch bei Fista-Platten Heizung

Über einen Zeitraum von knapp zwei Jahren wurden die Energieverbräuche des Zonenheizungssystems aufgezeichnet (Abb. 3).

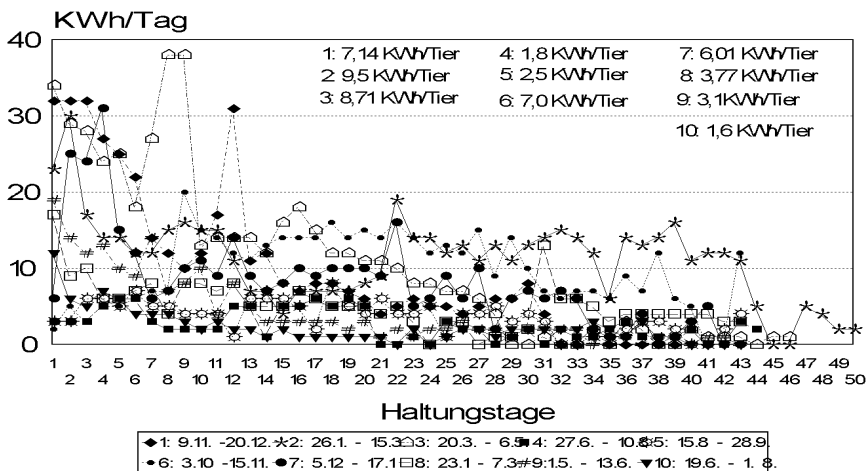


Abb. 3: Energieverbräuche bei Zonenheizung mit Fista-Platte
Energy consumption at Zone-heating system

Der Liegeboxenlaufstall als alternatives Haltungssystem für Mastbullen

The Cubicle Housing System as an Alternative Housing System for Fattening Bulls

HEIKE SCHULZE WESTERATH^{1,2}, TIM MEIER¹, CLAUS MAYER¹

¹ Bundesamt für Veterinärwesen, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, FAT, CH-8357 Tänikon

² Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Neuro- und Verhaltensbiologie, Badestr. 9, 48149 Münster

Schlüsselwörter: Mastbullen, Liegeboxenlaufstall, weiche Matten, Liegeflächenneigung, Liegeverhalten, Tierverschmutzung
Keywords: fattening bulls, cubicle housing, soft mats, inclination of the lying area, lying behaviour, cleanliness of the animals

Zusammenfassung

Untersucht werden soll der Liegeboxenlaufstall als alternative Haltungsform in der Bullenmast. Zu klärende Aspekte in diesem Zusammenhang sind die Boxengestaltung (Abmessungen für die verschieden großen Tiere, Neigung der Liegefläche), die Eignung verschiedener weicher Matten, die Notwendigkeit einer leichten Einstreu der Liegefläche und die Raumaufteilung innerhalb der Bucht (Wirkung von Sackgassen). Untersucht werden sollen die offenen Punkte anhand von Erhebungen in Praxisbetrieben und Experimenten in einem Versuchsstall. Zur Beurteilung des Haltungssystems bzw. der unterschiedlichen Varianten werden die Parameter Liege- und Aggressionsverhalten, Integumentveränderungen an den beim Liegen besonders belasteten Stellen der Beine sowie Tier- und Liegeflächenverschmutzung herangezogen. Beispielhaft wird hier die Untersuchung zur optimalen Liegeflächenneigung vorgestellt.

Summary

Cubicle housing systems shall be investigated as an alternative housing system for fattening bulls. The following aspects are examined: cubicle design (dimensions for animals of different sizes, inclination of the lying area), suitability of different soft lying mats, necessity of additional litter on the lying area and the area arrangement in the pen (effect of dead ends). To this effect, experiments shall be carried out in practice as well as on an experimental farm. To evaluate the housing system and different variants, various parameters such as lying behaviour and aggression, alterations of the integument on the joints and dirtiness of the animals and the lying area are recorded. The investigation of the optimal inclination of the lying area is herein presented as an example.

1 Einleitung

Aufgrund der Tierschutzgesetzgebung in der Schweiz muss für Mastbullen „bei Neu- und Umbauten ein Liegebereich eingerichtet werden, der mit ausreichender und geeigneter Einstreu oder einem weichen, verformbaren Material versehen ist“ (TSchV, 1997). Der in der konventionellen Bullenmast übliche Betonvollspaltenbodenstall wird diesen Forderungen nicht gerecht. Eine tierschutzkonforme Haltungsform ist der eingestreute Mehrraumstall, bei dem die Liegefläche im Tiefstreu- oder Tretmistverfahren gestaltet sein kann. Aus Kosten-, arbeits- oder verfahrenstechnischen Gründen wird jedoch eine strohlose/-arme Alternative gesucht. Dieses könnte ein Liegeboxenlaufstall mit Hochboxen und weichen Matten als Liegeflächenbelag sein. Dieses bei Kühen bewährte Haltungssystem ist jedoch in der Anwendung nicht direkt auf Mastbullen übertragbar. Zu berücksichtigen ist, dass die Boxenmasse den unterschiedlich grossen Tieren angepasst sein müssen. Überprüft werden soll ebenfalls die Eignung verschiedener weicher Matten als Liegeboxenbelag bezüglich Liegekomfort und Rutschsicherheit und die Notwendigkeit von leichter Einstreu der Liegefläche. Weitere offene Punkte sind die Raumaufteilung innerhalb der Bucht (Wirkung von Sackgassen) und die optimale Neigung der Liegefläche (Saubерkeit durch schnelles Abfließen des Harns gegenüber Behinderung beim Aufstehen/Abliegen).

2 Methoden

Um die einzelnen Aspekte zu untersuchen sollen verschiedene Parameter herangezogen werden. Als Vergleichssysteme dienen jeweils der eingestreute Mehrraumstall und die Betonvollspaltenbucht.

2.1 Parameter

Verhalten

Für Milchkühe wurde gefunden, dass sich die Härte der Liegefläche auf das Liegeverhalten auswirkt. ANDREAE UND PAPENDIECK (1971) ermittelten verkürzte tägliche Liegezeiten bei harten Liegeflächen. Neben der täglichen Gesamtliegedauer sind bei Rindern auch die Anzahl und Länge der einzelnen Liegeperioden durch die Liegeflächenbeschaffenheit bestimmt (OERTLI et al. 1995, FIETZ 2000). Erfasst werden die Liegezeiten in den Liegeboxenlaufställen automatisiert mit Hilfe einer Sensorenanlage. Distanzsensoren über jeder Liegebox dedektieren in 1-min-Intervallen, ob darin ein Tier steht oder liegt.

Neben den Liegezeiten eignet sich nach OERTLI et al. (1995) auch der Anteil an normalen Aufsteh- und Abliegevorgängen gut zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit von Liegeflächenbelägen, ähnliches fanden auch GRAF (1979) und HÖRNING et al. (2001). Daten zur Qualität der Aufsteh- und Abliegevorgänge (atypische und abgebrochene Vorgänge, Ausrutschen, Umtreten, Platzkontrolle, Anschläge an Stalleinrichtung) werden in den Liegeboxenlaufställen in Direktbeobachtungen erhoben. Gleichzeitig werden das Abliegen außerhalb der Liegeboxen und das Aggressionsverhalten erfasst. In den Vergleichssystemen werden Daten zum Liegeverhalten anhand von Videomaterial ermittelt.

Integumentveränderungen

In regelmäßigen Abständen wird die Ausprägung von Integument-veränderungen (haarlose Stellen, Wunden, Krusten) und Schwellungen an Tarsus, Tarsal- und Carpalgelenk beurteilt.

Tierverschmutzung

Als weiterer Parameter wird der Grad der Verschmutzung verschiedener Körperregionen nach einem Schema in Anlehnung an FAYE & BARNOUIN (1985) herangezogen.

Liegeflächenverschmutzung

Beurteilt wird der Verschmutzungs- bzw. Vernässungsgrad (bis 25 %, 25 bis 50 %, 50 bis 75 % und über 75 % der Fläche betroffen) getrennt nach hinteres Drittel und vordere zwei Drittel der Liegefläche.

2.2 Untersuchungen

Untersuchungen von Tieren in den verschiedenen Haltungsformen finden auf Praxisbetrieben und z. T. als Experiment in einem Versuchsstall statt. Als Beispiel soll hier die Untersuchung zur Liegeflächenneigung vorgestellt werden.

Liegeflächenneigung

Tiere

In die Untersuchung gingen 20 Mastbullen verschiedener Rassen/Kreuzungen ein, die in vier Versuchsgruppen mit je fünf Tieren unterteilt waren. Der Versuch begann mit im Durchschnitt etwa 390 kg schweren Tieren (343-439 kg), die vorher zwei Monate an die Liegeboxen sowie an wechselnde Liegeflächenbeläge und Neigungen gewöhnt wurden.

Haltung

Für das Experiment standen vier Buchten mit einem als Hochboxen gestalteter Liegebereich und planbefestigtem, z. T. nicht überdachtem Lauf- und Fressbereich zur Verfügung. Die in der Neigung verstellbaren Liegeboxen hatten eine Länge von 2,60 m (1,85 m Liegeflächenlänge) und eine lichte Weite von 1 m. Die Liegeboxen sind buchtenweise mit drei verschiedenen weichen Matten ausgelegt (Matratze mit Gummigranulatschläuchen, weiße Gummi-matte und geschäumte Polyurethan-Matte). Morgens wurde gegebenenfalls Schmutz und nasse Einstreu aus den Boxen entfernt. Bei Bedarf wurde danach und abends zur Fütterungszeit die Liegefläche neu eingestreut.

Untersuchung

Nach einer vorher festgelegten Reihenfolge wurden alle Tiere auf den unterschiedlichen Matten mit den zu untersuchenden Neigungen (3, 5, 8 und 10 %), die randomisiert verteilt waren, getestet. Dabei wurde eine Tiergruppe auf einer Matte mit jeder Neigung getestet wurde, danach folgte die Untersuchung auf der nächsten Matte. Die Angewöhnungszeit bei einem Wechsel der Matte betrug elf Tage, dabei war die erste zu testende

Neigung eingestellt. Bei den folgenden drei Neigungen wurden den Tieren vier Tage zur Angewöhnung gewährt. Nach der Angewöhnungszeit folgten jeweils drei Versuchstage.

Datenerhebung

Die Qualität der Aufsteh- und Abliegevorgänge (atypisches Aufstehen bzw. Abliegen, Anzahl Kopfschwünge, abgebrochene Vorgänge, Umtreten, Platzkontrolle) wurde in täglich 5,5 bis 6 h-dauernden Direktbeobachtungen beurteilt. Die Liegeboxenbelegung wurde ebenfalls an den drei Versuchstagen mit Hilfe der Distanzsensoren erfasst. Die Verschmutzungsdaten aller Tiere wurden an den drei Versuchstagen morgens nach o. g. Schema erhoben. Ebenfalls an diesen Tagen wurde morgens und abends vor der Boxenpflege die Liegeflächenverschmutzung beurteilt.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse waren zur Erstellung des Tagungsbandbeitrages noch nicht ausgewertet, werden aber auf dem Poster präsentiert und können bei Heike Schulze Westerath erfragt werden.

Literatur

ANDREAE, U. & PAPENDIECK, T. (1971): Verhalten von Milchkühen bei der Wahl ihrer Liegeboxen im Laufstall. *Der Tierzüchter* 15, S. 432–435

FAYE, B. & BARNOUIN, J. (1985): Objectivation de la propriété des vaches laitières et des stabulations – L'indice de propriété. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix. I.N.R.A.* 59, S. 61–67

FIETZ, D. (2000): Ethologischer Vergleich von Haltungsverfahren für Mastbullen: Vollspaltenbodenstall und eingestreuter Zweiraumstall. Diplomarbeit, Universität Hohenheim

HÖRNING, B.; ZEITLMANN, C. & TOST, J. (2001): Unterschiede im Verhalten von Milchkühen im Liegebereich verschiedener Laufstallsysteme, Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2000, KTBL-Schrift 403, S. 153–162

OERTLI, B.; TROXLER, J. & FRIEDLI, K. (1995): Der Einfluss einer Kunststoffmatte als Bodenbelag in den Liegeboxen auf das Liegeverhalten von Milchkühen. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1994, KTBL-Schrift 370, S. 118–126

TSchV (1997): Tierschutzverordnung. SR. 455.1. Eidgenössische Druck und Materialzentrale (EDMZ), Bern

Indoor Climatic Characteristics Influence of the Materials Used and Produced in Technological Processes on Climate Parameters of Cowsheds

Einfluss der in technologischen Prozessen verwendeten Materialien auf Klima-Parameter in Kuhställen

V. VILJASOO, I. TOMSON

Institut of Agricultural Engineering, Estonian Agricultural University,
56 Kreutzwaldi Str., 51014 Tartu, Estonia

Keywords: working environment, microclimate, air ions, technology, cowshed
Schlüsselwörter: Umwelt, Mikroklima, Luftionen, Technologie, Kuhstall

Zusammenfassung

Aufgrund der schnellen Entwicklung der Wissenschaft und Technologie ist der natürliche Lebensraum sowie die Arbeitsumwelt des Menschen durch immer neuere Materialien, Maschinen und Ausrüstungen ergänzt worden. In verschiedenen technologischen Prozessen ändert sich die chemische Zusammensetzung der Luft bzw. ihre elektrische Qualität. Bei bestimmten Bedingungen, insbesondere in Innenräumen, verliert die Außenluft ihre Qualität, anhand deren die Luftzusammensetzung aufgrund des Belastungsniveaus bewertet wird. Folglich wird weiterhin mehr Aufmerksamkeit auf die Problematik der Umweltverschmutzung, den Schutz der Landluft und die Qualität des Mikroklimas von Innenräumen gelenkt. Im Produktionsprozess sind die wichtigsten technologischen Schritte in der Viehzucht das Füttern, Tränken, Ausmisten und Einstreuen. Zur Ausführung genannter technologischen Operationen werden verschiedene Maschinen und Materialien verwendet. Alle Prozesse finden in einem von der Außenwelt durch Wände und Dach getrennten Raum statt. Daher befasst sich die vorliegende Arbeit zwecks Ausarbeitung effizienter Lösungen mit der Problematik der Klima-Parameter in Innenräumen.

Das Ziel der Forschungsarbeit ist die Überprüfung möglicher Einflüsse der in technologischen Prozessen verwendeten Materialien auf Klima-Parameter in den Kuhställen.

Zur Lösung der Forschungsaufgaben wurde Fachliteratur analysiert, Untersuchungsverfahren ausgearbeitet, Messgeräte ausgewählt, Experimente durchgeführt sowie gesammelte Daten verarbeitet.

Summary

Due to the fast development of science and technology more and more new materials, machines and equipment have come up in our everyday life and working environment. In different technological processes the change of the chemical composition of air and its electrical qualities will definitely change. In certain conditions, especially in indoor condition the outside air becoming the inside one, may lose its quality which is the condition characterizing the air content and it will be estimated by the contamination level. Hence more attention is being paid to the environmental pollution, the protection of open air and the microclimate of offices among that. Feeding, watering, bedding and manure dis-

posal as a part of production process are the most used technological processes in animal keeping. To carry out the technological operations different equipment, machines, materials and solutions are used. All the processes take place in a room, separated with walls and the roof of a building from the outer environment. In connection with this some steps have been taken for more efficient solutions of indoor climate problems.

The objective of the research was to control the possible influences of the used and produced materials on the cowshed indoor climate.

To achieve these objectives the tasks as the reference sources concerning the subject, the methodology and the equipment assembly, experiments and data processing were made.

1 Materials and methods

Each research on climate parameters can be developed as a separate field of science. Electronic precise measuring equipment has enabled such approach. Climate parameters may be grouped as well. By the regulations of Occupational Safety and Health Care in Estonian Republic (1998) the concept microclimate, e.g., meant the indices as air temperature, relative humidity, air velocity and thermal radiation in one group.

The other group may be formed by such indoor climate indices as noise, vibration, light, pressure, radiation, gases, dust, bacteria, viruses, etc. (TOMSON, 2001) and it can be called paraclimate. It comes from Greek "para", which, in this field, can be understood as side, by or coactive phenomena of various action.

Analyzing indoor climate research (TOMSON, 2001) we can see this research field is developing fast introducing new concepts, methods and results. In Estonian Agricultural University the air ionic research of living and work environment has been called as electroclimate (VILJASOO, TOMSON 2000).

More attention has been paid to such a phenomenon as "room sickness" (TINT, 1999), mainly caused by artificial building or finishing materials, wrong design projects of ventilation systems and air pollution (SEPPÄNEN, et al 1998). Inevitably these problems are, more or less, left to be solved by the environment policy of every country.

Air ions are measured by the ion reader UT-8401, the measuring accuracy of the measurer is $\pm 10\%$. Micro- and paraclimate parameters, as temperature, the relative and absolute humidity of air, dew point and air velocity and content of air gases (O_2 , CO_2 , NH_3) were measured in a cowshed. The equipment DATA LOGGER ALMEMO 8990-8, with O_2 sensor ZA9000-AK2K, with CO_2 sensor FYA6000- CO_2 , thermohydrosensor FHA646-1, (measuring accuracy $\pm 1\%$), the thermoanemosensor FHA645TH2 (measuring accuracy $\pm 3\%$) and the ammonia sensor ZA9601-FS2 (measuring accuracy $\pm 2\%$) were used. According to the experiment planning theory for getting data, the constant confidence probability ($\alpha=0.95$) was chosen. To getting data with the constant confidence probability the parameter values were measured 30 times in one experiment. Measurement results were registered by the online connection, Microsoft Excel program was used for the processing of statistical data.

The relative predominance of micro-, para- and electroclimate parameters were calculated from the statistical data list of measurement results, the relative pollution of air by electroclimate parameters and relative freshness by the following formulas:

$$A = \frac{B}{C} \cdot 100 - 100; \quad S = \frac{q_m}{q_a} \cdot 100 - 100; \quad V = 100 - \frac{q_m}{q_a} \cdot 100,$$

A – relative predominance of climate parameters %;

B – value of climate parameters in air influenced by materials;

C – value of climate parameters in air uninfluenced by materials;

S – relative pollution of air %;

V – relative freshness of air %;

q_m – factor of unipolarity ($q = n^+/n^-$, where n^+ -concentration of plus charged light air ions; n^- -concentration of minus charged light air ions) of air ions in the environment influenced by materials;

q_a – factor of unipolarity ($q = n^+/n^-$, where n^+ -concentration of plus charged light air ions; n^- -concentration of minus charged light air ions) of air ions in the environment uninfluenced by materials.

The climate parameters in 7 cowsheds of AS Tartu Agro Vorbuse department production conditions were analysed from 3 to 11 July 2001. Climate parameters were measured on 6 or 7 different places of one cowshed at 1 m height during different technologies. Processed results were compared with the corresponding climate parameters of indoor air.

Table 1: Technologies and materials
Technologien und Materialien

Nr.	Technologien und Materialien <i>Technologies and materials</i>	Nr.	Technologien und Materialien <i>Technologies and materials</i>
I	Fütterung / Feeding	3	Espe-Sägemehl / Aspen sawdust
1	Gras / Grass	4	Gerste-Stroh / Barley straw
2	Frisches Heu / Fresh hay	5	Torf / Turf
3	1-jähriges Heu / one-year-old hay	III	Ausmisten / Manure disposal
4	Silo / Silo	1	Exkrementen / Excrements
5	Treber / Brewer's grain	2	Fichte-Sägemehl-Dung / Spruce sawdust manure
6	Konzentrate / Concentrates	3	Birke-Sägemehl-Dung / Birch sawdust manure
II	Einstreuen / Spreading bedding	4	Espe-Sägemehl-Dung / Aspen sawdust manure
1	Fichte-Sägemehl / Spruce sawdust	5	Gerste-Stroh-Dung / Barley straw manure
2	Birke-Sägemehl / Birch sawdust	6	Rasen-Dung / Turf manure

2 Results

Relative predominances of the mean values of the parameters influencing the micro-, para- and electroclimate in cowsheds are given on Figure 1, 2 and 3. On the basis of the figures the following conclusions can be made:

1. The relative predominance of relative moisture (42.67 %) is the greatest in the cowshed 1, but it does not exceed the established legal upper limit (85 %) of environment relative moisture, the *relative predominance* of which as compared to outdoor air is 55.39 %. As to the *relative predominance* of upper limit of environment rela-

tive moisture the better conditions are in cowsheds 1, 2 and 10. When compared to the lower limit of relative moisture (9.69 %), the relative moisture content in cowsheds 3, 11 and 12 is little below the established norm.

2. The relative predominance of ammonia (191.23 %) is there in the cowshed 10, compared it by Figure 2 to the outdoor air. It almost reaches the *relative predominance* (197.97 %) of established legal upper limit of 25 ppm. The predominance of ammonia content in cowsheds 1 and 2 is a little higher as well.
3. On Figure 3, the *relative status* of outdoor air, is marked by calculated unipolarity factor $q=0.88$ dashed zero line. All the values below the dashed line characterise the electroclimatic *relative pollution* of the cowshed environment (black block), and the values above the dashed line – *relative freshness* (white block). The grey line presents the lower limit (13.64%) of the *relative pollution* ($q=1.0$) of air as compared to the outdoor air ($q=0.88$).
4. Mutual impact of the *relative pollution* and *relative freshness* is given (grey block) by Figure 3.
5. The absolute and relative humidity and the dew point of the air in cowsheds are increased by wet and grass fodder (brewer's grain, silo, grass) up to 30 %, by bedding (turf – 16...19 %, spruce, birch and aspen sawdust up to by 11 %, barley straw up to 1.5 %) and by all kinds of manure the barley straw manure is most – up to 21 %.
6. The relative increase of ammonia content in the cowshed air is mainly caused by silo. The bedding can decrease the ammonia content in the air up to 60 %.
7. Fresh hay, wet and grass fodder and turf and straw from bedding increase the electroclimatic *relative freshness* of a cowshed up to 40 %. The *relative pollution* of the cowshed is increased by concentrates (up to 23 %), One-year-old hay (11...42 %), excrement (up to 27 %), aspen sawdust manure (up to 43 %) and turf manure (up to 66 %).

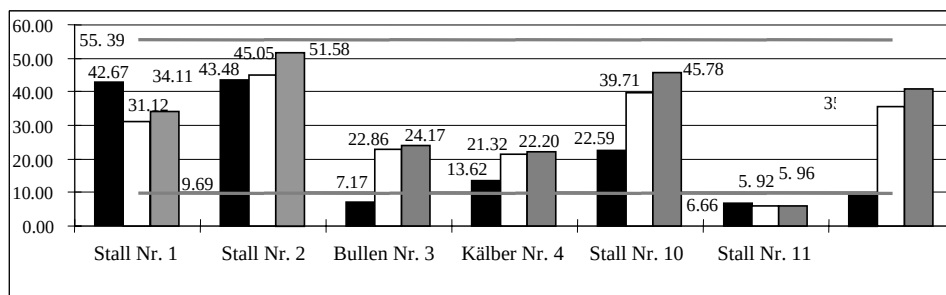


Fig. 1: Microclimate of cowsheds: Relative predominances (%) of /
 Mikroklima in Kuhställen Relative Mehrwerte (%) für:
 ■ relative humidity / relative Feuchtigkeit/
 □ dew point / Taupunkt,
 ■ absolute humidity / absolute Feuchtigkeit
 — upper and lower limit of relative moisture /
 obere und untere Höchstwerte der relativen Feuchtigkeit

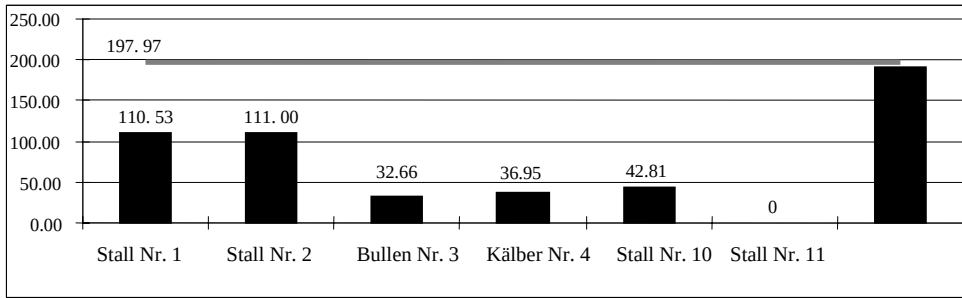


Fig. 2: Indoor climate of cowsheds: Relative predominances (%) of /
 Klima in Innenräumen der Kuhställe: relative Mehrwerte (%) für
 ammonia / Ammoniak
 maximum values of ammonia / für Höchstwerte von Ammoniak

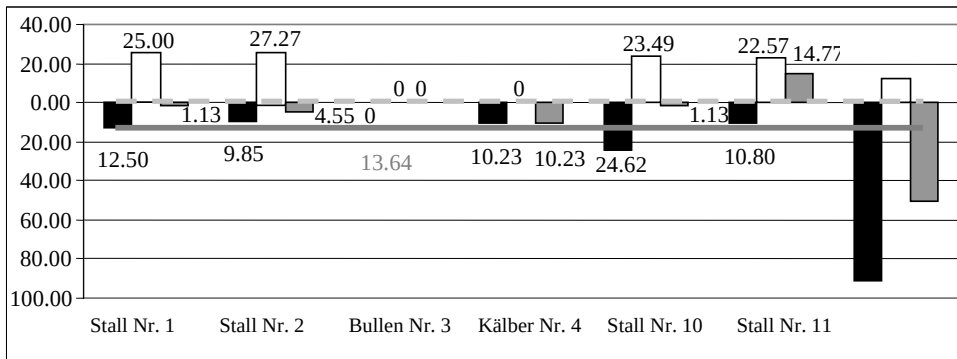


Fig. 3: Electroclimate of cowsheds: Co-influence values (%) of /
 Elektroklima in Kuhställen: Werte (%) für
 relative pollution / relative Verschmutzung, ,
 relative freshness / relative Frische
 air relative status ($q=0.88$) limit / relativen Zustand der Luft ($q=0.88$) (Höchstwerte)
 air relative pollution ($q=1.00$) limit / relative Verschmutzung der Luft ($q=1.00$) (Höchstwerte)
 air relative pollutions and freshness / Zusammenwirkung von relativ verschmutzter
 und frischer Luft.

References

- TOMSON, I. (2001) Tehnoloogiaprotsessides kasutatavate ja saadavate materjalide mõju veiselauda kliimaparametritele. Magistritöö. EPMÜ. Tartu., 102 lk.
- VILJASOO, V., TOMSON, I. (2000) Ionisatsiooniteooria põhimõistete analüüs. – Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika. EPMÜ teadustööde kogumik nr.206 – Tartu, lk. 190...196.
- TINT, P. (1999) Riski hindamine töokeskkonnas. – Tallinn, 232 lk.
- SEPPÄNEN, O., SEPPÄNEN, M. (1998) Hoone sisekliima kujundamine. – Tln.: Koolibri, 270 lk.

Weiche-elastische Beläge für planbefestigte Laufflächen im Milchviehlaufstall

Soft and Elastic Mats for Concrete Walking Areas in Dairy Cows

BARBARA BENZ¹⁾, HERMANN WANDEL²⁾

¹⁾ Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH

²⁾ Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart (Kontaktanschrift)

Schlüsselwörter: Klauengesundheit, Laufflächen, Rutschsicherheit
Keywords: claw health, flooring, slip resistance

Zusammenfassung

Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass elastische, verformbare Gummimatten als Auflage auf Betonspaltenböden sowohl die Klauengesundheit verbessern als auch uneingeschränktes, bedarfsdeckendes Tierverhalten ermöglichen. In der vorliegenden Untersuchung sollten nun der Einfluss elastischer Laufflächenbeläge auf Klauengesundheit und Tierverhalten zwischen Spaltenboden und planbefestigten Böden verglichen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass in den Untersuchungsbetrieben kaum Unterschiede bezüglich der erhobenen Parameter zu beobachten waren.

Summary

Previous experiments have shown, that elastic, yielding rubber mats, which were installed in free stalls with slatted floors, improved claw health and unimpeded cow behaviour. The following study aimed to compare the results concerning claw health and animal behaviour on slatted with concrete floors, both covered with rubber mats. The results show that the positive effects of the rubber mats didn't differ due to the structure of the floor.

1 Problemstellung

Die Tiergerechtheit eines Liegeboxenlaufstalles basiert weitgehend auf der Mobilität der Kühe. Elastische Beläge aus Vollgummi, die auf den Spaltenboden aufgelegt werden, vermögen die Rutsicherheit und Nachgiebigkeit des Naturbodens erfolgreich zu imitieren. Klauenschäden, insbesondere mechanisch-traumatische Erkrankungen, gehen auf den elastischen Belägen deutlich zurück. Besonders auffallend ist eine positive Formänderung der Klauen. Es bildet sich ein Tragrand heraus, welcher der, unter Stallhaltungsbedingungen verbreiteten, unphysiologischen Belastung der Klauengrundfläche vorbeugt. Verringerte mechanische Belastung und uneingeschränkte, angstfreie Bewegung der Kühe auf weich-elastischem Untergrund ermöglichen eine adäquate Durchblutung und Versorgung der Klaue und gewährleistet eine gute Hornqualität (BENZ, 2002).

2 Ziel

Aufgrund günstigerer Baukosten werden in jüngster Zeit vermehrt Laufställe mit planbefestigten Böden gebaut. Bezüglich der Problematik nachhaltiger Rutsicherheit und alarmierender Klauenschäden unterscheiden sich die Laufflächengestaltung perforiert und plan nicht (HERMANN, 1997). Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es herauszufinden, ob die positiven Effekte hinsichtlich Tierverhalten und Klauengesundheit durch weiche Spaltenbodenbeläge auf planbefestigte Böden übertragbar sind, und welche Anforderungen an die Entmistungstechnik damit verbunden sind.

3 Material und Methoden

Auf mehreren landwirtschaftlichen Betrieben wurden Gummibeläge auf planbefestigten Laufflächen mit stationären Entmistungssystemen erprobt. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung umfassen jeweils drei Betriebe mit planbefestigten und perforierten Bodenausführungen. Die Verhaltensbeobachtungen erfolgten direkt und wurden an sechs Focus-tieren durchgeführt. Vergleichende Erhebungen zur Klauengesundheit fanden im Rahmen der Klauenpflegeschnitte vor Belegung der Laufflächen mit weichen Gummimatten und nach ungefähr sechs Monaten statt.

4 Ergebnisse und Diskussion

Auf planbefestigtem Boden liefen die Tiere mit längeren Schritten, jedoch nicht schneller als auf Spaltenböden. Nachdem die Böden mit weichen Gummimatten belegt wurden, vergrößerten sich unabhängig von der Bauausführung die Schritte auf durchschnittlich 72 cm (Abb. 1). Die durchschnittliche Gehgeschwindigkeit erhöhte sich ebenfalls, wobei sich die Tiere auf Spaltenböden mit Gummiauflage etwas schneller als auf planbefestigten Böden mit Gummiauflage fortbewegten (Abb. 2). Die vorliegenden Ergebnisse bezüglich der Klauengesundheit zeigen eine deutliche Verbesserung der Befunde, beispielhaft dargestellt für Klauenrehe (Abb. 3). sowie in Anlehnung an BENZ (2002) für zusammengefasste und nach Bedeutung gewichtete mechanisch-traumatische Klauenerkrankungen (Abb. 4). In diesen Untersuchungsbetrieben war der Klauenstatus bei planbefestigten Laufflächen besser als bei Spaltenböden. Allgemein gültige Aussagen über Erkrankungsraten auf planbefestigten im Vergleich zu perforierten Laufflächen lassen sich aufgrund der geringen Anzahl

an Testbetrieben nicht ableiten. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass in den untersuchten Betrieben keine grundsätzlichen Unterschiede zwischen den Bauausführungen bestanden und die positiven Veränderungen hinsichtlich Klauengesundheit und Laufverhalten nach der Installation weicher Beläge vergleichbar sind.

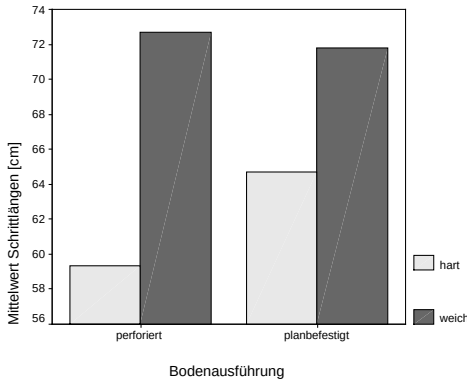


Abb. 1: Mittelwerte der Schrittlängen auf perforiert oder planbefestigt ausgeführten Laufflächen mit und ohne weiche Gummiauflage (jeweils 3 Betriebe)

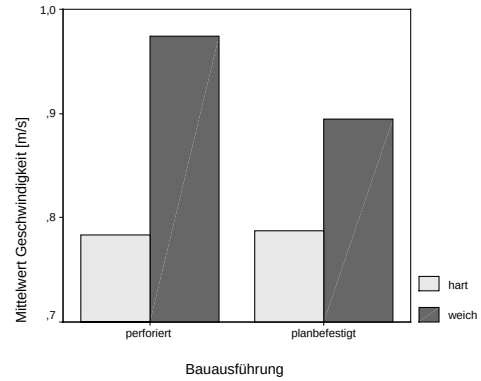


Abb. 2: Mittelwerte der Geschwindigkeiten auf perforiert oder planbefestigt ausgeführten Laufflächen mit und ohne weiche Gummiauflage (jeweils 3 Betriebe)

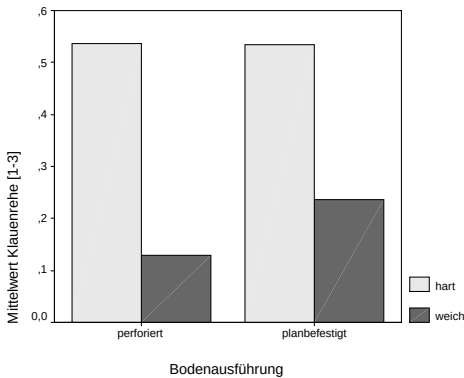


Abb. 3: Mittelwerte der Befunde für die Erkrankung Klauenreihe auf perforiert oder planbefestigt ausgeführten Laufflächen mit und ohne weiche Gummiauflage

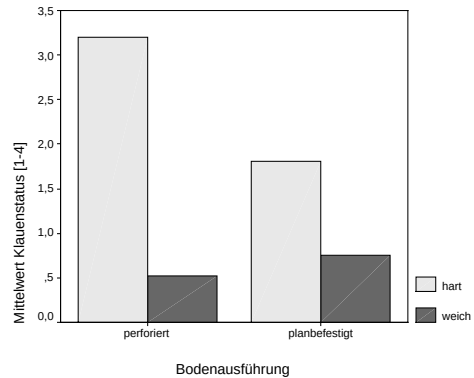


Abb. 4: Mittelwerte der Befunde für die nach Bedeutung gewichtete mechanisch-traumatisch bedingte Erkrankungen auf perforiert oder planbefestigt ausgeführten Laufflächen mit und ohne Gummiauflage

Der Klauenstatus der Tiere in den Betrieben mit Spaltenboden war tendenziell schlechter als in den Betrieben mit planbefestigten Laufflächen. Damit erklären sich die zunächst kürzeren Schrittlängen auf Spaltenboden. Dieser Unterschied zwischen den Bauausführungen bestand nach der Installation weicher Laufflächenbeläge und mit verbesserter Klauengesundheit und Rutsicherheit nicht mehr. Etwas höhere Gehgeschwindigkeiten auf Spaltenboden mit Gummiauflage, verglichen mit planbefestigten Böden mit Gummiauflage, lassen vermuten, dass die Rutsicherheit aufgrund der Bodenstruktur des Spal-

tenbodens gegenüber planen Flächen höher ist. Die Gummimatten mit Noppenprofil an der Unterseite erlauben den Klauen einzusinken, was ein Ausrutschen in der Regel verhindert. Die bisherigen Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass besonders auf planbefestigten Böden die Verwendung weicher Gummimatten, welche sich unter dem Tiergewicht um einige Millimeter verformen, für adäquate Rutschsicherheit erforderlich sind.

Literatur

BENZ, B.: Elastische Beläge für Betonspaltenböden in Liegeboxenlaufställen. Dissertation, Universität Hohenheim, 2002

HERRMANN, H. J.: Einfluss unterschiedlicher Bodenausführungen von Laufflächen auf das Verhalten und die Klauengesundheit von Kühen. Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, 1997

Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen bei der Nutzung von automatischen Einboxenmelkanlagen in Praxisbetrieben

Investigations of Behaviour of Dairy Cows Using Automatic Single Milking Boxes in Practice

OLAF TOBER¹, PETER SANFTLEBEN¹, RITA MARQUART²

¹ Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

² Fachhochschule Weihenstephan, Fachbereich Landwirtschaft, 91746 Weidenbach

Schlüsselwörter: Milchkuh, automatisches Melken, Verhalten, Fressen, Aktivität, Rhythmen, Melkhäufigkeit, Gruppengröße

Keywords: dairy cow, automatic milking, behaviour, eating, Activity, Rhythms, milking frequency, group size

Zusammenfassung

Voraussetzung für den Erfolg automatischer Melksysteme in der Praxis sind reibungslose Funktionsabläufe und eine effiziente Auslastung der Melktechnik. Ziele der Untersuchungen sind die Analyse von Verhaltensabläufen bei Milchkühen und Schlussfolgerungen für die Gestaltung technischer Einrichtungen und des Managements.

Die Untersuchungen fanden in einem Praxisbetrieb (Herdengröße: ca. 200 Tiere) mit Einboxenmelkanlagen statt. Es wurden manuelle und videogestützte Verhaltensbeobachtungen sowie Aktivitätsmessungen per Ethosys® durchgeführt. Außerdem wurden die Futtermaufnahme und die Melkhäufigkeit erfasst.

Die Ergebnisse stellen das untersuchte Verhalten dar und es werden Schlussfolgerungen für die Verfahrens- und Ausrüstungsgestaltung abgeleitet.

Summary

The success of automatic milking systems in practice requires trouble-free procedures and efficient utilization of the milking equipment. Aims of the investigations were to analyse behaviour of dairy cows and to draw conclusions to design technical facilities.

The investigations took place on a farm (200 cows) using automatic single milking boxes. observations of behaviour were performed manually, by using video equipment and by measuring activity with the help of Ethosys®. In addition feed intake and milking frequency were measured.

The results describe the analyzed behaviour. Conclusions of designing procedures, equipment and management are drawn.

1 Ziele

Die Untersuchungen dienen der Analyse von Verhaltensabläufen bei Milchkühen im Zusammenhang mit der Nutzung automatischer Melksysteme. Anhand der Ergebnisse werden Schlussfolgerungen für die Gestaltung der technischen Einrichtungen abgeleitet.

Außerdem werden erste Ergebnisse zur zirkadianen Aktivitätsrhythmik der Kühe unter den Bedingungen des automatischen Melkens gewonnen.

2 Material und Methode

Die Untersuchungen fanden in einem Praxisbetrieb (Herdengrößen etwa 200 Tiere) statt. Die Herde wurde in drei Gruppen mit je einer Einboxen-Melkanlage (Modell Merlin) im modifizierten gelenkten Kuhverkehr gemolken. Die Tiere wurden viermal täglich vom Fressbereich in den Liegebereich getrieben. Um wieder zum Fressen zu gelangen, mussten sie erst die Melkbox durchqueren. Die Untersuchungszeit betrug insgesamt 18 Monate.

Während einer Dauer von etwa 60 Tagen wurde eine Kuhgruppe im freien Umtrieb untersucht und eine zweite Gruppe zeitgleich im betriebsüblich gelenkten Umtriebssystem.

Die Datenerhebungen basierten auf folgenden Säulen:

- Videobeobachtungen über 72 Stunden:
 - a. Verhaltenssequenzen fünf Minuten vor Betreten und nach Verlassen der Melkbox
 - b. Dauer des Betretens und Verlassens der automatischen Melkbox
 - c. Anzahl Verdrängungen und wartende Kühe vor den Melkboxen
- Direktbeobachtungen (48 Stunden) zur Ermittlung des Anteils fressender Tiere
- Auswertung der AMS-Prozessdaten zur Ermittlung der Melkhäufigkeiten
- Gruppenweise Ermittlung der tatsächlich gefressenen Mischration (TMR) über 60 Tage (Erfassen des vorgelegten Futters und Rückwaage des entfernten Restfutters)
- Aktivitätsmessung an insgesamt fünf Tieren mit Hilfe des Langzeit-Telemetriesystems ETHOSYS® über einen Zeitraum von etwa 60 Tagen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Abbildungen 1 und 2 lassen sowohl anhand der aufgenommenen Futtermenge als auch aus ethologischer Sicht erkennen, dass die Kühe im freien Kuhverkehr offenbar länger und mehr fressen als unter den Bedingungen des gelenkten Kuhverkehrs. Auch UETAKE et al. (1997) stellen fest, dass längere Warte- und Ruhezeiten im gelenkten Kuhverkehr durch kürzere Fresszeiten kompensiert werden.

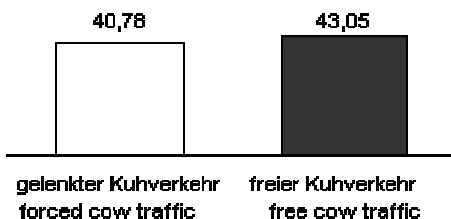


Abb. 1: Durchschnittliche täglich aufgenommene TMR (in kg OS pro Tier und Tag)
Average daily feed intake (kg OS per cow per day)

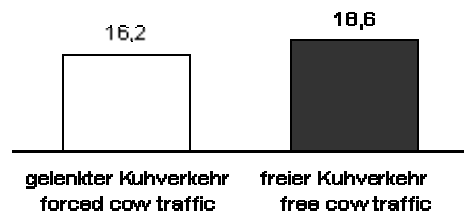


Abb. 2: Anteil der Verhaltensweise Fressen am Tagesgesamtverhalten (%)
The rate of eating in the daily total behaviour (%)

Die Verhaltenssequenzanalysen unter den Bedingungen des gelenkten Verkehrs zeigen, dass die Kühe zu über 90 % nach Verlassen der Melkbox zum Fressen gehen. Scheinbar stehen die Tiere zu einem erheblichen Teil stark fressmotiviert vor der Melkbox an (Frustration), um (wieder) zum Fressbereich zu gelangen. Die Zahl wartender Kühe ist erwartungsgemäß beim gelenkten Kuhverkehr höher (Abb. 3). Umtriebssystem und Gruppengröße beeinflussen die Anzahl der Tiere im Wartebereich (LUTHER et al. 2001).

Mehr wartende Tiere vor der Melkbox verursachen gleichzeitig auch gehäuftes agonistisches Verhalten, wie die Zahl der Verdrängungen (Abb. 4) im Wartebereich deutlich belegt. Verdrängungen treten unter den Bedingungen des gelenkten Kuhverkehrs mehr als viermal häufiger auf als beim freien Umtrieb. Bedeutsam erscheinen in diesem Zusammenhang auch die Aussagen von KETELAAR-DE LAUWERE et al. (1996), dass ranghöhere Kühe weniger vor den Melkboxen warten als rangniedere.

In Abbildung 5 sind die mittleren Zeiten der Melkboxenbelegungen dargestellt. Die verlängerten Zeiten bei Melkboxenbesuchen, zu denen die Kühe getrieben wurden, deuten auf ein Potential zur effektiveren Auslastung automatischer Melkanlagen hin. Ein hoher Anteil getriebener Tier wirkt kontraproduktiv in automatischen Melksystemen (Melkboxenauslastung, Arbeitszeitaufwand). Die Anzahl der Tiere, die nicht freiwillig zum Melken gehen, kann durch das Management beeinflusst werden (TOBER und SANFTLEBEN, 2002).

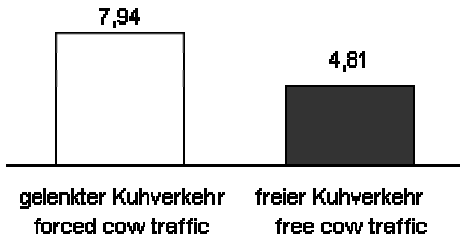


Abb. 3: Durchschnittliche Anzahl vor der Melkbox wartender Kühe (n pro h)
Average number of waiting cows in front of the milking box (n per h)

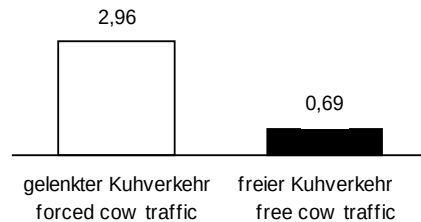


Abb. 4: Durchschnittliche Anzahl Verdrängungen vor der Melkbox (n pro h)
Average number of displacements in front of the milking box (n per h)

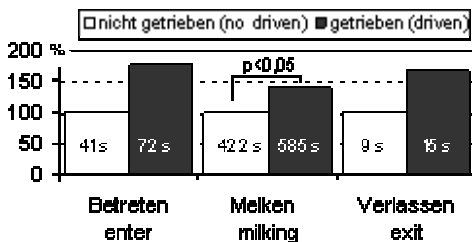


Abb. 5: Verhältnis der mittleren Zeiten eines Melkboxbesuches in Abhängigkeit vom Treiben
The ratio of average durations of milking visits depending on driven a cow or not

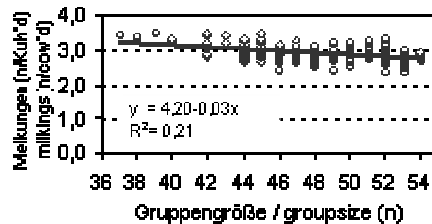


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Melkhäufigkeit und Gruppengröße
Relationship of milking frequency and group size

Der Trend, dass mit steigender Gruppengröße die durchschnittliche Melkhäufigkeit abnimmt, konnte zwar nicht statistisch gesichert werden (Abb. 6), andere Autoren (PURUCKER et al. 2001) bestätigen jedoch ebenfalls einen multiplen Zusammenhang zwischen Gruppengröße, Milchleistung und Melkhäufigkeit. Häufig liegt das Optimum deutlich unter den Herstellerangaben von 60 Tieren je Melkgruppe. Auch UMSTÄTTER und KAUFMANN (2001) sprechen bei 60 Tieren je Einboxenanlage von einer Überlastung.

Die Werte der Tagesaktivität, die mit dem Telemetriesystem Ethosys® gewonnen wurden, lassen anhand von Aktogrammen keine konsolidierten Rhythmen erkennen. Eine Autokorrelationsanalyse ergibt nur geringe bis keine harmonischen Schwingungsanteile (0 bis 13 %) der zirkadianen Aktivitätsrhythmik. Dieser Anteil liegt bei Mutterkühen auf der Weide bei 30 bis 60 % (TOBER 1998). Die untersuchten Milchkühe sind scheinbar nicht in der Lage, ein synchronisiertes Aktivitätsmuster auszubilden (UETAKE et al. 1997), welches eine Voraussetzung für ein geregeltes Herdenleben, d.h. in erster Linie optimale Ressourcennutzung, darstellt. Konstante Rhythmen sind Ausdruck evolutiv erworbener Regelmechanismen und stehen für stabile Regelfunktionen (SCHEIBE et al. 2001).

Von großer Bedeutung für die Ausbildung tagesperiodischer Prozesse sind die so genannten Zeitgeber. Unter den Stallhaltungsbedingungen sind natürliche Zeitgeber nur sehr eingeschränkt wirksam. Es gilt, gezielt Ersatzzeitgeber zu schaffen.

Die Untersuchungsergebnisse weisen Potentiale zur Verbesserung der Verfahren in folgenden Bereichen auf:

- Schaffung einer tierattraktiven Melkboxen-Umgebung,
- tiergerechte Gestaltung von Ein- und Ausgangsbereichen der Einboxenmelkanlagen,
- Management: Nutzung eines optimalen Umtriebssystems, Schaffung von Zeitgebern durch straffe Arbeitsorganisation und Erprobung von Lichtregimen

Literatur

- KETELAAR-DE LAUWERE, C.C.; DEVIR, S.; METZ, J.H.M. (1996): The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49; H. 2; 199-211
- LUTHER, H.; JUNGE, W.; STAMER, E.; KALM, E. (2001): Kuhverkehr im Milchviehstall mit automatischem Melksystem. *Proc. Tagung der DGfZ/GfT*, 12./13.09.2001, Weißenstephan
- PURUCKER, S.; WENDEL, G.; SCHÖN, H. (2001): Veränderung des Tier- und Melkverhaltens beim automatischen Melken im Laktationsverlauf. *Tagungsbd. der 5. Int. Tag. „Bau, Technik u. Umwelt in der landw. Nutztierhaltung“*, 6./7.03.2001 in Hohenheim, 242-247
- SCHEIBE, K.M.; BERGER, A.; EICHHORN, K.; STREICH, W.J. (2001): Zeit und Rhythmus - Umweltfaktor und biologische Struktur. *Vortrag zur 33. Int. Arbeitstagung Angewandte Ethologie*, 15.-17.11.2001, Freiburg i. Br.
- TOBER, O. (1998): unveröff. Versuchsergebnisse
- TOBER, O.; SANFTLEBEN, P. (2002): Tierverhalten bei der Nutzung automatischer Melkverfahren in Praxisbetrieben. *Fo-Bericht*, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V, Institut für Tierproduktion, Dummerstorf
- UETAKE, K.; HURNIK, J.F.; JOHNSON, L. (1997): Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53; H. 3; 177-184
- UMSTÄTTER, C.; KAUFMANN, O. (2001): Von der artgerechten zur humanen und tiergerechten Versorgung von Milchkühen mit Hilfe Automatischer Melksysteme (AMS). *Tagungsbd. der 15. IGN-Tagung „Tierschutz und Nutztierhaltung“*, 4.-6.10.2001, Halle

Milchviehställe mit automatischen Melkverfahren – Erste Ergebnisse zum Herdenverhalten (BMVEL-Modellvorhaben 2001/03)

Dairy Stables with Automatic Milking Systems – First Results Concerning Herd Behaviour (BMVEL Model Project 2001/03)

JOCHEN BAUMEISTER¹, FRANZ FREIBERGER³, JAN HARMS², WILFRIED HARTMANN⁴,
BERND LEHMANN¹, GEORG WENDL²

¹ Fachhochschule Osnabrück, Fachbereich Agrarwissenschaften, 49090 Osnabrück

² Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik, LfL, 85354 Freising

³ Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, 85580 Poing

⁴ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 64289 Darmstadt

Schlüsselwörter: Milchvieh, Automatische Melkverfahren, Verhalten

Keywords: dairy cows, autmatic milking systems, behaviour

Zusammenfassung

Auf vier landwirtschaftlichen Milchviehbetrieben mit automatischen Melksystemen wurde im Rahmen des BMVEL-Modellvorhabens „Milchviehställe mit automatischen Melkverfahren“, neben verschiedensten Parametern, die Auswirkung automatischer Melksysteme auf den Tagesrhythmus der Herde durch 24-Stunden Tierbeobachtung ermittelt. Die Ergebnisse und Erfahrungen aus den bisherigen Untersuchungszeiträumen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Als Hauptzeitgeber auf den Tagesrhythmus wirkt neben dem Tag-/Nachtrhythmus die Futtervorlage.
- Die Charakteristik typischer Tagesverläufe zum Herdenverhalten konnte auf allen Betrieben mit automatischen Melksystemen bestätigt werden, d.h. sowohl in den Ruhephasen, als auch in den Fressphasen sind starke Parallelen zwischen den Betrieben zu erkennen.
- Mit zunehmender Auslastung des Melksystems nimmt tendenziell die Prägnanz des Tagesrhythmus ab.
- Bei gutem Management ist selbst bei hoch ausgelasteten Melksystemen ein Weidegang von mehreren Stunden möglich.
- Die Auslastung des AMS ist nicht nur von der Anzahl der gemolkenen Kühe abhängig. Sie wird darüber hinaus stark von der Milchleistung, Milchfluss, Zahl der Melkungen pro Kuh und Tag und Reinigungsunterbrechungen beeinflusst.
- Unregelmäßige Eingriffe des Tierhalters in das Gesamtsystem führen zu einer „Störung“ im Tagesrhythmus der gesamten Herde und sollten möglichst vermieden werden.

Summary

Automatic milking systems are one of the most important technical innovations in dairy farming in the last years. In practical use they have influence on barn conception, herd management, animal health, hygiene, animal behaviour and labour planning. All these aspects, including an economical valuation, were investigated on four practical farms with

automatic milking systems over a period of two years. First results concerning herd management and animal behaviour are showing that animal behaviour follows a similar pattern at all farms. External effects, especially feeding had a high influence on this pattern. Regarding the use of different functional areas in all farms, there were never counted more than 54,5 % of all animals in the feeding area and not more than 97 % using the cubicles at the same time. One farm showed, that with professional herd management a short period (<4h) of pasture is possible. Regarding the capacity of the different systems, not only the number of cows, but also milk yield and milk flow have an important impact.

Einführung

Automatische Melksysteme stellen in der Milchviehhaltung derzeit die herausragendste technische Innovation dar. Ihr Einsatz in der Praxis führt zu weitreichenden Veränderungen in der Arbeitswirtschaft und Arbeitsorganisation von Milchvieh haltender Betriebe. Die genaue Beobachtung des Tierverhaltens und die elektronisch unterstützte Tierkontrolle sind von zentraler Bedeutung. Darüber hinaus ist das vollautomatische Melken in der Praxis immer noch eine besondere Herausforderung sowohl in finanzieller Hinsicht als auch bei der Installation und beim Betrieb der Systeme.

In wie weit sich automatische Melkverfahren in modernen Stallbauformen unter praktischen Einsatzbedingungen bewähren, kann nur im Rahmen umfassender Untersuchungsprogramme auf ausgewählten Praxisbetrieben geklärt werden. Die systematische Erfassung praktischer Erfahrungen ergänzt mit einem abgestimmten Untersuchungsprogramm zu den Kernbereichen des Einsatzes automatischer Melksysteme bildet den Schwerpunkt des vom KTBL koordinierten BMVEL-Modellvorhabens 2001/03 mit dem Thema „Milchviehställe mit automatischen Melkverfahren“.

Beschreibung der untersuchten Betriebe

Die wissenschaftliche Begleitung des Modellvorhabens schließt insgesamt vier Milchviehbetriebe ein. Die Betriebe A und B befinden sich in Norddeutschland (Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen)-, und die Betriebe C und D in Bayern. Einen zusammenfassenden Überblick zur Charakterisierung der Betriebe gibt die nachfolgende Tabelle 1.

Der Untersuchungszeitraum für die 4 Modellbetriebe erstreckte sich insgesamt über 2 Jahre (2001–2003). Berücksichtigung fanden dabei die Bereiche der baulichen Umsetzung (planerische und bautechnische Einbeziehung des Melkroboters in die Stallanlage), Herdenmanagement, Tiergesundheit und Hygiene, Tierverhalten, Stallklima und Arbeitswirtschaft bis hin zur betriebswirtschaftlichen Auswertung.

Das Herdenverhalten wurde auf allen vier Betrieben sowohl für die Sommer- als auch für die Wintersituation über jeweils 24 h in Intervallbeobachtungen (15 min bzw. 30 min) registriert. Die nähere Analyse umfasste das Ruheverhalten, das Fressverhalten und den Besuch des Melksystems.

Tab. 1: Milchviehbetriebe mit automatischen Melksystemen
Dairy farms with automatic milking system

Betrieb	A	B	C	D
Melksystem	Lely „Astronaut“ (Einzelbox)	Westfalia „Leonardo“ (3 Boxen)	DeLaval „VMS“ (2 Einzelboxen)	Fullwood „Merlin“ (Einzelbox)
Herdengröße (n)	72	72	110	61
Ø Milchleistung (l/Kuh * a)	9 300	9 300	6 650	8 250
Lieferkontingent (l/a)	630 000	700 000	756 000	500 000
Ø Melkungen (n/Kuh * d)	2,4	2,5	2,5	2,6
Kuhverkehr	frei	gelenkt	selektiv gelenkt	frei
Bemerkung	Sommer- weidegang	Vorselektion	dezentrale Selektionstore, 2 Leistungsgruppen	

Ergebnisse und Diskussion

Ruhe- und Fressverhalten

Das Ruheverhalten wurde über den Anteil von Tieren in den Liegeboxen definiert. Bei der Einbeziehung aller Auswertungen zum Tagesrhythmus ergaben sich bei allen vier Betrieben zwei ähnliche Hauptruhephasen. Berücksichtigt wurden dabei die Phasen, in denen mindestens 60 % der Tiere ruhten. Die erste Ruhephase erstreckte sich von ca. 21:30 Uhr bis ca. 7:30 Uhr; die zweite von ca. 11:00 Uhr bis ca. 16:30 Uhr. Bezogen auf die Jahreszeiten (Sommer- oder Winterbeobachtung) waren keine Unterschiede hinsichtlich des Ruheverhaltens festzustellen. Unter Umständen war das in den Wintermonaten länger eingeschaltete Kunstlicht in der Lage, die Tieraktivität in den frühen Abendstunden zu fördern.

Weiterhin war die Aktivität der Tiere in hohem Maße versorgungsorientiert. Die Fütterung hatte deutlichen Einfluss auf den Tagesrhythmus und auf die Aktivität der Tiere. Von Ausnahmen abgesehen waren i.d.R. 2 „Hauptfressphasen“ zu erkennen. Abbildung 1 zeigt exemplarisch einen typischen Tagesverlauf der Aktivitäten. Unter Einbeziehung aller ausgewerteten Tagesrhythmen begann die erste Fressphase um ca. 7:30 Uhr und endete um ca. 11:00 Uhr. Beginnend um ca. 13:30 Uhr endete die zweite Fressphase um ca. 20:30 Uhr. Dabei wurden die Phasen mit einbezogen, in denen der Anteil der fressenden Tiere mindestens 20 % der gesamten Herde betrug.

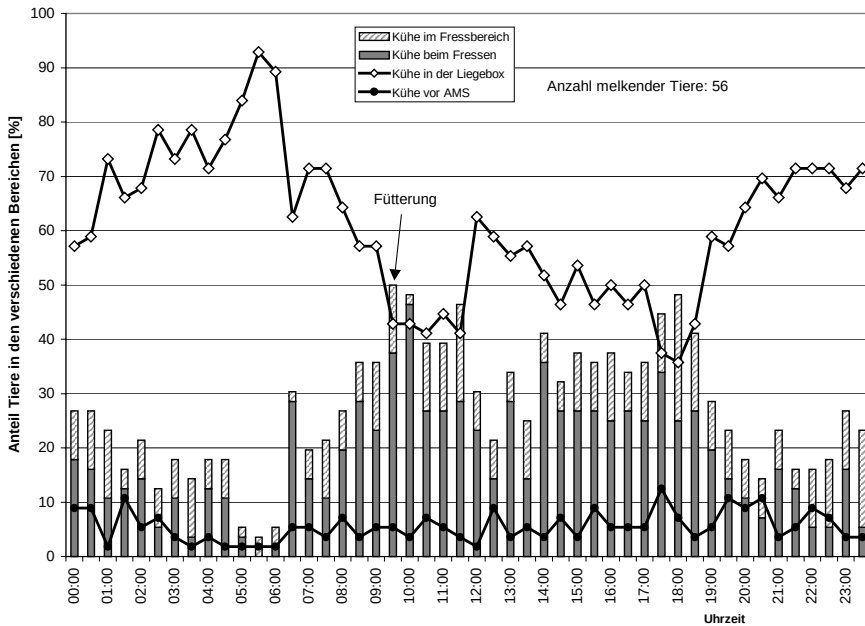


Abb. 1: Anteil der Tiere in den verschiedenen Aktivitätsbereichen (Betrieb D, 19.02.02–20.02.02)
 Percentage of cows with different activities (Farm D, 19.02.02–20.02.02)

Wird dieser typische Tagesrhythmus berücksichtigt, so lässt sich auch beim Einsatz eines automatischen Melksystems eine kurze Phase Weidegang realisieren. Diese Besonderheit konnte auf dem Betrieb A näher untersucht werden. Im Sommer war trotz einer Auslastung der Melkanlage von 88 % Weidegang möglich, da der Betriebsleiter vor dem Weidebeginn ca. 15 noch zu melkende Tiere selektierte und diese von der übrigen Herde trennte. Erst nach dem Passieren des Melksystems konnten diese Kühe den Tieren der Hauptherde auf die Weidefläche folgen. Der Weidegang begann um ca. 7:45 Uhr und endete um ca. 11:30 Uhr (siehe Abb. 2). Die Tagesaktivität begann mit dem Weidegang um 7:45 Uhr. Der Anteil der Tiere in den Liegeboxen sank von 75 % auf 0 % (10:45 Uhr). Im weiteren Verlauf pendelte sich dieser Wert zwischen 60 % und 70 % ein. Mit dem Stall-Fütterungsbeginn (ca. 18:30 Uhr) nahm die Aktivität der Kühe erneut zu. Kurzzeitig fraßen in diesem Zeitabschnitt über 40 % der Tiere.

Die maximale Anzahl der Tiere in den Liegeboxen lag zwischen 82,0 % und 97,0 %, der Herde, wobei die geringer ausgelasteten Melksysteme höhere Anteile aufwiesen. Bei der Anzahl der Tiere im Fressbereich lagen die maximalen Werte zwischen 33,3 % und 54,5 % der Herde. Daraus kann geschlossen werden, dass ein Tier/Fressplatzverhältnis von 1:1 beim Einsatz eines automatischen Melksystems nicht notwendig ist. Eine Interpretation der vor dem AMS-Bereich wartenden Herdenanteile ist schwierig, da der unmittelbare Wartebereich auf jedem Betrieb unterschiedlich groß und unterschiedlich gestaltet ist.

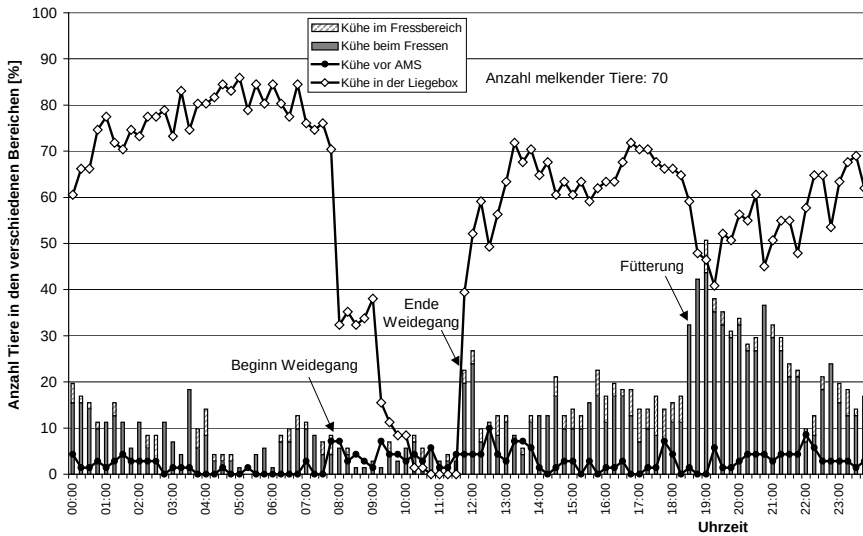


Abb. 2: Anteil der Tiere in den verschiedenen Aktivitätsbereichen einschließlich Weidegang (Betrieb A, 23.07.02–24.07.02)

Percentage of cows with different activities including grazing period (Farm A, 23.07.02–24.07.02)

Melkverhalten

Die Auslastung der Melksysteme auf den 4 Modellbetrieben weist erhebliche Unterschiede auf. Das AMS ist auf Betrieb B z. B. zu 45 % gegenüber 88 % auf Betrieb A ausgelastet. Dies wiederum hat Konsequenzen für die Ausbildung der Tagesrhythmik der verschiedenen Aktivitäten innerhalb der Herden. Bei Betrieb A, welcher sein automatisches Melksystem an der Auslastungsgrenze betreibt, ist tendenziell eine Abflachung im Ruheverhalten bedingt durch die starke Auslastung und geringere Erreichbarkeit des Melksystems für die Tiere zu beobachten.

Die Herde des Betriebes C ist in zwei Leistungsklassen mit jeweils einer Einboxanlage unterteilt. Bei der Analyse des Tierverhaltens konnten deutliche Einflüsse des Managements, der Auslastung der Anlage, aber auch tierbezogener Parameter ermittelt werden. So zeigten sich bezüglich der Auslastung der Anlage deutliche Unterschiede zwischen den beiden Leistungsgruppen. Erwartungsgemäß war die Anlage mit den 58 hochleistenden Tieren deutlich stärker ausgelastet, als die mit den 42 niederleistenden Tieren (siehe Abb. 3). Die Differenz fiel jedoch aufgrund des höheren Milchflusses der hochleistenden Tiere wesentlich geringer aus, als dies aufgrund der Tierzahl und der Anzahl der Melkungen pro Kuh zu erwarten gewesen wäre.

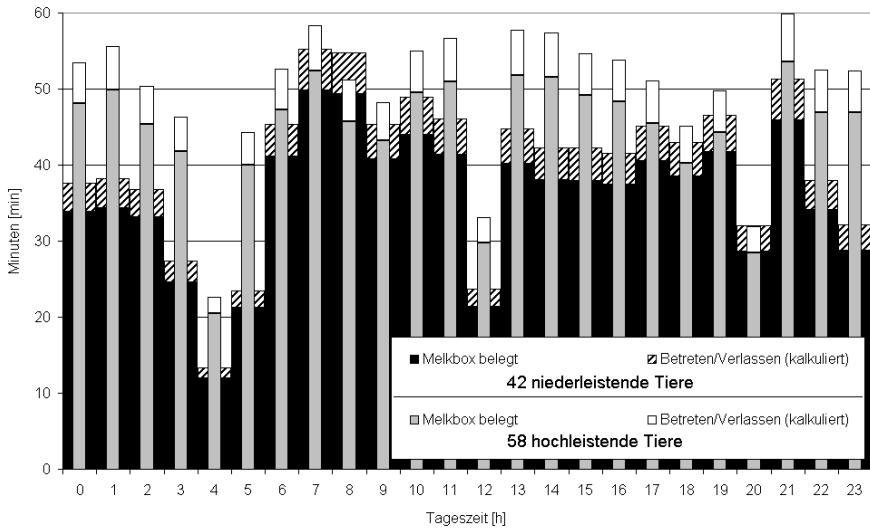


Abb. 3: Auslastung der Melkbox bei unterschiedlicher Herdengröße und Leistung im Tagesverlauf, Betrieb C
 Extent of utilization of the milking box due to different herd size and yield during the day, Farm C

Trotz dieser deutlichen Unterschiede in der Auslastung war in beiden Leistungsgruppen die prozentuale Verteilung der Tiere in den verschiedenen Stallbereichen nahezu identisch, lediglich die Anzahl der wartenden Tiere vor der Melkbox war in der hochleistenden Gruppe erhöht (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Prozentuale Verteilung der Tiere im Stall
 Distribution of dairy cows in the stable (percentage of herd)

Betrieb	Kühe in der Liegebox [%]			Kühe beim Fressen [%]			Kühe wartend vor AMS [%]		
	Min	Ø	Max	Min	Ø	Max	Min	Ø	Max
A	0,0	61,4	85,9	0,0	14,6	43,7	0,0	2,8	10,0
B	34,0	67,9	97,0	0,0	8,5	33,3	0,0	2,4	9,7
C niederleistend	29,3	62,3	84,1	5,0	24,9	54,5	0,0	3,3	13,6
C hochleistend	30,0	61,8	82,0	10,0	24,0	53,3	0,0	4,3	14,0
D	35,7	63,8	92,9	0,0	17,4	46,3	0,0	5,7	20,8

About Milking Parlour Efficiency

Effektive Verwendung der Melkstandanlagen

AVO LEOLA¹, H. KIIMAN², K. KOITLA¹

¹ Institute of Agricultural Engineering, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 56, Tartu 51014, Estonia

² Institute of Animal Science, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia

Keywords: milking parlour, capacity, milkroutine, somatic cell

Schlüsselwörter: Melkstandanlage, Durchsatz, Melkroutine, Eutergesundheit

Zusammenfassung

Die Melkstände bieten bessere Möglichkeiten zur Produktion der Qualitätsmilch. Moderne automatische Melkstandanlagen sind technisch sehr kompliziert und für ihre effektive Verwendung ist hohes Produktionsniveau in der Farm erforderlich. Die bedeutenden Effektivitätsparameter bei Melkstandmelken, der Durchsatz des Melkstandes und die Leistung des Melkers, müssen abhängig von der Melkprozedur behandelt werden. In vorliegender Forschungsarbeit wird das Zusammenwirken von Melker-Maschine-Kuh als eine Melkprozedur statt Routine bezeichnet, weil das Melken keine routinemäßige Tätigkeit sein darf.

In der Zusammenarbeit der Institute für Landtechnik und für Tierzucht der Estnischen Landwirtschaftsuniversität wurden die Praxisuntersuchungen in Kuhställen auf 26 Melkständen durchgeführt. Zur Untersuchungsobjekten wurden Melkstände verschiedener Größe und Art ausgewählt: von 1 x 4 bis 2 x 20; 18 Fischgräten-, 8 Side-by-Side Melkstände; 9 Anlagen von De Laval, 6 von Impulsa, 6 von Strangko, 3 von Westfalia, 1 von SAC und 1 von Kurgan. Bei der chronometrischen Messung der Arbeit der Melker wurde der Zeitaufwand für einzelne Melkprozedurelemente registriert. Gesammelte Ergebnisse wurden analysiert und graphisch dargestellt aufgrund derer Schlussfolgerungen zur Steigerung der Arbeitsproduktivität gezogen werden können. Als Qualitätsparameter der Milch wurden Milchleistung, Fettgehalt, Proteingehalt und Keimzahl beachtet.

Summary

Producing high-quality milk it is most suitable to milk cows in milking parlour. This milking way is the most complicated and a high level of production system is the precondition. Parlour milking with its complex connections exceeds even automatic milking systems (AMS), because in robotic milking the relatively erratic link – human, is excluded. From the farm technological fittings the milking equipment is the most expensive and its effective employing is the prerequisite for economic success. Main index of efficiency is the milking parlour's capacity (how many cows are milked in a certain interval).

The efficiency of employing 26 milking parlours was investigated by the researchers of the Institute of Agricultural Engineering and the Institute of Animal Science of Estonian Agricultural University. On the basis of data analysis of the working process monitoring it is possible to draw up the graphs of milking procedures. These data are used to approximately estimate the milking parlour capacity. Milk yield, milk fat, protein content and somatic cell count were considered as the quality indices.

1 Introduction

Milk is a basic product for dairy industry and one of the most important products for human consumption. Milk is regarded as an excellent dietary source of proteins, sugars and minerals, in particular when milk is produced from healthy cows. Milk from healthy udders contains a minimum of bacteria and somatic cells. Improper or careless milking practices may result in decreased milk let-down, increased incidence of udder diseases, decreased milk quality and ultimately decreased productivity and profitability. A good milking technique is of utmost importance and a milker develops a routine that is followed during each milking.

Efficient milk removal is important for the udder health (BARKEMA et al., 1998; HAMANN, 2001; HOGEVEEN et al., 1998). To empty the udder as completely as possible does not mean that milkers can allow overmilking. Many researchers have found that twelve hour's interval is the most optimal milking interval with twice daily milking. To produce high-quality milk it is most suitable to milk cows in milking parlour. Parlour milking with its complex connections exceeds even automatic milking systems (AMS), because in robotic milking the relatively erratic link - human, is excluded. From the farm technological fittings the milking equipment is the most expensive and its effective employing is the prerequisite for economic success. Main index of efficiency is the milking parlour's capacity (how many cows are milked in a certain interval). There are several investigations (BENNINGER, 1997, 1998; MELNIKOV, 1985; BRUNSCH et al., 1996) about milking parlour's efficiency.

Lately the milking parlours have become quite popular in Estonia. In 1998 there were installed two new double-8 herringbone milking parlours (Impulsa). There were installed double 10 parallel milking parlours (De Laval, Strangko, Impulsa), two 2x20 parallel milking parlours (De Laval, Strangko) and some milking parlours in small dairy cattle farms: 1x4, 1x5 (Westfalia, SAC).

The aim of this study was to investigate how the size of milking parlour and milking procedure will affect milking parlour's efficiency (cows/hour).

2 Material and methods

Milking parlour efficiency is assigned by milking places, number of milkers and the duration of milking procedure element. Duration of milking procedure will assign the cycle time, which is conclusive in milking parlour efficiency. The experimental farms were chosen from the agricultural enterprises applying different milking parlours (26) by size and equipment: 1 herringbone 1x6 (SAC), 2 herringbones 2x4 (De Laval), 3 herringbones 2x5 (Impulsa), 1 herringbone 2x5 (De Laval), 2 herringbones 2x6 (De Laval, Kurgan), 2 herringbones 2x7 (De Laval, Westfalia), 7 herringbones 2x8 (4 Strangko, 3 Impulsa), 1 parallel 1x4 (De Laval), 2 parallels 1x5 (Westfalia), 1 parallel 1x10 (De Laval), 4 parallels 2x10 (2 Strangko, 2 De Laval). The working time observations performed by milkers were registered. The registered working operations and their elements for each milking were as follows:

- I Basic work: 1. preparation of cows for milking (cleaning, washing, massaging of udder and stripping to detect early stages of clinical mastitis); 2. attachment of milking unit to cow; 3. monitoring of milking unit and udder; 4. machine stripping; 5.

washing of milking unit; 6. removing of milking unit; 7. washing of hands and cloth towel.

- II Exploitation of milking units: 1. milking; 2. machine stripping; 3. overmilking.
- An operation "transition", i. e. the time a milker required to go from one working operation to another was also registered. The moments when the milker was dealing with extraneous matters and stoppages as well as the underdone working operations were also fixed.

The SAS program was used for data processing. Procedure REML was used to estimate dispersion components.

3 Results

Milking procedures should be designed in harmony with cow physiology so as to optimise cow health, milk quality and udder health. Researchers (Merril et al., 1987) have determined that a twelve hours interval is the optimal milking interval in the case of twice daily milking. An optimal milking routine include different working operations: cleaning udders and teats, manual pre-stimulation, foremilking, attachment of milking unit to cow, removal of milking unit, teat dipping. In our trials 24 of 28 milkers performed foremilking in milking all cows. The dairy cow groups were large, i.e. more than 50 cows milked by one milking operator. From table 1 we can see the duration in seconds of the basic working operations performed during the milking process.

Table 1. Durations of basic working operations performed during machine milking in seconds

Items	$\bar{x}$	S	Min.	Max.
Duration of udder preparation	23.4	8.3	9.0	58.0
Delay in application of the milking machine	9.7	7.9	0	49.0
Overmilking	34.2	31.9	0	147.0
Machine stripping	29.3	12.4	0	59.7

One of the important working operations in milking is the efficient premilking udder preparation of the cow. Some cows' udders were prepared for as little as 9 seconds. An essential part of udder preparation is foremilking to check for clinical mastitis. This is a recommended pre-milking cow preparation procedure.

The milking unit should be applied to the cow as soon as possible. The longer delay in the application of a milking unit to cow was 49 seconds. Rasmussen et al. (1992) concluded that the milking machine should be attached shortly after premilking teat preparation if milk ejection is evoked. There were 17 milkers not late in attaching the milking unit to the cow. The milker should remove a milking machine as soon as milk flow ceases. From these observations it appeared that milkers did not pay necessary attention to observing the milking machines. This may result in overmilking. The maximum overmilking was 147 seconds per cow.

In a milking parlour, the work efficiency is always better with a single person doing the milking. In large milking parlours, with two milkers, the duties can be divided if the two people work well together. For example, the first milker strips the teats and applies the pre-milking teat dip, followed by the second milker wiping the teats and attaching the milking

units. The cows can also be divided up, with one milker taking care of all the steps with the first six cows in the row, and the second milker taking care of the last six cows. The efficiency of the people doing the milking refers to the number of cows milked per hour per operator. For this calculation, the duration of milking should exclude the preparation and cleaning of the milking parlour as well as the movement of the groups of cows. Milk-ers who handle more units obviously have a higher rate of efficiency on average. But re-sults vary a great deal from one farm to another. No matter what size of the milking par-lour, its efficiency often varies from single to double rows. This depends on the layout and automation of the milking parlour as well the organisation and milking procedure carried out by the operators. There were some milkers wo, in a double 6 more efficient than oth-ers in a double 10.

From table 2 we can see that when milkers devoted less time to udder preparation, then they devoted quite a lot of time ($r=-0,251^{***}$) to machine stripping. The rules of machine milking do not permit the milker to devote more than 30 seconds to machine stripping.

Table 2. Connections between main working operations in machine milking

Item	Machine stripping	Overmilking	Delay
Udder preparation	- 0.251***	-0.439***	-0.247***
Delay	0.339***	0.427***	
Overmilking	0.564***		

* - $P<0.05$, $r=0.06...0.08$; ** - $P<0.01$, $r=0.09...0.11$; *** $P<0.001$, $r>0.11$.

It was also examined whether a uniform work routine must be strictly followed in milk-ing. The milk somatic cell count was affected by all the main machine milking operations performed. A significant relationship was observed between overmilking and somatic cell count ($P<0.001$, table 3). A milker must work only with the number of milking machines she or he is able to monitor throughout the entire milking process. A significant relation-ship was determined between somatic cell count (SCC) and the machine stripping ($P<0.001$, table 3). It appeared from the analysis of the data that the delay in applying the milking unit to the cow had an effect on milk somatic cell count ($P<0.001$, table 3).

Table 3. The connections between milk yield, milk fat, protein content, somatic cell count and working procedures in machine milking

Items	Udder preparation	Delay in apply-ing the milking unit	Machine stripping	Over-milking
SCC, somatic cell count, 103/ml	-0.321***	0.203***	0.271***	0.509***
305 -days milk yield in kg	0.249***	-0.091**	0.191***	-0.055
Fat in %	0.061*	-0.097**	0.041	0.011
Protein in %	0.073*	0.052	0.028	0.031

* - $P<0.05$, $r=0.06...0.08$; ** - $P<0.01$, $r=0.09...0.11$; *** - $P<0.001$, $r>0.11$.

The relationship between milk yield per cow and the udder preparation for milking ($P<0.001$, table 3) was essential. From these data we can conclude, how essential suffi-cient pre-milking cow preparation is. In this case the mean milk yield per cow was higher. Milk-ers should organise their work in such a way that they do not have other chores to look after during milking.

4 Conclusions

Milking parlour efficiency depends on the layout and automation of the milking parlour as well as the organisation and milking procedure carried out by the operators.

A uniform work routine should be established to achieve smooth milk flow, use good practices, and make the best use of milkers' time.

Forestripping to check for clinical mastitis is a recommended foremilk cow preparation procedure.

The milking machine should be attached shortly after foremilk udder preparation if milk ejection is evoked.

It was observed from the analysis of the data that the most essential factors affecting milk somatic cell counts were the milker and the agricultural enterprise ($P < 0.001$).

Adequate foremilk cow preparation was essential to milk somatic cell count, as was overmilking and delay in application of the milking unit ($P < 0.001$).

References

- BARKEMA, H. W., SCHUKKEN, Y. H., LAM, T. J. G. M., BEIBOER, M. L., BENEDICTUS, G., BRAND, A. (1998): Management practices associated with low, medium, and high somatic cell counts in bulk milk tank. *J. Dairy Sci.*, vol. 81, No. 7, 1917
- BENNINGER, D. (1997) Das Melkzentrum auf Zuwachs planen. *Top agrar extra*
- BENNINGER, D. (1998): Bauliche Anlagen für Milchgewinnung und Milchlagerung. *Bau-Briefe Landwirtschaft*, 39, 93-97.
- BRUNSCH, R.; KAUFMANN, O.; LÜPFERT, T. (1996): Rinderhaltung in Laufställen. 132.
- HAMANN, J. (2001): Changes in milk somatic cell count with regard to the milking process and the milking frequency. *Bulletin of the IDF (367), Mastitis Newsletter*, No 24, 5-7.
- HOGVEEN, H., OUWELTJES, W., de KONING, C. J. A., M., STELWAGEN, K. (2001): *Proceedings of the 51st Annual meeting of the EAAP*, p. 2-9.
- LEOLA, A.; NURMSALU, A. Lüpsiplatsi suurus ja jõudlus sõltuvalt lüpsiprotseduurist. (1998): EPMÜ teadustööde kogumik "Põllumajandustehnika, -ehitus ja -energeetika". Tartu, 55-62.
- MELNIKOV S. V. (1985): *Tehnologicheskoe oborudovanie liivotnovocheskih ferm i kompleksov. Agropromizdat, Leningrad*, 1985.
- MERRILL, W.G.; SAGI, R.; PETERSSON, L. G. (1987): Effects of pre-milking stimulation on complete lactation milk yield and milking performance. - *J. Dairy Sci.*, vol. 70, No. 8, 1676-1684.
- RASMUSSEN, M.D., FRIMER, E. S., GALTON, D. M. Petersson, L. G. (1992): The influence of pre-milking teat preparation and attachment delay on milk yield and milking performance. *J. Dairy Sci.*, vol. 75, No. 8, 2131-2141.

Acknowledgement

The research has been made with the financial help of Estonian Science Foundation Grant No.4823.

Ursachen und Auswirkungen von Lärm und Vibration in Melkständen

Effects and Reasons for Noise and Vibration from Milking Parlours

DUSAN NOSAL¹, ERWIN BILGERY²

¹ Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon,
CH-8356 Ettenhausen

² BITEC Engineering, CH-8590 Romanshorn

Schlüsselwörter: Melken, Stress, Melkstand, Lärm, Vibration, Vakuumstabilität
Keywords: milking, stress, milking parlour, noise, vibration, vacuum stability

Zusammenfassung

Nur in einem Umfeld, in dem die Kuh sich wohl fühlt, kann sie ihr Leistungspotential voll ausschöpfen. Der Melkstand ist ein Teil dieses Umfeldes. Der Betreiber eines neuen Melkstandes stellt oftmals nicht nur Vorteile fest, sondern macht Beobachtungen, die auf ungünstige Verhältnisse hinweisen:

- Kühe gehen nicht freiwillig in den Melkstand.
- Koten vor dem Betreten des Melkstandes bzw. während des Melkens.
- Sie sind während des Melkens unruhig und schlagen die Melkeinheiten ab.
- Sie lassen sich nicht leer ausmelken.
- Der Melker fühlt sich während und nach dem Melken unwohl und gestresst.

Resultate unserer Messungen und Untersuchungen der letzten zwei Jahren zeigen, dass ein bisher wenig beachtetes Phänomen - Lärm und Vibrationen - Ursachen für dieses veränderte Verhalten sein kann.

Summary

Cows only achieve their full yield potential in an environment where they feel comfortable. The milking parlour plays an essential part in shaping this environment. Even when milking machines are installed according to ISO 5707, operators of new milking parlours often notice not only the advantages, but find signs indicative of unfavourable conditions:

- Cows are unwilling to enter the milking parlour.
- Cows defecate before entering the milking parlour or during milking.
- Cows are restless and knock the milking units off.
- Cows do not allow their udders to be emptied completely.
- The milker feels unwell and stressed during and after milking.

The results of our measurements and studies over the past two years show that these behavioural changes can be caused by noise and vibration - phenomena to which little attention has hitherto been paid.

1 Ergebnisse

Am Beispiel eines 2x3-Fischgrätenmelkstandes mit sechs Melkeinheiten lassen sich die Auswirkungen auf Lärm, Vibrationen und Vakuumstabilität aufzeigen, die durch Anpassungen an der Installation erreicht wurden.

Bei laufenden Pulsatoren erreichte der Lärm in der Melkbucht vor der Sanierung die Werte von 78,7 dB(A). Dank der Neuerungen an der Konstruktion und Änderungen an der Installation konnte der Luftschall (Lärm) in der Melkbucht um rund 20 dB(A) auf 59,6 gesenkt werden. Eine Reduktion des Luftschalls um 10 dB(A) bedeutet die Halbierung des ursprünglichen Lärms.

An Oberflächen des Melkstandes (Kotblech, Nackenrohr etc.), mit denen die Kühe in Berührung kommen, erreichten die Vibrationen in einigen Praxisbetrieben Werte von 0,4 bis 0,6 m/s². Bei der beschriebenen und neu konzipierten Anlage konnten Maximalwerte von 0,15 m/s² gemessen werden.

Der Umbau der Melkanlage wirkte sich ebenfalls wesentlich auf die Vakuumstabilität aus. Abbildung 1 zeigt die Veränderungen im Bereich der Vakuumstabilität in der Luftleitung. Ein ähnliches Bild kann man auch in der Melkleitung feststellen. Abbildung 2 zeigt am Beispiel der Luftleitung den Ausschlag der Schwingungen bei verschiedenen Frequenzen vor und nach dem Umbau der Melkanlage. Die Frequenzanalyse (Fourier) hilft, die Störungsquellen zu eruieren.

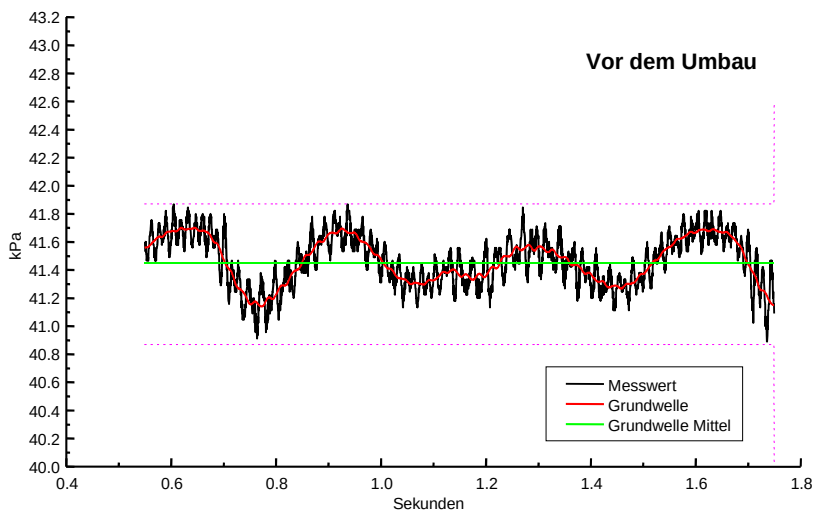


Abb. 1. Vakuumstabilität in der Luftleitung vor und nach dem Umbau der Melkanlage
Vacuum stability in the air line bevor and after the modification of the milking system

2 Schlussfolgerungen

Probleme beim Melken und bei der Eutergesundheit können auf die folgenden Ursachen zurückgeführt werden:

- Schalldruckpegel (Lärm) von > 65 dB(A) im Melkbereich.

- Übertragung von Schwingungen (Vibration) von $> 0,3 \text{ m/s}^2$ auf den Körper der Kuh im Melkstand.
- Übertragung von starken Schwingungen (Vibrationen) in das Vakuumsystem.
- Montage- und Installationsfehler, die strömungstechnische Probleme und damit Druckschwankungen im Vakuumsystem verursachen.

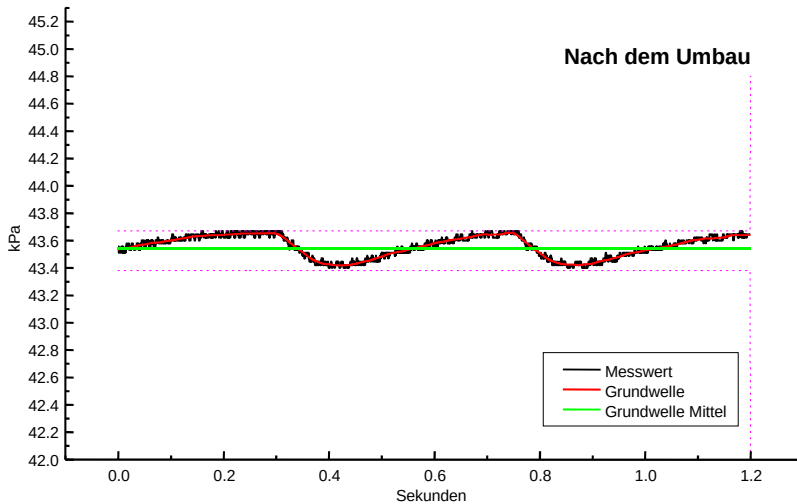


Abb. 2. Ausschlag der Schwingungen bei verschiedenen Frequenzen in der Luftleitung, vor und nach dem Umbau der Melkanlage
 Vibration amplitudes at different frequencies in the air line before and after the modification of milking system.

Literatur

- ISO 5707, 1996. Milking machine installations - Construction and performance, Second edition 1996-07-01, 23 S.
- ISO 6690, 1996. Milking machine installations - Mechanical tests, Second edition 1996-12-15, 27 S.
- ISO 2631-1, 1997. Vibrations et chocs mécaniques - Evaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps - Partie 1: Spécifications générales
- NOSAL D. UND BILGERY E. 2001. Effects of vibrations on the vacuumstability in milking equipment. Symposium Agricultural Engineering on the beginning of 21. Century. 06.06.2001, Sk-Nitra (mit Beitrag im Tagungsband).
- NOSAL D. UND BILGERY E. 2001. Vibration and Vacuumstability in Milking Equipment. International Conference: Physiological and technical aspects of machine milking. 26./27.06.2001, Sk-Nitra (mit Beitrag im Tagungsband).
- NOSAL D., 2000. Richtlinien für die Durchführung der Kontrolle von Melkanlagen, FAT, 19 S.
- SUVA (Schweiz. Unfallversicherungsanstalt, Arbeitssicherheit) 1997. Gehörgefährdender Lärm am Arbeitsplatz. 3. Auflage - Februar 1997, 95 S.

Zur Messung der Zitzengummibewegung

Measurement of the Liner Wall Movement

MARKUS MAYER, HARTMUT GRIMM

Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim (440), 70593 Stuttgart

Schlüsselwörter: Zitzengummi, Bewegung
Keywords: teat cup liner, movement

Zusammenfassung

Mit neu entwickelten Sensoren lässt sich die Zitzengummibewegung berührungslos und genau erfassen. In dieser Arbeit wurden senkrecht zur Kollabierungsebene die Zitzengummibewegung und simultan die Druckverhältnisse im Melkzeug ermittelt.

Die Bewegung des Zitzengummis wird nicht nur von den Druckverhältnissen im Melkzeug beeinflusst, sie beeinflusst umgekehrt die Vakuumverhältnisse im Pulsraum durch die schnelle Volumenänderung.

Die Messungen haben gezeigt, dass aus dem Pulskurvenverlauf die Bewegung des Zitzengummis nicht vorhersagbar ist, auch nicht unter Berücksichtigung der Einfaltdruckdifferenz. Allerdings ist die Bewegungsdauer des Zitzengummis an typischen Veränderungen der Pulskurve erkennbar.

Summary

The movement of the teat cup liner can be measured accurately and without contact through actual sensors. The movement was measured at right angles to the liner's collapsing plane, and pressure gradients in the pulsation chamber and in the claw were recorded simultaneously.

The movement of the liner is not only influenced by the pressure in the pulsation chamber, vice versa the liner influences this pressure change due to its fast volume change

The measurements have shown that it is impossible to predict the liner's movement, even if the TPD is known. Anyhow the time interval of movement can be derived from typical changes of the pulsation curve.

Einleitung

Der Zitzengummi ist die Kontaktstelle zwischen Melktechnik und Zitze. Seine (veränderte) Bewegung wird zur Zeit vermehrt als mögliche Ursache für Störungen der Eutergesundheit bzw. der Milchabgabe diskutiert. Grundlegende Untersuchungen hierzu wurden beispielsweise von WORSTORFF und STANZEL (1977) und von HERMANN (1990) durchgeführt. Verbesserte Sensoren zur berührungslosen Abstandsmessung stehen seit kurzem zur Verfügung. Bei einer zeitlichen Auflösung < 1 ms sind damit auch sehr kurzzeitige Bewegungsänderungen erfassbar, gleichzeitig liegt es nahe, aus diesen Daten die Bewegungsgeschwindigkeit des Zitzengummis zu errechnen.

Material und Methoden

Die Messtechnik in der vorliegenden Untersuchung wurde analog zur Messtechnik von HERMANN (1990) aufgebaut (Abb. 1). Die wichtigsten Modifikationen sind:

- Lasersensor (Sensor 3): [WENGLOR YP 06MGV80; Ansprechzeit 0,5 ms, Auflösung < 20 μm , Messfleckdurchmesser 0,5 mm]. Der optimale Messabstand für den Lasersensor beträgt 50 mm bei einer Messweite von 20 mm (40-60 mm).
- Vorkalibrierte Drucksensoren (Sensor 1, 2 und 4): [KELLER; Typ: PAA-21S/80427.3-2,0]

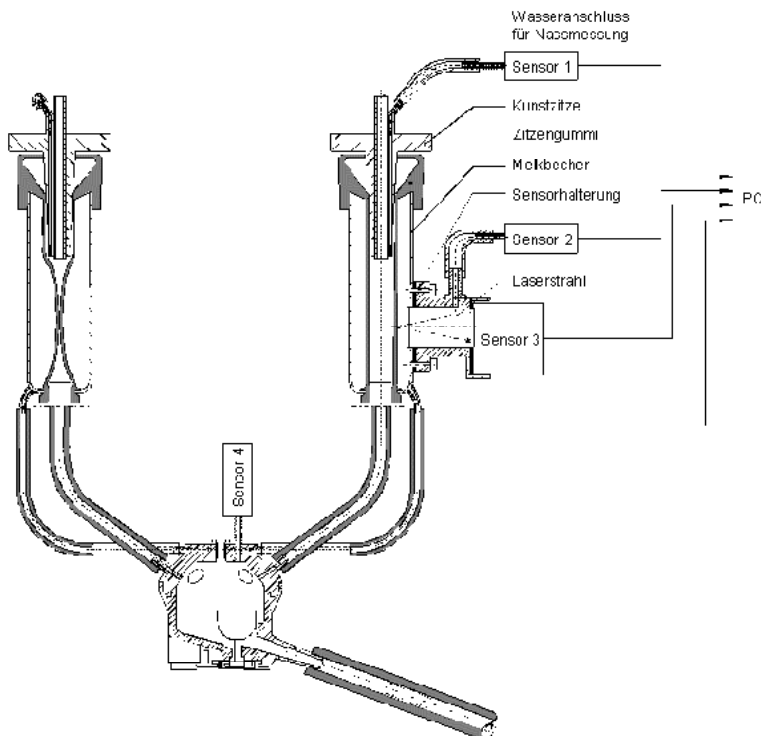


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Messung der Zitzengummibewegung: Sensor 1, 2 und 4: Druckaufnehmer [KELLER]; Sensor 3: Lasersensor [WENGLOR]

Die Bewegungsgeschwindigkeit wurde aus der Ortsveränderung des Sitzengummis im zeitlichen Abstand von 2 ms errechnet. Anhand der Bewegungsgeschwindigkeit fand eine Phaseneinteilung statt, die angelehnt an DIN/ISO 3918 (1998) eine Öffnungs-, eine Schließ- und zwei Ruhephasen des Sitzengummis aufweist. Der Phasenübergang wurde bei einer Mindestgeschwindigkeit von 100 mm/s festgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse werden in Abbildung 2 vorgestellt. Dargestellt werden die Pulscurve (PV), die Bewegungsgeschwindigkeiten des Sitzengummis (VZIGU) innerhalb eines Pulszyklus, die für die Bewegung des Sitzengummis relevanten Phasen nach DIN/ISO aus der Pulscurve (DIN-AC) und entsprechend aus der Sitzengummigeschwindigkeit errechnet (VZIGU-AC). Gut zu erkennen sind die unterschiedlichen Phasenlängen in Abhängigkeit von der Berechnungsgrundlage. Die Bewegungsphasen des Sitzengummis sind wesentlich kürzer als die entsprechenden aus der Pulscurve errechneten (DIN-) Phasen. Die Phasenlage unterscheidet sich zusätzlich. Das Öffnen des Sitzengummis beginnt wesentlich später als es der Pulscurvenverlauf erwarten lässt. Ein großer Teil der Sitzengummibewegung findet noch in der B-Phase (eigentliche Saugphase) der Pulscurve statt. Die beiden C-Phasen beginnen zwar ungefähr zum gleichen Zeitpunkt, aber durch die unterschiedliche Länge endet die C-Phase des Sitzengummis (= Kollabieren) weit vor dem Ende der C-Phase nach DIN/ISO.

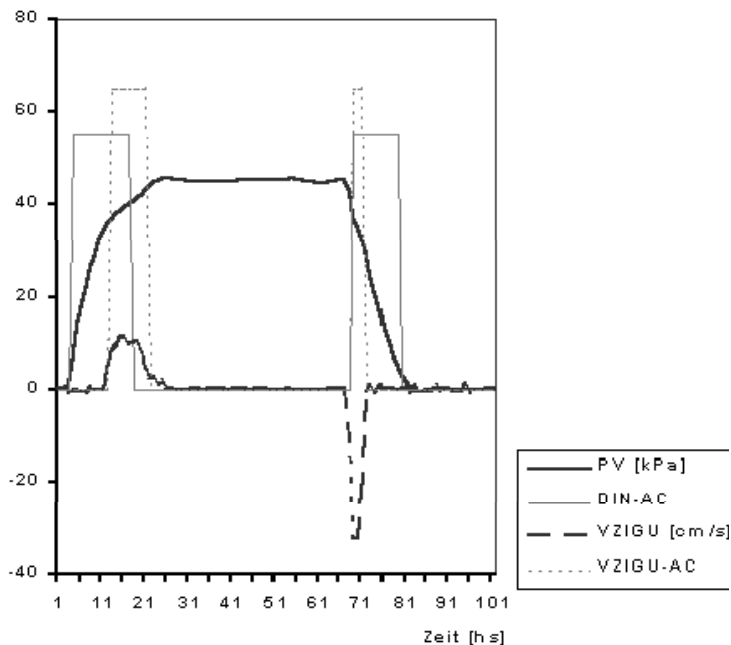


Abb. 2: Pulscurvenverlauf und Sitzengummigeschwindigkeit mit den daraus berechneten A- und C-Phasen bei 0 Liter Milchfluss: PV = Pulsvakuum; DIN-AC = A- und C-Phase nach DIN/ISO; VZIGU = Sitzengummigeschwindigkeit in cm/s; VZIGU-AC = Bewegungsphasen des Sitzengummis (Grenzwert: 100 mm/s)

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass man nicht direkt von der Pulskurve auf die Zitzengummibewegung schließen kann (auch nicht unter Berücksichtigung der ED; UHMANN und THALHEIM, 1980). Betrachtet man den Pulskurvenverlauf etwas näher, kann man eine Beeinflussung der Pulsvakuumverhältnisse durch den Zitzengummi erkennen. Genau in den Bewegungsphasen des Zitzengummis (VZIGU-AC) ist die Steigung der Pulskurve geringer. Es ist daher naheliegend, dass nicht nur der Zitzengummi durch die Vakuumverhältnisse in seiner Bewegung beeinflusst wird, sondern der Zitzengummi beeinflusst umgekehrt auch durch die schnelle Volumenänderung während seiner Bewegung die Vakuumverhältnisse im Pulsraum. Mit entsprechenden Algorithmen ist zumindest Anfang und Ende der Bewegung aus der Pulskurve ablesbar.

Literatur

HERMANN, A. (1990): Entwicklung eines digitalen Messsystems zur simultanen Erfassung der Pulsierung, der Zitzengummibewegung und des Druckes auf die Zitze im Melkzeug; Diss. Universität Hohenheim

N.N. (1998): DIN/ISO 3918

UHMANN, F.; THALHEIM, C. (1980): Variation der Dauer der Übergangsphasen und deren Einfluss auf das Bewegungsverhalten von Zitzengummis; Agrartechnik, 30.Jg., Heft 12

WORSTORFF, H; STANZEL, H. (1977): Untersuchungen zur Bewegung des Zitzengummis in Abhängigkeit von Einfaltdruck, Pulszyklus und Vakuumhöhe in Melkanlagen; Grndl. Landtechnik 27(1), 8-12

Messung der Belastung am Buggelenk und der individuellen Reichweite von Kühen bei der Futteraufnahme am Fressgitter als Parameter einer tiergerechten Fressplatzgestaltung

Measurement of Forces on Point of Shoulders and Individual Reach of Cows at the Feeding Rack for the Monitoring of Animal Welfare

GRACIA UDE, HEIKO GEORG

Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Kuhkomfort, Tiergerechtigkeit, Fressgitterneigung, Krippensohleniveau, Krippenweite, Kraft- und Reichweitenmessung

Keywords: animal welfare monitoring, cow comfort, feeding barrier, simultaneous recording of force and reach, critical load at point of shoulder

Zusammenfassung

Der Fressplatz stellt mit einer Aufenthaltsdauer von 4-6 Stunden je Milchkuh und Tag einen bedeutenden Funktionsbereich im Laufstall dar. Dabei steht die Gestaltung des Fressplatzes in engem Zusammenhang mit möglicher Läsions- und Verletzungsgefahr im Buggelenk-, Karpal- und Schulterbereich, da die Kühe bei dem Versuch, weit entferntes Futter zu erreichen, sich zum Teil stark gegen das Fressgitter stemmen.

Die Untersuchung wurde mit einer Gruppe von 10 Milchkühen (Deutsche Holstein) durchgeführt. Untersucht wurden drei Krippensohleniveaus, 6 Fressgitterneigungen und zwei Krippenprofile. Die Kraft gegen das Fressgitter wurde mit Kraftmessdosen mit einer Frequenz von 25 Hz und die Reichweiten über Infrarot-Dioden mit einer Frequenz von 50 Hz erfasst. Die statistische Analyse ergab einen signifikanten Einfluss von Fressgitterneigung und Krippenweite auf die Kräfte am Fressgitter und die gemessene Reichweite.

Summary

The feeding place is an important part of a dairy building, used by a cow 3 to 6 hours a day. The design of the feeding place is closely related to possible lesions and injuries at nape and brisket of the cows because cows press their shoulders against the feeding rack in order to get additional food.

A group of ten German-Holstein cows was selected for the experiment. Three levels of manger height, six different inclinations and two types of manger profiles were examined. Force was measured at a frequency of 25 Hz and reach at a frequency of 50 Hz. The statistical analysis of different parameters (critical load at point of shoulders, maximum value of force, force > 500 N) showed a significant influence of manger width and inclination on force and forward reach.

1 Einleitung

Die Gestaltung des Fressplatzes steht in engem Zusammenhang mit möglicher Läsions- und Verletzungsgefahr im Buggelenk-, Karpal- und Schulterbereich sowie an den Vorderklauen. Als Einflussfaktoren sind hierbei die Höhe des Krippensohlenniveaus, das Krippenprofil und die Anordnung des Fressgitters zu nennen.

In Laufställen werden Krippensohlenhöhen von 15–20 cm empfohlen, um den fehlenden Weideschritt bei der Futteraufnahme im Stall auszugleichen.

Eine Vergrößerung der Reichweite kann auch durch die Neigung des Fressgitters erzielt werden (DUMLOW and SHARPLES, 1988). Die Empfehlungen für eine Fressgitterneigung variieren zwischen 10–20°.

Eine Reichweitenbegrenzung durch den Einsatz einer Krippenvorderwand führt zu einem Bruchteil der Belastungen am Buggelenk der Tiere (GJESTANG, 1982), allerdings nur dann, wenn der Abstand zwischen Krippenrückwand und Krippenvorderwand nicht zu groß gewählt wird (HANSEN and PALLESEN, 1998).

2 Versuchsaufbau

An einer Gruppe von 10 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein wurde die Belastung an den Buggelenken bei simultaner Aufnahme der Fressbewegungen der Tiere im Scherensfangfressgitter aufgezeichnet.

Die Kraft am Fressgitter wurde einzeln für die zwei Fressgitterstäbe mit jeweils zwei Kraftmessdosen und einer Frequenz von 25 Hz ermittelt. Die Aufnahme der Reichweiten erfolgte durch zwei Messkameras anhand der Positionen dreier Infrarotdioden am Halfter als Signalgeber. Mit einer Frequenz von 50 Hz wurden die Infrarotdioden als hellste Bildpunkte (Pixel) detektiert und die x, y, z Koordinaten der Dioden online auf einem PC gespeichert.

Untersucht wurden drei Krippensohlenniveaus 16 cm, 29 cm, 42 cm, 6 Fressgitterneigungen 0 - 25° in fünf Grad Schritten, wobei die Futteraufnahme entweder beliebig weit in Richtung Futtertisch erfolgen konnte, oder aber durch den Einsatz einer Krippenvorderwand begrenzt wurde (Abb. 1). Der Abstand zwischen Krippenvorderwand und Krippenrückwand hatte die maximale kleinste Reichweite der Versuchstiere nach RIST (1987) zur Grundlage, woraus sich Krippenweiten von 92 cm (Krippensohlenniveau 16 cm), 98 cm (29 cm) und 105 cm (42 cm) ergaben.

Die Datenaufnahme erfolgte je Tier und Variante über 15 min. Vorgelegt wurde eine Mischration (3,5 kg) aus Maissilage, Stroh und Sojaschrot.

Analysiert wurden

- die maximalen Reichweiten je Tier und Niveau bei senkrechtem Fressgitter
- die kombinierten Werte aus Reichweite und Kraft je Tier und Variante
- die drei maximal auftretenden Kräfte, die Belastungsspitzen, je Tier und Variante nach GJESTANG (1982).

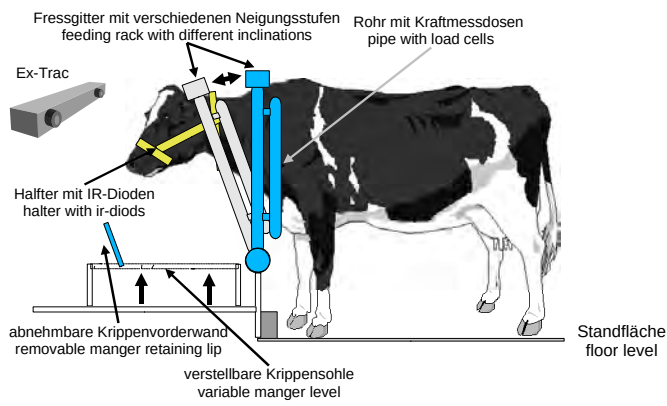


Abb. 1: Schematischer Versuchsaufbau zur Untersuchung des Fressplatzes
Experimental design for feeding place evaluation

3 Ergebnisse

Mit steigendem Krippensohlenniveau waren abnehmende Belastungsspitzen zu verzeichnen (Tab. 1, Zeile 7). Ebenfalls resultierten aus zunehmender Neigung des Fressgitters (10 - 25°) deutlich abnehmende Belastungsspitzen (Tab. 1, Spalten 2-7). Dabei lagen die Belastungsspitzen beim Einsatz einer Krippenvorderwand jeweils um 250–400 N niedriger als die Werte ohne Verwendung der Krippenvorderwand (Tab. 1).

Tab.1: Belastungsspitzen in Abhängigkeit von Krippensohlenniveau, Krippenweite und Fressgitterneigung
Maximum load depending on level, manger width and inclination

Neigung Fressgitter [°]	Niveau 16 cm		Niveau 29 cm		Niveau 42 cm	
	mit K.*	ohne K*	mit K.*	ohne K*	mit K.*	ohne K*
0	1607	1913	1392	1618	1460	1679
5	1474	2023	1335	1591	1325	1623
10	1462	1642	1068	1673	1099	1412
15	1373	1678	1054	1647	1020	1258
20	1111	1337	1078	1376	839	1111
25	882	1213	965	1357	837	1121
0-25	1318	1634	1149	1543	1097	1367
Inclination of Feeding rack [°]	with m.* level 16 cm	without m.*	with m.* level 29 cm	without m.*	with m.* level 42 cm	without m.*

* Krippenvorderwand / manger retaining lip

Eine Anhebung des Krippensohlenniveaus von 16 auf 42 cm führte zur Vergrößerung der maximalen Reichweite von ca. 97 auf ca. 112 cm. Während bei senkrechtem Fressgitter die hervorstehenden Buggelenke sehr schnell die Reichweite der Tiere begrenzen, kommt ein geneigtes Fressgitter dem Körperbau der Tiere entgegen und ermöglicht den

Tieren eine bessere Erreichbarkeit des Futters durch die aus der Neigung resultierenden größere Reichweite. Daher kann eine größere Futtermenge mit geringerer Kraftaufwendung aufgenommen werden.

Eine Überprüfung des funktionalen Zusammenhangs zwischen Kraft und Reichweite mit Hilfe der Regressionsanalyse ergab innerhalb der bequemen Reichweite (80–85 cm) ähnliche Funktionen mit und ohne Einsatz der Krippenvorderwand, wie beispielhaft in Abb. 2 dargestellt ist. Bei zunehmender Reichweite steigt ohne Einsatz der Krippenvorderwand die Krafteinwirkung am Tier an.

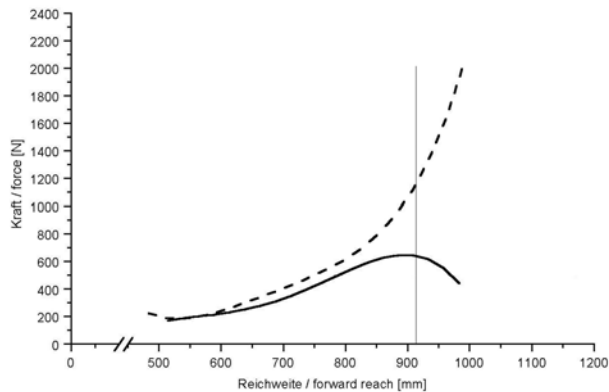


Abb. 2: Regression zwischen Reichweite und Kraft; Krippensohlenniveau 16 cm, Fressgitterneigung 0°, mit und ohne Krippenvorderwand
Regression between reach and force; level 16 cm, inclination 0°, with or without manger retaining lip

4 Fazit

Die Gestaltung des Fressplatzes bzw. die Anordnung der einzelnen Komponenten hat Einfluss auf die Reichweite der Tiere bei der Futteraufnahme und auf mögliche Belastungen. Im Sinne der Schadensvermeidung sollte die Futtervorlage innerhalb der bequemen Reichweite der Tiere gesichert sein. Die praktische Umsetzung dieser Erkenntnisse kann durch die bauliche Gestaltung der Krippe oder entsprechendes Fütterungsmanagement erfolgen. Für die Weiterentwicklung von Fressplätzen in der Zukunft wäre es interessant, wenn neben der Kraft auch die belastete Fläche am Buggelenk der Kühe bestimmt werden könnte und damit Werte für eine Druckbelastung errechnet werden könnten.

Literatur

- DUMELow, J.; SHARPLES, T. (1988): Developing improved designs of feeding barriers and mangers for cattle from data collected from an instrumental test reg. Livestock environment III, Toronto: 155-162
- GJESTANG, K.-E. (1982): Feeding table geometry in relation to dairy cow comfort. In: Proceeding of the international Livestock Environment Symposium. Ames, Iowa: 433-437
- HANSEN, K.; PALLESEN, C. N. (1998): Dairy cow pressure on self-locking feed barriers. American Society of Agricultural Engineers. 312-319

Analysen von Tieraktivitätsmessungen mit Pedometern zur Einschätzung des Verhaltens von Mutterkühen im geburtsnahen Zeitraum

Analysis of Animal Activity Measurement with Pedometers for Assessing Suckler Cow Behaviour in Calving Time

CLAUDIA BAHR¹, ULRICH BREHME²

¹ Fachgebiet Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Philippstr. 13, 10115 Berlin

² Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Mutterkuhhaltung, Tieraktivitätsmessung, Pedometer,
Keywords: suckler cow husbandary, animal activity measurement, pedometer

Zusammenfassung

In einem landwirtschaftlichen Betrieb Mecklenburg-Vorpommerns wurde innerhalb einer Mutterkuhherde bei 9 Mutterkühen in der geburtsnahen Zeit die Tieraktivität mit Hilfe von Pedometern erfasst. Gleichzeitig erfolgte eine durchgängige Beobachtung der ausgewählten Tiere von 05:00 Uhr morgens bis 21:00 Uhr abends. In den Beobachtungsablauf integriert war die Ermittlung von räumlichen Standortdaten der Mutterkühe. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Möglichkeit besteht, eine genaue zeitliche Zuordnung der Abkalbung anhand der Pedometerdaten vorzunehmen. Zudem wird deutlich wie groß die tierindividuellen Unterschiede hinsichtlich der Tieraktivität nicht nur während des eigentlichen Geburtsvorganges sind, sondern auch in der Zeit vor und nach der Abkalbung.

Summary

The animal activity of nine suckler cows from a herd at a farm in Mecklenburg-Vorpommern was recorded in calving time with the help of pedometers. At the same time, the chosen animals was observed between 5:00 a m to 9:00 p m. Additionally the positioning data of the suckler cows was being collected. First results show the possibility to exactly assign the moment of calving on a temporal scale with the help of the pedometer data. Besides the individual differences of animal activity before, during and after calving were discovered.

1 Einleitung

Der Erfolg in der Mutterkuhhaltung definiert sich besonders über die Anzahl der aufgezogenen Kälber je Mutterkuhherde und Jahr. Grundlagen für ein gutes Aufzuchtergebnis bilden eine hohe Fruchtbarkeit, problemlose Geburten und ein hoher Gesundheitsstatus der Herde. Eine kontinuierliche Tierüberwachung bis hin zum einzelnen Tier ist demzufolge Voraussetzung für ein erfolgreiches Herdenmanagement. Die Anwendung der aus der Milchviehhaltung bekannten Pedometertechnik kann im Rahmen einer rechnergestützten Tierüberwachung wertvolle Informationen über den aktuellen Zustand einer Mutterkuh liefern. Von besonderem Interesse sind die Zeiträume der Brunst, der Geburt und auftretender Erkrankungen. Sie haben einen direkten Einfluss auf die Aufzuchtleistung einer Herde.

2 Material und Methodik

2.1 Tiergruppe

Für die Untersuchungen zum geburtsnahen Zeitraum wurde eine ca. 80 Mutterkühe umfassende Herde in einem landwirtschaftlichen Betrieb ausgewählt. Die Haltung der Mutterkühe erfolgt ganzjährig im Freien.

2.2 Messung der Bewegungsaktivität

Die eingesetzten Pedometer zur Erfassung der Tieraktivität wurden zeitlich auf ein 5 min Intervall konfiguriert. Die gemessenen Werte lassen sich somit genau der Uhrzeit zuordnen. Neben der Schritttaktivität umfassen die aufgezeichneten Datensätze zusätzlich Liegephasen und Liegepositionen. Das Auslesen der Pedometer wurde einmal täglich mit einer mobilen Ausleseantenne durchgeführt. Die folgende Tabelle enthält als Beispiel Pedometerwerte einer Kuh aus dem Vorversuch.

Tab. 1: Beispiel der gemessenen Tieraktivität aus dem Vorversuch
Example of measured step activity

Datum/Uhrzeit	Steps	I1	I2
28.6.02 14:00	78	0	0
28.6.02 14:05	66	0	4
28.6.02 14:10	7	0	19

Steps-Schritte/Beinbewegung I1-Seitenlage I2-Bauchlage

Das Pedometer der Kuh registrierte in der Zeit von 13:55 Uhr bis 14:00 Uhr 78 Steps in stehender Position. Im selben Zeitraum hat die Kuh keine Liegeposition eingenommen. Zwischen 14:00 Uhr und 14:05 Uhr wurden 66 Steps erfasst und 4 Werte in der für Kühe typischen Bauchlage. Multipliziert man den Wert 4 mit dem Wert 15, erhält man die Anzahl der gelegenen Sekunden im Zeitabschnitt von 14:00 Uhr bis 14:05 Uhr. In diesem Fall sind es 60 Sekunden.

2.3 Tierbeobachtungen

Alle Tierbeobachtungen erfolgten diskontinuierlich und parallel zu den Aktivitätsmessungen, in der Zeit von Sonnenaufgang (05:00 Uhr) bis Sonnenuntergang (21:00 Uhr). In einem Zeitintervall von 15 min wurde das Verhalten der ausgewählten Mutterkühe protokollarisch dokumentiert. Die Ergebnisse aus den Tierbeobachtungen dienen als vergleichendes Instrument zu den ermittelten Pedometerdaten.

3 Ergebnisse und Diskussion

Abkalbungen in Mutterkuhherden finden in der Regel in den Nachtstunden statt. Die Stunden vor der Geburt, der Geburtsvorgang selbst und die Stunden nach der Geburt sind gekennzeichnet durch das unruhige Verhalten der Kuh. Das kann eine gesteigerte Tieraktivität zur Folge haben. Im anschließenden Diagramm sind die Schritttaktivitäten der Kühe 1 und 4 um den Zeitraum der Geburt dargestellt. Beide Tiere kalbten während der Nacht ab.

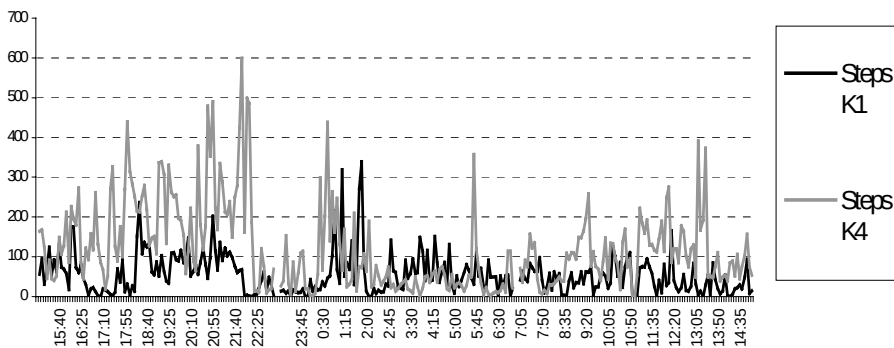


Abb. 1: Schritttaktivität der Kühe 1 und 4 im Zeitraum der Kalbung
Step activity of cow 1 and cow 4 during calving

Durch visuelle Beobachtung konnte die Abkalbung von Kuh 1 auf eine Zeit zwischen 1 und 4 Uhr morgens und die Abkalbung von Kuh 4 auf eine Zeit zwischen 2 und 4 Uhr morgens begrenzt werden. Im Diagramm ist deutlich eine erhöhte Aktivität während der Nacht erkennbar. Signifikant erscheint die ausgeprägte Aktivitätssteigerung in der Zeit von 1 bis 2 Uhr (Abschnitt a). Sie könnte der Austreibungsphase im Geburtsverlauf unmittelbar vorausgehen. Danach sinkt die Schritttaktivität ab (Abschnitt b). Für eine genaue Klärung dieses Sachverhaltes müssen weitere Untersuchungen folgen. Sichtbar wird ebenfalls inwieweit sich die Aktivität von Kuh 4 im Verlauf der Abendstunden steigert, was als sicheres Zeichen für eine bevorstehende Kalbung gewertet werden kann.

Im Gegensatz zur Kuh 4 zeigt die Kuh 1 zwar eine ausgeprägte Aktivität in den Abendstunden vor der Kalbung, weist aber eine wesentlich geringere Schrittfrequenz auf. Tierindividuelle Differenzen der Tiere können die Ursache sein. Wie ausgeprägt sich diese Unterschiede darstellen, veranschaulicht folgende Tabelle.

Tab. 2: Schritttaktivität und Liegezeit der Kühe 1 und 4 während der Nacht- und frühen Morgenstunden
Step activity and lying time of cow 1 and cow 4 during the night and the early morning

	Steps Kuh 1	Steps Kuh 4	LZ in h Kuh 1	LZ in h Kuh 4
Nacht vor der Kalbung (23-7 Uhr)	4557	6276	4,2	1,9
Nacht der Kalbung (23-7 Uhr)	5387	7491	2,0	1,3
Nacht nach der Kalbung (23-7 Uhr)	3615	4175	2,9	3,3

LZ-Liegezeit

Die Veränderung der Schritttaktivität und Liegezeit ist in beiden Fällen deutlich zu erkennen, auch wenn das individuelle Ausmaß von Kuh 1 und Kuh 4 verschieden ist.

Die Schritttaktivität von Kuh 1 steigt in der Kalbenacht im Vergleich zur vorherigen Nacht um 15,4 %. Ähnlich hoch ist die Aktivitätssteigerung im gleichen Zeitraum bei Kuh 4. Sie beträgt 16,2 %. Die relativ geringe Erhöhung der Schritttaktivität liegt in einer niedrigen Schrittfrequenz begründet. Es ist anzunehmen, dass beide Tiere viel Zeit stehend verbrachten und keine großen Distanzen zurücklegten. Ein starker Rückgang der Schritttaktivität für beide Kühe wurde in der folgenden Nacht verzeichnet. Kuh 1 verringert ihre Aktivität um 32,9 % verglichen mit der Kalbenacht. Kuh 4 senkt ihre Schritttaktivität um 44,3 %. Parallel zur Schritttaktivität steigen bzw. sinken die Liegezeiten beider Kühe. Während die Liegezeit der Kuh 1 in der Kalbenacht im Vergleich zur vorherigen Nacht um 52,4 % sinkt und eine Nacht darauf um 31,0 % steigt, sinkt die Liegezeit der Kuh 4 in der Kalbenacht nur um 26,3 % und steigt aber in der folgenden Nacht um 57,6 % an. Es ist davon auszugehen, dass sich nach der Kalbung relativ schnell ein individueller Aktivitätsrhythmus im Tagesverlauf einstellt, der sich zeitlich am Verhalten der Herde orientiert.

Aufbau und Erprobung von Verfahren des Precision Dairy Farming ***Construction and Prooftesting of Methods of Precision Dairy Farming***

STEFFEN PACHE, HANS-JÜRGEN RUDOVSKY, UWE BERGFELD

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland,
04886 Köllitsch

Schlüsselwörter: Rind, Milchgewinnung, Überwachung, Gesundheit, Leistung, Steuerung, Automatisierung

Keywords: Cattle, milk extraction, supervision, health, performance, control, automation

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Modellvorhabens wird in einem ausgewählten Betrieb mit unterschiedlichen Melkverfahren auf der Basis der vorhandenen technischen Ausstattung eine Bewirtschaftung nach dem Prinzip von Precision Dairy Farming etabliert.

Nach einer eingehenden Prozessanalyse wurden aus 127 Prozessgrößen 37 Critical Points höherer Wertigkeit definiert. Diese können zum jetzigen Zeitpunkt nur zum Teil automatisch erfasst und verarbeitet werden.

Die Aufgabe besteht in der Reduzierung der manuellen Erfassung durch Automatisierung der Regelkreise und in der Qualifizierung der Datenverarbeitung in Richtung eines anwenderfreundlichen Entscheidungsunterstützungssystems (EUS).

Summary

In the context of a model plan a management is established with different milking methods on the basis of the available technical equipment according to the principle of Precision Dairy Farming in a select business.

After a process analysis 127 important process quantities were found. 37 Critical points of higher valency were defined by it. These can only partly be included and processed at the present time automatically.

The task consists in the reduction of the manual recording by automation of the control systems and in the training of the data processing in the direction of a userfriendly decision support system (EUS).

1 Einleitung

Eine wettbewerbsfähige Milchproduktion erfordert die Ausschöpfung des genetischen Leistungspotentials der Tiere bei gleichzeitiger Aufwandsminimierung an Produktionsmitteln und Arbeit sowie unter Beachtung der Verbraucherwünsche nach Transparenz und Produktsicherheit.

Der Milchviehhalter befindet sich daher zunehmend im Spannungsfeld unterschiedlicher gesellschaftlicher Interessen. In der Unternehmenssphäre des Milchproduzenten liegen die Art und Weise

- der Beherrschung der physiologischen Ansprüche der Kühe,
- der Erkennung und Behandlung von Störgrößen,
- der Optimierung der Haltungsumwelt sowie
- der lückenlosen Dokumentation von Entscheidungen und deren Verfügbarkeit in künftigen Szenarien.

Unter dem Druck diese komplexen Anforderungen und der zunehmenden Konzentration der Produktion kommt der Landwirt nicht umhin, moderne, mikroprozessorgestützte Technologien auf der Basis der elektronischen Einzeltiererkennung für die Milchproduktion weiter zu erschließen. Hierfür steht Precision Dairy Farming, eine Technologie um Umwelt- und Produktionsdaten in der Milchviehhaltung exakt und differenziert zu erfassen und danach den Produktionsprozess zu steuern, vorzugsweise in den technologischen Prozessen „Melken“, „Füttern“ und „Tierüberwachung“ (SCHÖN u. a. 2000).

Eine präzise Milchviehhaltung wird zukünftig stärker hinterfragt,

- je mehr Produktqualität und Produktsicherheit sowie das betriebliche Management an Bedeutung gewinnen,
- je mehr mit Kühen im physiologischen Grenzbereich und in größer werdenden Betriebsstrukturen produziert wird,
- je mehr Spezialisten und Fremdarbeitskräfte beauftragt werden.

Für die notwendigen Entscheidungen bedarf es belastbare, aktuelle und ausfallsichere Datengrundlagen. Ein derartig komplexes System wird gegenwärtig im Milchviehbestand des Lehr- und Versuchsgutes Köllitsch (LVG) der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft aufgebaut.

2 Bisherige Ergebnisse

Die Milchviehhaltung im LVG mit insgesamt 190 Kühen der Rasse Deutsch Holstein gliedert sich nach dem technologischen Verfahren der Milchgewinnung in automatisches Melkverfahren (AMV), Fischgrätenmelkstand (FGM) und Rohrmelkanlage (RMA). Den Melkverfahren sind unterschiedliche Aufstellungs-, Fütterungs- und Tierüberwachungsformen zugeordnet (Tab. 1). In diesen Bereichen wurde ein unterschiedlicher Grad der Automatisierung in den einzelnen Prozessabschnitten, aber auch in der Prozesssteuerung erreicht. Weitere Prozessgrößen erfasst das Personal manuell über standardisierte Listen und pflegt diese tagaktuell in die Herdenmanagementsoftware HerdeWin bzw. AlproWin ein. Diese Software unterstützt die Prozessleitebene und ist Basis für das Modul ZMS auf der Produktionsleitebene (SEUFERT 2000) sowie der Forschungsdatenbank.

Auf der unteren Verfahrenssteuerungsebene kommen Melkplatzcontroller (MPC), Prozessrechner Alpro6 und Fusion1.4, Wiegesysteme MC2000 und FX31, LactoCorder,

Mastitron LF4000 sowie OTLM-Klimadatenlogger zum Einsatz, welche Daten über entsprechende Schnittstellen an die Prozessleit-Software HerdeWin und AlproWin bzw. an die Forschungsdatenbank übergeben. Hardwareseitig verfügen die Bereiche über geeigneter PC-Technik, Notebook und Palm, die wiederum hierarchisch in die IT-Infrastruktur des „Info-Highway Sachsen“ eingebunden sind.

Diese Struktur erlaubt eine breite Verfügbarkeit der Daten bei dezidiertem Administrationsrecht der Nutzungsrechte. Darüber hinaus steht für die Bereiche AMV und FGM eine Tierbeobachtungsanlage mit vier CCD-Kameras, Multiplexer und VHS-Langzeitrecorder zur Verfügung. Die Anlage dokumentiert das Tierverhalten und die Prozessabläufe.

Tab. 1: Struktur der technologischen Verfahren in der Milchviehhaltung im LVG Köllitsch

	AMV	RMA	FGM
Melken	Ad libitum DeLaval VMS, Linksmelker	2 x täglich Westfalia Visotron, Stimulation + autom. Abschaltung	2 x täglich DeLaval FGM 2 x 7, Duovac + Abnahmeautomatik
Aufstallung	Zweiraumlaufstall, Wandliegeboxen außen, Laufgang - planbefestigt Fressgang - Spaltenboden	Kurzstand mit Kotrost Grabnerkettenanbindung	symmetrischer Liegeboxenlaufstall mit 2 x 2 einreihigen Liegeboxen, Laufgänge-Spaltenboden
Fütterung	1 Fütterungsgruppe (TMR) mit leistungsorientierter KF-Ergänzung über AMV	2 Fütterungsgruppen (TMR) und KF-Ergänzung per Hand	3 Fütterungsgruppen (TMR) und KF-Ergänzung über Abrufstationen
Tierüberwachung	Software-gestützt: AlproWin 2.3.2, VMS-Status, HerdeWin, ZMS, Fusion1.5 Manuelle Checklisten Videoüberwachung	Software-gestützt: HerdeWin, ZMS Manuelle Checkliste	Software-gestützt: AlproWin 2.0, Alpro6, HerdeWin, ZMS Manuelle Checklisten Videoüberwachung

Die ca. 190 Milchkühe sind auf die drei technologischen Bereiche nach den verfügbaren Tierplätzen zu geordnet und werden in diesen als geschlossene Herde bewirtschaftet. Zielgröße des strukturierten Herdenmanagements ist die Ausschöpfung des genetischen Leistungspotentials der jeweiligen Teilherden (Tab. 2).

Tab. 2: Niveau der 2002 erreichten Milchleistung (MLP) in den drei Teilherden

	AMV	RMA	FGM
Anzahl	34,1 A + B-Kühe	22,7 A + B-Kühe	125,3 A + B-Kühe
Milchleistung	9.177 Mkg 4,23 F%; 3,56 E%	8.620 Mkg 4,36 F%; 3,56 E%	8.566 Mkg 4,35 F%; 3,63 E%
ZKZ	409 Tage	417 Tage	418 Tage

3 Ausblick

In der Steuerungstechnik hat der Chip seinen festen Platz. Ebenso ist es gelungen, Informationen aus dem physiologischen Bereich der Milchkühe im rechnergestützten Entscheidungsprozess zu berücksichtigen. Die in der Praxis genutzten Produktionsmittel verfügen jedoch noch nicht über standardisierte Schnittstellen. Diese und ein allgemein gültiges

Bussystem für modulare Komponenten (z. B. Futterverteiltechnik, Leitfähigkeit, Wasseraufnahme, Waagen, Aufenthaltsort) befinden sich in der Entwicklung (ARTMANN 2002).

Am Modell der Milchviehhaltung des LVG soll ein weitgehend automatisiertes, rechnergestütztes System der Verfahrenssteuerung bis zur Produktionslebene mit dem Anspruch Precision Dairy Farming geschaffen werden.

Neben der bereits installierten Prozesskontrolle (Tab. 3) sind weitere Critical Points für die Überwachung der Marktproduktion, Rohmilchqualität, Futteraufnahme, Tiergesundheit, Stallklimatisierung sowie des Arbeitsaufwandes zu bestimmen und zu automatisieren.

Tab. 3: Auswahl der definierten Critical Points und die Art der z. Zt. durchgeführten Erfassung (automatisch/manuell)

Kategorie	Messgröße	AMS	RMA	FGM
Rohmilch – produktorientiert				
Einzeltiergemelk	Menge	a	m	a
	Leitfähigkeit	a	m	m
Tankmilch	Menge	m	m	m
	ZZ	a	a	a
	KZ	a	a	a
	Hemmstoffe	a	a	a
Milchkuh – einzeltierorientiert				
Tiererkennung	Melken	m	m	a
	Waage	a		
Aktivität		a		a
Melkbarkeit	Milchfluss	a	m	m
MLP	Menge	a	a	a
	ZZ	a	a	a
	Fett	a	a	a
	Eiweiß	a	a	a
	Harnstoff	a	a	a
Mastitisdiagnostik	bakt. Untersuchung	m	m	m
	Klinik	m	m	m
	Sperre	a	a	a
Reproduktion	Kalbung	m	m	m
	Brunst	a	m	a
	Besamung	m	m	m
Abgang/Selektion	Ursachen	m	m	m
Fütterung – einzeltier- bzw. gruppenorientiert				
Mischration	Einzelkomponenten	a	a	a
	Vorlage	a	a	a
Kraffutter	Abrufmenge Ist	a	m	a

Weitere Schritte sind:

- Prüfen geeigneter Indikatoren und Messverfahren für physiologische Regelgrößen,
- Vernetzung autarker Regelkreise und Schnittstellendefinition zum Zentralrechner,
- Entwicklung von Checklisten zur Ergänzung der automatisierten Prozesskontrolle,
- Entwicklung einer strukturierten Datenbank für ein induktives Controlling.

Literatur

SCHÖN, H.; WENDL, G.; PIRKELMANN, H. (2000): Automatisches Melken - Bedeutung, Stand, Entwicklungstendenzen.- KTBL-Arbeitspapier 395; S. 9-16

SEUFERT, H. (2000): KTBL-Jahrestagung „Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft“.- Veits-
höchheim am 12.04.2000

ARTMANN, R. (2002): Informationstechnologien in der Milchviehhaltung - Realität und
Zukunft.- Vortrag zum Köllitscher Fachgespräch am 24.04.2002

Spezielle Auflagen beim Bau und Betrieb von Güllelagern aus StB sowie Untersuchungen zu deren Dichtheit

Special Requirements for Building and the Operation of Concrete Slurry Storage and Experiments on their Tightness

JAN-GERD KRENTLER

Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Güllebehälter, Umweltschutz, Baurecht, Baugenehmigung
Keywords: slurry containers, environmental protection, building law, building permits

Zusammenfassung

Das Umweltbewusstsein hat sich allgemein in den letzten Jahren deutlich verstärkt. Vor diesem Hintergrund wird die gesamte landwirtschaftliche Produktion, besonders die Tierhaltung, kritisch beobachtet. Es besteht eine ganze Reihe von Gesetzen und Auflagen mit Bezug auf die Lagerung von Gülle, Mist, Silage und Sickersaft, die zum Schutz der Umwelt beitragen soll. Ursprünglich war der Schutz von Boden und Wasser Gegenstand der Regelungen, zunehmend werden jedoch auch Auflagen zum Schutz der Atmosphäre vor Schadgasen gemacht.

Wegen der langen und schwierigen Genehmigungsverfahren zum Bau der Lager wurde mithilfe von Auswertungen von Baugenehmigungen ermittelt, wo die beteiligten Behörden die Probleme sehen. Auf der Grundlage der Ergebnisse wurden verschiedene Experimente zur Frage der „Dichtheit“ der Lager durchgeführt. Es zeigte sich, dass „nach den Regeln der Baukunst“ hergestellte WU-Betone „dicht“ im Sinne des Gesetzes sind. Besonders neuere Versuche haben bewiesen, dass selbst absichtlich fehlerhaft hergestellter Beton (Rissbreiten) durch die Selbstabdichtung der Gülle „dicht“ ist und bleibt.

Summary

In the past several years, overall environmental awareness has increased significantly. In this light, all environmental production practices, particularly those related to animal husbandry, are being critically observed. There is a whole range of laws and requirements with regard to the storage of slurry, manure, silage and silage effluent which should contribute to the protection of the environment. Originally, the protection of soil and water resources were the goal of the rules, but now the laws are increasingly being targeted at protecting the atmosphere from polluting gases.

Due to the long and difficult permission process to construct storage facilities, an evaluation of building permits was carried out to find out where the responsible agencies see problems. On the basis of these results, various experiments related to the „permeability“ of the storage facility were carried out. It was seen that „according to the rules of building art“ manufactured WU cement containers are „impermeable“ in the sense of the law. Particularly new studies have found that even container floors with deliberate flaws (cracks) are still impermeable due to the self-sealing properties of slurry.

1 Problemstellung

Bei jeder Tierhaltung fallen Exkreme an, die vom Tier abgeleitet und gelagert werden müssen. Baurechtlich wird die Lagerung von Flüssigmist besonders kritisch gesehen. Um eine umweltverträgliche und bautechnisch sichere Güllelagerung zu erreichen, bestehen besonders in Deutschland viele Gesetze, Verordnungen und Bauauflagen, die in der Summe für den einzelnen landwirtschaftlichen Bauherrn durchaus Wettbewerbsnachteile gegenüber europäischen Konkurrenten bewirken können.

Die bekannten arbeitswirtschaftlichen Vorteile von Flüssigmistverfahren in der Landwirtschaft machten es erforderlich, Güllebehälter von ausreichender Größe zu bauen. Die Größe dieser Behälter hängt davon ab, wie lange die Gülle gelagert werden soll. Nachdem erst in den 80er Jahren ein allmählicher Übergang von vier auf sechs Monate Lagerzeit vonstatten ging, sind sechs Monate Lagerzeit heute allgemein anerkannter Standard.

Es wird auch weiterhin diskutiert, ob nach dem Vorbild unserer nördlichen Nachbarländer in Skandinavien noch längere Lagerzeiten, eventuell bis zu einem Jahr, eingeführt werden sollten. Zum Zwecke des Umweltschutzes soll damit erreicht werden, dass die Nährstoffe der Gülle nur zu dem Zeitpunkt ausgebracht werden, wenn die Pflanze diese auch aufnehmen.

Ein sehr wichtiger Aspekt bei den Genehmigungsverfahren zum Bau von Güllebehältern ist die immer wieder aufgeworfene Frage, ob diese Behälter auch wirklich „sicher“ bzw. „dicht“ im Sinne des Gesetzes sind. Unter Berufung auf das umfangreiche bestehende Regelwerk zur Herstellung von Betonbehältern ist die Bauindustrie der Meinung, dass es gar keine Probleme geben dürfte.

2 Aufgabenstellung

Durch eine Reihe von Erhebungen bei Landbaugesellschaften sollte herausgefunden werden, welche Probleme die beim Bau von Güllelagern beteiligten Genehmigungsbehörden sehen und zu welchen Bauauflagen diese in der gebauten Praxis führen. Zur Frage der „Dichtheit“ wurden Versuche mit Gülle, Jauche (zentrifugiert) und Wasser sowie mit Betonen der Güte B25 WU und B35 WU durchgeführt.

2.1 Durchführung der Arbeiten

Die Erhebungen wurden bei namhaften deutschen Landbaugesellschaften in verschiedenen Regionen durchgeführt, nämlich in Norddeutschland in Küstennähe, in Mittel-Westdeutschland und in Bayern. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte tabellarisch und statistisch.

Die Versuche zur „Dichtheit“ von Güllebehältern aus Stahlbeton wurden in Zusammenarbeit mit der amtlichen Materialprüfanstalt für das Bauwesen im Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig in Anlehnung an DIN 1048, Teil 5, Absatz 3.6 durchgeführt, wobei als Prüfmedien neben Wasser auch Rindergülle verwendet wurde.

3 Ergebnisse der Erhebung

Bei der Auswertung von Baugenehmigungen für Güllebehälter zeigte sich ein recht uneinheitliches Bild. Die Genehmigungspraxis auch in direkt benachbarten Landkreisen ist durchaus unterschiedlich. Zunehmend spielen außer dem Gesichtspunkt der „Dichtheit“ der Güllebehälter Betreiberpflichten wie regelmäßige Kontrollen eine Rolle. Auch befassen sich die Behörden immer häufiger mit der Einbindung der Behälter in die Landschaft. Tabelle 1 zeigt am Beispiel einer Erhebung in Norddeutschland, welche Bauauflagen mit welcher Gewichtung dort in den letzten zwei Jahren in die Baugenehmigungen aufgenommen wurden.

Tab. 1: Auswertung norddeutscher Baugenehmigungen

Vorschriften:	Gefordert (%)
Genehmigung nach §75 NbauO v. 13.07.1995 (Nds. GVBl. S.199)	
- Gültigkeitsverlust nach 3 Jahren (Möglichkeit der Verlängerung)	100
Baustellensicherung	78
Grenzverläufe	33
Denkmalschutz (Nds. GVBl. S.517)	33
Abnahme: Stahlbetonbewehrung (3 Tage vor Betonierung) (§ 80 (1) NbauO)	89
Leckerkennungsdrainage (7 Tage vor Verfüllung der Grube) (§ 80 (1) NbauO)	78
Güllegehälter/Güllegrube (7 Tage vor Inbetriebnahme der Anlage) (§ 80 (1) NbauO)	78
Güllebehälter oder Güllegrube aus undurchlässigem Beton DIN 1045; Absch. 6.5.5	78
Bestätigung des Lieferwerkes	89
Bodenplatte muss fugenlos sein (Mindestdicke 18 cm)	67
Betonierfuge zwischen Wand und Sohle ist undurchlässig zu machen (Kontrolle durch die Untere Wasserbehörde)	56
Sicherheitssysteme bei der Befüllung und Entnahme	56
Besondere Absicherungen für den Abfüllplatz (wasserundurchlässige Betonplatte)	56
Einbau einer Ringdränung DN 100	
aus geschweißter Dichtungsbahn ($d \geq 0,1$ mm) mit $\geq 0,2$ % Gefälle	44
mit Kontrollschacht oder Kontrollrohr ($d > 250$ mm)	44
Fugen und Fertigteilstöße dauerhaft elastisch abdichten	89
Regelmäßige Kontrollen des Zustandes des Bauwerkes (Funktion; Dichtheit); jährliche Meldung an das Landkreis-Tiefbauamt	89
Dichtheitsprüfungen (vor Inbetriebnahme vom verantwortlichen Bauunternehmer) visuell	78
Befüllungstest (50 cm über 24 Stunden)	67
Kontrolle nach erstmaligem Befüllen mit Gülle oder Jauche (nach 48 Stunden visuell)	67
Druckprüfungen der festverlegten Rohrleitungen (vor Inbetriebnahme) mit 1,3-fachem Betriebsdruck (Protokoll an die Baubehörde)	67
Abwasser aus der Milchammer darf in den Behälter eingeleitet werden	22
Freibord für Niederschlagswasser 40 cm/]	67
Mindestfreibord 20 cm	78
verbindende Rohrleitungen (z. B. Stall-Lagergebäude) sind als Druckleitungen MD 6 auszuführen	33
Schlussabnahme (§ 80 NbauO)	67
Vorgaben bei dem Transport und der Ausbringung der Gülle (Immissionsrichtwerte)	56
künstliche Schwimmdücke	44
Mindestabstände zu Trinkwasserbrunnen, oberirdischen Gewässern etc.	56
Begrünungsplan (1/2 Jahr nach Ingebrauchnahme)	100

4 Versuche zur Eindringtiefe in ungerissenen Beton

Es sollte das Eindringverhalten von Jauche und Gülle und, zu Vergleichszwecken, von Wasser in ungerissenen Beton untersucht werden. Hierbei interessierten besonders die Unterschiede in der Eindringtiefe der genannten Prüfflüssigkeiten unter wirklichkeitsnahen Bedingungen. Daher wurde entsprechend der maximalen Befüllungshöhe von Güllebehältern eine Druckhöhe von $h_D = 5,0$ m aufgebracht, die über 14, 28 und 35 Tage aufrecht erhalten wurde. Es war ein wasserundurchlässiger Beton B 25, der unter BI-Bedingungen nach DIN 1045, also unter gerade noch zulässigen Bedingungen hergestellt wurde, zu untersuchen. Damit sollte die Untergrenze des Qualitätsbereichs, den man in der landwirtschaftlichen Baupraxis antreffen kann, abgebildet werden.

4.1 Versuchsaufbau und -durchführung

Als Prüfkörper wurden Bohrkern mit $\varnothing 100$ mm und $h = 180$ mm verwendet, die einen Ausschnitt aus einer „unendlich“ großen Betonfläche der Bodenplatte oder der Zylinderschale des Behälters mit einer Mindestdicke von $d = 180$ mm repräsentieren. In diesen gibt es wegen der flächendeckenden Beaufschlagung keinen Flüssigkeitstransport in Richtung der Plattenebene, das heißt senkrecht zur Dickenrichtung. Im Prüfkörper wurden diese Verhältnisse durch die Abdichtung der Mantelfläche des Zylinders mit einer mehrlagigen EP-Beschichtung sichergestellt. Die Druckhöhe wurde, wie bereits erwähnt, auf $h_D = 5,0$ m = 0,5 bar = 0,05 N/mm² eingestellt. Bei den Versuchen mit Gülle wurde die obere Deckfläche über einen aufgeklebten Trichter und ein daran anschließendes, auf 5,0 m Höhe gefülltes PE-Standrohr DN 40 mm mit der Prüfflüssigkeit beaufschlagt.

4.2 Versuchsergebnisse

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Sie belegen, dass die Eindringtiefen mit Bezug auf die geforderte Dichtheit weit auf der sicheren Seite liegen.

Tab. 2: Maximale Eindringtiefe $e_{t,max}$ in ungerissenen Beton WU – B 25 (BI-Beton)

Prüfflüssigkeit	$e_{t,max}$ in mm nach		
	14 Tagen	28 Tagen	35 Tagen
Jauche	0.75	3	4
Gülle	1	5	6
Wasser	0.6	6	8

Literatur

VONHOLT, K. (1990): Planung und Bau von Flachsilos und Silierplatten, Bauen für die Landwirtschaft 27, H. 2, 11-16

GOLDENSTERN, H. (1999): Erfahrungen beim Bau von Güllebehältern, Gärfuttersilos und Festmistanlagen, Bauen für die Landwirtschaft 36, H. 1, 14-16

KRENTLER, J.-G. (1999): The building of manure storage containers with covers in accordance with new safety standards, Tagungsband AgEng Oslo, auf CD, erschienen August '99, paper no. 98-B-054

Neue Baukonstruktionen, Herstellungsverfahren und Baumethoden

New Building Constructions, Manufacturing Processes and Building Methods

JÜRGEN GARTUNG, KERSTIN UMINSKI

Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL),
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Schlüsselwörter: Baukosten, rationelle Bauverfahren, Baukonstruktionen
Keywords: construction costs, rational building procedures, building constructions

Zusammenfassung

Beim Neubau landwirtschaftlicher Produktionsgebäude müssen rationelle Herstellungsverfahren zum Einsatz kommen um wirtschaftliche und wettbewerbsfähige Lösungen realisieren zu können. Durch die Verwendung großformatiger Planelemente aus Kalksandsteinen für die Herstellung von Wänden lassen sich gegenüber kleinformatigen Mauersteinen erhebliche Baukosten einsparen. Kostenvorteile durch kurze Bauzeiten und schnelle Inbetriebnahme sind durch den Einsatz von Modulen aus Stahlbeton beim Bau von Schweineställen zu erreichen. Rundbogenhallen aus Stahlrohren mit Bespannung aus textilem Gewebe sind kostengünstiger als massive Gebäude. Sie lassen sich vielseitig verwenden. Sie eignen sich auch für die Tierhaltung, wie aus früheren Versuchen der FAL mit Folienhallen bekannt ist.

Summary

In the construction of agricultural production buildings, rational construction practices must be implemented in order to yield economic and competitive solutions. Through the use of large-format lime sandstone elements for the construction of walls, significant construction costs can be saved as compared to use of small format masonry stones. Cost advantages through short construction periods and speedy completion and usability of the buildings can be achieved by using reinforced concrete parts for the construction of pig houses. Round-bow-halls made of steel pipes covered with textile products are less expensive than permanent buildings and can also be used for a variety of purposes. They are also appropriate for animal husbandry, as can be seen in the known results of earlier studies by the FAL with foil covered halls.

1 Problemstellung

Sinkende Erzeugerpreise für landwirtschaftliche Produkte zwingen auch bei hohen Leistungen zu kostengünstigen Produktionsverfahren. Deutsche Landwirte sind bei Baumaßnahmen besonders dazu gezwungen, weil hier die Baukosten höher sind als in den meisten Nachbarländern.

2 Aufgabenstellung

Vordringlich ist eine Reduzierung der Baukosten auf das notwendige Maß. Es reicht in der Regel eine Einzelmaßnahme, mit der sich die Baukosten nachhaltig senken lassen, nicht aus. Vielmehr ist eine Strategie der Baukostensenkung zu entwickeln, die neben dem Planungsprozess auch einen optimierten Bauprozess folgen lässt. Durch bessere Abstimmungen der ausführenden Handwerksbetriebe untereinander müssen Voraussetzungen geschaffen werden, um alle Faktoren, die für den Einsatz kostensparender Techniken wichtig sind, zu fördern. Hierzu gehören etwa der Einsatz von Fertigteilen oder großformatigen Bauteilen, der Einsatz von Baumaschinen und Geräten und die Anwendung des Bautaktverfahrens auf der Baustelle.

3 Methode

Die Baukosten für unterschiedliche Lösungen wurden zum Vergleich aus gebauten und abgerechneten Baumaßnahmen übernommen. Ergänzt wurden sie teilweise durch Firmangaben und eigene Messungen sowie Berechnungen. Die Datenaufbereitung erfolgte nach dem FAL-Baukosten-Verbundsystem.

4 Durchführung der Arbeiten und erste Ergebnisse

4.1 Planelemente aus Kalksandsteinen

Die Mehrzahl der Schweineställe wird mit massiven Wänden konventionell auf der Baustelle hergestellt. Meistens handelt es sich um zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung. Die Innenschale besteht dabei häufig aus 24 cm dicken Kalksandsteinen, die auch die Dachkonstruktion tragen und die Lasten über die Fundamente in den Baugrund abführen. Die Steine werden mit Mörtel vermauert, ebenso die Ziegel oder Kalksandsteine für die Außenschale der Außenwände.

Zur Herstellung von 1 m³ Mauerwerk von Hand gemauert, sind 4 bis 4 ½ Arbeitsstunden erforderlich. Bei einem Stundenlohn einschließlich Lohnnebenkosten von 35 Euro sind das 140 bis 157 Euro pro m³ Kalksandsteinmauerwerk. Bei kleineren Steinformaten sind die Lohnkosten höher, bei größeren Formaten niedriger. Um Lohnkosten einzusparen, wurde das Lieferprogramm an Steinen ständig durch größere Steinformate erweitert.

Große Steine können aber wegen ihres Gewichtes nur mit Hebezeugen versetzt werden. Durch den Einsatz eines Minikranes lassen sich die Arbeitszeiten erheblich verkürzen und die Lohnkosten senken.

Für die Herstellung von 1 m² Mauerwerk mit Kalksandstein-Planelementen sind je nach Gliederung der Wände 0,3 bis 0,5 Stunden anzusetzen. An Gerätekosten für das Versetzgerät sind 2 bis 3 Euro/m² einzukalkulieren.

Gegenüber Mauerwerkswänden mit kleinformigen Steinen lassen sich beim Hintermauerwerk 30 % einsparen.

Wenn die Außenschale nicht wie im Normalfall aus einer 11,5 cm dicken Vormauerung besteht, sondern aus profiliertem Stahlblech mit Kunststoffbeschichtung, können auch die Kosten für die Außenbekleidung um etwa 30 % gesenkt werden.

4.2 Modulfarm-Bauelemente für Schweineställe

Das Modul-Stallbausystem von der Firma „modulfarm“ wird seit über 2 Jahren zum Stallbau verwendet. Unterbau und Wände bestehen aus vorgefertigten Stahlbetonelementen. Ein Grundmodul besteht aus der Bodenplatte und zwei Wandscheiben. Es ist nach oben offen und hat die Form eines U. Das Fertigteil ist so bemessen, (3 x 10 m) dass es von einem LKW mit Tieflader vom Herstellerwerk zur Baustelle transportiert werden kann. Dort wird es mit Hilfe eines Autokrans auf vorbereitete Streifenfundamente gesetzt.

Der Aufbau eines Stalles dieser Art wurde eingehend beobachtet und analysiert. Es handelte sich um einen Mastschweinestall mit 500 Plätzen. Hier wurden 2 x 9 Baumodule in Doppelreihe aneinandergestellt. Das Aufstellen der Module einschließlich Auflegen der vorgefertigten Dachelemente erfolgte an zwei Tagen. Für den Innenausbau wurden rund zwei Wochen benötigt. Elektro- und Sanitärinstallationen wurden von örtlichen Handwerkern ausgeführt.

In Abbildung 1 ist die Kostenstruktur des Modulstalles mit der eines konventionellen Stalles verglichen.

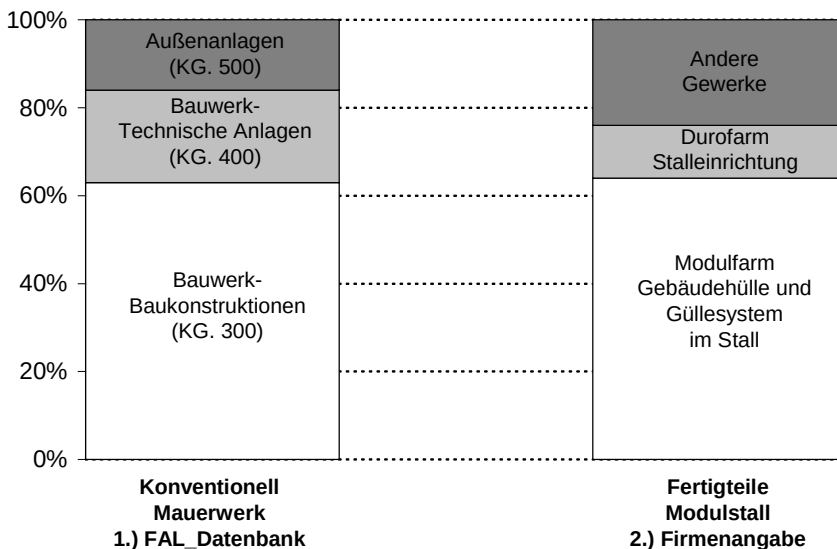


Abb. 1: Vergleich zwischen Mauerwerksbau und Stahlbeton-Modul – Fertigbauweise

Kostenvorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren konnten im Beobachtungsbetrieb noch nicht festgestellt werden, wohl aber eine sehr viel kürzere Bauzeit.

4.3 Rundbogenhallen mit Bespannung aus textilem Gewebe

Im Rahmen der Weiterentwicklung und Erprobung von kostensparenden Bauweisen für die Rinderhaltung werden auf der FAL-Versuchstation mehrere Folienställe untersucht.

Dabei handelt es sich um Konstruktionen, die sich im Gartenbau bereits durchgesetzt haben. Die Tragkonstruktion besteht aus zusammensteckbaren, verzinkten Stahl-Rohrbögen. Der Abstand der Rohrbögen untereinander beträgt 1,20 Meter. Die Folienbahnen überspannen jeweils ein solches Feld. Die Befestigung wird durch Spannschnüre erreicht, die sich in den Folienrändern befinden und an Erdankern befestigt sind.

Neben einem ungedämmten Folienstall für Milchkühe, dem ersten dieser Art in Deutschland, wurden drei weitere Anlagen in die Versuche einbezogen.

Im Verhältnis zu anderen Baulösungen ist die Folienhalle nach wie vor die kostengünstigste Gebäudehülle für eine Stallanlage. Der Aufbau kann an wenigen Tagen erfolgen. Eigenleistungen sind wegen der geringen Bauhöhe und der leichten Bauteile problemlos möglich. Nach bisherigen Erfahrungen kann die Nutzungsdauer durchaus mit 25 Jahren angenommen werden. Mittlerweile werden von der Industrie wesentlich größere Hallen angeboten, als sie der Forschungsanstalt vor 30 Jahren für erste Versuche zur Verfügung standen. Auch das Gwebematerial zur Überspannung der Tragkonstruktion ist weiterentwickelt und für längere Nutzungszeiträume ausgelegt, als das vorher der Fall war. Aufgrund der größeren Abmessungen erlaubt die neue Hallengeneration auch wesentlich mehr Nutzungsmöglichkeiten.

Literatur

PFEIFFER, U.; ZEITZEN, B. (1994): Kostensenkung und Verringerung von Vorschriften im Wohnungsbau. Mehr Wohnungen für weniger Geld. Bericht der Kommission. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. (Hrsg), 198 Seiten

GARTUNG, J. (1997): Materialien für Dach und Wand-Baukosten, Rationalisierung. KTBL-Arbeitspapier 261. Bauen für die Landwirtschaft an der Schwelle zum 3. Jahrtausend., S.47–59

Vergleich der Baukosten von eingestreuten Ställen versus Ställen mit Spaltenböden bei Milchvieh und Mastschweinen

Cost Price Comparison Between Littered Houses and Slatted Houses for Dairy Cattle and Slaughter Pigs

KATRIEN BOUSSERY, BART SONCK

Ministry of the Flemish Community, Agricultural Research Centre, Department of Mechanisation, Labour, Buildings, Animal Welfare and Environmental Protection, Van Gansberghelaan 115, B-9820 Merelbeke, Belgium

Keywords: dairy cattle, fatteners, cost price, slatted floor, littered houses, constructions
Schlüsselwörter: Milchvieh, Schweinen, Bau-Kosten, Spaltenboden

Zusammenfassung

Bei Milchvieh wurde ein Vergleich der Bau- und Einrichtungskosten für teilweise eingestreute Ställe und neue Boxenlaufställe mit Spaltenböden für Herdengrößen von 60, 81, 100 und 120 Milchkühen durchgeführt. Bei Mastschweinen wurde der Vergleich von Bau- und Einrichtungskosten für neue Ställe mit Vollspaltenböden, eingestreute Ställe und eingestreute Ställe mit Schrägböden für Bestände von 400, 600, 800 und 1000 Mastschweinen angestellt. Sowohl für Milchkühe als auch für Mastschweine liegen die Baukosten für eingestreute Verfahren höher als bei Spaltenböden, unabhängig von der Bestandsgröße. Dies ist vorwiegend auf den höheren Flächenbedarf von eingestreuten Verfahren zurückzuführen. Die detaillierte Betrachtung zeigt, dass ein bedeutender Anteil der Baukosten für die Erstellung planbefestigter Böden einzusetzen ist. Des Weiteren sind die Kosten für Dachkonstruktion und Wände bei eingestreuten Verfahren wesentlich höher, weil der Flächenbedarf annähernd doppelt so hoch ist.

Summary

For dairy cattle a cost price comparison was made between partly littered loose houses and new slatted cubicle houses for groups of 60, 81, 100 and 120 dairy cows. For slaughter pigs a comparison was made of the building and equipment costs for new slatted houses, littered houses and littered houses with a slanting floor for groups of 400, 600, 800 and 1.000 slaughter pigs. With dairy cattle as well as with slaughter pigs building costs are higher for littered houses than for slatted houses irrespective house size. The larger area that is required to accommodate the animals on bedding and to store the straw in the house can largely explain this. A detailed overview of the cost prices of the various parts shows that a substantial part of the costs go to concrete work for floors. Moreover, the cost price of trusses and walls is higher for littered houses than for slatted houses as the area required is almost twice as large.

1 Dairy cattle

A comparison of the construction and equipment costs of new slatted cubicle houses and partly littered loose houses for dairy cattle has been carried out for groups of 60, 81, 100 and 120 dairy cows. Apart from construction and equipment costs of a house for dairy cattle the costs for manure storage, straw storage, milking parlour, dairy, calving area, office, architect and safety coordinator are taken into account but not the costs for the milking installation or the costs for earth transport.

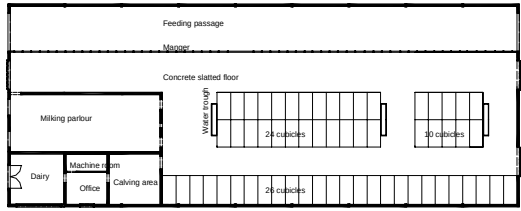


Fig. 1: Layout of a cubicle house for 60 dairy cows

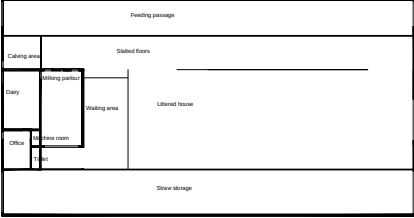


Fig. 2: Layout of a partly littered loose house

The accommodation of 60 cows requires 62 % more area with a partly littered loose house than with a cubicle house. This can largely be attributed to the extra area required for straw storage. For 60 dairy cows, the cost price of a partly littered loose house is 23 % higher than for a cubicle house. An overview of the cost prices for the various constructional parts is given in figure 3.

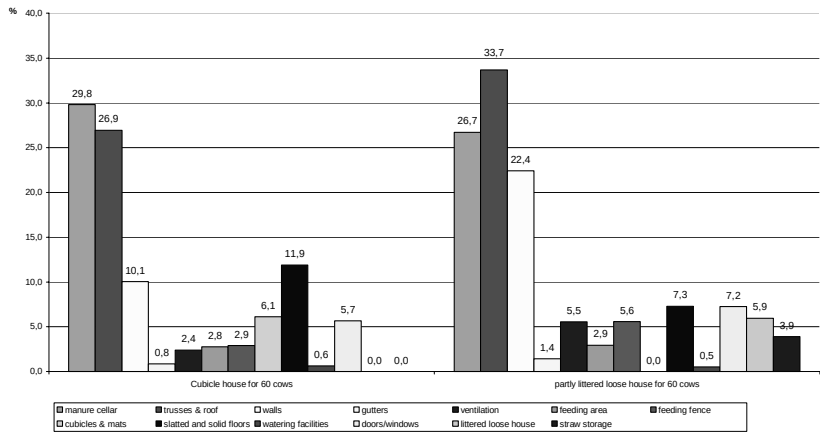


Fig. 3: Cost price comparison between a cubicle house and a partly littered loose house for 60 dairy cows

For groups of 81, 100 and 120 dairy cows the house was enlarged through extension. Figure 3, representing a cost price comparison per cow, shows that the building costs per dairy cow are on an average 15.5 % higher for the partly littered loose house. The cost price of a cubicle house for 81, 100 or 120 dairy cows, expressed per animal, is respectively 9 %, 16 % and 24 % cheaper than a cubicle house for 60 dairy cows.

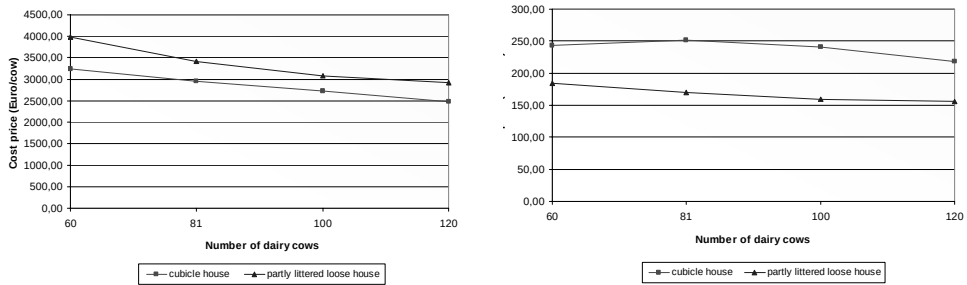


Fig. 4: Cost price per dairy cow and per square metre of a cubicle house and a partly littered loose house, depending on house size

The cost price per square metre (figure 4) is substantially higher with a cubicle house than with a partly littered loose house irrespective the size of the house. The somewhat higher cost price of a cubicle house for 81 dairy cows can be explained by its smaller size compared with the other cubicle houses for 60, 100 and 120 cows. The cubicle house is on an average 38.5 % more expensive per square metre than the partly littered loose house.

2 Slaughter pigs

A comparison of the construction and equipment costs of new slaughter pig houses accommodating pigs on slats, straw and straw on a slanting floor has been carried out for groups of 400, 600, 800 and 1 000 pigs. In order to enable a comparison the following types of buildings were agreed upon:

- A slatted slaughter pig house consisting of two rows of pens with 20 pigs per pen and a service passage in between
- A littered house for slaughter pigs consisting of littered pens and a service passage, without straw storage facilities
- A littered house with slanting floor for slaughter pigs consisting of pens in which a floor is foreseen sloping towards the dunging passage. The straw storage and feeding area for the pigs are provided outside the house.

In general, slatted houses for slaughter pigs are the cheapest to build irrespective the size of the house. For 400 pigs, the littered house and the littered house with slanting floor are respectively 28 % and 33 % more expensive than a slatted house.

The littered house with slanting floor is on an average 6.5 % more expensive than a littered house but the difference in cost price increases as the size of the house becomes greater. The littered house in turn is on an average 27.5 % more expensive than a slatted house.

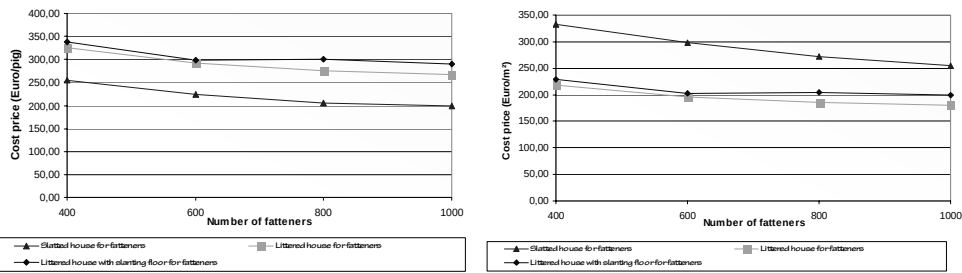


Fig. 5: Comparison of cost price per slaughter pig and per square metre for different types of housing

3 Conclusions

The cost price of littered houses both for dairy cows and slaughter pigs is higher than that of slatted houses irrespective the size of the house. This can mainly be explained by the larger area that is required for housing the animals on straw and for a straw storage in the house.

The results of this study can partly be compared with the results of a previous study (SONCK, 1993) in which the cost prices of cubicle houses and littered houses for dairy cattle were compared. The cost price of a house for 20 and 40 dairy cows was 8 % higher for littered houses with straw storage and 3 % higher for littered houses without straw storage. The littered house for groups of 60, 80 and 100 dairy cows was respectively 2 %, 4 % and 6 % cheaper than a cubicle house.

Comparison with results from other previous studies is impossible as a result of the substantial rise in building costs in the last decades. The construction and equipment costs of a cubicle house for 60 cows required, per cow, 960 Euro in November 1970, 1240 Euro in November 1975, 1983 Euro in 1983, 2727 Euro in 1993 and 3241 Euro today. Further study is thus required to obtain a better insight in the aspects influencing the cost price of the various buildings and housing systems. In the near future, cost prices of low ammonia emission house concepts will be calculated and compared with the conventional housing systems.

References

- SONCK, B. (1993). 'The modern littered house for dairy cows: too much labour', XXV CIOSTA CIGRV Congress, 260-265.
- MATON, A.; DAELEMANS, J.; LAMBRECHT, J. (1983). 'De huisvesting van dieren' (Housing of Animals), Merelbeke 547 pp.

Notwendigkeit und Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen aus österreichischer Sicht

Necessity and Measures to Abate Ammonia Emissions in Austria

ALFRED PÖLLINGER

BAL Gumpenstein, Institut Technik und Ökonomie, Abteilung Mechanisierung, A-8952 Irdning

Schlüsselwörter: Emission, Ammoniak, Bericht, Minderungsmaßnahmen, Österreich
Keywords: emission, ammonia, report, abatement measures, Austria

Zusammenfassung:

In der sogenannten NEC-Richtlinie der EU ist für Österreich eine Höchstmenge an NH_3 -Emissionen von 66 kt vorgesehen. Aufgrund des neuesten Berichtes zum Thema Luftschadstofftrends in Österreich müssen aus derzeitiger Sicht keine verbindlichen Reduktionsmaßnahmen für den Bereich der Ammoniak-Emissionen umgesetzt werden. Die 66 kt werden aufgrund niedriger Emissionsfaktoren, emissionsmindernder Aktivitätsdaten und sinkender Milchviehbestände wesentlich unterschritten (rund 52 kt aus der Landwirtschaft im Jahr 2002). Auch aus einer realistischen Szenarienberechnung für das Zieljahr 2010, mit einem wesentlich höheren Anteil der Rinder mit Laufstallhaltung (90 %) und höherer Milchleistung (6000 kg/Jahr) ergibt sich kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Deshalb sollen die derzeit zur Verfügung stehenden Aktivitätsdaten mit Hilfe einer detaillierten Stichprobenbefragung verbessert und im kommenden Jahr eine dem Göteborg-Protokolls entsprechende Beratungsunterlage für geeignete Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniak-Emissionen erarbeitet werden.

Summary

The National Emission Ceilings, worked out by the European Commission, plan for Austria 66 kt Ammonia emissions per year, target year 2010. The newest draft report for air pollution shows, that Austria will not have to work out recommended measures for ammonia abatement. The target is reached now by low emission factors, activity data with decreasing effect (tied stalls) and decreasing heads of cows (ca. 52 kt from the agriculture 2002). Also a realistically future-scenario model for 2010 shows no necessity for recommended ammonia abatement measures. The realistically future-scenario is calculated with 90 % loose housing systems for cattle, decreasing milking cows (500.000) and milk yield per cow and year (6000 kg) and increasing suckler cows.

Therefore Austria should improve there activity data base and carry out a spot check (questionnaire), similar than in the Switzerland. Austria also has to work out, after the ratification of the Göteborg- Protocol, a "Code for Good Agricultural Practice" to abate ammonia emissions.

1 Einleitung und Problemstellung

In Österreich wurden im Basisjahr 1990 lt. Nationaler Emissionsinventur (RITTER et al., 1999) 80,62 kt Ammoniak emittiert. Im Jahr 1998 waren es immerhin noch 72,67. Die nationalen Höchstmengen der Emissionen von Ammoniak werden in der EU Richtlinie 2001/81/EG für Österreich mit 66 kt angegeben. Dieses Ziel muss bis zum Jahr 2010 erreicht werden. Außerdem haben die Mitgliedsstaaten der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE), darunter auch Österreich, mit 1. Dezember 1999 das Göteborg-Protokoll zur Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon zum Übereinkommen über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung unterzeichnet. Sobald 16 Staaten dieses Dokument auch ratifiziert haben treten 1 Jahr später verpflichtende Umsetzungsmaßnahmen in Kraft.

Über 80 % der Ammoniakemissionen stammen aus der Landwirtschaft, 72 % aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung (KNOFLACHER et al., 1993). In der nationalen Luftschadstoffinventur wird der Anteil der Landwirtschaft an der Gesamt-Ammoniakemission im Basisjahr 1990 mit beinahe 96 % angegeben, im Jahr 1998 sind es immerhin noch annähernd 94 %. Daraus geht hervor, dass es vor allem im Bereich der Landwirtschaft einen Handlungsbedarf zur Minderung von Ammoniakemissionen gibt. Welche Ansätze es dazu gibt und welche geänderten Grundlagen in Zukunft diesbezüglich zu berücksichtigen sind, soll in diesem Beitrag dargestellt werden.

2 Österreichische Grundlagen zur Emissionsmengenberechnung

Um geeignete Minderungsmaßnahmen vorschlagen zu können ist es grundsätzlich wichtig zu wissen aus welchen Bereichen die Emissionen in welcher Größenordnung zu erwarten sind. In einer Neuberechnung der Emissions-Inventur für Österreich (AMON, B., et al., 2002) werden die bisherigen gültigen Emissionsmengen wesentlich unterschritten. Für die Neuberechnung wurde die detaillierte Methode für die Tierkategorien Rinder und Schweine verwendet. Diese Tierkategorien verursachen den Hauptteil der Ammoniakemissionen.

Eine wesentliche Reduktion der Emissionsmengen ergibt sich aufgrund der Tatsache, dass in Österreich nach einer Studie von KONRAD, 1995, 98 % der Milchkühe noch angebunden werden. Für dieses Haltungssystem wurden wesentlich niedrigere Emissionsfaktoren verwendet als es für die Laufstallhaltung üblich ist. Die Ergebnisse dieser Studie sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Aufgrund der untergeordneten Bedeutung aus der Sicht der Emissionen wurde auf die Darstellung für die Tierkategorien Geflügel, Schafe, Ziegen, Pferde und andere Tiere verzichtet.

Auch die im Basisjahr 1990 nicht differenzierte Berechnung von Mutterkühen und Milchkühen, die jeweils mit sehr unterschiedlichen Emissionsfaktoren gerechnet werden, ist eine weitere Erklärung für die großen Differenzen zwischen den beiden Berechnungen. Die wichtigste Begründung für die großen Differenzen liegt allerdings in der Tatsache, dass in dieser Studie nicht die Ausbringung der Wirtschaftsdünger eingerechnet ist. Dieser Teil ist in einer Studie des Forschungszentrum Seibersdorf enthalten.

Tab. 1: Vergleich der NH_3 Emissionen und NH_3 -Emissions Faktoren, Abschätzungen aus dieser Studie und die OLI Daten für 1990 (AMON et al. 2002)

Tierkategorien	Anzahl der Tiere (Stück)	Stickstoff-Ausscheidungen (Mg yr^{-1})	NH_3 Emissionen (ILUET) ¹⁾ (Mg yr^{-1})	NH_3 Emissionen (OLI) ²⁾ (Mg yr^{-1})
Mutterkühe	47.020	2.440	359	29.724
Rinder > 2 Jahre	146.312	8.779	1.508	
Rinder 1-2 Jahre	560.803	23.666	3.031	
Rinder < 1 Jahr	925.162	14.803	2.463	
Breeding sows	370.532	9.967	2.285	6.020
Fattening pigs	533.888	8.008	1.834	

¹⁾ ILUET : Institute for agricultural, environmental and energy engineering at the university of agriculture in Vienna

²⁾ OLI: Austrian agricultural inventory, Umweltbundesamt Wien

In einer noch unveröffentlichten Neuberechnung der Gesamtemissionen aus Österreich durch das UBA im Dezember 2002 auf Basis der beiden neuen Studien und mit der Abschätzung realistischer Aktivitätsdaten werden ebenfalls wesentlich geringere NH_3 -Emissionen pro Jahr für den Bereich Landwirtschaft errechnet (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Vergleich und Prognose der Ammoniak-Emissionen aus Österreichs Landwirtschaft (HRABAL, 2002 unveröffentlicht, Auszug)

			OLI alt		OLI neu (2002)		
Snap97	Bereich	NH_3/y	1990	2000	1990	2000	2010
10	Landwirtschaft	Mg	77.166	64.341	50.792	52.116	51.871
1005	WiDger-managment	Mg	72.336	59.679	42.446	43.821	43.564
100501	Milchkühe	Mg	31.661	21.735	12.505	9.683	10.471
100502	Andere Rinder	Mg	29.723	27.160	16.077	16.991	15.946
100503	Mastschweine	Mg	6.020	5.877	3.135	7.116	7.116
100504	Zuchtschweine	Mg	0	0	3.905	3.523	3.523
	Zwischensumme 1-4	Mg	67.404	54.772	35.622	37.313	37.056

Aus dieser ersten inoffiziellen Berechnung des UBA sind nur auszugsweise die wichtigsten Tierkategorien aufgelistet. Für die Kategorien Milchkühe, Andere Rinder, Mastschweine und Zuchtschweine wurde die detaillierte Methode zur Berechnung der Emissionen nach CORINAIR, dritte Ausgabe, verwendet. Im Vergleich der OLI Berechnung alt mit der OLI Berechnung neu (2002) für das Jahr 2000 ist die deutliche Reduktion der NH_3 -Emissionen vor allem bei diesen Tierkategorien erkennbar. Die Berechnung erfolgte mit den neuen, niedrigeren Emissionsfaktoren für Österreich und mit den aktuell zur Verfügung stehenden Aktivitätsdaten. Für das Jahr 2010 wurde eine Prognose mit den Annahmen errechnet, dass sich der Milchkuhbestand um 10 % reduziert, die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh von 5000 auf 6000 kg/Jahr ansteigt, 90 % der Rinder in Laufställen gehalten werden und der Anteil der bodennahen Gülleausbringung nicht höher ist als 5 %. Auch in den Prognoseberechnungen für 2010 wird die Emissionshöhe von 66 kt erreicht. Dennoch hat sich Österreich mit der Unterschrift des Göteborg-Protokolls verpflichtet

einen „Code of Good Agricultural Practice“ zu erarbeiten, der die Bereiche Stallhaltung, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger betrifft. In einem Verordnungsentwurf zum Immissionsgesetz Luft, der für 2003 zur Begutachtung aufliegen wird sind bereits die Bereiche Stallhaltung und Lagerung aufgelistet. Dieser Entwurf könnte als Vorlage für die zu erstellende Beratungsunterlage dienen.

3 Weiterer Handlungsbedarf – Ausblick

Die vorliegende Emissionsinventur ergibt keinen unmittelbaren Handlungsbedarf zur Umsetzung von emissionsmindernden Maßnahmen. Um aber den strengen Prüfkriterien zum Nachweis der tatsächlichen Emissionsmengen gerecht zu werden, müssen die derzeitigen Aktivitätsdaten für Österreich verbessert werden. Dazu sollen mittels Fragebogenaktion auf rund 2.500 Betriebe die Aktivitätsdaten erhoben genau werden.

Aufgrund des noch zu ratifizierenden Göteborg-Protokolls wird Österreich verpflichtet sein Praxisempfehlungen zur Ammoniak-Emissionsminderung zu entwerfen. In dieser Beratungsunterlage zur „Guten landwirtschaftlichen Praxis“ ist jedenfalls die Ausbringung der Wirtschaftsdünger mit zu berücksichtigen.

Literatur

AMON, B.; HOPFNER-SIXT, K.; AMON, T. (2002): Emission Inventory for the Agricultural Sector in Austria, Manure Management. Final Report, April 2002. Financed by Umweltbundesamt Wien

HRABAL, A. (2002): Tabelle „Vergleich und Prognose der Ammoniak-Emissionen aus Österreichs Landwirtschaft“. Stand der Berechnungen 3. Dezember 2002. Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien.

KNOFLACHER, M. H. ET. AL. (1993) : Ammoniakemissionen in Österreich 1990. Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf.

RICHTLINIE 2001/81/EG (2001): Richtlinie 2001/81/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe

RITTER, M.; OHR, B. und GUGELE, B. (1999): Luftschadstofftrends in Österreich 1980-1998. B-165, Bericht des Umweltbundesamtes, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Schweine- und Geflügelhaltung

Odour and Ammonia Emissions from Livestock Buildings for Pigs and Poultry

HANS-JOACHIM MÜLLER

Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Tierställe, Schwein, Geflügel, Emission
Keywords: livestock buildings, pig, poultry, emission

Zusammenfassung

Die notwendige Lüftung von Stallgebäuden führt unter anderem zur Emission von Gerüchen und Ammoniak. Während Gerüche in der Umgebung von Tierhaltungen zu Belästigungen führen können, kann Ammoniak beispielsweise eine schädigende Wirkung auf Pflanzen hervorrufen. Zur Begrenzung der Belästigungen und Schäden in der Umgebung von Tierhaltungen hat man in Deutschland Abstandsregelungen eingeführt. Diese werden in größeren Zeitabständen auf der Grundlage neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse überarbeitet. Aus diesem Grunde wurden Emissionsmessungen in unterschiedlichen Anlagen der Schweine- und Geflügelhaltung durchgeführt. Die ermittelten Emissionsdaten für Geruch und Ammoniak werden in einer zusammengefassten Form dargestellt und kommentiert.

Summary

The necessary ventilation of livestock buildings among other things leads to emission of odour and ammonia. While odours in the surroundings of livestock buildings can lead to annoyances, ammonia can cause a damaging effect to plants. In Germany minimum distance rules are established for restriction of annoyances and damages in the surroundings of animal farming. These rules and guidelines are revised from time to time on basics of new scientific knowledge. For this reason emission measurements had been done in different livestock buildings for pigs and poultry. The determined emission data for odour and ammonia will be shown in a summarized form and will be commented.

1 Einleitung

Die Lüftung von Stallgebäuden führt zur Emission von Staub, Keimen und Gasen. Einige der aus dem Stall austretende Gase (sogenannte Riech- und Ekelstoffe) lösen beim Menschen schon bei geringen Konzentrationen Geruchsempfindungen aus. Wird die Geruchsschwelle dieser Gase in der Umgebung von Tierhaltungen häufig überschritten, dann kommt es zur Geruchsbelästigung in den an die Tierhaltung angrenzenden Wohngebieten. Eine Vermeidung derartiger Belästigungen kann durch Einhaltung von Mindestabständen zwischen Tierhaltung und Wohnbebauung erreicht werden. Die Bemessung von Mindestabständen basiert auf entsprechenden Untersuchungsergebnissen. Im Rahmen der Überarbeitung der geltenden VDI-Richtlinien erfolgten umfangreiche Untersuchungen zu den Emissionen aus Schweine- und Geflügelställen und zum Immissionsgeschehen in der Umgebung dieser Ställe. Über die in diesem Zusammenhang ermittelten Geruchs- und Ammoniakemissionen soll im vorliegenden Beitrag berichtet werden.

2 Ausgewählte Ställe

Die im Zeitraum von November 1999 bis Februar 2001 durchgeführten Untersuchungen wurden einer umfangreichen Auswertung unterzogen. Insgesamt wurden 21 verschiedene Stallanlagen, teilweise mit mehreren Stallabteilen oder unterschiedlichen Stallbereichen, untersucht. Bei der Schweinehaltung bildeten die Mastställe den Schwerpunkt, aber auch Aufzuchtställe waren Gegenstand der Untersuchungen. Die Tierzahl pro Stallabteil lag zwischen 8 Sauen und 639 Mast- bzw. 817 Absetzferkelplätzen. Die Tiere wurden meist auf Teil- oder Vollspaltenboden gehalten. Zwei „Kistenställe“ und ein Stall mit Tiefstreu wurden ebenfalls untersucht.

In der Geflügelhaltung wurden die Messungen in einem Entenstall sowie bei Masthähnchen, Junghennen, Legehennen und Broilerelterntieren durchgeführt. Die Tiere wurden vorwiegend auf dem Boden mit Einstreu, in Batterien und Volieren gehalten. Eine detaillierte Beschreibung der Stallgebäude (Schwein und Geflügel), der Haltungstechnologien, der Größe der Anlagen und der Randbedingungen ist bei Müller et al. 2002 zu finden.

3 Messmethode

Der Emissionsmassenstrom $\dot{m}_{Fo}$ ist der Stoffstrom, der mit der Stallluft aus dem Stall austritt. Der aus dem Stall emittierte Stoffstrom ist das Produkt aus dem Volumenstrom $\dot{V}_{Fo}$ und der Konzentration C_{Fo} des betreffenden Stoffes in der Fortluft (Gleichung 1).

$$\dot{m}_{Fo} = C_{Fo} \dot{V}_{Fo} \quad (1)$$

Soll eine Aussage über die im Stall entstehenden Emissionen gemacht werden, ist die Vorbelastung der Frischluft C_{Fr} zu berücksichtigen (Gleichung 2).

$$\dot{m}_{Fo-Fr} = (C_{Fo} - C_{Fr}) \dot{V}_{Fo} \quad (2)$$

Die Bestimmung des Emissionsmassenstroms setzt also die Messung des Volumenstroms, der durch den Stall gelangt und die Messung der Konzentrationen der Fortluft sowie in der Frischluft voraus.

Die Ammoniakkonzentration wird mit einem Multigas-Monitor im zeitlichen Verlauf über einen Tag oder über 48 Stunden gemessen. Die Geruchsstoffkonzentration wird nur als Augenblickswert durch Probenahme an den Abluftöffnungen olfaktometrisch ermittelt. Der Volumenstrom wird mit der Tracergastechnik (Tracergase: SF₆ für Verlaufsmessungen; Krypton 85 für Kurzzeitmessungen) ermittelt. Eine ausführlichere Beschreibung der Methoden ist bei Müller et al. (2001) zu finden.

4 Ergebnisse

In diesem Beitrag kann nur ein kleiner Überblick über die Vielzahl der Ergebnisse gegeben werden. Da die Emissionsmessungen aufgrund des eigentlichen Zieles des Forschungsprojektes, nämlich Bestimmung von Mindestabständen, nur über relativ kurze Zeitperioden (maximal 48 Stunden) durchgeführt wurden, ist die Übertragung auf das gesamte Jahr nicht ohne weiteres möglich. Messungen des ATB (siehe Messdaten von HÖRNIG in Abb. 1) zeigen, dass im Verlauf einer Haltungsperiode erhebliche Schwankungen der Emissionen auftreten können.

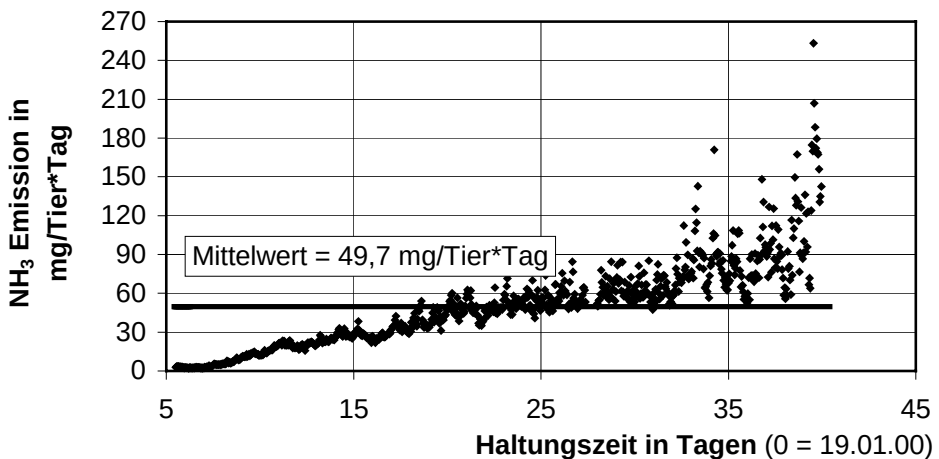


Abb. 1: Ammoniakemissionen eines Broilerstalles in Abhängigkeit von der Haltungszeit (HÖRNIG, G., unveröffentlichte Messdaten)
Ammonia emission from a broiler house as a function of the keeping time (HÖRNIG, G., unpublished measurement data)

Die Auswertung der eigenen Messungen hat gezeigt, dass in einigen Fällen sich ein Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Emissionsmassenstrom herstellen lässt. Die Modellierung des Einflusses von Haltungssystemen und Technologien lässt sich mit der relativ geringen Anzahl der untersuchten Ställe nicht vornehmen.

In Tabelle 1 sind die für Ammoniak und Geruch ermittelten Werte zusammengestellt. Sie wurden statistisch aus allen durchgeführten Untersuchungen ermittelt. Eine zielgerichtete Bewertung von Haltungsverfahren und Technologien war nicht möglich. Dazu reicht die Anzahl der untersuchten Ställe nicht aus.

Tab. 1: Statistische Emissionswerte für Ammoniak und Geruch der untersuchten Geflügel- und Schweineställe
 Statistical emission values for ammonia and odour of the investigated animal houses for poultry and pigs

	Geflügel		Schwein	
	NH ₃ [g/(hGV)]	Geruch [GE/(sGV)]	NH ₃ [g/(hGV)]	Geruch [GE/(sGV)]
Mittelwert	6,96	92,76	3,53	65,56
Median	4,63	62,20	2,97	43,15
25% Perzentil	2,77	44,5	1,81	30,90
75% Perzentil	12,34	97,10	4,58	55,58

5 Fazit

- Die umweltaspektliche Bewertung von Tierhaltungen erfordert die Kenntnis des Emissionsverhaltens von Tierställen
- Funktionelle Zusammenhänge zu den Emissionen liegen nur in unzureichender Form vor
- Die im vorliegenden Beitrag dargelegten Emissionsdaten liegen im Bereich der aus der Literatur bekannten Werte
- Zur Ermittlung von jährlichen Emissionen und deren Schwankungen sind Verlaufsmessungen über ganze Haltungsperioden und bei unterschiedlichen Witterungsperioden notwendig

Literatur

MÜLLER, H.-J.; KRAUSE, K.-H.; GRIMM, E. (2001): Geruchsemissionen und -immissionen aus der Rinderhaltung, KTBL-Schrift 388

MÜLLER, H.-J.; KRAUSE, K.-H. (2002): Geruchsemissionen und -immissionen aus Tierhaltungen – Beurteilungsgrundlagen und Ableitung von Emissionsminderungsmaßnahmen, Forschungsbericht, Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) und Institut für Technologie und Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Reduzierung der Geruchs-, Ammoniak- und Methanemissionen in der einstreulosen Mastschweinehaltung durch Ausspülen der anfallenden Gülle

Reduction of Odour-, Ammonia- and Methane-emissions in Pig Stables with Slatted Floors Through Flushing the Produced Slurry

PABLO MEISSNER, HERMAN VAN DEN WEGHE

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems, Georg-August-Universität Göttingen, Universitätsstrasse 7, 49377 Vechta

Schlüsselwörter: Emissionen, Geruch, Ammoniak, Methan, Mastschweine
Keywords: emissions, odour, ammonia, methane, fattening pigs

Zusammenfassung

Mit dem Ziel Geruch, Ammoniak und Methan zu reduzieren, wurde im Bereich der einstreulosen Mastschweinehaltung ein Stallsystem mit Spülrinnen hinsichtlich der Emissionen bewertet. Die täglich ausgespülte Gülle wurde mechanisch (Sedimentationstank) und biologisch (belüfteter Rührkessel) behandelt damit sie für weitere Spülvorgänge ohne Zufuhr von Wasser verwendet werden konnte. Mit der gewonnenen Flüssigkeit wurde die anfallende Gülle mit unterschiedlicher Spülintensität aus dem Stall gespült. Um die Reduzierung der Emissionen vom Spülrinnenabteil nachweisen zu können, wurden parallel die Emissionen eines Referenzabteiles erfasst. Die Geruchsstoffkonzentration der Stallluft wurde nach den VDI-Richtlinien untersucht. Durch Ausspülen der Gülle können die Ammoniakemissionen um 30%, die Methanemissionen bis 90% und der Geruch um 60% reduziert werden.

Summary

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of a slurry flushing technique in reducing odour, ammonia and methane emissions from pig stables. The slurry flushing technique consisted of flushing gutters installed below the slatted floors. Part of the pig slurry was treated mechanically (sedimentation tank) and biologically (bioreactor) so that it could be used without further dilution to flush the gutters. Pig excrements were flushed at different intervals (number of flushings daily) out of the compartment. Odour concentration of the outlet air was determined following VDI standards. By the use of flushing gutters and treated slurry, the ammonia and methane emissions and odour concentrations were reduced by 30, 90, and 60 % respectively, compared to an otherwise identical compartment without flushing technique in the same pig house.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Intensivtierhaltung führt zu hohen Emissionen von Ammoniak, Geruch und klimarelevanten Gasen. Ein wesentlicher Teil dieser Emissionen findet im Bereich Stall statt. Mittels eines Spülentmistungssystems sollen durch tägliches Ausspülen der Gülle die gasförmigen Emissionen (hauptsächlich NH₃, CH₄ und Geruch) im Bereich der einstreulosen Schweinemast reduziert werden.

2 Material und Methoden

Zwei identische Mastschweineabteile mit Vollspaltenboden (120 Tiere je Abteil) werden hinsichtlich des Emissionsverhaltens vergleichend untersucht. Ein Abteil wurde mit einer Spülrinnenanlage ausgestattet, das zweite Abteil mit konventionellem Haltungsverfahren mit Güllekeller gilt als Referenzabteil. Um die Vergleichbarkeit der beiden Abteile zu gewährleisten, waren die eingestallten Tiere bezüglich Alter und genetischer Herkunft sowie die produktionstechnische Behandlung identisch.

Folgende Messungen wurden kontinuierlich durchgeführt:

Tab. 1: Messungen im Stallbereich
Measurements in the stable

Messgröße	Messprinzip	Messgeräte	Messort
Abluftvolumenstrom	Strömungsprinzip	Messventilator FMS 45 (Fa. Fancom, NL)	Abluftschächte
Abluftkonzentration (NH ₃ , N ₂ O, CH ₄ , CO ₂ , H ₂ O)	Photoakustik (NDIR)	Brüel&Kjaer Typ 1302 (Fa. Innova Airtech, DK)	Abluftschächte und Zuluft
Temperatur und relative Luftfeuchte	Widerstand (Pt 100)	Therm 5500/3 (Fa. Ahlborn, D)	Stallabteile und Zuluft

Olfaktometrische Untersuchungen hinsichtlich der Geruchsintensität der Stallluft wurden regelmäßig mittels eines Olfaktometers Mannebeck TO6 nach den VDI- Richtlinien 3881 durchgeführt.

Die täglich ausgespülte Gülle wurde mechanisch und biologisch mittels einer Aufbereitungsanlage behandelt. Im ersten Verfahrensschritt wurde die ausgespülte Gülle mit einem trichterförmigen Sedimentationstank („Dortmundtank“) mechanisch getrennt. Die dadurch gewonnene flüssige Phase wurde für weitere Spülvorgänge ohne Zufuhr von Wasser verwendet. Ein Anteil der anfallenden Dünnfraction (40 %) wurde in einem begasten Rührkessel diskontinuierlich biologisch behandelt (Batch-Betrieb). Im Reaktionsbehälter finden primär die Nitrifikation des Ammonium-Stickstoffes sowie der Abbau von Kohlenstoff und geruchsintensiver organischer Verbindungen statt. Nach der biologischen Behandlung wurde der Überlauf mit dem Anteil der unbehandelten Dünnfraction in einem weiteren Behälter vermischt. Diese biologisch stabile Mischung wurde zum täglichen Ausspülen (1- bis 2-mal) der Spülrinnen eingesetzt. Die Aufbereitungsanlage sowie der Verlauf der Spülentmistungsanlage im Stall wurden automatisch gesteuert (KIUNTKE, 2002).

3 Ergebnisse

Um den Effekt der Spülintensität auf die Emissionen bewerten zu können, wurden zwei Mastdurchgänge mit unterschiedlicher Spülintensität realisiert. Beim ersten Versuch (Winterverhältnisse, 12 Wochen Messzeit) wurde einmal pro Tag, beim zweiten Versuch (Sommer, 12 Wochen Messzeit) in 12-stündigem Rhythmus gespült.

In der Abbildung 1 ist der Durchschnitt der unterschiedlichen NH_3 -Massenströme je Spülintensität und Jahreszeit zu sehen. Der Minderungsgrad (bezüglich der Emissionen des Referenzabteiles) für den ersten Fall (1 Spülvorgang pro Tag) beträgt ca. 21%. Beim zweiten Fall (Spülintervall je 12 Stunden) erhöht sich diese Reduktion auf ca. 29%, doch sind die Frachten etwas höher. Dieses ist durch die erhöhte Belüftungsraten zu erklären, die in den sommerlichen Tagen deutlich größer sind, sodass es zu einer erhöhten NH_3 -Umsetzung kommt.

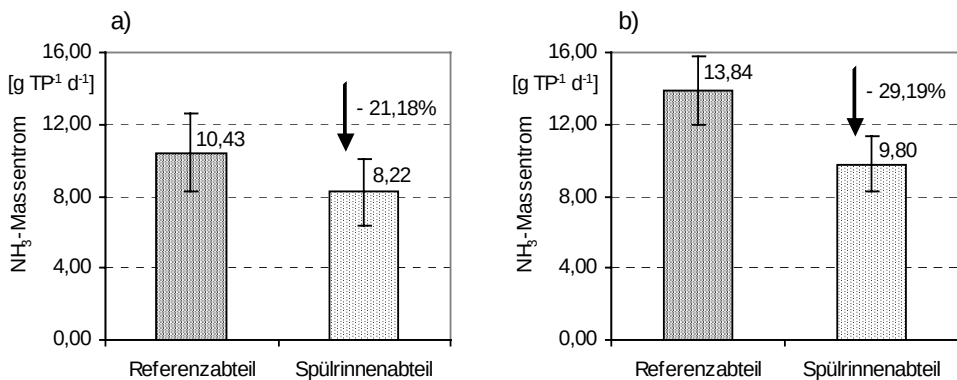


Abb. 1: Ammoniakemissionen (Durchschnitt der täglichen Mittelwerte, relativer Minderungsgrad und Standardabweichung ($n=84$). Situation a) = Winterversuch, 1X täglicher Spülvorgang; Situation b) = Sommerversuch, 2X tägliche Spülvorgänge)

Ammonia emissions (Mean of the daily averages and rate of reduction. Situation a) = winter, 1 flushing daily; situation b) = summer, 2 flushings daily. Bars represent standard deviation ($n=84$).

Die Unterschiede der Methanmassenströme (Abb. 2) fallen für die untersuchten Stallabteile noch deutlicher aus. Die durchschnittlichen Minderungsraten liegen zwischen ca. 75 und 88 %. Beim Sommerversuch steigen die erzeugten Frachten extrem an, bedingt durch die erhöhten Temperaturen und Belüftungsraten.

Abbildung 3 zeigt die Geruchsstoffkonzentrationen für den Mastdurchgang mit einem Spülvorgang pro Tag. Während der gesamten Mastperiode war die Geruchskonzentration für das Spülrinnenabteil geringer, doch fiel die relative Geruchsminderung im Laufe des Mastdurchganges stetig ab.

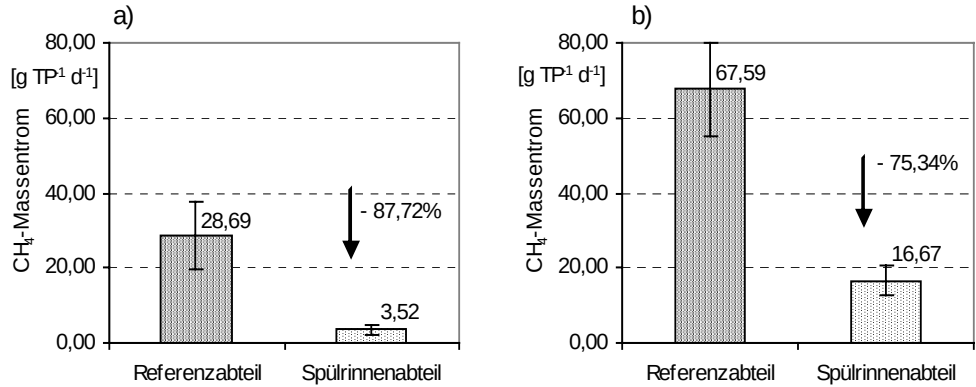


Abb. 2: Methanemissionen (Durchschnitt der täglichen Mittelwerte, relativer Minderungsgrad und Standardabweichung ($n=84$, Situation a) = Winterversuch, 1X täglicher Spülvorgang; Situation b) = Sommerversuch, 2X tägliche Spülvorgänge)
Methane emissions (Mean of the daily averages and rate of reduction. Situation a) = winter, 1 flushing daily; situation b) = summer, 2 flushings daily. Bars represent standard deviation ($n=84$).

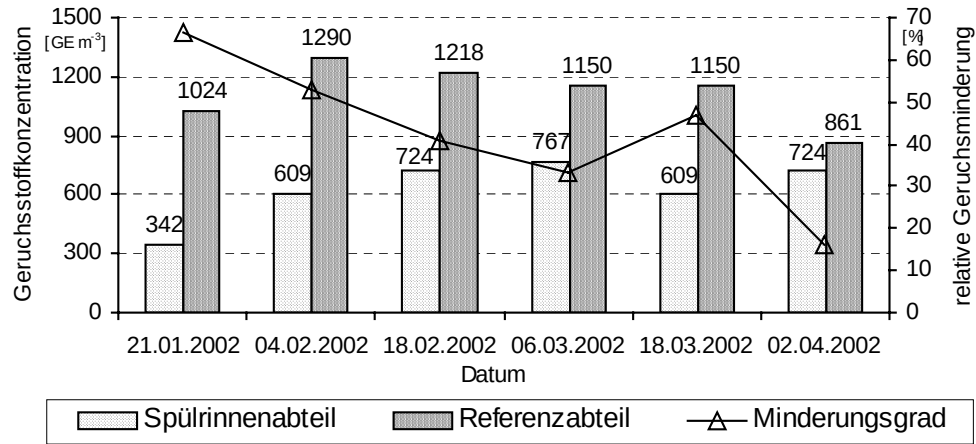


Abb. 3: Geruchsstoffkonzentration in der Stallluft für die untersuchten Stallabteile und der relative Geruchsminderungsgrad (Messereignis: kurz vor der Spülung)
Odour concentration in the outlet air and the rate of reduction for the two different compartments (sampled shortly before flushing).

Literatur

KIUNTKE, M. (2002): Entwicklung und Einsatz einer Spülmistungsanlage im Praxismaßstab in der einstreulosen Mastschweinehaltung zur Reduzierung gasförmiger Emissionen. VDI-MEG-Schriftenreihe Forschungsbericht Agrartechnik Nr. 395. Dissertation, Göttingen.

Modellierung der Ammoniakemissionen aus der Gülleausbringung mit dem Ziel der Verfahrensoptimierung

Modeling of Ammonia Emissions from Slurry Application with the Aim to Optimise the Process

MATTHIAS PLÖCHL

Technikbewertung und Stoffkreisläufe, Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Schlüsselwörter: Neuronales Netz, Emissionen, Landwirtschaft, Tierhaltung
Keywords: neural network, emissions, agriculture, animal husbandry

Zusammenfassung

In den folgenden Betrachtungen wird ein Modell (**AEM** – **A**mmونيا **E**mission from **M**anure) genutzt, das auf Basis neuronaler Netze die Vielzahl der Einflussgrößen verknüpft, um die Ammoniakemission der Gülleanwendung vorherzusagen. Mit Sensitivitätsanalysen werden die Einflusstärke der unterschiedlichen Parameter auf Gesamtemission und Dynamik der Emission eingeschätzt und daraus günstige Bedingungen für die Gülleausbringung abgeleitet.

Grundsätzlich wird deutlich, dass neben den Gülleeigenschaften, insbesondere Trockenmasseanteil, die Witterungsparameter Einstrahlung und Niederschlag der ersten beiden Tage erheblichen Einfluss auf die Gesamtemission haben. Der pH-Wert der ausgebrachten Gülle und die ausgebrachte Ammoniummenge als auch die Temperatur des zweiten Tages haben einen deutlichen Einfluss auf die Dynamik der Emission.

Summary

*In the following a model (**AEM** – **A**mmونيا **E**mission from **M**anure) is used to predict ammonia emission from slurry application, which links on basis of neural networks the numerous driving parameters. The strength of the different driving forces on total emission and on the dynamics is assessed in sensitivity analyses of the model. This analysis helps to conclude for favourable conditions for slurry application.*

In principle it becomes evident that slurry properties, especially dry matter content, and the weather conditions of the first two days, especially irradiation and precipitation, have a strong impact on the total emission. Whereas the dynamics of the process is mainly driven by the pH value of the slurry applied and the amount of ammonium applied with the slurry as well as the temperature of the second day.

1 Einleitung

In vielen experimentellen Untersuchungen wurde die Emissionsstärke von Ammoniak aus der Gülleapplikation untersucht. Hierbei zeigte sich, dass bis zu 100 % des ausgebrachten Ammonium-Stickstoffs emittiert werden können; unter günstigen Bedingungen aber auch weniger als 1 % (PAIN et al. 1989). Die Emissionsstärke wird durch viele Einflussgrößen bestimmt. Diese Vielzahl hat bisher eine zuverlässige Modellierung und damit eine Vorhersage der Emission unter den gegebenen Bedingungen verhindert. Im folgenden soll ein Modell vorgestellt werden, das zum einen auf der Annahme basiert, dass der Emissionsverlauf über die Gesamtemission und die Zeit bis die Hälfte dieser Gesamtemission erreicht ist, beschrieben werden kann und das zum anderen mit neuronalen Netzen die Abhängigkeiten dieser beiden Parameter von den treibenden Variablen errechnet (PÖCHL 2001)

Die Kenntnis der Einflussstärke der treibenden Variablen auf die Gesamtemission und die Dynamik der Emission erlaubt, durch entsprechende Berücksichtigung zum Beispiel des Ausbringungstermins oder der Vorbehandlung der Gülle, die Verluste an Ammoniak zu minimieren. Insbesondere die Kenntnis über die Dynamik unter den gegebenen Bedingungen, ermöglicht eine zeitlich-angepasste Verfahrensplanung von Ausbringung und Einarbeitung in den Boden.

2 Das Modell

Eine ausführliche Beschreibung des Modells findet sich in (PÖCHL 2001). Deshalb hier nur eine kurze Darstellung der Prinzipien.

Tab. 1: Eingabeparameter der neuronalen Netze mit ihren Extrem- und Medianwerten

Parameter		Minimum	Maximum	Median	
Trockensubstanz [% Gesamtsubstanz]		0.7	22	5.8	
pH-Wert		6.4	8.6	7.7	
Ammoniumkonzentration [kg N.m-3]		1.1	6.1	2.7	
Ammonium ausgebracht [g N.m-2]		2.8	33.3	8.9	
Pflanzenbestand		1 = Boden, 2 = Grünland 3 = Triebe, 4 = Stoppel			21
Minimum Lufttemperatur [°C]	1. Tag	- 4.32	15.3	5.1	
	2. Tag	- 2.42	13.9	10.8	
Maximum Lufttemperatur [°C]	1. Tag	2.5	21.9	5.4	
	2. Tag	- 0.22	25.9	11.5	
Niederschlag [mm]	1. Tag	0	10	03	
	2. Tag	0	20	03	
Windgeschwindigkeit [m.s-1]	1. Tag	0.5	6.3	4.3	
	2. Tag	0.5	6.3	4.3	
Strahlung, Tagessumme [Wh.m-2]	1. Tag	592	6395	2001	
	2. Tag	549	5782	2073	

¹ Pflanzenbestand ist eher eine Klassifizierung als ein Kontinuum. Für die Analyse wurde diesen Klassen eine Zahl zugewiesen, wobei Grünland (2) die weitaus häufigste Klasse ist.

² In vielen Ländern ist eine Gülleausbringung bei Temperaturen unter 0°C verboten, aber in den zitierten Experimenten wurde dies aus wissenschaftlichen Gründen doch getan.

³ Die meisten Niederschlagswerte liegen bei 0 mm, einige Werte sind bei 1-2 mm und die Werte von 10 oder 20 mm sind die extreme Ausnahme.

Es wird angenommen, dass der Verlauf der akkumulierten Ammoniakemission $E(t)$ einer hyperbolischen, der Michaelis-Menten-Kinetik der Proteinkatalyse analogen Funktion folgt:

$$E(t) = \frac{E_{\max} \cdot t}{K_M + t}$$

wobei $E_{\max}$ ist die akkumulierte Gesamtemission, K_M ist das Zeitintervall in dem die Hälfte der Gesamtemission emittiert ist und t ist die Zeit seit der Ausbringung. Durch diese Annahme kann der Zeitverlauf der akkumulierten Ammoniakemission mit zwei Parametern beschrieben werden.

Die Analyse der Abhängigkeiten von $E_{\max}$ und K_M führte zur Etablierung zweier unabhängiger neuronaler Netze, deren Inputvektoren aus den 15 Parametern zusammengesetzt sind, die als treibende Kräfte der Emission vermutet werden (Tabelle 1).

3 Modellergebnisse

Die Annahme, dass der Emissionsverlauf mit einer Michaelis-Menten-ähnlichen Funktion beschrieben werden kann, wird durch die Analyse von 227 Experimenten (die Quellen hierzu in (PÖCHL 2001) bei einem $R^2=0.94$ bestätigt. In den Abb. 1 und 2 sind die Häufigkeitsverteilungen der $E_{\max}$ - und K_M -Werte dargestellt. Der überwiegende Teil der Emissionen beträgt zwischen 30 und 50 % der ausgebrachten Ammoniummenge. In mehr als der Hälfte der ausgewerteten Experimente ist nach 15 Stunden die Hälfte der Gesamtemission emittiert.

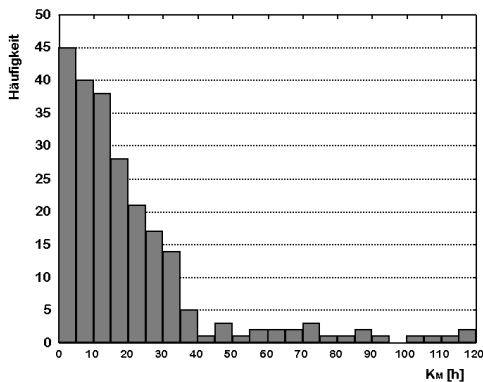


Abb. 1: Histogramm der K_M -Werte ($n=227$). Die K_M -Werte geben die Zeit an, nach der die Hälfte der Gesamtemission erreicht ist. Für die untersuchten Datensätze ergibt sich ein Mittelwert von 20 h und ein Median von 14.7 h.

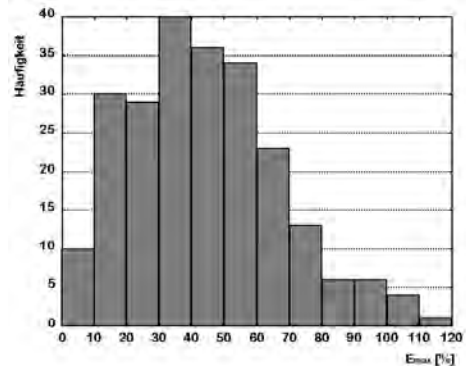


Abb. 2: Histogramm der $E_{\max}$ -Werte ($n=227$) ausgedrückt in % Ammoniak-N der ausgebrachten Ammonium-N-Menge. Mittelwert (44.1) und Median (42.8) liegen nahe beieinander und spiegeln die annähernde Gaußverteilung wieder.

4 Neuronale Netze

Für die Anpassung der neuronalen Netze wurden die Datensätze aufgeteilt und zum einen für das Training der Netze (jeweils ein Netz für $E_{\max}$ und K_M) und zum anderen für die Evaluierung dieser genutzt. Für die Trainingsdaten konnten Bestimmtheitsmaße von 0.926 ($E_{\max}$) und 0.988 (K_M) erreicht werden. In der Evaluierung reduzierten sich diese zu 0.832 ($E_{\max}$) und 0.527 (K_M).

4.1 Sensitivitätsanalyse und Diskussion

Die Sensitivität der Ammoniakemission gegenüber einzelnen treibenden Variablen wird in drei typischen Kategorien dargestellt: stark zunehmend (++) oder abnehmend (- -), leicht zunehmend (+) oder abnehmend (-) und unbeeinflusst (±).

Tab. 2: Trends der Sensitivität der neuronalen Netze auf einzelne Parameter

Parameter		K _M	E _{max}
Trockensubstanz		-	+ +
pH-Wert		- -	+
Ammoniumkonzentration		-	±
Ammonium ausgebracht		+ +	- -
Pflanzenbestand		4, 3, 2, 11	±
Minimum Temperatur	1. Tag	±	-
	2. Tag	-	-
Maximum Temperatur	1. Tag	+	+
	2. Tag	- -	+
Niederschlag	1. Tag	+	- -
	2. Tag	+	- -
Windgeschwindigkeit	1. Tag	+	+
	2. Tag	+	+
Strahlung Tagessumme	1. Tag	±	+ +
	2. Tag	-	-

Die Ergebnisse können als eine grobe Orientierung dienen, um zu entscheiden, mit welchen einfachen Kombinationen von Bedingungsänderungen eine Emissionsreduktion erreicht werden kann, hier einige Beispiele:

- Durch Verminderung des Trockensubstanzgehaltes reduziert sich die Gesamtemission und K_M und somit nimmt die Zeit zur Einarbeitung zu;
- Ähnliche Effekte werden durch Verminderung des pH-Werts also Ansäuerung der Gülle erreicht. Wobei hier der Effekt auf die Dynamik größer ist als der auf die Gesamtemission;
- Bei höherem Niederschlag ist die sinnvolle Kombination von Reduktion der Gesamtemission und Verlangsamung der Emissionsdynamik zu beobachten;
- Nimmt man die Reduktion der Gesamtemission als Ziel, sollte der Himmel bewölkt und die Tagesmaximaltemperatur niedrig sein;
- Geringe Windgeschwindigkeiten beeinflussen die Gesamtemission günstig, niedrige Geschwindigkeiten haben einen positiven Einfluss auf die Dynamik der Emission.

Literatur

B. F. PAIN; V. R. PHILLIPS; C. R. CLARKSON; J. V. KLARENBECK (1989): Loss of nitrogen through ammonia volatilisation during and following the application of pig or cattle slurry to grassland, J.Sci.Food Agric. 47, 1-12

M. PLÖCHL (2001): Neural network approach for modelling ammonia emission after manure application on the field, Atmospheric Environment 35 (33), 5833-5841

Methan-, Lachgas- und Ammoniakemissionen während der Lagerung und nach der Ausbringung von Rinder- und Schweineflüssigmist

Methane, Nitrous Oxide and Ammonia Emissions from Management of Liquid Dairy Cattle and Pig Manure

BARBARA AMON¹, CHRISTIANE WAGNER-ALT¹, GERHARD MOITZI¹,
VITALIY KRYVORUCHKO¹, THOMAS AMON¹, EVELYN HACKL²,
SOPHIE ZECHMEISTER-BOLTENSTERN²

¹ Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik (ILUET), Universität für Bodenkultur, A-1190 Wien

² Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW), A-1131 Wien

Schlüsselwörter: Wirtschaftsdüngermanagement, Emissionen, Treibhausgase
Keywords: manure management, emissions, greenhouse gases

Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt untersuchte Ammoniak-, Methan- und Lachgasemissionen während der Lagerung und nach der Ausbringung von Milchvieh- und Schweineflüssigmist unter praxisnahen Bedingungen. Der Einfluss von Separierung, Biogaserzeugung, Strohabdeckung und Belüftung auf den Umfang der Emissionen wurde geprüft. Jeweils rund 10 m³ Flüssigmist wurden in Betonbehältern gelagert. Die Emissionsratenbestimmung erfolgte in engen zeitlichen Abständen mit der open-dynamic-chamber Methode und einem hochauflösenden FTIR-Spektrometer. Keines der untersuchten Behandlungsverfahren verminderte Ammoniakemissionen. Diese traten vorwiegend im Zeitraum nach der Ausbringung auf und können durch die Wahl der Ausbringtechnik und des Zeitpunktes wirksam beeinflusst werden. Die Biogaserzeugung bewirkte eine deutliche Minderung klimarelevanter Emissionen. Strohabdeckung und Belüftung hatten negative Umwelteffekte und können nicht empfohlen werden.

Abstract

Ammonia, methane and nitrous oxide emissions from the manure management continuum "storage" and "field application" were quantified under field conditions. Experiments included dairy cattle and pig slurry. Emissions were followed from untreated, separated, anaerobically digested, straw covered and aerated slurry. About 10 m³ slurry were stored in concrete tanks. Emission rates were determined with a large open-dynamic chamber and with high resolution FTIR spectrometry. Sampling frequency was high. No potential for ammonia abatement was found within the investigated slurry treatment options. Ammonia emissions mainly occurred after field application. Promising mitigation options are low trajectory application techniques and proper timing of application. Anaerobic digestion is an effective means to reduce greenhouse gas emission. Straw cover and slurry aeration showed negative environmental effects and should not be implemented on commercial farms.

1 Einleitung

Die Landwirtschaft ist aufgefordert, Ammoniak-, Methan- und Lachgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement zu verringern. Schätzungen der CH_4 -Emissionen während der Wirtschaftsdüngerlagerung basieren auf der Annahme, dass Wirtschaftsdünger ein spezifisches Methanbildungspotential besitzen, das „ B_0 “ genannt wird. B_0 -Werte für verschiedene Wirtschaftsdünger wurden im Labor ermittelt. Mit Hilfe der „Methankonversionsfaktoren (MCF)“ wird abgeschätzt, welcher Anteil der maximalen Methanproduktion unter praktischen Bedingungen tatsächlich gebildet wird. Die MCF-Werte beruhen auf Expertenschätzungen, nicht auf Messungen. Schätzungen der N_2O -Emissionen beruhen auf der Annahme, dass ein bestimmter Prozentsatz des von den Tieren ausgeschiedenen Stickstoffes als Lachgas emittiert. Emissionsfaktoren für N_2O und CH_4 sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Emissionsmindernde Maßnahmen können nur dann abgeleitet werden, wenn genauere Kenntnisse zum Umfang der Emissionen und zu den Einflussfaktoren vorliegen. Es ist deshalb notwendig, NH_3 -, N_2O - und CH_4 -Emissionen während der Lagerung und nach der Ausbringung von Flüssigmist unter praxisnahen Bedingungen zu ermitteln. Der Einfluss verschiedener Flüssigmistbehandlungsverfahren auf den Umfang der Emissionen muss untersucht werden.

2 Material und Methoden

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden Emissionen von NH_3 , N_2O und CH_4 während der Lagerung und nach der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern unter praxisnahen Bedingungen gemessen. Die Versuche umfassten Milchvieh- und Schweineflüssigmist und wurden unter sommerlichen und unter winterlichen Bedingungen durchgeführt. Folgende Behandlungsverfahren wurden untersucht: Keine Behandlung, Flüssigmistseparierung (flüssige Phase und Kompostierung der Feststoffe), Biogaserzeugung, Flüssigmistbelüftung, Behälterabdeckung mit gehäckseltem Stroh.

5 Flüssigmistbehälter und eine Kompostplatte wurden auf der Versuchsstation der Universität für Bodenkultur in Groß Enzersdorf errichtet. Die Behälter waren aus Beton, 2,5 m tief und hatten einen Durchmesser von 2,5 m. Sie waren in den Boden versenkt und wurden mit jeweils etwa 10 m^3 unterschiedlich behandeltem Flüssigmist befüllt. Um Emissionsraten während der Wirtschaftsdüngerlagerung und nach der Ausbringung bestimmen zu können, entwickelte das ILUET einen großen mobilen Emissionsraum, der nach dem open-dynamic-chamber Prinzip betrieben wird. Der Emissionsmessraum hat einen fahrbaren Unterbau und kann leicht von einem Behälter zum anderen verschoben werden. Dies gewährleistet ein enges Probenahmeintervall. Emissionen jeder Variante wurden mindestens zweimal pro Woche für 6–12 Stunden erfasst. Der Lagerungszeitraum betrug 100–200 Tage. Die Kompostplatte war $4 \times 10 \text{ m}$ groß. Hier wurden die im Zuge der Flüssigmistseparierung abgetrennten Feststoffe kompostiert. Die Emissionen während der Kompostierung wurden mit dem hohen mobilen Emissionsmessraum des ILUET gemessen.

Gaskonzentrationen wurden mit hochauflösender FTIR-Spektrometrie gemessen. Flüssigmisttemperatur und Temperatur in den Feststoffen wurden ebenfalls kontinuierlich gemessen. Wöchentlich oder alle zwei Wochen wurden Flüssigmistproben entnommen und auf den Gehalt an N_i , $\text{NH}_4\text{-N}$, C_i , TS, Asche, und pH analysiert.

Nach der Lagerung wurde der Flüssigmist auf einer Grünlandfläche bodennah, streifenförmig ausgebracht. Die Ausbringmenge entsprach 40 m³/ha. NH₃-Emissionen wurden zwei Tage lang nach der Ausbringung mit dem mobilen Emissionsmessraum gemessen. N₂O- und CH₄-Emissionen wurden 20 Tage lang mit der geschlossenen Kammertechnik erfasst.

3 Ergebnisse

Auf Grund der Beschränkung des Beitrages auf vier Seiten werden im folgenden nur die wichtigsten Ergebnisse dargestellt. Details können dem Abschlußbericht entnommen werden, der bei den Autoren erhältlich ist.

Tabellen 1 und 2 zeigen die Summe an Emissionen, die während der Lagerung und nach der Ausbringung von Milchvieh- und Schweineflüssigmist gemessen wurden. Der Verfahrensvergleich basiert auf einer 80tägigen Lagerungsperiode unter sommerlichen Bedingungen und der anschließenden Ausbringung des Flüssigmistes.

3.1 Milchviehflüssigmist

Keines der Behandlungsverfahren konnte Ammoniakemissionen im Vergleich zu unbehandeltem Flüssigmist vermindern. Biogasbehandelter Flüssigmist emittierte etwa gleichviel NH₃ wie unbehandelter. Der überwiegende Teil der Emissionen wurde nach der Ausbringung frei. Bei der Separierung bewirkte die flüssige Phase eine deutliche Minderung der NH₃-Emissionen. Da jedoch im Zuge der Kompostierung der Feststoffe mit erhöhten Emissionen zu rechnen ist, schnitt das Verfahren in Summe nicht besser ab als unbehandelter Flüssigmist. Die Kompostierung der Feststoffe muss so gesteuert werden, dass NH₃-Emissionen gering bleiben. Im Zuge der Belüftung kam es zu stark erhöhten NH₃-Emissionen. Mit Ausnahme des Verfahrens „Strohdecke“ bewirkten alle untersuchten Behandlungsverfahren eine deutliche Verminderung treibhausrelevanter Emissionen. Diese entwichen vorwiegend während der Lagerung.

Tab. 1: NH₃-, CH₄-, N₂O- und klimarelevante Emissionen während der Lagerung und nach der Ausbringung von Milchviehflüssigmist

Behandlung	NH ₃		CH ₄		N ₂ O		GHG ^a	
	[g/m ³]	%	[g/m ³]	%	[g/m ³]	%	[kg CO ₂ Äq./m ³]	%
unbehandelt	226,7	100,0	4.046,9	100,0	23,9	100,0	92,40	100,0
separiert	402,8	177,7	2.363,3	58,4	28,6	119,7	58,51	63,3
Biogas	229,9	101,4	1.344,5	33,2	31,2	130,3	37,90	41,0
Strohdecke	320,4	141,3	4.926,2	121,7	52,5	219,5	119,73	129,6
Belüftung	422,6	186,4	1.739,3	43,0	54,2	226,5	53,32	57,7

^aGHG = greenhouse gas emissions = klimarelevante Emissionen

3.2 Schweineflüssigmist

Auch bei Schweineflüssigmist konnte keines der untersuchten Behandlungsverfahren die Ammoniakemissionen gegenüber unbehandeltem Flüssigmist vermindern. Wiederum waren bei der Separierung vor allem die NH_3 -Emissionen während der Feststoffkompostierung für die Erhöhung der Gesamtemissionen verantwortlich. Eine besonders drastische Zunahme der NH_3 -Emissionen wurde im Zuge der Belüftung gemessen. Separierung und Biogaserzeugung senkten klimarelevante Emissionen im Vergleich zu unbehandeltem Flüssigmist. Strohecke und Belüftung führten zu einer deutlichen Zunahme der klimarelevanten Emissionen. Dies ist im wesentlichen auf eine Zunahme der N_2O -Emissionen zurückzuführen.

Tab. 2: NH_3 -, CH_4 -, N_2O - und klimarelevante Emissionen während der Lagerung und nach der Ausbringung von Schweineflüssigmist

Behandlung	NH_3		CH_4		N_2O		GHG^a	
	[g/m ³]	%	[g/m ³]	%	[g/m ³]	%	[kg CO_2 Äq./m ³]	%
Unbehandelt	210,9	100,0	865,8	100,0	56,2	100,0	18,1	100,0
Separiert	313,8	148,8	248,6	28,7	41,3	73,5	1,6	50,6
Biogas	262,9	124,7	217,2	25,1	77,2	137,5	4,4	80,1
Strohecke	254,4	120,6	906,4	104,7	167,5	298,2	18,9	199,4
Belüftung	728,2	345,3	1.328,2	153,4	558,6	994,5	27,8	564,8

^aGHG = greenhouse gas emissions = klimarelevante Emissionen

4 Schlussfolgerungen

Die Biogaserzeugung erwies sich als geeignetes Verfahren zur Verminderung von Spurengasemissionen während der Lagerung und Ausbringung von Flüssigmist. Der Umwelteffekt ist dann besonders positiv, wenn auch Nachgär- und Lagerbehälter an das gasführende System der Biogasanlage angeschlossen werden, so dass das dort gebildete Methan energetisch verwertet werden kann. Auf Grund seines erhöhten pH-Wertes und $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehaltes muss Biogasflüssigmist bei kühler Witterung bodennah in die Vegetation ausgebracht werden, um einen Anstieg der NH_3 -Emissionen zu vermeiden.

Bei der Separierung entscheidet die Qualität der Feststoffkompostierung darüber, ob ein positiver oder negativer Umwelteffekt erzielt wird.

Behälterabdeckungen mit Stroh und die Flüssigmistbelüftung können aus Sicht des Umweltschutzes nicht empfohlen werden.

Danksagung

Das Projekt wurde aus Mitteln des Österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft und des Österreichischen Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kunst gefördert.

Entwicklung einer technischen Verfahrenslösung zur Nutzung der Ozonierung bei der Abluftbehandlung in Tierhaltungsanlagen

Development of a Technical Process for the Use of Ozonation in the Treatment of Exhaust Air in Animal Husbandry Plants

JENS UNRATH¹, BORIS HABERMANN²

¹ Fachgebiet Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Philippstrasse 13, 10115 Berlin

² Institut für agrar- und stadtökologische Projekte (IASP) an der Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstrasse 42, 10115 Berlin

Schlüsselwörter: Tierhaltung, Emissionen, Abluft, Ozonierung
Keywords: animal husbandry, emissions, exhaust air, ozonation

Zusammenfassung

In einem Sauen haltenden Betrieb erfolgte die Installation einer Abluftwaschanlage, die mit nachgeschaltetem Sumpfbeet (zum Abbau der Stickstofffracht) und einer Ozonierungseinheit für das Waschwasser ausgerüstet wurde. Aus dem Betrieb der Versuchsanlage konnten eindeutig positive Erkenntnisse hinsichtlich der Reduzierung von Keimen und Endotoxinen im Waschwasser gewonnen werden. Eine nachweisliche Verringerung der Luftbelastung mit Schadgasen im Versuchsabteil wurde durch die Luftwäsche erzielt.

Summary

An exhaust air washing plant equipped with a sump patch (to reduce the nitrogen load) and an ozonation unit was installed on a piglet production farm. The use of the test plant clearly shows positive results regarding the reduction of germs and endotoxines in the washing water. The exhaust air treatment resulted in a provable decrease of air contamination with noxious gases in the test section.

1 Einleitung

Belastete Abluft stellt für viele landwirtschaftliche Betriebe ein erhebliches Problem gemäß dem Bundesimmissionsschutzgesetz dar. Dies gilt in besonderem Maße für Betriebe die am Rande von Ortschaften ansässig sind, sowie Anlagen, die neu errichtet werden sollen und somit ohne die Erfüllung von besonderen Auflagen nicht genehmigungsfähig sind. Als Maßnahme zur Minderung der Emissionen kann die Abluftreinigung mittels Luftwäscher Anwendung finden. In der vorliegenden Untersuchung wird sowohl der Wirkungsgrad der Luftwäsche anhand verschiedener Parameter dargestellt, als auch die Ozonierung als Maßnahme einer weiteren Konditionierung des Waschwassers beschrieben.

2 Material und Methode

In einem Abferkelabteil mit 30 Sauenplätzen erfolgte die Installation der Abluftwaschanlage. Die Anlage wurde zusätzlich mit einem Wäscher-/Wärmetauschersystem ausgestattet. Im dargestellten Versuch wurde zusätzlich zur Abluftreinigung ein Sumpfbeet ins System integriert, um anfallende Staub und Stickstoffverbindungen zu verarbeiten. In der folgenden Tabelle sind die Untersuchungsmethoden zusammengefasst.

Tab. 1: Messgeräte und Erfassungsparameter des Versuchs
Measuring instruments and collection parameters of the tes

Messgerät	Beschreibung	erfasste Parameter
Testo 445 und testo 175	elektronisches Multifunktionsmessgerät mit Speicher zur Messung von Klimadaten	Temperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Differenzdrücke
Multigasmonitor Typ 1302 Brül & Kjær	Langzeitschadgasmessungen an verschiedenen Stellen	Ammoniak, Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Dimethylamin
AGI-30 Luftkeimsammler	Gesamtkeimgehalt	Keimgehalt der Luft
Casella AMS 950	Staubmonitor, kontinuierliche Staubmessungen mit Datenlogger	Gesamtstaubkonzentration
PhotoLab Spektral (WTW) und Testsätze	Photometrische Konzentrationsbestimmungen in Wasserproben	Nitrit, Nitrat, Ammonium, Gesamtstickstoff, Phosphor, Sulfat, CSB, Ozon, Wasserstoffperoxid
SenTix 81 und pH-Meter pHX 300	Elektroden	pH-Wert, Temperatur
Multi 340i (WTW) Tetra-Con 325	Elektroden	Leitfähigkeit

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Keime und Endotoxine

Eines der wichtigsten Ziele des Verfahrens war es, die Keimbelastung im Waschwasser zu reduzieren. Auf Grundlage der aus der Literatur bekannten mikrobiziden Wirkung von Ozon (WALLHÄUßER, 1984) erfolgte die Integration der Waschwasserozonierung ins System (s. Abb.1).

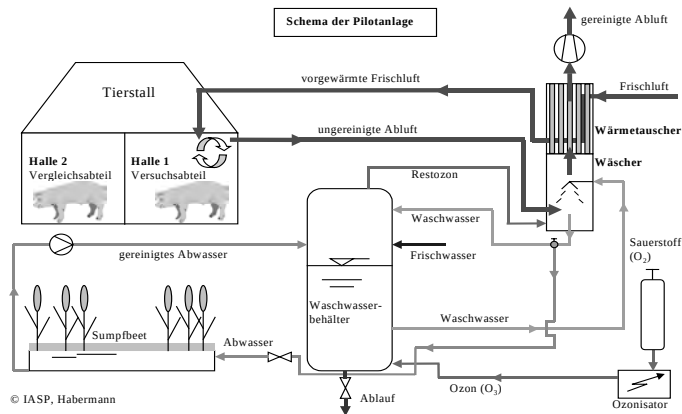


Abb. 1: Verfahrensfließbild der Versuchsanlage
Process flowsheet of the test plant

Tab. 2: Mikrobielle Abbauleistung der Anlage
Extent of microbiotic reduction of the test plant

Probe	Endotoxine (EU/ml)	Gesamtkeime (KbE/ml)
Sumpfbeet Zulauf	3.370	760.000
Sumpfbeet Ablauf	600	41.500
Behälterwasser ohne Ozon	1.540	110.000
Behälterwasser mit Ozon	840	22.000

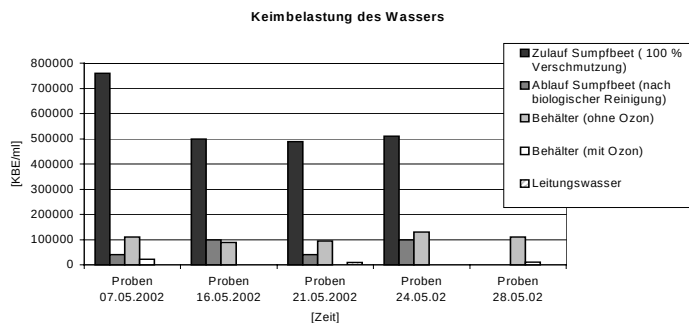


Abb. 2: Keimbelastung des Waschwassers an fünf Probetagen
Germ load of the washing water on five sample days

Die Abbauleistung des Sumpfbeetes (für Endotoxine 82 %/Gesamtkeime 95 %) und der positive Einfluss der Ozonierungseinheit (Abbauleistung Endotoxine 45 %/Gesamtkeime 80 %) lassen sich anhand der Ergebnisse in Tabelle 2 sowie Abbildung 2 eindeutig nachweisen. Durch Modifikationen an der Ozonierungseinheit besteht die Möglichkeit zur Effizienzsteigerung der Anlage.

3.2 Schadgase

Die Schadgaskonzentrationen wurden kontinuierlich am Wäschereintritt, Wäscheraustritt und in der Umgebungsluft gemessen, um den Reinigungswirkungsgrad ermitteln zu können. Bezüglich der Abscheideleistung konnten folgende Ergebnisse erzielt werden.

Tab. 3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Schadgasmessungen
Summary of the results of the noxious gas measurings

	M1 ungereinigte Abluft [mg/m ³]	M3 gereinigte Abluft [mg/m ³]	M2 Umgebungsluft [mg/m ³]	Abscheide- wirkungsgrad der Anlage
Ammoniak	3,5	1,7	1,9	51 %
Kohlendioxid	1.895,6	1.015,7	801,9	46 %
Methan	17,0	4,1	1,4	76 %

Die Reduktion der Schadgase ist deutlich zu erkennen. Der Wirkungsgrad der Anlage bezüglich Ammoniak ist aber noch zu gering. Dies ist auf zwei Ursachen zurück zu führen. Erstens sind die Stallkonzentrationen in den Sommermonaten generell gering, so dass sich dies auch auf den Wirkungsgrad der Reinigung auswirkt. Bei hohen Schadgaskonzentrationen steigt auch der Wirkungsgrad. Zweitens ist der Waschwasserdurchsatz am Wäscher zu gering eingestellt. Dies hängt zusammen mit technischen Problemen an der Wäscherpumpe, die noch vom Hersteller behoben werden müssen.

Literatur

WALLHÄÜßER, (1984): „Praxis der Sterilisation Desinfektion- Konservierung“

Emissionsmessungen [Ammoniak, Keime, Geruch] an drei verschiedenen Abluftreinigungsanlagen der Schweinehaltung

Emission Measurements [Ammonia, Micro-Organisms, Odour] at three Different Waste Air Cleaning Installations in Pig Breeding and Fattening Plants

STEPHAN SCHIRZ, MARTIN ZWOLL

Fachhochschule Münster, Stegerwaldstr. 39, 48565 Steinfurt

Schlüsselwörter: Abluftreinigung, Emissionen von Ammoniak, Keimen und Gerüchen, VDI-Richtlinien, BVT (beste verfügbare Technik)

Keywords: waste air cleaning, emissions of ammonia, micro-organisms and odour, VDI-Guidelines, BAT (best available technology)

Zusammenfassung

Zur Reinigung von Abluft aus Tierställen gibt es drei Verfahren, die technisch so ausgereift sind, dass sie dauerhaft eingesetzt werden können. Es sind dies Biofilter, Rieselbettreaktoren und Kombinationssysteme aus chemischen Wäschern und Biofiltern.

Systematische Emissionsmessungen der Komponenten Ammoniak, Keime (Endotoxine, Bakterien, Pilze) und Geruchsstoffe im Roh- und Reingas von ausgeführten Anlagen belegen, dass der Wirkungsgrad vom Wartungs- und Betreuungsaufwand, d. h. dem ordnungsgemäßen Betrieb durch den Landwirt abhängt.

Die Funktionstüchtigkeit der Anlagen ist außerdem von der Betriebsausführung abhängig. Es gibt sowohl „low-cost“-Anlagen mit viel Eigenleistung als auch „high-tech“-Anlagen, die vollautomatisch betrieben werden.

Summary

There are three cleaning methods of waste air from livestock buildings which are mature enough to be operated continuously. They are biofilters, trickle bed reactors and combined systems of chemical scrubbers and biofilters.

Systematic emission measurements of the compounds ammonia, bioaerosols (endotoxins, germs, bacteria, fungi) and odour in the crude and clean gas of existing plants proved that the cleaning efficiency depends on the amount of time spent by the farmer on inspection and maintenance of the equipment.

Apart from that, the reliability of operation of the cleaning equipment is a function of the degree of its automation. There are low-cost installations involving a lot of in-house supplies and services as well as high-tech installations running fully automatically.

1 Veranlassung

Das Labor für Immissionsschutz im Fachbereich Energie • Gebäude • Umwelt erhielt vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen in Essen den Projektauftrag „Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung“ [1] zu beproben und ihre Abscheideleistung, bezogen auf Ammoniak, Keime und Geruchsemissionen, zu ermitteln. Die Messungen wurden an insgesamt zehn ausgeführten Abluftreinigungsanlagen durchgeführt. Es handelt sich dabei um sieben Flächenbiofilter nach VDI-Richtlinie 3477 – Biofilter [2], einen Rieseltrektor nach VDI-Richtlinie 3478 – Biowäscher und Rieseltrektor [3], zwei Kombinationsanlagen [System SIEMERS] mit zwei senkrechten Waschwänden und einer Biofilterwand.

Das Ziel war eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen, weshalb nur Anlagen der Schweinehaltung [Zucht / Mast / Ferkelaufzucht] beprobt wurden. Außerdem wurden alle Messungen innerhalb eines Monats [Februar 2002] durchgeführt um die unterschiedlichen Einflüsse der Außentemperatur auf das Stallklima auszuschalten und die Reinigungsanlagen mit möglichst gleichen Luftraten beaufschlagt zu können.

2 Probenahme

Die Probenahmen für die einzelnen Messkomponenten wurden vor Ort so durchgeführt, dass die Proben für NH_3 , Keime und Geruch gleichzeitig im Roh- und Reingas und an derselben Stelle gezogen wurden. Die Probenahmezeit richtete sich dabei nach der Komponente [hier Keime], die die längste benötigte, und war ebenfalls für alle drei Komponenten gleich. Diese aufwändige Vorgehensweise wurde gewählt, weil die Rohgaskonzentrationen im Stall –in Abhängigkeit von der Tieraktivität– stark schwanken, und damit den tatsächlichen Wirkungsgrad der Abluftreinigungsanlage verfälschen können.

Neben den bei der Messung vorgefundenen Funktions- und Umgebungsbedingungen wurden auch die Betriebs- und Stalldaten und soweit möglich –die Investitionskosten, sowie der Betriebs- und Wartungsaufwand ermittelt. Eine detaillierte Auflistung aller Messergebnisse kann beim Labor für Immissionsschutz der Fachhochschule Münster angefordert werden.

Da der einzige Rieseltrektor in der Untersuchung aus betrieblichen Gründen beim Landwirt [= vorzeitige Ausstallung] keine verwertbaren Ergebnisse brachte, wurden ersatzweise die Abnahmemessungen von insgesamt 14 Anlagen in der Praxis ausgewertet und in den nachfolgenden Tabellen dokumentiert.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse (Tab. 1-4) zeigen, dass die Funktion der Abluftreinigungsanlagen sowohl vom Stallbetrieb als auch vom Wartungszustand der Filteranlagen abhängig sind. Das bedeutet, dass die Abscheideleistungen für die drei gemessenen Komponenten gut bis sehr gut waren, wenn die Abluftreinigungsanlage ordnungsgemäß betrieben wurde.

Fehlende Wartung oder nicht ausreichende Befeuchtung der Biofilter führte zu schlechten Reinigungsleistungen. Andererseits gab es Landwirte, deren Stallklima – auf Grund der Fütterung [Molke] bzw. fehlender Stallheizung– so stark mit Ammoniak bzw. Geruchsstoff-

fen belastet war, dass sich die Reinigungsleistung der Filteranlagen zum Zeitpunkt der Messung stark verschlechterte.

Die Untersuchung der Keimemissionen ergab z. T. große Unterschiede bei den absoluten Konzentrationen der ausgewerteten Parameter [Gesamtkeime/Endotoxine/Keime], jedoch entsprach die Abscheideleistung der Keime in den Filteranlagen, der für die anderen beiden Komponenten.

Tab. 1: Ammoniakemissionen und Wirkungsgrade der Anlagen

	Rohgas Konzentration ppm NH ₃	Reingas Konzentration ppm NH ₃	Wirkungsgrad %
Messobjekt	Flächenbiofilter (6)		
Arithmetischer Mittelwert	15,6	2,6	83
Maximaler Wert	21,5	3,5	93
Minimaler Wert	10,9	1,5	68
Messobjekt	Rieselbettreaktoren (13)		
Arithmetischer Mittelwert	16,6	3,3	80
Maximaler Wert	28,3	6,8	93
Minimaler Wert	7,4	0,5	68
Messobjekt	Kombianlagen (2)		
Arithmetischer Mittelwert	14,9	3,1	79
Maximaler Wert	16,5	3,8	82
Minimaler Wert	13,4	2,7	77

Tab. 2: Emissionen von mesophilen Keimen und Wirkungsgrade der Anlagen

	Rohgas Konzentration Mesophile Gesamtkeime kbE/m ³	Reingas Konzentration Mesophile Gesamtkeime kbE/m ³	Minderung %
Messobjekt	Flächenbiofilter (6)		
Arithmetischer Mittelwert	173.228	3.389	98,0
Maximaler Wert	409.133	14.200	100,0
Minimaler Wert	8.200	0	89,1
Median	119.233	1.333	96,1
Messobjekt	Kombianlage (1)		
Ermittelter Wert	24.400	10.267	58

Tab. 3: Endotoxinemissionen und Wirkungsgrade der Anlagen

	Rohgas Konzentration Endotoxine ET EU/m ³	Reingas Konzentration Endotoxine ET EU/m ³	Minderung %
Messobjekt	Flächenbiofilter (6)		
Arithmetischer Mittelwert	7,46	0,20	97,3
Maximaler Wert	19,43	0,63	100,0
Minimaler Wert	1,53	0,00	96,8
Median	2,92	0,05	98,6
Messobjekt	Kombianlage (1)		
Ermittelter Wert	1,15	0,83	27

Tab. 4: Geruchsstoffkonzentrationen und Abscheideleistungen der Anlagen

		Rohgas Geruchsstoff- Konzentration	Wiederhol- barkeit	Reingas Geruchsstoff- Konzentration	Wiederholbar- keit	Technischer Wirkungsgrad	Bemerkung zur Geruchsqualität des Reingases
		GE/m³	+/- dB _{OD}	GE/m³	+/- dB _{OD}	%	
Messobjekt		Flächenbiofilter (7)					
Arithmetischer Mittelwert		1.358	1,4	124	1,3	91	„erdig, waldig“
Maximaler Wert		2.678	1,5	328	1,5	99	eine Ausnahme:
Minimaler Wert		500	1,2	20	1,0	54	„Rohgasgeruch“
Messobjekt		Rieselbettreaktoren (16)					
Arithmetischer Mittelwert		854		120		86	Keine Angabe
Maximaler Wert		2.170		287		92	
Minimaler Wert		323		32		80	
Messobjekt		Kombianlagen (2)					
Arithmetischer Mittelwert		2.637	1,7	1.117	1,3	58	„erdig, holzig“
Maximaler Wert		3.789	1,7	1.789	1,4	71	eine Ausnahme:
Minimaler Wert		1.485	1,6	435	1,1	53	„Rohgasgeruch“

4 **Anlagenkosten**

Tab. 5: Investitions- und Betriebskosten der Anlagen

	Investitionen		Betriebs- kosten	Summe netto	Mehrwert- steuer	Gesamt- kosten
	je Mastplatz	je erzeugtes Tier	je erzeugtes Tier	je erzeugtes Tier	je erzeugtes Tier	je erzeugtes Tier
	Flächenfilter					
Kosten €	20,00 €	0,66 €	1,50 €	2,16 €	0,35 €	2,51 €
	Rieselbettreaktoren					
Kosten €	45,00 €	1,50 €	1,50 €	3,00 €	0,48 €	3,48 €
	Kombianlagen					
Kosten €	53,00 €	1,77 €	1,75 € ¹⁾	3,52 €	0,56 € ¹⁾	4,08 €

Berechnet auf folgender Grundlage:
1000 Mastschweine, 3-facher Umlauf/a, Eigenwasserversorgung, keine Eigenleistung bei Anlagenerstellung,
10 Jahre Abschreibung auf Investitionen, ohne Ventilatoren und Luftführung,
¹⁾ inkl. Säure

Die Anlagenkosten sind im landwirtschaftlichen Anwendungsbereich sehr stark von der Betriebsgröße [= Anspruch an die technische Ausstattung], den betrieblichen Voraussetzungen [= eigene Wasser-, bzw. Stromversorgung], oder der Möglichkeit Eigenleistung zu erbringen, abhängig. Aus diesem Grund werden zukünftig in diesem Anwendungsbereich sowohl einfache Flächenbiofilter, aufwändigere Rieselbettreaktoren, aber auch hochtech-

nische Kombinationsanlagen eingesetzt, die auch unterschiedliche Anforderungen erfüllen können.

- **Low-cost-Anlagen** werden hauptsächlich zur Geruchsminderung eingesetzt und benötigen für den ordnungsgemäßen Betrieb einen persönlichen Betreuungs- bzw. erhöhten Wartungsaufwand.
- **High-tech-Anlagen** können voll automatisch jeden Wirkungsgrad zur Ammoniak-, Staub- und Geruchsabscheidung erreichen, wenn das entsprechende Investitionskapital zur Verfügung steht.

5 Beste Verfügbare Technik (BVT)

Insgesamt ist festzustellen, dass die beprobten Biofilter-, Rieselbett-, und Kombinationsanlagen zur Abluftreinigung an Tierställen grundsätzlich geeignet sind und dem Stand der Technik nach § 3 (6) BImSchG entsprechen, wenn sie richtig ausgelegt/dimensioniert sind und ordnungsgemäß betrieben werden [4]. Um hier die Spreu vom Weizen zu trennen, wird vorgeschlagen, eine Systemprüfung einzuführen, die sowohl den Landwirten als Betreiber, aus auch den Genehmigungsbehörden die Gewissheit gibt, dass der Stand der Technik eingehalten wird [5].

Literatur

- [1] Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung in der Intensivtierhaltung – Untersuchungen an Biofiltern und Kombinationsanlagen. Landesumweltamt NRW, Essen [2002]
- [2] VDI 3477 Biologische Abgasreinigung – Biofilter [12/91]
- [3] VDI 3478 Biologische Abgasreinigung – Biowäscher und Rieselbett-reaktoren [07/96]
- [4] SCHIRZ, S.: Stand der Technik von physikalisch – chemischen und biologischen Abluftreinigungsverfahren für die Intensivtierhaltung. In: Fortschritte in der Luftreinhaltetechnik. VDI – Berichte 1722, S.179 – 190, Düsseldorf [2002]
- [5] HAHNE, J., S. SCHIRZ UND 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. Cloppenburg

Management of Biofilters to Maximize the Removal of Volatile Organic Compounds and to Minimize Greenhouse Gas Formation

Biofilter-Management zur Erhöhung der Abscheideleistung von Organischen Flüchtigen Kohlenwasserstoffen und zur Reduktion der Treibhausgasbildung

JOACHIM CLEMENS¹, CARSTEN CUHLS², MANFRED TRIMBORN¹

¹ Institut für Pflanzenernährung, Universität Bonn, Karlrobert-Kreiten-Str. 13, 53115 Bonn

² Gewitra mbH, Nelkenstr. 15, 50167 Hannover

Keywords: biofilter, ammonia, nitrous oxide, greenhouse gas

Schlüsselwörter: Biofilter, Ammoniak, Lachgas, N₂O, Treibhausgas

Zusammenfassung

Biofilter werden zur Abluftreinigung u. a. in der Tierhaltung genutzt. Dabei stehen die Geruchs- und Ammoniakreduktion im Vordergrund. Eine mögliche Bildung von Nebenprodukten bleibt hierbei i. d. R. unberücksichtigt.

In verschiedenen Studien an Biofiltern im Praxis- und Labormaßstab konnten wir feststellen, dass Biofilter Quellen des Treibhausgases N₂O sind. Diese Neubildung wurde durch den NH₃-Input in die Biofilter induziert. 22–28 % des abgeschiedenen NH₃-N wurde in Form von N₂O emittiert. Wurde die NH₃-Zufuhr unterbunden, so wurde kein N₂O im Filter gebildet. Für CH₄ waren Biofilter emissionsneutral. Der NMVOC-Abbau im Biofilter korrelierte positiv mit der Temperatur und Nährstoffversorgung des Filters.

Biofiltern, die zur Reinigung von Stallabluft dienen, muss NH₃-freie Abluft zugeführt werden, um eine beträchtliche Neubildung von N₂O im Biofilter zu vermeiden.

Summary

Biofilters are used to treat exhaust gases from organic waste treatment and animal husbandry. For animal husbandry, the main focus is the reduction of odours compounds and ammonia. Most studies focus on the removal of these compounds. But possible byproducts have not been considered.

In several studies we analyzed the efficiency of large scale biofilters on composting plants and of small laboratory biofilters. Biofilters were a source of N₂O. NH₃ in the untreated air induced these emissions and 22–28 % of the NH₃ removed was emitted as N₂O. When the NH₃ input into the biofilters stopped, no additional N₂O were emitted. For CH₄ biofilters were neither a source nor a sink. NMVOC may be reduced by biofilters efficiently. This removal depends on the temperature in the biofilter and on the availability of nutrients for the microorganisms. Higher temperatures enhance the NMVOC removal as well as nutrient supply.

Biofilters used for the treatment of exhaust air from animal husbandry should receive NH₃ free exhaust air to avoid relevant greenhouse gas production. Temperature and nutrient management are important to optimize NMVOC removal by biofiltration.

1 Methods

In several studies we analyzed the efficiency of large scale biofilters on composting plants ($> 100 \text{ m}^3$), of a pilot biofilter (5 m^3) with acid scrubber prior to biofiltration and of small laboratory biofilters (0.2 m^3).

Volatile Organic compounds (VOC) concentrations were determined continuously by a portable Total Hydrocarbon (THC) analyzer with flame ionization detector (FID) (Bernadt Atomic 3006). Methane (CH_4), carbon dioxide (CO_2) and N_2O concentrations were determined discontinuously. For this purpose, an automatic sampler filled 20 ml head-space vials with an aliquot of air samples. This sampler allowed to take 120 samples from different sample points. In this way, three gas samples could be taken at each of the three points every day over a period of two weeks in a monitoring experiment. The vials were analyzed in the laboratory by a GC ECD/FID (SRI-GC 8610C). Dependent on the study Ammonia concentrations were measured with Dräger tubes, by acid traps or with a NH_3 -analyzer from HORIBA (APNA-360).

2 Results

2.1 N_2O formation from large scale and laboratory biofilters

There was a positive relation between NH_3 retention and N_2O production in biofilters from different waste treatment plants (1) and in a lab-scale biofilter with different loads of NH_3 in the waste gas (2). In the lab-biofilter N_2O production stopped when the NH_3 input in the biofilter was omitted. The installation of an acid scrubber prior to biofiltration stopped the N_2O production in the biofilter as well.

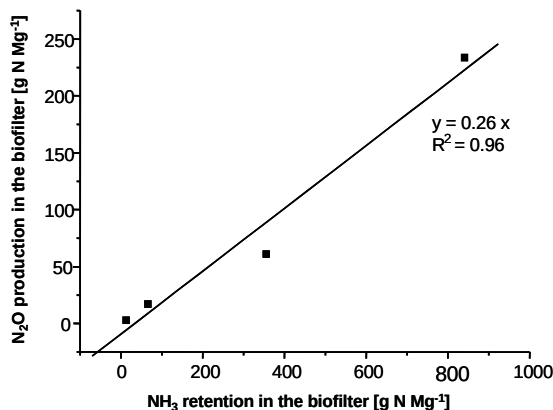


Fig. 1: Relationship between NH_3 retention and N_2O production in biofilters from waste treatment plants

2.3 Emissions from a pilot biofilter with an acid scrubber for pretreatment

We found that NH_3 concentration in exhaust gas from animal housing systems are comparable to NH_3 concentration in exhaust gas from composting or municipal waste treatment plants.

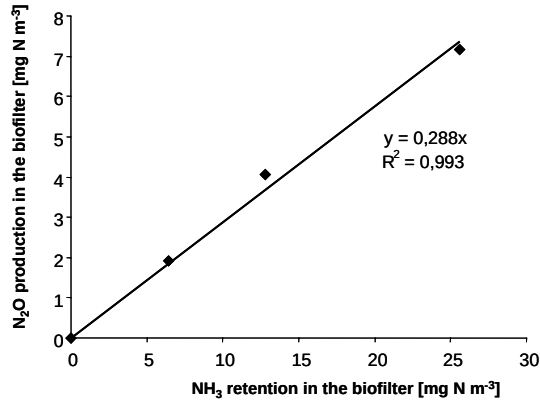


Fig. 2: Relationship between NH_3 retention and N_2O production in a lab-biofilter.

In an experiment with a pilot biofilter with an acid scrubber for pretreatment of exhaust gas we found that NH_3 from waste air was completely restrained in the acid scrubbers. As a consequence, no N_2O was produced within the biofilter and no N_2O formation was observed in the acid scrubber. Neither CH_4 nor CO_2 were produced in or removed from biofilter and acid scrubber.

NMVOC concentrations were reduced to a minimum of 10 mg C m^{-3} with removal rates reaching 80%. NMVOC removal rate correlated with biofilter temperature. At temperatures below 15°C NMVOC removal was insufficient (inhibition of microbial activity). Application of nutrient solution resulted in a significant increase of NMVOC removal (enhanced microbial activity) (Fig. 3).

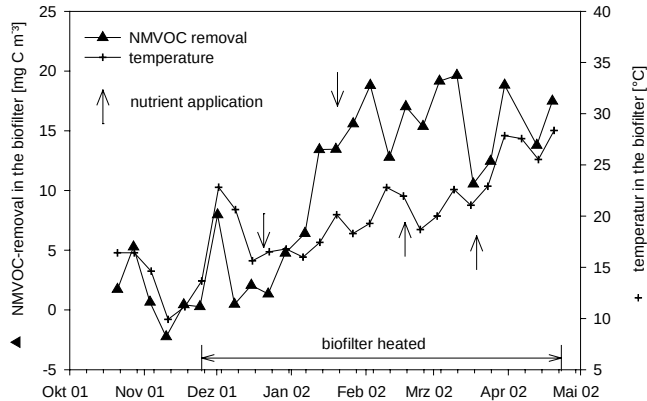


Fig. 3: Influence of temperature and nutrient supply on NMVOC removal in the biofilter (= difference between NMVOC concentration before and after biofilter).

3 Conclusions

We assume that exhaust gas from animal housing systems has a similar potential to induce N_2O formation in a biofilter. Thus it is important that NH_3 free exhaust gas is treated, only. For this purpose, NH_3 has to be removed from exhaust air prior to biofiltration. Otherwise up to 30 % of the removed $\text{NH}_3\text{-N}$ may be emitted as $\text{N}_2\text{O-N}$.

Especially in winter, the treatment capacity may be reduced by low temperature. In contrast to e. g. compost plants biofilters for animal housing systems receive relatively cool exhaust air. As a consequence, the microbial activity is reduced and less compounds are removed from the exhaust air. An optimized nutrient management can help to increase the removal efficiency of a biofiltration system.

Arbeitszeitbedarf systemspezifischer Arbeitsteilvorgänge in einstreuintensiven Milchviehlaufställen

Specific Labour Requirements in Straw Yard and Bedded Sloped Floor Systems for Dairy Cows

BERNHARD HÖRNING, KATJA BUSCH, H. GUNDLACH

Fachgebiet Angewandte Nutztierethologie und Artgemäße Tierhaltung, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1 a, 37213 Witzenhausen

Schlüsselwörter: Milchkühe, Tretmist-, Tieflaufställe, Arbeitsbedarf, Einstreuen, Entmisten
Keywords: dairy cow housing, straw based loose housing systems, littering dung removal

Zusammenfassung

Ausgehend von Arbeitszeitmessungen in 12 Tretmist- und Tieflaufställen wurden Planzeiten für die systemspezifischen Arbeitsvorgänge Einstreuen und Entmisten bei verschiedenen Mechanisierungsstufen errechnet. Bei der Summe dieser Arbeiten benötigte der Tretmiststall mit stationärem Entmisten den geringsten Zeitaufwand (0,75 AKh/Kuh und Jahr), gefolgt vom Tieflaufstall mit stationärem Entmisten bzw. Spalten (0,94 bzw. 0,92 AKh). Den höchsten Bedarf hatte der Tieflaufstall mit mobilem Entmisten (1,56 AKh). Für das mobile Einstreuen sind jeweils etwa 0,4–0,5 AKh je Kuh und Jahr zusätzlich erforderlich. Die genannten Werte für diese optimierten Vorgänge liegen im Rahmen von Literaturangaben für die Boxenpflege in Boxenlaufställen.

Summary

Based on labour measurements in 12 straw based loose housing systems for dairy cows (straw yard resp. bedded sloped floor) calculations were made concerning labour requirements for mucking out and adding new bedding. The lowest requirement was found for the bedded sloped floor with automatic scrapers (0,75 hours per cow and year), followed by straw yard with scrapers resp. slatted floors in the feeding alley (0,94 resp. 0,92 hours). Straw yard with dunging out by tractor had the highest time need (1,56 hours). Littering with automatic bale dispensers needed 0,4–0,5 hours.

Einleitung

Einstreuintensive Milchviehställe werden teilweise aus Sicht der Tiergerechtheit empfohlen (vgl. HÖRNING 2000, 2002), gelten aber als arbeitsintensiver als Boxenlaufställe. Arbeitszeitstudien in einstreuintensiven Milchviehlaufställen mit daraus abgeleiteten Planzeiten als Planungsgrundlage lagen bislang nur wenige vor (BECK und KRÜCKELS 1992, HAIDN et al. 1996). Ziel war daher, basierend auf eigenen Arbeitszeitmessungen weitere Planungsgrundlagen vorzulegen.

In der Arbeitswissenschaft wird die Erfassung des betriebsspezifischen Arbeitsaufwandes (Ist-Zeit) von dem (systemspezifischen) Arbeitszeitbedarf (Soll-Zeit bzw. Planzeit) unterschieden. Bei der Erfassung des Arbeitszeitaufwandes wird die von der Arbeitsperson tatsächlich benötigte Zeit für eine bestimmte Arbeit erfasst. Für eine detaillierte Erfassung des betriebsspezifischen Arbeitszeitaufwandes (Ist-Zeit) werden Arbeitsanalysen durchgeführt (in der Praxis: Arbeitsbeobachtung). Bei der quantitativen Arbeitsanalyse wird die Zeitelementmethode angewandt. Dabei wird die Dauer einzelner Arbeitselemente gemessen. Da dies sehr kurze Abschnitte eines Arbeitsvorgangs sind, sind nur wenige Messwiederholungen erforderlich (mind. 4). Der Arbeitszeitbedarf (Planzeit) wird unter Berücksichtigung betriebsspezifischer Einflussgrößen aus zuvor erfassten Ist-Zeiten abgeleitet und ist daher für einen bestimmten Arbeitsvorgang oder -teilvergang allgemeingültig. Die Planzeiten sind universell einsetzbare Bausteine und können in Arbeitszeitmodellen zu Arbeitsvorgängen verknüpft werden (nach AUERNHAMMER 1986, HAIDN 1992, SCHICK 1995).

Material und Methode

Es wurden Arbeitsbeobachtungen in je 6 Tretmist- bzw. Tiefstreuställen durchgeführt (vgl. (HÖRNING & GUNDLACH 1997). Für übertragbare Planzeiten wurden zusätzlich von BUSCH & HÖRNING (1999) in 7 Mastschweineeställen (4 Kotgang-, 3 Tiefstreuställe) gemessenen Daten benutzt. Die Dauer der Arbeitselemente wurde mit Stopuhren gemessen, auf ein Diktiergerät gesprochen und eingegeben. Zusätzlich wurden als maßgebliche Einflussgrößen Strohaufwand, Mistanfall, und Wegstrecken ermittelt. Aus den Zeitwerten solcher Arbeitselemente, für die keine messbaren Einflussgrößen beobachtet werden konnten, wurde die Planzeit aus dem arithmetischen Mittelwert der Daten berechnet (unabhängige Planzeit). Für die Zeitwerte, für die eine oder mehrere Einflussgrößen ermittelt wurden, wurden mit dem Programm Regressa per Regressionsanalyse Planzeitfunktionen berechnet (abhängige Planzeiten).

Die so errechneten 32 Planzeiten (siehe unten) wurden in einem Planzeitkatalog zusammengeführt, aus dem dann die Zusammenstellung des Arbeitszeitbedarfs für Modellsysteme erfolgte. Dies geschah unter der Annahme arbeitswirtschaftlich optimierter Bedingungen, zum Beispiel Stroh- und Dunglager in Stallnähe, gerade Arbeitsachsen, Mechanisierung. Jeweils wurde zwischen mobilem und stationärem Einstreuen unterschieden. Für die Entmistung des Fressplatzes im Zweiraum-Tieflaufstall wurden drei Varianten kalkuliert.

Ergebnisse

Die Darstellung des Arbeitszeitaufwandes erfolgte bei HÖRNING und GUNDLACH (1997) bzw. BUSCH und HÖRNING (1999). Unter anderem erfolgten für folgende **Arbeitselemente** Planzeitberechnungen: Gehen ohne Belastung, Schiebtor öffnen/schließen, Arbeitsgeräte holen/wegbringen, Schlepper auf- bzw. absteigen, Anbaugerät an- bzw. abbauen, Absperrung öffnen bzw. schließen, Mit Schlepper im Hofbereich vorwärts bzw. rückwärts fahren, dito mit beladenem Frontlader, Großballen mit Frontladerschlepper aufnehmen, Großballen absetzen, Schnüre von Quader- bzw. Rundballen entfernen, Stroh mit mobiler Verteiltechnik per Schlepper vom Laufgang/Futtertisch aus einstreuen, Strohlager ab- bzw. zudecken, Mit Frontladergabel in Mist fahren, Mist losreißen, Mist auf Miststreuer abkippen, Planbefestigte Fläche mit Frontlader oder Heckschild abschieben. Je Elemente waren i.d.R. 7–557 Messwerte vorhanden.

Tabelle 1 zeigt den Arbeitszeitbedarf für den Arbeitsvorgang **Einstreuen**. Aufgrund der längeren Rüstzeiten (2mal Einstreuen/Tag) dauerte das Einstreuen im Tretmiststall etwas länger als im Tieflaufstall. Beim Arbeitszeitbedarf für das Einstreuen sparte das stationäre Einstreuen im Tretmiststall gegenüber dem mobilen fast die Hälfte an Zeit, und im Tieflaufstall gut ein Drittel, da in ersterem Fall für die Strohverteilung nur ein Knopf betätigt werden muss, und bei letzterem zusätzlich Fahrzeiten anfallen.

Tab. 1: Arbeitszeitbedarf für den Arbeitsvorgang Einstreuen (AKh je Kuh und Jahr)

Haltungssystem	Tretmiststall		Tieflaufstall	
Einstreuen	mobil	stationär	mobil	stationär
Rüstzeiten	0,288	0,046	0,151	0,036
Strohholen	0,305	0,307	0,305	0,307
Einstreugerät befüllen	0,184	0,362	0,184	0,362
Stroh verteilen	0,504	0,022	0,504	0,011
Gesamtbedarf	1,280	0,737	1,143	0,716

Tab. 2: Arbeitszeitbedarf für den Arbeitsvorgang Entmisten (AKh je Kuh und Jahr)

Haltungssystem	Tretmiststall	Tieflaufstall		
		Tieflauf-Spalten	Tieflaufplanbefestigt	
Dungart Fressplatz	Festmist	Flüssigmist	Flüssigmist	Festmist
Entmistung	stationär	Spalten	stationär	mobil
Rüstzeiten	-	-	-	0,262
Entmisten	0,016	-	0,016	0,374
Summe Fressbereich	0,016	-	0,016	0,636
Rüstzeiten	-	0,003	0,003	0,003
Entmisten	-	0,203	0,203	0,203
Summe Liegebereich	-	0,206	0,206	0,206
Gesamtbedarf	0,016	0,206	0,222	0,842

Tabelle 2 zeigt den Arbeitszeitbedarf für den Arbeitsvorgang **Entmisten**. Beim Entmisten fällt für die Fressplatzentmistung im Tieflaufstall mit Spalten keine Arbeit an und nur geringe für die stationäre Entmistung im Tretmist- oder Tieflaufstall. Deutlich mehr Zeit (40mal mehr) benötigt hingegen die mobile Fressplatzentmistung. Die Liegeflächenentmistung unterscheidet sich nicht zwischen den drei kalkulierten Tieflaufstallvarianten, da hier nur Unterschiede im Fressbereich bestanden (Tab. 2).

Beim **Gesamtarbeitszeitbedarf** benötigt der Tretmiststall mit stationärem Entmisten den geringsten Zeitaufwand (0,75 AKh/Kuh & Jahr), gefolgt vom Tieflaufstall mit stationärem Entmisten bzw. Spalten (0,94 bzw. 0,92 AKh). Am meisten Zeit braucht der Tieflaufstall mit mobilem Entmisten (1,56 AKh). Für das mobile Einstreuen sind etwa 0,4–0,5 AKh zusätzlich erforderlich.

Diskussion

In bisherigen Planzeitberechnungen für Tretmist- oder Tieflaufställe werden zum Teil höhere Bedarfswerte angegeben. Dort wurden allerdings nicht immer optimale Mechanisierungsstufen veranschlagt. Ferner sind die Annahmen nicht immer vollständig erläutert. Der selbst ermittelte Arbeitszeitbedarf für das Einstreuen und Entmisten bei optimal mechanisierten Tretmist- oder Tieflaufställen liegt in der Größenordnung von Literaturangaben zu Boxenlaufställen bezüglich manuellem Einstreuen (0,9 bzw. 1,0 AKh nach KTBL 1995 bzw. 2000). Zu berücksichtigen ist aber, dass die unterstellte optimale Mechanisierung einen Investitionsmehraufwand bedeutet. Zusätzlich muss noch Arbeitszeit für Strohbergrung und Dungausringung veranschlagt werden, die mit steigender Einstreumenge zunimmt (Summe hierfür laut KTBL 1995 zwischen 2,7 AKh im Boxenlaufstall mit Flüssigmist und 4,3 AKh im Tieflaufstall mit Spaltenboden).

Literatur

- AUERNHAMMER, H. (1986): Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskriptdruck der Vorlesung, TUM Weihenstephan, 266 p.
- BECK, J. und A. KRÜCKELS (1992): Arbeitszeitaufwand in Tretmistställen. Landtechnik 47: 191–195
- BUSCH, K. und B. HÖRNING (1999): Arbeitszeit- und Strohaufwand in eingestreuten Ställen für Mastschweine. In: HOFFMANN, H. und S. MÜLLER (Hrsg.): Beitr. 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Köster, Berlin, 541–544
- HAIDN, B., H. SCHÜRZINGER, A. KRAMER, S. CHRISTL und S. HUBER (1996): Vergleich kostengünstiger und tiergerechter Laufställe für Milchvieh mit Einstreu. (Gelbes Heft; 57) Bayer. Staatsmin. Ern. Landw. Forsten, München, 82 p.
- HÖRNING, B. (1997): Tiergerechtigkeit und Verfahrenstechnik eingestreuter Milchviehlaufställe in der Praxis. Diss. agr., Univ. GH Kassel, Witzenhausen
- HÖRNING, B. (2000): Alternative Haltungssysteme für Rinder und Schweine. Berichte über Landwirtschaft 78, (Hrsg.: BML, Bonn), 193–247
- HÖRNING, B. (2002): Rinderhaltungssysteme für die Zukunft. In: Neue Wege in der Tierhaltung, KTBL-Tage 2002, 10./11.4.02, Potsdam, KTBL-Schrift Nr. 408, KTBL, Darmstadt, 108–122

HÖRNING, B. und H. GUNDLACH (1997): Arbeitszeitaufwand für Einstreuen und Entmisten in Tretmist- und Tieflaufställen für Milchkühe. Beitr. 3. Int. Tagung 'Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung'. (11./12.3.97, Kiel) Inst. Landw. Verfahrenstechn., Kiel, 244–252

JANNING, T. (1996): Arbeitswirtschaftliche Beurteilung der Mastputenhaltung. (KTBL-Schr.; 374) KTBL; Darmstadt, 124 p. (zugl.: Diss. agr., Hohenheim)

KTBL (1995): Eingestreute Milchviehlaufställe. (KTBL-Schr.; 365) KTBL, Darmstadt, 130 p.

KTBL (2000): KTBL-Taschenbuch 2000/2001. KTBL, Darmstadt

SCHICK, M. (1995): Arbeitswirtschaftliche Einordnung zeitgemäßer Haltungssysteme für Mastkälber. (Schriftenr. FAT; 39) FAT, Tänikon, 164 p. (zugl.: Diss. agr., Univ. Hohenheim)

Arbeitsorganisation und Zeitplanung in der Milchviehhaltung

Labour Organisation and Time Planning in Dairy Farming

MATTHIAS SCHICK

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon,
CH-8356 Ettenhausen

Schlüsselwörter: Arbeitsorganisation, Management, Zeitplanung, Zeitbedarf, Milchproduktion, Wirtschaftlichkeit

Keywords: work organisation, management, time organisation, time requirements, dairy production, profitability

Zusammenfassung

Die optimale Arbeitsorganisation in Kombination mit einem guten Zeitmanagement bildet auf dem modernen Landwirtschaftsbetrieb die Grundvoraussetzung für eine wirtschaftliche Milchproduktion. Dabei muss der Landwirt häufig den Spagat zwischen körperlich anstrengender und zeitintensiver Arbeit im Stall sowie den anfallenden Managementaufgaben vollziehen. Betriebsführungsaufgaben im engeren Sinne kommen hierbei oftmals viel zu kurz, weil sie unbequem und auch ungewohnt sind. Vielen Landwirten fällt es leichter, auf dem Traktor zu sitzen, zu pflügen oder zu mähen als Anträge für Tier- oder Flächenprämien auszufüllen oder eine Arbeitsplanung vorzunehmen. Arbeitswirtschaftliche Planungsdaten für Managementtätigkeiten (Unternehmensführung, Einkäufe, Verkäufe usw.) liegen nicht oder nur unzureichend vor. Im Rahmen des FAT-Projektes „Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen“ werden deshalb, neben den produktionsbezogenen Tätigkeiten, vor allem die Managementtätigkeiten auf dem Landwirtschaftsbetrieb erfasst und eingeordnet.

Summary

On the modern farm, a combination of optimum labour organisation and good time management is a prerequisite for economical milk production. The farmer frequently has to split his time between physically demanding, time-intensive work in the stable and essential management tasks. Farm administration tasks in the narrower sense often neglected because they are both inconvenient and unfamiliar. Many farmers find it easier to sit on the tractor, plough or mow than to fill out applications for animal or area payments or draw up a work schedule. Labour organisation planning data for management activities (business administration, purchasing, sales etc.) is non-existent or inadequate. Thus as well as covering production-related activities, the FAT project „Key labour organisation figures“ pays special attention to the collection and classification of management activities on the farm.

1 Einleitung

Neben den direkt produktionsbezogenen Tätigkeiten (Melken, Füttern, etc.) machen die Managementtätigkeiten auf dem modernen Landwirtschaftsbetrieb einen immer größer werdenden Anteil an der Gesamtarbeitszeit aus. Eine konsequente tägliche Zeitplanung wird dabei häufig noch vernachlässigt.

2 Zielsetzung und Methode

Ziel des FAT-Projektes „Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen“ ist es, Managementtätigkeiten (Unternehmensführung, Einkäufe, Verkäufe, Kontrollen) zu erfassen, einzuordnen und als Planzeitenbausteine für Arbeits- und Betriebsvoranschläge zur Verfügung zu stellen.

2.1 Arbeitszeiterfassung

Die Erfassung der arbeitswirtschaftlichen Daten und Einflussgrößen erfolgt kausal als Zeitmessungen in Form von Arbeitsbeobachtungen und Arbeitsversuchen. Versuchsweise wird ein Teil des Datenmaterials auch im Selbstaufschrieb über Hand Held-PC's (Palm-Computer) in Form eines gezielten Arbeitstagebuchs erfasst. Nach der statistischen Auswertung stehen die Daten als Planzeitwerte und –funktionen für die verschiedenen Arbeitsabschnitte zur Verfügung und lassen sich über Modellkalkulationssysteme weiter verarbeiten.

2.2 Gliederung der Tätigkeiten

Bei der Erfassung von interessierenden Managementtätigkeiten wird unterschieden in Planungs-, Kontroll- und Aufzeichnungstätigkeiten sowie in Einkaufs- und Verkaufstätigkeiten.

Zu den *Planungstätigkeiten* gehören Zucht- und Kontingentsplanung, aber auch die Instruktion von Arbeitskräften (Angestellte und Lohnunternehmer) sowie Grenzsteinfreilegungen. Die *Kontrolltätigkeiten*, die sich im Zusammenhang mit der Milchviehhaltung ergeben, beinhalten Brunstkontrollen, Gesundheitskontrollen, Euterkontrollen, etc. Auch gehören dazu noch Betriebskontrollen durch externe Kontrolleure. Einen zunehmenden Anteil am gesamten Management erlangen mehr und mehr die *Aufzeichnungstätigkeiten*. Diese bestehen aus dem Ausfüllen und Nachführen der verschiedensten Formulare (Tierprämien, Flächenbeiträge, Schlagkarteiführung, Ausgleichszahlungen etc.) Die *Einkaufs- und Verkaufstätigkeiten* bestehen aus dem Einkauf von Betriebsmitteln (Kraftfutter, Mineralfutter, etc.) sowie den Verkaufsgesprächen und dem Verkauf von Milch, Kühen und Kälbern.

3 Planung und Analyse

3.1 Arbeitsplanung

Für den unternehmerischen Erfolg des Einzelbetriebes ist es zwingend notwendig, ein sog. Selbstmanagement zu betreiben. Hierbei wird anhand einer konkreten Arbeitsplanung festgelegt, wer sich mit welchen Aufgaben zu welchen Zeiten befasst. Der erste Schritt bei dieser Arbeitsplanung ist immer eine konkrete Zielsetzung (siehe Abb. 1).

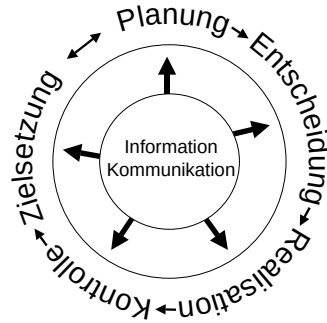


Abb. 1: Ein Management-Regelkreis dient in der Milchviehhaltung zur Optimierung von Arbeitsabläufen.
A management loop system helps optimising operating procedures in dairy farming.

Diese kann auch als vorweg genommenes Erfolgserlebnis interpretiert werden. Ist das Ziel gesetzt, muss während einer Planungs- bzw. Entscheidungsphase über den Weg dorthin entschieden werden. Die Ziele und auch mögliche Vorgehensweisen zur Zielerreichung sollten möglichst schriftlich festgelegt und konkret ausformuliert werden.

Die erstellten Zeitpläne sind mehrstufig in Form von Tages-, Wochen-, Monats- oder Jahresplänen aufzubauen. Eine systematische Planung beginnt von unten mit einer konkreten Tagesplanung und wird anschließend auf die größeren Zeiträume übertragen. Auch schon die Tagesplanung sollte zur Entlastung schriftlich erfolgen, um die Selbstdisziplin zu fördern. Somit können auch anfallende wiederkehrende oder neue Aufgaben mit einbezogen werden. Sämtliche vorgegebenen Aufgaben und Aktivitäten sind nach Prioritäten einzuordnen.

Die realistische Planung kommt bei der Arbeits- und Zeitplanung häufig zu kurz. Daher sind einfach zu bedienende Kalkulationssysteme sinnvoll, mit denen der Zeitbedarf für produktionsbezogene Tätigkeiten und ebenfalls für die anfallenden Managementtätigkeiten veranschlagt werden kann (siehe Abb. 2).

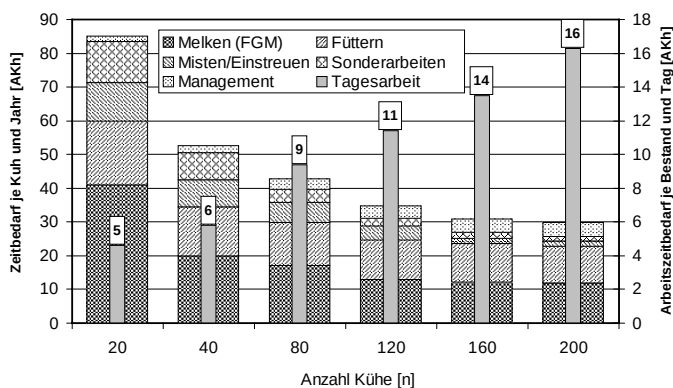


Abb. 2: Managementtätigkeiten haben mit zunehmender Bestandesgröße einen höheren Anteil am Gesamtarbeitszeitbedarf (SCHICK, 2001)

With increasing livestock sizes, management activities take an increasing proportion of total working time requirements (SCHICK, 2001)

3.2 Schwachstellenanalyse

Um festzustellen, ob und wo einzelbetriebliche Schwachstellen vorhanden sind, bietet sich die Kombination von Management-Regelkreis und Zeitplanungsinstrumenten an. Der Vergleich von realisierten Arbeitsleistungen (z. B. gemolkene Kühe je Stunde) mit Planungsdaten ist hierbei fest in den Regelkreis eingebunden und dient bei einer Abweichung nach unten gleichzeitig als Ziel für den nächsten Optimierungsschritt. Daraus wird einerseits ersichtlich, wo arbeitswirtschaftliche Einsparungspotenziale vorzufinden sind. Andererseits zeigen sich zu erwartende Engpässe in der Arbeitserledigung.

Bei der Behebung von Schwachstellen stehen zwei Optimierungsmöglichkeiten zur Auswahl: Die erste ist die *verfahrenstechnische Optimierung*. Sie bedeutet i.d.R. eine zusätzliche Mechanisierung von Verfahrensabläufen. Dies ist meist mit einer Kostenfolge verbunden und bedeutet häufig auch die Abgabe von Tätigkeiten an Dritte (Lohnunternehmer, Maschinenringe). Die zweite Optimierungsmöglichkeit besteht aus einer *organisatorischen Optimierung* und ist lediglich mit geringer oder keiner Kostenfolge verbunden. Bei dieser Optimierungsform wird jedes interessierende Arbeitsverfahren hinterfragt und im ständigen Vergleich mit SOLL-Vorgaben verbessert. Grundvoraussetzung sind wieder klare und messbare Zielsetzungen über Arbeitspläne und Checklisten. Der Erfolg kann in jeder Planungsphase über Checklisten überprüft werden. Das Optimierungspotenzial eines beliebigen Arbeitsverfahrens kann damit voll ausgeschöpft und die Arbeitszufriedenheit gesteigert werden.

Literatur

GHECZY, M.C. (1993): Führung durch Vertrauen. in Management Zeitschrift 62, Nr. 9, S. 30–33

DOLUSCHITZ, R. u. R. FUNK (1991): Top-Management für große Milchviehherden. Milchpraxis 30. Jg. (3), S. 143–149

HÜRLIMANN, W. (1985): Jetzt die persönliche Planungstechnik verbessern. In: Management Zeitschrift 54, Nr. 12, S. 527–528

LUDER, W. (1997): Farmers as Managers. XXVII International Congress in Work Science, Kaposvár

PORNSCHGLEGEL, H. (1994): Unternehmensstrategisches Zeitmanagement - neue Rollen für die Zeitwirtschaft unter neuen Managementkonzepten. REFA-Nachrichten Nr. 6, S. 26–33

SCHICK, M. (1994): Improving the organization of work and optimizing the work input by the help of electronic herd management aids. XII World Congress on Agricultural Engineering, Milano, Volume 2, S. 1395–1401

SCHICK, M. (2001): Zeit sparen mit guter Organisation – Arbeits- und Zeitplanung. Schweizer Bauer, 28.04.2001 S. 15

SCHICK, M. (2001): Arbeitsorganisation in der Milchviehhaltung. 8. Vieh- und Fleischtag Rheinland-Pfalz, Tagungsband

Biologische Belastungen in der Nutztierhaltung

Biological Hazards in Livestock Farming

MONIKA A. RIEGER¹, HEIKO DIEFENBACH¹, MICHAEL LOHMEYER²

¹ FG Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, FB Sicherheitstechnik, Bergische Universität GH Wuppertal, 42097 Wuppertal

² Mikrobiologisches Labor Dr. Balfanz – Dr. Lohmeyer, GbR, Gildenstr. 34, 48157 Münster

Schlüsselwörter: Biologische Belastung, Erkrankungen, Epidemiologie, Prävention
Keywords: biological hazards, diseases, epidemiology, prevention

Zusammenfassung

Nicht zuletzt seit In-Kraft-Treten der Biostoff-Verordnung (1999) rücken biologische Belastungen der Beschäftigten der Landwirtschaft, wie aller Wirtschaftsbereiche, zunehmend in den Blickpunkt des Arbeitsschutzes. Die Entwicklung standardisierter Messverfahren zur Erfassung von luftgetragenen Endotoxinen, Schimmelpilzen und Bakterien ermöglicht die Beschreibung tätigkeitsbezogener Belastungen sowie die Ermittlung möglicher Zusammenhänge zwischen Exposition und Erkrankungsbildern. In einer Vielzahl epidemiologischer Studien konnte die Häufung entsprechender Symptome (z.B. chronisch obstruktive Atemwegserkrankungen, allergisches Asthma bronchiale) bei Beschäftigten in der Landwirtschaft im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung beschrieben werden. Zusätzlich wurden Haltungsbedingungen bzw. Stallungssysteme differenziert, die zu einer besonderen Exposition der Beschäftigten führen können. Bei der Ableitung von Schutzmaßnahmen kommt hierbei den partikelfiltrierenden Halbmasken (Klasse FFP2 bzw. NIOSH 95) (neben technischen und organisatorischen Maßnahmen) eine besondere Bedeutung zu.

Summary

Due to occupational health regulations, biological hazards of employees in different economic fields, including agriculture, get more and more interesting. As standardized measurements are defined for the assessment of endotoxins, bacteria and moulds in Germany, acquisition of comparative data is possible, and exposure with relation to the individual's work may be assessed. Epidemiological studies revealed a significantly higher prevalence of diseases caused by air-borne biological agents in rural workers (e.g. chronic obstructive lung disease, allergic asthma). Additionally, conditions of livestock-farming can modify the workers' exposure. Defining protective measures with regard to biological hazards must include technical and organizational measures as well as personal protective equipment. The latter includes respirators in the quality FFP 2 or NIOSH 95 respectively.

1 Grundlagen

1.1 Arbeitsschutzgesetz und Biostoffverordnung

Basierend auf den für alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtend umzusetzenden EU-Richtlinien zum Arbeitsschutz wurde in Deutschland unter anderem die Biostoff-Verordnung (BioStoffV) (1999) umgesetzt. Diese gilt für alle Wirtschaftsbereiche einschließlich der Landwirtschaft (vgl. Beitrag von RIEGER „Arbeitsschutz in der Nutztierhaltung“), wobei allerdings im landwirtschaftlichen Bereich eine umfassende Umsetzung gerade der BioStoffV noch aussteht. Die BioStoffV erweitert die bisher betrachteten beruflich bedingten Infektionsgefahren um die allergisierende und toxische Wirkung von Mikroorganismen (Bakterien, Schimmelpilze, Endotoxine, Mykotoxine etc.). Alle Tätigkeiten in der Landwirtschaft, bei denen Umgang mit Tieren und Pflanzen (auch Futtermittel, Einstreu) besteht, fallen in den in der BioStoffV betrachteten Bereich.

Im Gegensatz zum staatlichen Arbeitsschutz berücksichtigen die berufsgenossenschaftlichen Regeln und Vorschriften die biologischen Belastungen der Beschäftigten noch nicht gesondert. Allein in der VSG 4.1 werden Infektionsgefahren beim Umgang mit verseuchten oder seuchenverdächtigen Tieren genannt (Zoonosen; § 8), in einer berufsgenossenschaftlichen Schrift werden zudem allergische Erkrankungen erwähnt. Generell werden bisher weder von staatlicher noch von berufsgenossenschaftlicher Seite detaillierte Vorgaben zum Arbeitsschutz bei biologischen Belastungen in der Nutztierhaltung gemacht. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf die dort bedeutsamen luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffe.

1.2 Standardisierte Messung biologischer Arbeitsstoffe

Das Vorkommen biologischer Arbeitsstoffe (BA) ist zum einen durch die Untersuchung der Beschäftigten auf stattgehabten Infektionserregerkontakt möglich (v.a. Serologie). Zum anderen ist die Bestimmung luftgetragener biologischer Arbeitsstoffe für den Bereich des Arbeitsschutzes durch Technische Regeln (TRBA 400 ff.) und Merkblätter des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitssicherheit (BIA, 9400ff.) geregelt. Durch diese Vorgaben ist die standardisierte Erfassung luftgetragener Bakterien (BIA 9430), Schimmelpilze (BIA 9420, TRBA 430) und Endotoxine (BIA 9450) und damit der Vergleich von Messergebnissen verschiedener Ställe oder Arbeitsplätze möglich.

1.3 Krankheitsbilder

Die Exposition gegenüber luftgetragenen BA kann – neben seltenen Infektionen – zu Allergien und toxischen bzw. irritativen Reaktionen führen. Die Allergien zeigen sich einerseits in allergischem Asthma bzw. Heuschnupfen (z. B. Schimmelpilzallergene) oder als sog. exogen-allergische Alveolitis (EAA), die oft nach dem auslösenden Agens benannt wird, z. B. „Farmerlunge“. Andererseits gehen viele Allergien auf z. B. Vorratsmilben, tierische Proteine u. a. zurück, die allerdings nicht zu den BA im eigentlichen Sinne zählen. Die toxische Wirkung der Endotoxine wird bei akuter Exposition für das „organic dust toxic syndrom“ (ODTS), bei wiederholter Exposition für chronische Atemwegserkrankungen verantwortlich gemacht.

2 Untersuchungsergebnisse

2.1 Messwerte

Erste standardisiert gewonnene Ergebnisse in verschiedenen Stallungen machten deutlich, dass die Exposition in vielen Tierställen die derzeit im Arbeitsschutz diskutierten Grenzwerte (z. B. Endotoxine: 50 EU/m³) um ein Vielfaches übersteigt (z.B.: Einstreuen von Stroh: Bakterien 16.000.000 KBE/m³, Schimmelpilze 424.242 KBE/m³, Endotoxine 14.043 EU/m³). Deutlich wurde außerdem, dass die Verwendung von Einstreu (versus einstreuar-me Verfahren) bzw. die Art und Qualität von Einstreu einen entscheidenden Einfluss auf die Exposition zu haben scheinen.

2.2 Epidemiologische Befunde

Das gehäufte Auftreten von Atemwegserkrankungen bei Beschäftigten in der Nutztierhaltung wurde in Deutschland bereits in den 1970er Jahren beschrieben. In einer Vielzahl epidemiologischer Studien der letzten Jahre konnte diese Beobachtung auch im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung verifiziert und Risikofaktoren für die betroffenen Landwirte beschrieben werden. So zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang der Häufigkeit von Atemwegserkrankungen mit z.B. Tierart, Tätigkeitsumfang und –dauer, Lüftungssysteme des Stalles und bestimmten Tätigkeitsmerkmalen.

3 Möglichkeiten der Prävention

In der Zusammenschau der Messwerte und epidemiologischen Befunde zu Risikofaktoren für Atemwegserkrankungen der landwirtschaftlichen Beschäftigten wird deutlich, dass den Stallungen und Tierhaltungsbedingungen eine besondere Bedeutung bei der Expositionsminderung zukommt. Diese technischen Maßnahmen lassen sich jedoch nur in seltenen Fällen modifizieren. Als organisatorische Maßnahmen sind zum einen Zutrittsbeschränkungen (auch Beschäftigungsverbote nach Jugendarbeits- und Mutterschutzgesetz) zu nennen, zum anderen kommt aber auch dem zeitlichen Ablauf von Tätigkeiten oder z.B. der Lagerung von Futter- und Einstreumitteln eine besondere Bedeutung zu.

Im persönlichen Bereich sind Hygienemaßnahmen einzuhalten (TRBA 500), die neben dem Arbeitsschutz auch der Einhaltung der Produktqualität dienen. Impfungen vermitteln Immunität gegen Erkrankungen wie Tetanus, Tollwut oder FSME.

Im Hinblick auf den Schutz vor luftgetragenen BA sind aus Sicht des Arbeitsschutz partikelfiltrierende Halbmasken (Klasse FFP 2 bzw. NIOSH 95) bei auch nur geringer Staubentwicklung unverzichtbar. Bei bereits manifester Erkrankung kann die Anwendung eines belüfteten Atemhelmes angebracht sein.

4 Ausblick

Der Umsetzung der BioStoffV kommt im Bereich der Landwirtschaft nicht zuletzt eine besondere Bedeutung zu, weil die biologischen Belastungen im Regelwerk der LBGen bisher kaum Beachtung finden. Vor dem Hintergrund der geschilderten Erkrankungshäufigkeiten ist es dringend erforderlich, Maßnahmen zur Expositionsminderung abzuleiten.

Hinzu kommt, dass – bei insgesamt sinkenden Beschäftigtenzahlen in der Landwirtschaft - aufgrund der wirtschaftlichen Konzentrationsprozesse die Expositionszeiten der einzelnen Beschäftigten zunehmen können.

Die Hypothese, dass die im Rahmen der Agrarwende diskutierten Veränderungen der Haltungsbedingungen zu einer höheren biologischen Belastung der Beschäftigten führen können, wird derzeit im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau am Beispiel der Schweinemast untersucht.

Literatur

ANONYMOUS (1999): Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, Biostoff-Verordnung vom 27. Januar 1999, BGBl. I, 1999, 50-60, (Änderungen: BGBl. I, 1999, 2059).

ANONYMOUS (2000): Directive 2000/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work (seventh individual directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC), 17.10.2000, Official Journal L, 262, 21-45

ANONYMOUS (2000): Technische Regel Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 230: Landwirtschaftliche Nutztierhaltung

BUNDESVERBAND DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN BERUFGENOSSENSCHAFTEN (BLB) (2000): Unfallverhütungsvorschrift Tierhaltung – VSG 4.1, Eigenverlag

BUNDESVERBAND DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN BERUFGENOSSENSCHAFTEN (BLB) (2000): Aktuelles zu Sicherheit und Gesundheit – Tierhaltung, Eigenverlag, 41-42

RIEGER, M.A. (2001): Biologische Belastungen der Beschäftigten in der Landwirtschaft, Habilitationsschrift am Fachbereich Sicherheitstechnik, Bergische Universität GH Wuppertal

Physikalische und chemische Belastungen in der Nutztierhaltung

Physical and Chemical Hazards in Livestock Farming

MONIKA A. RIEGER¹, WILHELM W. JÜRGENS², HEIKO DIEFENBACH¹

¹ FG Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, FB Sicherheitstechnik, Bergische Universität GH Wuppertal, 42097 Wuppertal

² Landesinstitut für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin des Landes Brandenburg, Horstweg 57, 14478 Potsdam

Schlüsselwörter: physikalische und chemische Belastungen, Maximale Arbeitsplatzkonzentration
Keywords: physical and Chemical agents, threshold limits of safe exposure

Zusammenfassung

Trotz der Mechanisierung vieler Tätigkeiten in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung treten nach wie vor bei einer Vielzahl von Arbeitsvorgängen hohe körperliche Belastungen der Beschäftigten auf. Dies äußert sich zum einen in einer hohen Zahl von Arbeitsunfällen, zum anderen in einer Vielzahl beruflich bedingter Erkrankungen. Neben der körperlichen Arbeit treten tätigkeitsspezifisch – neben biologischen Faktoren - physikalische und chemische Belastungen auf. Hierunter sind einerseits klimatische Einflüsse, UV-Strahlung der Sonne, mechanische Schwingungen, Lärm und anorganischer Staub zu nennen, andererseits der Umgang mit Betriebsmitteln (Diesel, Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel u.ä.), Pestiziden, Tierarzneimitteln und Futterinhaltsstoffen sowie die Exposition gegenüber Schadgasen. Nicht zu unterschätzen ist zudem die mögliche Hautschädigung durch Arbeiten im feuchten Milieu.

Grundsätzlich ist bei der Beurteilung möglicher Grenzwertüberschreitungen zu beachten, dass für viele der genannten Gefährdungen nicht nur Grenzwerte für dauerhafte Belastungen definiert, sondern auch sog. Spitzenbegrenzungen für kurzfristige Expositionen festgelegt wurden.

Summary

Work in livestock farming is characterized by physically heavy labor and – amongst biological agents – physical and chemical hazards. These may lead to accidents at work and occupational diseases caused by climatic influences, ultra-violet rays, vibrations, noise and anorganic dust or the use of operating materials (e.g. diesel, disinfectants), pesticides, veterinary drugs and food ingredients as well as the exposure to hazardous gases. Additionally, work in moist environment or humidity plays an important role in skin damage. Besides the general rule of minimizing exposure to hazardous substances, in Germany, threshold limits exist for safe exposure. They are not only defined for exposure over a shift but there exist also limits for peak values.

1 Grundlagen

1.1 Gesetzliche Grundlagen

Basierend auf den für alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtend umzusetzenden EU-Richtlinien zum Arbeitsschutz existieren in Deutschland eine Fülle gesetzlicher Vorgaben für die Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz. Diese umfassen einerseits – im Hinblick auf chemische Belastungen – die Gefahrstoff-Verordnung (GefStoffV) mit den zugehörigen Technischen Regeln Gefahrstoffe (TRGS), andererseits eine Fülle von Regeln und Empfehlungen im Hinblick auf die Exposition gegenüber z.B. Lärm, Vibration, klimatische Belastungen und das Heben und Tragen von Lasten. Hinzu kommen im Bereich des berufsgenossenschaftlichen Rechtes in der Landwirtschaft eine Fülle von Unfallverhütungsvorschriften bzw. „Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz“ (VSG).

1.2 Arbeitsunfälle

Die Angaben zu Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten im Bereich des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften werden nicht getrennt für die Nutztierhaltung publiziert. Im Berichtsjahr 1999 wurden $n=142.295$ meldepflichtige Unfälle (Arbeitsunfähigkeit über mindestens drei Tage) registriert, wobei die Zahl der Arbeitsunfälle mit $n=138.306$ die der Wegeunfälle ($n=3.989$) bei weitem übertraf. Angezeigt wurden darüber hinaus $n=72.265$ nicht meldepflichtige Unfälle.

1.3 Berufskrankheiten durch physikalische oder chemische Einwirkungen

Wie im Beitrag von RIEGER („Arbeitsschutz in der Landwirtschaft“) dargestellt, können die in der BKV aufgeführten Erkrankungen unter bestimmten Voraussetzungen als Berufskrankheiten entschädigt werden. Die folgenden Erkrankungen gehen auf physikalische oder chemische Belastungen zurück:

Physikalische Belastungen

- BK 2108 „Lendenwirbelsäuleerkrankung - Heben oder Tragen“
- BK 2109 „Halswirbelsäuleerkrankungen - Tragen auf der Schulter“
- BK 2110 „Lendenwirbelsäuleerkrankung – Ganzkörperschwingungen“
- BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“

Chemische Belastungen

- BK 1202 „Schwefelwasserstoff“
- BK 1307 „organische Phosphorverbindungen“ (Pestizide)
- BK 4302 „Obstruktive Atemwegserkrankungen“ (z.B. Ammoniak)
- BK 5101 „Hauterkrankungen“ (z.B. Feuchtarbeit)

2 Physikalische Belastungen

2.1 Lastenhandhabung

Durch das manuelle Heben und Tragen von Lasten kann insbesondere eine Gefährdung der Lenden- und Halswirbelsäule entstehen. Als manuelle Handhabung von Lasten gilt jede Beförderung oder das Abstützen einer Last durch einen oder mehrere Arbeitnehmer. Die Lastenhandhabungsverordnung setzt die EU-Richtlinie 90/269/EWG in deutsches Recht um.

2.2 Lärm

Lärm ist hörbarer Schall, der die Gesundheit, d.h. das körperliche sowie seelische Wohlbefinden der Menschen beeinträchtigen kann. Lärm verursacht nicht nur Gehörschäden, sondern gefährdet generell die Gesundheit und erschwert die Arbeit in allen Bereichen des Arbeitslebens. Unterschieden wird die allmählich eintretende Lärmschwerhörigkeit durch langjährige Lärmexposition und der akute Gehörschaden durch Einwirkung sehr hoher Schallimpulse (Arbeitsunfall). Grenzwerte für Lärmexposition sind in der VSG 1.1 (§13) und u.a. im VDI-Blatt 2058 fixiert.

2.3 Vibration

Die Gefährdung der Gesundheit durch Vibrationsbelastung ist von der Einleitungsstelle in den menschlichen Körper, der Größe der Vibrationseinwirkung und einer sich über Jahre hinweg fortsetzenden täglichen Wiederholung der Vibrationseinwirkung abhängig. Es werden Hand-Arm- und Ganzkörpervibrationen unterschieden. Die Beurteilung mechanischer Schwingungen erfolgt z.B. nach dem VDI-Blatt 2057. Zusätzlich muss die Umsetzung der aktuellen EU-Richtlinie zum Schutz der Arbeitnehmer vor Vibrationen in deutsches Recht erfolgen.

3 Chemische Belastungen

3.1 Schadgase

Aus Sicht des Arbeitsschutzes müssen in der Nutztierhaltung Grenzwerte für die für den Menschen toxischen Gase eingehalten werden. Diese werden für die nicht-krebserregenden Stoffe als Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) bezeichnet und sind in der TRGS 900 „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz“ festgehalten. Definiert werden zum einen Schichtmittelwerte, zum anderen jedoch zusätzlich auch Spitzenbegrenzungswerte, die somit in jedem Fall einzuhalten sind. In der aktuellen Fassung der TRGS 900 (10/2002) sind u.a. festgelegt:

- Ammoniak: 50 ppm/ 35 mg/m³, Spitzenbegrenzung: = 1 =
- Schwefelwasserstoff: 10 ppm / 14 mg/m³, Spitzenbegrenzung: = 1 =
- Distickstoffoxid: 100ppm / 180 mg/m³, Spitzenbegrenzung: = 4 =

Ist die Einhaltung dieser Grenzwerte durch technische oder organisatorische Maßnahmen nicht gewährleistet, muss persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung gestellt werden.

3.2 Feuchtarbeit

Grundsätzlich ist zu beachten, dass dem Umgang mit Wasser gerade in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung eine besondere Bedeutung zukommt. Entsprechend der in der Technischen Regel Gefährliche Stoffe (TRGS) 531 "Gefährdung der Haut durch Arbeiten im feuchten Milieu – (Feuchtarbeit)" genannten Kriterien, sind die Bedingungen für Feuchtarbeit z. B. für Tätigkeiten wie Stallreinigung oder Arbeiten im Melkstand in großen landwirtschaftlichen Betrieben anzunehmen. Diese Exposition kann zu schweren Hauterkrankungen im Sinne einer Abnutzungsdermatose führen, die zusätzlich die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung eines allergischen Kontaktekzems erhöhen kann. Grundsätzlich sollte ein Hautschutzplan umgesetzt werden.

3.3 Betriebsmittel

Die Fülle der in der Nutztierhaltung verwendeten Betriebsmittel schließt Substanzen ein, die hautreizend, allergisierend sowie hautresorptiv sein können. Hierzu zählen z.B. Desinfektionsmittel, Pestizide oder Tierarzneimittel.

Literatur

ANONYMOUS (2002): Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen - Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 4.11.2002, BGBl. I

ANONYMOUS (2002): TRGS 900, BAbl 10/2002

ANONYMOUS (2002): Richtlinie 2002/44/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25.Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen), ABl. L 177, 13-19

ANONYMOUS (1996): Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung - LasthandhabV) vom 4. Dezember 1996, BGBl. I 1996, 1841

BIA (2001): BIA-Report 4/2001: Grenzwerteliste 2000, Eigenverlag HVBG

BUNDESVERBÄNDE DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN SOZIALVERSICHERUNGSTRÄGER, Jahresberichte 1999, Eigenverlag, 2001.

Untersuchungen zur Persistenz von Tetrazyklinen in Masthähnchenfestmist*

Studies on the Persistence of Tetracycline in Poultry Manure

HEIKE ENGELS, CHRISTOPH WINCKLER

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

Schlüsselwörter: Tetrazyklin, Geflügelfestmist, Persistenz, Kompostierung
Keywords: tetracycline, poultry manure, persistence, composting

Zusammenfassung

Tetrazykline stellen die bedeutendste Wirkstoffgruppe bei Fütterungsarzneimitteln dar und werden auch in der Mastgeflügelhaltung eingesetzt. Die vorliegende Untersuchung hatte daher zum Ziel, das bisher weitgehend unbekannte Verhalten dieser Stoffgruppe im anfallenden Festmist zu untersuchen. Dazu erhielten jeweils zwei Gruppen à 75 Masthähnchen mit Tetrazyklin-HCl (TC) dotiertes Futter (0,5 bzw. 1 g/kg) über einen Zeitraum von 10 Tagen. Die höchste TC-Ausscheidung erfolgte in den letzten 3 Behandlungstagen, bis 5 Tage nach Applikationsende war TC im Kot nachweisbar. Nach Lagerung (aerob bzw. anaerob) des angefallenen Mistes über einen Zeitraum von drei Monaten waren noch TC-Gehalte von 20–40 % der Ausgangskonzentration nachweisbar (Bestimmungsgrenze 1 ppm); die Lagerungsvariante hatte darauf keinen Einfluss. Die Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass die Temperaturentwicklung zu Beginn der Lagerung einen beschleunigten Abbau von TC zur Folge hatte.

Summary

Tetracyclines are widely used in feed medication and also play an important role in poultry meat production. However, there is only limited knowledge on the fate of this substance class in poultry manure. Therefore, two groups of 75 broiler chickens each were fed rations containing either 0.5 or 1 g tetracycline hydrochloride (TC) per kg feed for 10 days. The highest elimination of TC took place during the last 3 days of treatment. Up to 5 days after the end of the application, TC could be detected in the feces samples (limit of quantification 1 ppm). Independently of the storage conditions (aerobic and anaerobic, resp.), 20 to 40 % of the initial concentration of TC were found in the substrate after a storage period of 3 months. However, first results indicate that the pronounced temperature rise at the beginning of the storage period accelerated the degradation of TC.

* Mit freundlicher Unterstützung durch das Umweltbundesamt, Berlin.

1 Einleitung

Bei der medizinischen Behandlung landwirtschaftlicher Nutztiere werden in großem Umfang u. a. Antibiotika eingesetzt. Quantitativ am bedeutendsten sind die Tetracykline, die ein relativ großes Wirkungsspektrum aufweisen (Breitbandantibiotika). Tetracykline zählen zu den so genannten Altpräparaten, für deren Zulassung bisher keine Umweltverträglichkeitsprüfung gefordert war. Bei Applikation gelangt der Wirkstoff in unterschiedlichen Mengen durch die Ausscheidungen in Wirtschaftsdünger. Untersuchungen zum Eintrag in Schweinegülle haben am Beispiel des Tetracyklin-HCl (TC) gezeigt, dass TC in dieser Wirtschaftsdüngerart eine ausgeprägte Persistenz aufweist (WINCKLER und GRAFE 2001) und häufig in Schweinegülle nachgewiesen werden kann (GRAFE 2001, HÖPER et al. 2002). In einer Auswertung tierärztlicher Herstellungsaufträge entfielen 1997 etwa 20 % des Gesamt-Tetracyklin-Aufwands auf die Geflügelhaltung, vor allem auf die Hähnchen- und Putenmast. (GRAFE 2001). Gegenstand der vorliegenden Untersuchung waren daher das Ausscheidungsverhalten von oral verabreichtem TC bei Masthähnchen und das Lagerverhalten im Festmist.

2 Ausscheidungsverhalten von oral verabreichtem Tetracyklin durch Masthähnchen

Versuchsaufbau

Insgesamt 450 Eintagsküken der Herkunft Ross wurden in 6 Gruppen à 75 Tiere aufgeteilt und in Abteilen auf Strohhäcksel gehalten (Besatzdichte: 19 Tiere/m²). Tetracyklin-HCL wurde während der ersten 10 Lebenstage in 2 Dosierungen mit dem Starterfutter verabreicht; je Versuchsglied standen 2 Gruppen (insgesamt 150 Tiere) zur Verfügung:

Variante A: 0,5 g TC/kg Futter (Gruppen V1 und V3)

Variante B: 1,0 g TC/kg Futter (Gruppen V4 und V6)

Variante C: Kontrolle (Gruppen V2 und V5)

Futter und Wasser standen ad libitum zur Verfügung. Insgesamt nahmen die Tiere der Variante A 10,01 g (V1) bzw. 9,98 g (V3) und die Tiere der Variante B 18,68 g (V4) bzw. 20,58 g (V6) TC über das Futter auf. Während und nach der TC-Applikation wurden regelmäßig frische Kotproben (Mischproben) aus den Abteilen gewonnen.

Ergebnisse

Im Folgenden sind die Gesamtkonzentrationen von TC sowie des Hauptmetaboliten 4-Epi-Tetracyklin in den frischen Ausscheidungen der jeweiligen Masthähnchengruppen dargestellt. Die Analyse erfolgte mittels HPLC und UV-Detektion bei einer Bestimmungsgrenze von 1 ppm im Ausgangssubstrat. Erst ab Tag 5 konnte aufgrund der vorher zu geringen Kotmenge der Tiere genügend Probenmaterial gewonnen werden, so dass eine Analyse auf TC durchgeführt werden konnte. Die Konzentration an TC in den Ausscheidungen der höher dosierten Fütterungsvariante B zeigt einen ähnlichen Verlauf wie Variante A (Abb. 1).

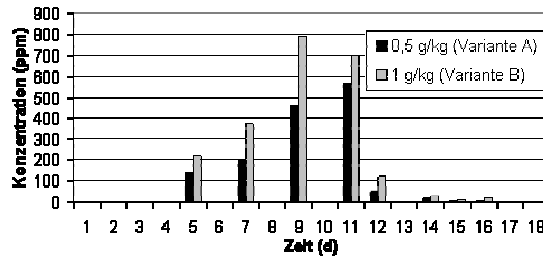


Abb. 1: Mittlere Gesamt-TC-Konzentration (ppm) einschließlich 4-Epi-Tetracyclin in den frischen Ausscheidungen der Behandlungsvarianten A und B

Mean concentration of tetracycline including 4-epi-tetracycline in fresh excrements of treatments A and B

Mit dem Ende der Medikation an Tag 11 ist ein starker Abfall in der Wirkstoffkonzentration im Hühnerkot zu verzeichnen. Auffällig ist der unterschiedliche Zeitpunkt der jeweiligen Maximalkonzentration an TC. Bei einer Dosierung von 0,5 g/kg Futter (Variante A) liegt dieser bei ca. 570 ppm an Tag 11, wogegen Variante B (1 g/kg Futter) mit ca. 790 ppm an Tag 9 zwei Tage früher die Maximalkonzentration erreicht. Vergleicht man beide Fütterungsgruppen direkt miteinander, so zeigt sich deutlich bei Variante B die zu allen Zeitpunkten höhere Konzentration an TC im Kot. Obwohl Variante B die doppelte TC-Dosis erhalten hat, liegt die Ausscheidung des Wirkstoffes jedoch nicht im gleichen Verhältnis höher. Beiden Fütterungsgruppen ist gemeinsam, dass TC bis zum fünften Tag nach der letzten TC-Gabe in den Ausscheidungen der Gruppen noch nachweisbar war.

3 Persistenz von Tetracyclin in Masthähnchenfestmist

Versuchsaufbau

Die Persistenz von TC in Masthähnchenfestmist wurde in einem Versuch mit handelsüblichen Kompostbehältern untersucht. Der Masthähnchenfestmist der Varianten A und B wurde über einen Zeitraum von 3 Monaten aerob (locker aufgeschichtet, einmaliges Umsetzen) bzw. anaerob (mechanische Verdichtung nach Einfüllen, kein Umsetzen) gelagert. Die Beprobung der Kernzone des Behälterinhalts erfolgte mittels einer speziell angefertigten Fräse in regelmäßigen Abständen von 2 Wochen.

Ergebnisse

Zu Beginn der Lagerung stieg die Temperatur in den Kompostbehältern durch die biologische Aktivität bedingt stark an (von 22 °C auf ca. 55 °C); zwischen aerober und anaerober Lagerung bestand kein Unterschied. In diesem Zeitraum erfolgte der stärkste Abbau des TC (Abb. 2).

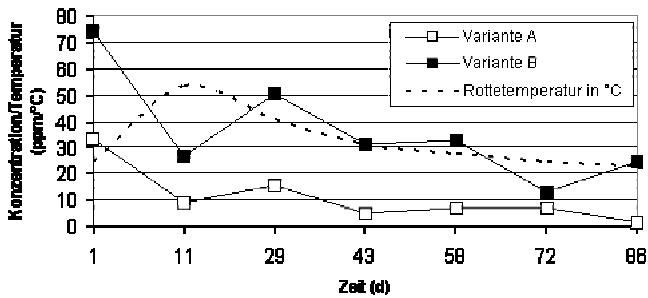


Abb. 2: Mittlere Konzentration an Tetrazyklin bezogen auf den Trockensubstanzgehalt (ppm) im Masthähnchenfestmist der Fütterungsvarianten A und B sowie Temperaturverlauf im Substrat während der dreimonatigen Lagerung

Time course of tetracycline concentration (mean of 2 containers) based on dry matter content (ppm) in poultry manure from treatments A and B and substrate temperature over the storage period of three months

4 Schlussfolgerung

Im Vergleich zu Untersuchungen an Schweinegülle erwies sich TC in Masthähnchenfestmist als weniger persistent. Dennoch fand durch eine längere Lagerung und Kompostierung kein vollständiger Abbau statt. Die vorliegenden Ergebnisse machen daher deutlich, dass auch über Festmist aus der Masthähnchenhaltung ein Eintrag von TC in den Boden stattfinden kann.

Literatur

- GRAFE, A. (2001): Dissertation Göttingen: Cuvillier Verlag
 HÖPER, H. et al (2002): Zeitschrift Bodenschutz 4: 141–148
 WINCKLER, C. und GRAFE, A. (2001): Journal of Soils and Sediments 1 (2): 66–70

Luftkeimgehalte (Bioaerosole) in je einer landwirtschaftlichen und gewerblichen Biogasanlage (Kofermentation)

Germ Concentrations in the Air (Bioaerosols) in an Agricultural and in a Commercial Biogas Plant (Cofermentation)

RENATE HAUMACHER¹, WERNER PHILIPP¹, WOLFRAM MARTENS²,
REINHARD BÖHM¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Umwelt- und Tierhygiene, 70599 Stuttgart

² Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, 70182 Stuttgart

Schlüsselwörter: Luftkeimgehalte, Bioaerosole, Biogasanlagen

Keywords: germ concentrations in the air , bioaerosols, biogas plants

Zusammenfassung

Da bisher wenige Untersuchungen zur Emission von Bioaerosolen aus Biogasanlagen vorliegen, wurden Untersuchungen zur Erfassung der Keimgehalte in der Umgebungsluft verschiedener Funktionsbereiche in Biogasanlagen durchgeführt. Dabei galt es festzustellen, ob sich die zur Beurteilung der Emissionssituation von Kompostierungsanlagen verwendeten Indikatorkeime auch für die Beurteilung der Luftkeimsituation in Biogasanlagen eignen. Es zeigte sich, dass die gemessenen Werte in den beiden Anaerobanlagen vergleichbar mit den in Kompostierungsanlagen waren. Die Konzentrationen an anaeroben Bakterien und anaeroben Sporenbildnern wiesen im Mittel bis zu 2–3 Zehnerpotenzen höhere Werte auf als die Hintergrund-Werte. Ob die anaerobe Gesamtbakterienzahl und die anaeroben Sporenbildner für die Beurteilung der Emissionssituation von Biogasanlagen geeignet sind, muss in weiteren Untersuchungen abgeklärt werden.

Summary

Due to the number of studies on the emission of bioaerosols from biogas plants, we carried out investigations to determine the germ concentrations in the air of various functional areas in biogas plants. The purpose of our study was to determine whether the model germs used to assess the air germ situation in composting plants are also appropriate for biogas plants. The study showed that the values measured in both biogas plants were comparable to those in the composting plants. The concentrations of anaerobic bacteria and anaerobic spore-forming bacteria were 2 to 3 decimal powers higher on average than background values. Additional studies are necessary to determine whether the total anaerobic bacteria count and anaerobic spore-forming bacteria are suitable for assessing the emission situation on biogas plants.

Einleitung

Bisher liegen zahlreiche Untersuchungsergebnisse zur Emission von Bioaerosolen aus Kompostierungsanlagen vor. Dagegen sind nur sehr wenige Daten zur Emission von Bioaerosolen aus Biogasanlagen vorhanden. Ziel dieser Untersuchungen war zum einen die Erfassung der Keimgehalte in der Umgebungsluft verschiedener Funktionsbereiche in einer landwirtschaftlichen und einer gewerblichen Biogasanlage. Zum anderen galt es festzustellen, ob sich die zur Charakterisierung der Emissionssituation von Kompostierungsanlagen verwendeten Parameter (Indikatorkeime) wie thermophile Actinomyceten und *Aspergillus fumigatus* für die Beurteilung der Luftkeimsituation in Biogasanlagen eignen bzw. ob nicht anaerob wachsende Keime dafür besser geeignet sind.

Methode

Die Sammlung der luftgetragenen Mikroorganismen wurde mit dem Filtrationsverfahren unter der Verwendung des MD-8-Sammelkopf der Fa. Sartorius und des PGP-GSP-Sammlers in unmittelbarer Nähe der Emissionsquelle bzw. personengetragen durchgeführt.

Die Sammlung und Aufarbeitung der Luftproben erfolgte in Anlehnung an die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe TRBA 405 und 430. Die Messungen wurden mit dem MD-8-Sammelkopf mit einem Volumenstrom von 30 l/min und mit dem PGP-GSP-System mit 3,5 l/min durchgeführt. Die Sammelzeit betrug 10 min.

Es wurden folgende Parameter untersucht: Gesamtbakterienzahl, Gesamtschimmelpilzzahl, *Aspergillus fumigatus*, thermotolerante Schimmelpilze, thermophile Actinomyceten, anaerobe Gesamtbakterienzahl, anaerobe Sporenbildner und *Clostridium perfringens*.

Ergebnisse

Bei den Messungen in den verschiedenen Funktionsbereichen der Biogasanlagen zeigte sich, dass die Bioaerosolkonzentrationen an den Standorten am höchsten waren, wenn Materialbewegungen (Bioabfall- und Speiseabfallanlieferung, Aufbereitung) stattfanden. Insgesamt gesehen, sind die Ergebnisse vergleichbar mit Werten, wie sie bei Untersuchungen in Kompostierungsanlagen ermittelt werden. Die Konzentrationen an Gesamtbakterien bewegten sich zwischen nicht nachweisbar und $9,9 \times 10^5$ KBE/m³. Die Gehalte an mesophilen Schimmelpilzen erreichten Werte von $7,7 \times 10^2$ und $1,1 \times 10^5$ KBE/m³. Thermotolerante Schimmelpilze und *Aspergillus fumigatus* wurden in Konzentrationen bis zu $7,8 \times 10^4$ KBE/m³ ermittelt. Die maximale Konzentration an thermophilen Actinomyceten betrug $5,0 \times 10^4$ KBE/m³. Die Konzentrationen an anaeroben Bakterien und anaeroben Sporenbildnern wiesen im Mittel bis zu 2-3 Zehnerpotenzen höhere Werte auf als die Hintergrund-Werte. *Clostridium perfringens* konnte qualitativ nachgewiesen werden. Eine Auswahl der Ergebnisse ist in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt.

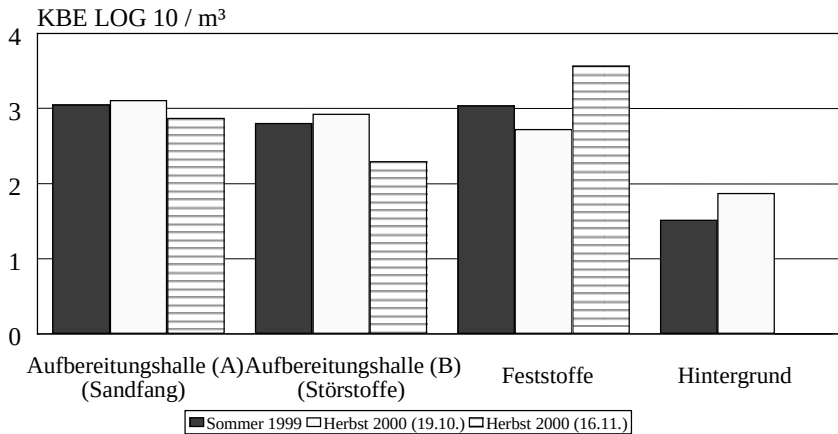


Abb. 1: Durchschnittliche Konzentrationen an anaeroben Bakterien in der Luft einer gewerblichen Biogasanlage in Abhängigkeit von verschiedenen Funktionsbereichen
 Average concentrations of anaerobic bacteria in the air of various functional areas of a commercial biogas plant

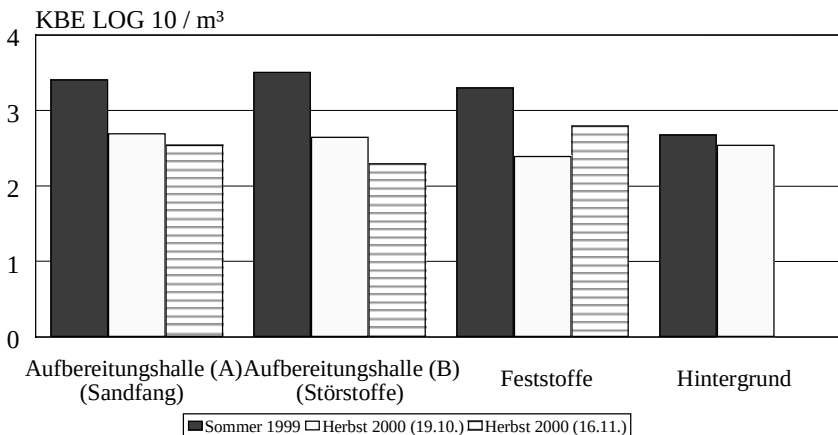


Abb. 2: Durchschnittliche Konzentrationen an anaeroben Sporenbildnern in der Luft einer gewerblichen Biogasanlage in Abhängigkeit von verschiedenen Funktionsbereichen
 Average concentrations of anaerobic spore-forming bacteria in the air of various functional areas of a commercial biogas plant.

Schlussfolgerungen

Die ermittelten Konzentrationen für Gesamtbakterien, mesophile und thermotolerante Schimmelpilze, sowie *Aspergillus fumigatus* und thermophile Actinomyceten liegen in Bereichen wie sie in Kompostierungsanlagen ermittelt werden. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da sich die Funktionsbereiche Anlieferung und Aufbereitung sowie das Ausgangsmaterial Bioabfall nicht wesentlich von denen in Kompostierungsanlagen unterscheiden.

Die anaerobe Gesamtbakterienzahl und anaerobe Sporenbildner scheinen geeignete Indikatorkeime für die Beurteilung der Emissionssituation von Biogasanlagen zu sein. Ob sich diese Parameter auch für die Beurteilung von Immissionen eignen, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Die Standardisierung der Messverfahren, der Probenaufarbeitung und der Nachweismethoden (insbesondere von mesophilen Bakterien, anaeroben Bakterien und anaeroben Sporenbildnern) muss weiter forciert werden, um die ermittelten Daten mit anderen Untersuchungen vergleichen zu können.

Zum Vorkommen von Pilzen und Hefen in der Schweinehaltung in Abhängigkeit der Stalleinrichtung und Fütterungstechnik

To the Occurrence of Moulds and Yeasts in Pig Stalls in Dependence of the Sty Facilities and Feeding Technology

MARTINA RETTENMAIER¹, RENATE HAUMACHER¹, WOLFRAM MARTENS²,
REINHARD BÖHM¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Umwelt und Tierhygiene, 70599 Stuttgart

² Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum, Baden Württemberg, 70182 Stuttgart

Schlüsselwörter: Schimmelpilze, Hefen, Schweineställe,
Keywords: moulds, yeasts, pigstys,

Zusammenfassung

Mit 3 verschiedenen Luftkeimsammlern (PGP-GPS-Sammler, 6-stufiger-Andersensammler und Respicon) wurden in einem Schweinezuchtbetrieb in verschiedenen Funktionsbereichen (Wartestall, Abferkelstall, Läuferstall und Jungsauenaufzuchtstall) mit Flüssig- oder Trockenfütterung zur Fütterungszeit und während der Ruhephase Luftkeimproben gezogen.

Untersucht wurden die Proben auf koloniebildende Einheiten (KBE) von thermotoleranten und mesophilen Schimmelpilzen und Hefen und auf den Total Fungal Count (TFC) mittels CAMNEA-Methode.

Die gemessenen kultivierbaren Keimkonzentrationen in den Stallungen waren gering. Der TFC war um ein Vielfaches höher als die kultivierbaren Einheiten.

Es wurde weder bei Flüssigfütterung noch bei Fütterung von trockenem, mehligem Sauenfutter im Vergleich von Fütterungsphase zur Ruhephase ein Anstieg der Schimmelpilzsporen und Hefen gemessen.

Summary

Air samples were collected in various areas of a pig confinement (waiting barn, farrowing barn, young pig barn and raising barn) with liquid- or try-feeding while feeding and rest-phase using 3 different Aerosol samplers (PGP-GPS-Sampler, 6-stage-Andersen-Sampler and Respicon).

The Air samples were tested for colony forming units (CFU) of thermo-tolerant and mesophilic moulds and yeasts and for total fungal count (TFC) using the CAMNEA-method.

The cultivatable germ concentrations measured in the pig houses were low. The TFC was many times higher than the CFU.

There was no increase in airborne organisms between feeding and rest phases regardless of the type of feed offered (wet or dry).

Einleitung

Der technische Fortschritt in der Fütterung und Haltung von Schweinen ersetzt nicht den Aufenthalt von Personen in den Stallungen zur Beobachtung der Tiere und Betreuung der technischen Geräte. Mit dem verlängerten Aufenthalt – infolge größerer Tierbestände – sind diese Personen vermehrt Bioaerosolen ausgesetzt, von denen vor allem Schimmelpilze als Auslöser von Allergien und Krankheiten der Lunge, wie Aspergillose, Farmerlunge etc. gelten.

Deshalb wurden in 4 Stallbereichen eines landwirtschaftlichen Betriebes (Wartestall, Abferkelstall, Läuferstall, Aufzuchtstall) bei verschiedenen Fütterungssystemen während und nach der Fütterung Luftkeimmessungen zur Feststellung des Schimmelpilz- und Hefengehaltes durchgeführt. Es wurde der Gesamtsporengehalt in der Luft bestimmt (= Total Fungal Count), auf mesophile und thermotolerante Schimmelpilze bzw. auf mesophile und thermotolerante Hefen untersucht.

Material und Methoden

Die Luftkeimmessungen wurden in 4 Stallbereichen eines Betriebes durchgeführt. Hierbei handelt es sich um einen Wartestall, einen Abferkelstall, einen Läuferstall und einen Aufzuchtstall. Die Ställe werden in Tabelle 1 näher beschrieben.

Tab. 1: Darstellung der Stallsysteme in denen die Luftkeime bestimmt wurden bezüglich Bauweise, Tierplätze, Aufstallung, Stallboden, Lüftungssystem und Fütterung

Description of stall systems in which airborne organisms were identified – correlation with building type, animal areas, stall floor, ventilation systems and feeding systems

	Wartestall	Abferkelstall	Läuferstall	Aufzuchtstall
Bauweise	massiv	massiv	massiv	massiv
Tierplätze	74	6	60	80
Aufstallung	Kastenstände kombiniert mit Gruppenhaltung	Buchten mit Kastenständen für die Sauen	2 Gruppen a 30 Tiere	8 Gruppen a 10 Tiere
Boden	Betonspalten	Betonspalten	Betonspalten	Betonspalten
Lüftungssystem	Unterdruck	Überdruck	Unterdruck	Unterdruck
Zuluft	Über Öffnungen in der Außenwand	1 Zuluftkamin	Rieselkanal	Modifizierte Türganglüftung
Abluft	3 Abluftkamine	In den Wartestall	1 Abluftkamin	2 Abluftkamine
Fütterung	Trocken, von Hand	Trocken Volumendosierer	Nass, Sondenfütterung	Nass, Flüssigfütterung, Quertrog

Die Luftkeime wurden mit einem PGP-GSP-System, einem 6-stufigen-Andersenssammler und einem Respicon gesammelt; das erste Mal während der Fütterungszeit der Schweine, das zweite Mal während der Ruhephase. Am gleichen Tag wurde mit denselben Geräten jeweils die Konzentration in der Außenluft ermittelt. Untersucht wurden die Proben auf den gesamten Sporengehalt (=Total Fungal Count) mittels CAMNEA-Methode, auf mesophile und thermotolerante Schimmelpilze bzw. auf mesophile und thermotolerante Hefen.

Hefen. Hierbei wurden die vorgeschriebenen Methoden und Verfahren nach TRBA 405 (ANONYMUS 2001a) TRBA 430 (ANONYMUS, 2001b) angewandt.

Mit dem 6-stufiger-Andersen-Sammler wurde die prozentuale Verteilung der luftgetragenen Schimmelpilze und Hefen auf den 6 Stufen untersucht, von welcher auf die absolute Partikelgröße und die physiologische Retention der Partikel im menschlichen Atemtrakt geschlossen werden kann.

Ergebnisse

Die Konzentrationen der mesophilen Schimmelpilze unterschieden sich in den verschiedenen Stallungen nicht erheblich. Die ermittelten Mediane lagen im Bereich zwischen 900 KBE/m³ im Abferkelstall und 610 KBE/m³ Luft im Läuferstall. Die Keimgehalte in Wartestall und Aufzuchtstall lagen dazwischen (vgl. Tabelle 2).

Tab. 2: Luftkeimkonzentrationen in den verschiedenen Stallsystemen (Mediane)
Concentrations of airborne organisms in the different stall systems (median)

	Wartestall	Abferkelstall	Läuferstall	Aufzuchtstall
Mesophile Schimmelpilze (KBE/m ³)	7,9*10 ²	9,0*10 ²	6,1*10 ²	6,5*10 ²
Thermotolerante Schimmelpilze (KBE/m ³)	1,2*10 ⁰	4,8*10 ⁰	5,4*10 ⁰	4,8 *10 ⁰
Mesophile Hefen (KBE/m ³)	0,0*10 ⁰	3,2*10 ¹	4,2*10 ¹	0,0*10 ⁰
Thermotolerante Hefen (KBE/m ³)	0,0*10 ⁰	3,5*10 ⁰	0,0*10 ⁰	0,0*10 ⁰
Total Fungal Count (Sporen/m ³)	1,2*10 ⁶	1,2*10 ⁶	9,4*10 ⁶	2,1*10 ⁶

Thermotolerante Schimmelpilze waren in kleineren Mengen als mesophile Schimmelpilze vorhanden. Die Mediane lagen in allen Ställen im einstelligen Bereich.

Die Konzentrationen der Hefen in der Stallluft waren erheblich geringer als die der Schimmelpilze. Im Wartestall und im Aufzuchtstall waren die Konzentrationen so gering, dass sie mit dem ermittelten Median nicht zu erfassen waren.

Thermotolerante Hefen waren im Wartestall, im Läuferstall und im Aufzuchtstall nicht nachzuweisen. Im Abferkelstall konnten an 2 von 3 Messtagen, thermotolerante Hefen nachgewiesen werden.

Die ermittelten Mediane des gemessenen Total Fungal Count, lagen in einem Bereich von 1,2*10⁶Sporen/m³ im Abferkel- und Wartestall, bei 2,1*10⁶ Sporen/m³ im Aufzuchtstall und in Läuferstall wurden durchschnittlich 9,4*10⁶ Sporen/m³ ermittelt. Im Vergleich zum Abferkel- und Wartestall lagen die Werte im Aufzuchtstall um das 1,75-fache höher, im Läuferstall um das 7,8-fache.

Sowohl zwischen Fütterungs- und Ruhephase als auch den Fütterungsart (Flüssig, Trocken) konnten keine nennenswerten Unterschiede in den Keimkonzentrationen der Luft festgestellt werden.

44–54 % der kultivierbaren mesophilen Schimmelpilzsporen, welche in den Ställen vorkamen, hatten eine Größe zwischen 1,1 und 2,1µm, gelten somit als bronchiolengängig (in der Außenluft 39 %). Bei 5–21 % der Sporen bestand aufgrund ihrer Größe (1,1–0,65 µm) die Gefahr, dass sie bis zu den Alveolen vordringen (in der Außenluft 11%).

39–56 % der kultivierbaren Hefen die in den Ställen zu finden waren, lagen in einem Größenbereich von $>7\mu\text{m}$ (in der Außenluft 14 %), wurden daher bereits in der Nase zurückgehalten. In der Außenluft betrug der bronchiolengängige Anteil der Hefen 38 % (in den Ställen 8–33%).

Schlussfolgerung

Die Konzentrationen an mesophilen und thermotoleranten Schimmelpilzen und Hefen unterscheiden sich in den verschiedenen Stallungen auch bei unterschiedlichen Fütterungssystemen (Flüssig, Trocken) nicht nennenswert. Im Arbeitsbereich „Schweinestall“ sind durch die Schimmelpilz- und Hefekonzentrationen (welche in dieser Größenordnung auch in der Außenluft vorkommen) bei Personen mit gesunden Atemwegen und Immunsystemen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Schimmelpilze und Hefen zu erwarten. Es sollten weitere vergleichende Untersuchungen in einer größeren Anzahl von Betrieben und Stallungen unter Einbeziehung von arbeitsmedizinischen Fragestellungen durchgeführt werden.

Literatur

ANONYMOUS (2001a): Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 405. Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe. B ArbBl 5/2001, 58-61,

ANONYMOUS (2001b): Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 430. Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz. B ArbBl 8/2001, 79-83,

RETTENMAIER, M. (2002): Untersuchung der Luft in konventionellen Schweineställen auf den Gehalt an mesophilen und thermotoleranten Schimmelpilzen und Hefen unter Berücksichtigung der Fütterungssysteme. Dipl. Arb., Inst. f. Umwelt- u. Tierhyg., Univ. Hohenheim

Entwicklung eines „Methanenergiewertsystem (MEWS)“ zur Bewertung des Methanbildungsvermögens von Biomasse

Development of the „Methane Energy Value System (MEVS)“ to Estimate Methane Productivity from Biomass

THOMAS AMON¹, VITALIY KRYVORUCHKO¹, BARBARA AMON¹, ERICH PÖTSCH²,
WERNER ZOLLITSCH³

¹ Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik (ILUET), Universität für Bodenkultur, A-1190 Wien

² Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning

³ Institut für Nutztierwissenschaften (NUWI), Universität für Bodenkultur, A-1190 Wien

Schlüsselwörter: Biogasproduktion, Methanbildung, Energiepflanzen

Keywords: biogas production, methane yield, anaerobic digestion, energy crops

Zusammenfassung

Die landwirtschaftliche Biogasproduktion aus Energiepflanzen und Wirtschaftsdüngern birgt erhebliche Potentiale im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes. Die Wertschöpfung in ländlichen Regionen kann gesteigert werden. Für einen wirtschaftlichen und störungsfreien Anlagenbetrieb muss der Methanertrag kalkuliert werden können. Aus diesem Grund entwickelte das ILUET das Methanenergiewertsystem (MEWS). Es ermöglicht die Berechnung der Methanproduktivität von Gärsubstraten, wenn deren Roh Nährstoff-Zusammensetzung bekannt ist. Das neue MEWS ermöglicht die optimale Versorgung der Mikroorganismen mit Nährstoffen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die anaerobe Vergärung von Biomasse in praktischen Biogasanlagen zu optimieren und die Methanproduktionskapazität von Gärsubstraten in der Praxis maximal auszunutzen.

In einem ersten Schritt wurde das MEWS für die anaerobe Vergärung von Klee- und Maisgras verschiedener Sorten und Wachstumsstadien in Laborversuchen entwickelt. Der Methanenergiewert von Maisgras schwankte zwischen 247 und 375 N I CH₄ (kg oTS)⁻¹. Für Klee- und Maisgras wurden Methanenergiewerte von 290 bis 390 N I CH₄ (kg oTS)⁻¹ gemessen.

Summary

Agricultural biogas production from energy crops and manures offers environmental benefits. Added value in rural regions can be improved. Farmers must be able to estimate the methane yield that can be expected from anaerobic digestion of organic substrates in order to achieve a save and economic operation of agricultural biogas plants. ILUET developed a new "methane energy value system" (MEVS) that makes it possible to estimate methane yield of organic substrates if their nutrient composition is known. Methanogens in the digester can then be optimally supplied with nutrients. MEVS enables to optimise anaerobic digestion of biomass and to maximise methane yield.

As a first step, MEVS was developed for maize and clover grass silage. For maize silage, methane energy values between 247 and 375 N I CH₄ (kg VS)⁻¹ were measured. With clover grass silage, methane energy values varied between 290 and 390 N I CH₄ (kg VS)⁻¹.

1 Einleitung und Problemstellung

Die landwirtschaftliche Biogaserzeugung muss auf einen optimalen Gärverlauf abzielen. Ein hoher Methanertrag und ein sicherer, störungsfreier Anlagenbetrieb müssen angestrebt werden. Beide Faktoren sind für die Wirtschaftlichkeit von Bedeutung. Ein weiterer wesentlicher Wirtschaftlichkeitsfaktor ist die Anlagengröße. Der Fermenter muss so groß sein, dass er eine Verweilzeit ermöglicht, in der die organische Substanz der Gärsubstrate weitgehend abgebaut werden kann. Eine Überdimensionierung soll jedoch vermieden werden, da sie die Investitionskosten erhöht. Diese Ziele können nur erreicht werden, wenn genaue Kenntnisse über das spezifische Methanbildungsvermögen von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen vorliegen. Gärgutmischungen müssen so gestaltet werden, dass die methanbildenden Mikroorganismen optimal mit Nährstoffen versorgt werden.

Das Hauptproblem des anaeroben Abbaus liegt in der Vergärung des Ligno-Zellulose-Komplexes in der Biomasse. Es ist bekannt, dass Gerüstsubstanzen wie Lignin, Zellulose und Hemizellulose unter anaeroben Bedingungen nur schwer und verzögert abgebaut werden können (AMON et al. 2002a, b, c). Gerüstsubstanzen beeinflussen damit maßgeblich die Verfügbarkeit von Nährstoffen in der Biomasse für den anaeroben Stoffwechsel und letztendlich den Methanbildungsprozess.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war die Entwicklung eines Methanenergieewertsystems, zunächst für die Energiepflanzen Mais und Klee gras. Ähnlich wie bei der Wiederkäuerfütterung sollte anhand der Nährstoffgehalte der Energiepflanzen abgeschätzt werden, welche Methanbildung in Biogasanlagen zu erwarten ist. Hierfür waren Regressionsgleichungen zu entwickeln, mit deren Hilfe die Methanbildung errechnet werden kann.

2 Material und Methoden

Für das neu entwickelte Methanenergieewertsystem (MEWS) müssen folgende Inhaltsstoffe der Gärsubstrate bekannt sein: Rohprotein (XP), Rohfett (XL), Rohfaser (XF → NDF, ADF, ADL) und N-freie Extraktstoffe (XX). Im Labor wurden Stoff- und Energiegewichtsmessungen mit Eudiometern gemäß DIN 38414 durchgeführt und die spezifische Methanbildung ermittelt. Die im Biogas enthaltene Methanmenge wurde direkt gemessen. Für den anaeroben Energieumsatz von Biomasse wurden Bilanzstufen in Anlehnung an KIRCHGESSNER (1992) verwendet. Die Methanenergie im Biogas ergibt sich aus der Bruttoenergie im Gärgut abzüglich der Energie im Gärrückstand und abzüglich der Fermentationswärme. Der Wirkungsgrad der Methanbildung (η) errechnet sich als Quotient aus der Methanenergie im Biogas und der Bruttoenergie im Gärgut.

Das Methanbildungsvermögen der Nährstoffe wurde nicht mit reinen Nährstoffen geprüft, sondern es wurde festgestellt, welches tatsächliche Produktionsvermögen die einzelnen (Roh)-Nährstoffe aufweisen, wenn sie in Form eines natürlichen Gärgutes den Mikroorganismen im Fermenter verabreicht werden. Verschiedene Gärgüter wurden zu einem definierten Inoculum gegeben und die Methanbildung im Batchsystem experimentell geprüft. In einem weiteren Schritt soll das MEWS in der Praxis validiert werden.

Das MEWS wurde zunächst für Silomais und Klee gras entwickelt. Verwendet wurden fünf Silomais sorten mit Reife zahlen von FAO 240 bis FAO 390. Neben dem Sorteneinfluss wurde auch der Einfluss des Reifestadiums auf den Methanertrag untersucht. Die Versuche beinhalteten drei Reifestadien: Mitte bis Ende Teigreife, Ende Teigreife bis Beginn physiologische Reife und abgeschlossene physiologische Reife. Die Methanbildung von Klee gras wurde mit drei typischen Klee grasmischungen geprüft. Auch hier wurden Silagen unterschiedlicher Erntezeitpunkte verwendet: vor der Blüte, während der Blüte und nach der Blüte. Die Stoffwechselexperimente fanden jeweils in zwei- bis dreifacher Wiederholung statt.

Als Inoculum wurde aktives Gärgut einer Biogasanlage verwendet, in der Flüssigmist von 72 GVE (Bullenmast) mit 15 ha Silomais- und Sonnenblumensilage und 5 ha Wiesen grassilage bei 38 °C bis 40 °C cofermentiert wurden. Die Stoffwechselexperimente im Labor fanden ebenfalls bei 40 °C statt und erstreckten sich über rund 60 Tage. Im laufe der Gärung wurde der pH-Wert regelmäßig überprüft. Alle 7–10 Tage wurde der Methan gehalt im Biogas gemessen. Der Methanertrag wurde auf Normbedingungen (1013 mbar und 273 K) umgerechnet. Die stoffliche Zusammensetzung der Substrate wurde vor und nach der Gärung analysiert.

3 Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die multiplen linearen Regressionsgleichungen zur Berechnung der Methanenergie werte von Klee gras und Silomais anhand der Rohnährstoffgehalte. Die Methanenergie werte werden in $\text{N l CH}_4 \cdot (\text{kg oTS})^{-1}$ angegeben. Die Regressionsgleichungen zur Bestimmung der Methanenergie werte beinhalten jeweils die Ergebnisse aller Stoffwechseluntersuchungen mit siliierter Biomasse aller Sorten und Reifestadien. Durch Einsetzen der Inhaltsstoffe (in % der TS) in die Berechnungsgleichung wird der Methanenergie wert von Silomais- und Klee grassilage berechnet.

Tab. 1: Parameter der Regressionsgleichungen zur Berechnung der Methanenergie werte von Klee grassilage und Silomaisilage anhand der Rohnährstoffe und der Komponenten der Rohfaser¹⁾

Parameter	Silomaisilage	Klee grassilage
Konstante	- 9.589,88	- 959,10
Rohprotein (XP) [% TS]	105,05	19,37
Rohfett (XL) [% TS]	88,50	20,14
Rohfaser (XF) [% TS]	102,98	33,31
N-freie-Extraktstoffe (XX) [% TS]	99,27	10,28
Zellulose [% TS]	17,04	- 12,74
Hemizellulose [% TS]	4,68	- 6,75
Lignin [% TS]	2,17	1,59
Qualitätsparameter	R ² : 0,766	R ² : 0,995
Der Gesamtgleichung	n = 32 F-Wert: 3,75 Durbin-Watson-Wert: 1,649 Signifikanz: 0,042	n = 20 F-Wert: 57,32 Durbin-Watson-Wert: 2,483 Signifikanz: 0,017

¹⁾ Inhaltsstoffe werden als prozentualer Gehalt in der Trockensubstanz in die Regressionsgleichung eingesetzt.

Nachfolgend ist ein Beispiel für die Berechnung des Methanenergiewertes von Silomais-silage angeführt: $MEW = - 9.589,88 + 105,05 * 9,12 \% XP + 88,50 * 3,42 \% XL + 102,98 * 23,67 \% XF + 99,27 * 60,01 \% XX + 17,04 * 4,27 \% \text{Zellulose} + 4,68 * 35,57 \% \text{Hemizellulose} + 2,17 * 25,38 \% \text{Lignin} = 359,9 \text{ N l CH}_4 * (\text{kg oTS})^{-1}$.

Wie die Kennwerte in Tabelle 1 zeigen, können die Methanenergiewerte von Silomais-silage und Klee-grassilage anhand der dargestellten Regressionsparameter genau ($R^2 = 0,766$) bis hoch genau ($R^2 = 0,995$) und sicher ($p = 0,042$, bzw. $0,017$) berechnet werden. Die Gleichungen zeigen weiterhin, dass die Komponenten Zellulose, Hemizellulose und Lignin wenig zum Methanenergiewert beitragen und dass Zellulose und Hemizellulose bei Klee-grassilage den Methanenergiewert mindern.

Für Silomais wurden Methanenergiewerte zwischen 247 und 375 N l $\text{CH}_4 * (\text{kg oTS})^{-1}$ ermittelt. Bei Klee-grassilage schwankte der Methanenergiewert zwischen 290 und 390 N l $\text{CH}_4 * (\text{kg oTS})^{-1}$.

Bei Klee-gras wurde folgender Wirkungsgrad der Methangärung (η) in Abhängigkeit vom Methanenergiewert ermittelt: $\eta = 0,088 + 0,0019 * \text{Methanenergiewert [N l CH}_4 * (\text{kg oTS})^{-1}]$ ($R^2 = 0,981$; $p < 0,000$). Bei einem Methanenergiewert von 240 N l $\text{CH}_4 * (\text{kg oTS})^{-1}$ weist die Methangärung einen energetischen Wirkungsgrad von 0,56 auf. Steigt der Methanenergiewert des Klee-grases auf einen oberen Wert von 380 N l $\text{CH}_4 * (\text{kg oTS})^{-1}$, so erhöht sich der energetische Wirkungsgrad der Methangärung auf 0,83.

Literatur

AMON, TH.; HACKL, E.; JEREMIC, D.; AMON, B. (2002a): Kofermentation von Wirtschaftsdüngern mit Energiegräsern in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Optimierung der Gärutmischungen und des Biogasertrages; Endbericht an die Kammer der Wiener Wirtschaft

AMON, TH.; KRYVORUCHKO, V.; AMON, B.; MOITZI, G.; BUGA, S.; ZOLLITSCH, W. (2002b): Methanbildungsvermögen von Mais – Einfluss der Sorte, der Konservierung und des Erntezeitpunktes; Endbericht im Oktober 2002. Im Auftrag von Pioneer Ges.m.b.H. Parndorf (Austria)

AMON, TH.; KRYVORUCHKO, V.; AMON, B.; MOITZI, G.; LYSON, D.F.; HACKL, E.; JEREMIC, D.; ZOLLITSCH, W.; PÖTSCH, E.; MAYER, K.; PLANK, J. (2002c): Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee-gras, Erster Zwischenbericht August 2002; Forschungsprojekt Nr. 1249 GZ 24.002/59-IIA1/01. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft.

DIN 38 414 (1985): Bestimmung des Faulverhaltens „Schlamm und Sedimente“

KIRCHGESSNER, M. (1992): Tierernährung, 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden aus Mitteln des Österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft und der Fa. Pioneer Saaten Ges.m.b.H gefördert.

Untersuchungen zur Validität des Tiergerechtheitsindex TGI 35 L/1995 für Mastschweine bei der Bewertung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen

Investigations of Validity of Animal Welfare Assessments by the TGI 35 L Austrian Animal Needs Index for Fattening Pigs

ELFRIEDE OFNER¹, THOMAS AMON², MARTINA FRÖHLICH², BARBARA AMON², JOSEF BOXBERGER²

¹ Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft, BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning

² Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik, Universität für Bodenkultur Wien, Nussdorfer Lände 29–31, A-1190 Wien

Schlüsselwörter: Tiergerechtigkeit, TGI, Schweine, Validität, Verhalten, Gesundheit
Keywords: animal welfare, ANI, behaviour, health, pigs, validity

Zusammenfassung

Die Beurteilung der Tiergerechtigkeit von Nutztierhaltungssystemen gewinnt international immer größere Bedeutung. In Österreich wird der Tiergerechtheitsindex TGI 35 L als praktikables und genaues Beurteilungssystem umfangreich angewendet. Ein wichtiges Qualitätskriterium eines Beurteilungsinstrumentes ist seine Aussagesicherheit (Validität). Diese wurde durch einen Vergleich zwischen dem TGI-Bewertungsergebnis und dem Verhalten und der Gesundheit der im jeweiligen Haltungssystem lebenden Tiere untersucht. Auf 10 mastschweinehaltenden Betrieben wurden Verhaltensweisen der Funktionskreise Ausruhverhalten, Komfortverhalten, Sozialverhalten, Erkundungsverhalten und Ausscheideverhalten direkt beobachtet und Tiergesundheitsparameter nach einer abgekürzten Form des „Allgemeinen klinischen Untersuchungsganges“ mit spezieller Berücksichtigung der Hautoberfläche, des Haarkleides und der Klauen erhoben. Korrelationsberechnungen zwischen den Häufigkeiten der beobachteten Verhaltens- und Gesundheitsparameter und der Gesamt-TGI-Punktezahl, den Punktezahlen der fünf Einflussbereiche des TGI 35 L und mit den Punktezahlen der 22 Einzelkriterien des TGI-Bewertungssystems zeigten klare Zusammenhänge. Dies weist auf eine gute Aussagesicherheit (Validität) des TGI 35 L für Mastschweine hin.

Summary

On-farm assessment of animal welfare is a subject of growing international concern. In Austria the TGI 35 L Animal Needs Index is broadly used as a feasible and precise assessment tool. An important quality criteria of an assessment system is its validity. Validity was investigated by correlating parameters of animal behaviour and health with the results of TGI assessments in 10 houses for fattening pigs. Clear correlations could be shown, that indicate good validity of the TGI 35 L for fattening pigs.

1 Einleitung

International besteht ein großer Bedarf nach geeigneten Methoden zur Beurteilung der Tiergerechtheit von Haltungssystemen für landwirtschaftliche Nutztiere. Derartige Beurteilungsinstrumente müssen im wesentlichen drei Qualitätskriterien erfüllen: Erhebungsgenauigkeit, Aussagesicherheit (Validität) und Praktikabilität. Der in Österreich entwickelte und breit angewendete Tiergerechtheitsindex TGI 35 L hat sich als praktikables und genaues Beurteilungssystem auf betrieblicher Ebene erwiesen (BARTUSSEK 1985, BARTUSSEK 1999, OFNER et al. 2002a, OFNER et al. 2002b). Im vorliegenden Beitrag werden neueste Ergebnisse zur Validität des TGI 35 L für Mastschweine (BARTUSSEK 1995) vorgestellt. Das Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik der Universität für Bodenkultur Wien ging dabei der Frage nach, ob die im TGI verwendeten Parameter eine klare Aussage zur Tiergerechtheit eines Haltungssystems und zum Wohlbefinden der darin lebenden Tiere zulassen. Die Untersuchungen sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit ein Zusammenhang zwischen der TGI-Punktezah (Tiergerechtheit des Haltungssystems) und dem Gesundheitszustand und dem Verhalten der im jeweiligen Haltungssystem lebenden Tiere besteht.

2 Material und Methode

Aus eingehenden Literaturstudien und Fragebogenerhebungen unter Experten im Bereich der artgemäßen Nutztierhaltung wurden Verhaltens- und Gesundheitsparameter ausgewählt, die in einem kausalem Zusammenhang zum Haltungssystem stehen und somit für einen Vergleich mit der TGI-Punktezah geeignet erschienen. Diese Parameter wurden auf 10 mastschweinehaltenden Betrieben (Tab. 1) an insgesamt 136 Tiere im mittleren Mastabschnitt (ca. 50–70 kg Lebendgewicht) erhoben. Die Haltungssysteme wiesen TGI-Punktezahlen innerhalb einer Spanne von 12,5 bis 33,5 auf.

Tab. 1. Eckdaten der 10 besuchten mastschweinehaltenden Betriebe
Details of the 10 houses for fattening pigs visited in course of the investigations

Betrieb Nr.	Tierzah ¹	TGI-Punktezah	Biobetrieb	Buchtenform ²	Bodenbeschaffenheit der Bucht	Funktionsbereiche	Stroheinstreu [kg/Tier u. Tag]	Auslauf
1	11	12,5		EB	Vollspalten	kombiniert	-	
2	21	15		EB	Vollspalten	kombiniert	-	
3	15	16		EB	planbefestigt	getrennt	-	✓
4	12	20,5		ZB (KH)	Teilspalten	getrennt	-	
5	10	22,5		EB	planbefestigt	getrennt	0,1	✓
6	14	22,5		ZB (KH)	Teilspalten	getrennt	-	
7	7	29	✓	ZB	planbefestigt	getrennt	1	
8	20	30	✓	EB	planbefestigt	getrennt	1	✓
9	12	33,5	✓	EB	planbefestigt	getrennt	1	✓
10	14	33,5	✓	EB	planbefestigt	getrennt	1	✓

¹ Tierzahl in der beobachteten Bucht

² EB = Einfächenbucht, ZB = Zweifächenbucht, KH = Kistenhaltung

Auf jedem Betrieb wurden die Tiere über einen Zeitraum von zwei aufeinander folgenden Tagen auf **Verhaltensweisen** der Funktionskreise Ausruhverhalten, Komfortverhalten, Sozialverhalten, Erkundungsverhalten und Ausscheideverhalten direkt beobachtet. Der Beobachtungstag unterteilte sich in vier jeweils zweistündige Beobachtungsperioden zwischen 7.00 und 17.00 Uhr. Die **Tiergesundheitsparameter** wurden nach einer abgekürzten Form des "Allgemeinen klinischen Untersuchungsganges" (BAUMGARTNER 1999) mit spezieller Berücksichtigung der Hautoberfläche, des Haarkleides und der Klauen von zwei Veterinärmedizinerinnen erhoben.

Zusammenhänge zwischen den Häufigkeiten der beobachteten Verhaltens- und Gesundheitsparameter und der TGI-Punktezahl wurden mit Hilfe des Programmpaketes SPSS unter Anwendung des Spearman-Korrelationskoeffizienten (r) bestimmt. Dabei wurden Korrelationsberechnungen mit der Gesamt-TGI-Punktezahl, den Punktezahlen der fünf Einflussbereiche des TGI 35 L und mit den Punktezahlen der 22 Einzelkriterien des TGI-Bewertungssystems angestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei der Korrelation der ausgewählten **Verhaltensweisen** mit der Gesamt-TGI-Punktezahl wurden Zusammenhänge mit den Parametern zum negativ gerichteten Sozialverhalten (Schwanzbeißen, Ohrenbeißen, Analmassage), mit dem Parameter „Scheuern an Gegenständen“ aus dem Bereich Komfortverhalten, mit dem Parameter „Beschäftigung mit inadäquaten Einrichtungen“ aus dem Verhaltenskreis Erkundungsverhalten und im Ausscheideverhalten mit dem Parameter „Harnen und Koten im Fress- bzw. Tränkebereich“ deutlich (Tab. 2).

Tab. 2. Zusammenhänge zwischen der Gesamt-Punktezahl des TGI 35 L für Mastschweine und ausgewählten Verhaltens- und Gesundheitsparametern

Correlations between the total score of the TGI 35 L for fattening pigs and selected parameters of animal health and behaviour.

Verhaltensparameter	r_{sp}	Gesundheitsparameter	r_{sp}
Schwanzbeißen	-0,761*	Ernährungszustand: mindergut	0,553 [^]
Ohrenbeißen	-0,856**	keine Verschmutzung	0,780**
Analmassage	-0,815**	ganzes Tier verschmutzt	-0,683*
Bearbeitung von Buchtgenossen	-0,933**	Hinterhand verschmutzt	-0,553 [^]
Scheuern an Gegenständen	0,787**	Hinterhand/Bauch verschmutzt	-0,580 [^]
Beschäftigung mit inadäquaten Einrichtungen	-0,848**	geringgradige Räude	0,748*
		Rücken: Kratzer < 5 cm	-0,568 [^]
		Kruppe: Kratzer < 5 cm	-0,893**
Harnen und Koten im Fress- bzw. Tränkebereich	-0,691*	Schwanz + Ansatz: Kratzer < 5 cm	-0,787**
		Halsgegend/Schulter: Kr < 5 cm	-0,654*
		Lat. Unterarmgegend: Schürfung	-0,758*
		Carpus/Metacarpus: Schwielen	-0,764*

** : $p \leq 0,01$

* : $p \leq 0,05$

[^] : $p \leq 0,1$ (Tendenz)

Die signifikanten bzw. hochsignifikanten Zusammenhänge zwischen den Verhaltensabweichungen Schwanzbeißen, Ohrenbeißen und Analmassage und der Gesamt-TGI-Punktezah, lassen sich vor allem auf den Mangel an Beschäftigungsmaterial bzw. Beschäftigungsmöglichkeit zurückführen. Betrachtet man alle diese drei die „Bearbeitung von Buchtengenossen“ beschreibenden Parameter gemeinsam, ergibt sich ebenfalls ein hoch signifikanter Zusammenhang. Mit sinkender TGI-Punktezah nimmt die „Bearbeitung der Buchtengenossen“, die ebenso wie die „Beschäftigung mit inadäquaten Einrichtungen“ als Ersatzhandlung verstanden werden kann, deutlich zu.

Im Zuge der Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass in Betrieben, die den Tieren Substrat als Einstreu und als Beschäftigungsmaterial zur Verfügung stellten, die oben angeführten Ersatzhandlungen kaum bzw. gar nicht ausgeübt wurden, da die Schweine ihr artgemäßes Erkundungsverhalten durch die bereitgestellten Materialien zur Genüge ausleben konnten. Diese Tatsache lässt den Schluss zu, dass Beschäftigungsmaterial in Form von Stroh oder einem anderen Substrat, ein essentieller Faktor für die Tiergerechtigkeit eines Haltungssystems ist.

Die Korrelation der untersuchten **Gesundheitsparameter** mit der Gesamt-TGI-Punktezah zeigte ebenfalls deutliche Zusammenhänge (Tab. 2). Mit steigender TGI-Punktezah waren hoch signifikant mehr Tiere ohne Verschmutzung vorzufinden, während Verschmutzungen am ganzen Tier, im Bereich der Hinterhand und an Hinterhand und Bauchregion abnahmen. Der in den Untersuchungen bei höherer TGI-Punktezah häufiger auftretende geringgradige Befall mit Räude dürfte hauptsächlich darauf zurückzuführen sein, dass in Biobetrieben präventiver Medikamenteneinsatz nur begrenzt möglich ist. Weiters zeigte sich, dass Veränderungen und Verletzungen an verschiedenen Körperregionen, wie Kratzer auf dem Rücken, der Kruppe, am Schwanz und Schwanzansatz in der Hals- und Schultergegend, Schürfungen in der lateralen Unterarmgegend und Schwielen an Carpus und Metacarpus, bei steigender TGI-Punktezah deutlich seltener vorkommen.

Zu den Punktezahlen der fünf Einflussbereiche und der 22 Einzelkriterien des TGI 35 L für Mastschweine konnten ebenfalls statistisch gesicherte Zusammenhänge nachgewiesen werden, auf die an dieser Stelle aus Platzgründen nicht näher eingegangen werden kann. Eine detaillierte Beschreibung dieser Ergebnisse geben FRÖHLICH (2003) und OFNER et al. (2002b).

Fazit

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen eindeutige Zusammenhänge zwischen dem TGI-Bewertungsergebnis und dem Verhalten und der Gesundheit der Tiere. Dieses Ergebnis weist auf eine gute Aussagesicherheit (Validität) des TGI 35 L für Mastschweine hin.

Das Forschungsprojekt wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Firma Ja! Natürlich Naturprodukte GesmbH finanziert.

Die zitierten Literaturstellen sind bei den Autoren verfügbar.

Einsatz der elektronischen Tierkennzeichnung zur Untersuchung des Verhaltens von Legehennen in Volierenhaltung mit Auslauf

Electronic Animal Identification for Behavioural Investigations of Laying Hens in Housing Systems with an Open Yard

KLAUDIA KLINDTWORTH, GEORG WENDL, STEFAN BÖCK

Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Schlüsselwoerter: Elektronische Tierkennzeichnung, Legehennen, alternative Haltungsformen, Tierverhalten, automatische Registrierung
Keywords: electronic animal identification, laying hens, new housing systems, animal behaviour, automatic registration

Zusammenfassung

Zur Bewertung von Wechselwirkungen zwischen Tier und Haltungssystem ist die Akzeptanz der verschiedenen Funktionsbereiche von großer Bedeutung. Diese leitet sich u.a. aus der Aufenthaltsdauer der Tiere in den jeweiligen Bereichen ab. Um bei Hühnern die Inanspruchnahme eines Auslaufs untersuchen zu können, wurden diese zur individuellen Erkennung mit einem Transponder in Form einer Flügelmarke markiert. Die Hennen wurden in einer Voliere mit zeitlich unbegrenztem Zugang zu einem Kalscharraum gehalten. An der Übergangsstelle vom Stall zum Kalscharraum (Schlupf) wurde zur Registrierung eine Erkennungseinheit integriert. Die Identifizierungsvorgänge am Schlupfloch wurden mit Hilfe einer speziell entwickelten PC-Software aufgezeichnet und die Rohdaten im PC in einer relationalen Datenbank gespeichert und verwaltet. Die registrierten Besuchshäufigkeiten und die erfasste Aufenthaltsdauer im Auslauf zeigten, dass sich die Hennen sehr unterschiedlich verhalten haben.

Summary

For an evaluation of the interaction between animal and housing system the individual acceptance of functional areas is an important factor. Under this aspect, laying hens were electronically tagged with transponders, which were attached to the animal by a wing band. The laying hens were housed in a system with an open yard. In order to achieve data about the duration of presence in the barn, respectively in the open yard, a double-identification unit was installed at the entrance-whole between both areas. In this way it was possible to distinguish the direction of passage. All identification data was registered and stored by a special PC software, using a relational data base for further calculations. The new developed system showed a high reliability. It can be concluded that behaviour should be observed individually, because values for the frequency and duration of visits in the open yard vary a lot from hen to hen.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Die politischen Rahmenbedingungen führen vermehrt zur Entwicklung von alternativen Haltungssystemen, in denen die Hennen ihre artgemäßen Verhaltensweisen besser verwirklichen können. Dazu zählt auch das Angebot eines Auslaufs außerhalb des Stallgebäudes. Wichtig für eine optimale Gestaltung des Auslaufs sind Daten über das individuelle Auslaufverhalten. Entsprechende Verhaltensparameter zum Aufenthaltsort, zur Aufenthaltsdauer und zur Häufigkeit sind dabei wichtige Bewertungskriterien. Allerdings lassen sich diese Parameter derzeit nur mit hohem Arbeitsaufwand durch eine visuelle Beobachtung der Hennen erfassen. Der Einsatz von elektronischen Identifizierungssystemen kann diese Untersuchungen erheblich erleichtern. Mit Hilfe einer individuellen elektronischen Markierung und einer Art „Zugangskontrolle“ könnten Aufenthaltsort und -zeit automatisiert erfasst und dokumentiert werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, für derartige Verhaltensuntersuchungen ein Hard- und Softwaresystem zu entwickeln, mit dem es möglich ist, die Inanspruchnahme des Auslaufbereiches automatisiert zu erfassen.

2 Systemkomponenten und Aufbau

Das automatische Registrierungssystem besteht zum einen aus der individuellen, elektronischen Markierung der Henne, die in Form eines Transponders als Flügelmarke eingezogen wurde. Des Weiteren wurde eine Identifizierungseinheit für die Übergangsstelle vom Stall zum Kalscharraum entwickelt, wobei konstruktiv sichergestellt wurde, dass jeweils nur eine Henne das Schlupfloch passieren kann. Die Einheit besteht jeweils aus einer Antenne auf der Innen- und einer auf der Außenseite des Übergangs (Schlupfloch mit Antritt), so dass die Passagerichtung der Henne über den Zeitpunkt der Identifizierung automatisch registriert werden kann (Abb. 1). Transpondernummer, Zeitpunkt der Identifizierung innen und außen wurden an einen PC weitergeleitet. Diese Daten wurden mit Hilfe einer speziellen Software aufbereitet und standen so für umfassende Datenauswertungen zur Verfügung.

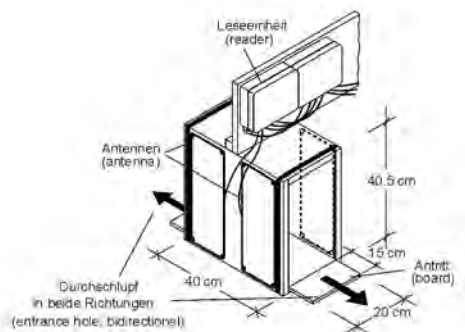


Abb. 1: Identifizierungseinheit für Hühner zur Integration im Übergang vom Stall zum Kalscharraum (Schlupfloch mit Antritt)

3 Ergebnisse

Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse berücksichtigen die Identifizierungsvorgänge von insgesamt 537 Hennen eines Stallabteils (Volierenhaltung auf der Versuchsstation Thalhausen, TUM) mit uneingeschränktem Zugang zum Kaltscharraum über einen Zeitraum von vier Wochen.

Der im Versuch zur Verfügung stehende Kaltscharraum wurde über das Schlupfloch von den Hennen in stark unterschiedlicher Weise angenommen. 28 % aller registrierten Besuchereignisse bezogen sich auf die Klasse von 0-10 Besuche des Auslaufs pro Monat. Weitere 17 % auf die Klasse von 11-20 Besuche/Monat. Die restlichen 55 % verteilten sich mit stark abnehmender Tendenz auf die Klassen von über 20 bis über 90 Besuche/Monat. Tierindividuell variierte sowohl die registrierte Besuchshäufigkeit als auch die jeweils erfasste Aufenthaltsdauer im Auslauf. Abbildung 2 zeigt exemplarisch an 10 Hennen die Verteilung der Häufigkeiten und der relativen Aufenthaltsdauer im Auslauf.

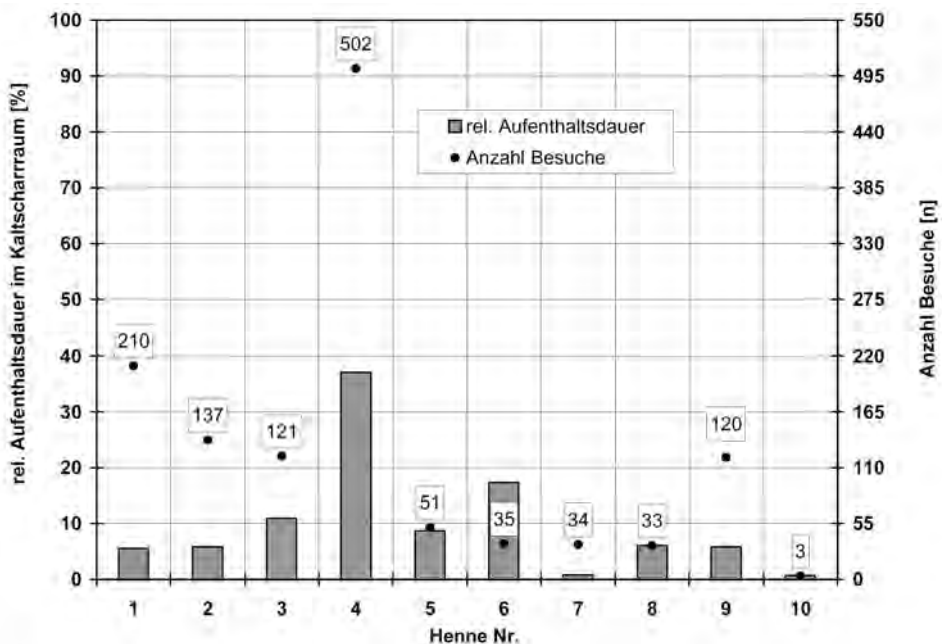


Abb. 2: Anzahl Besuche und relative Aufenthaltsdauer im Kaltscharraum von 10 ausgewählten Hennen über einen Beobachtungszeitraum von vier Wochen

So hat sich beispielsweise Henne 1 nur 5 % der Gesamtzeit im Außenbereich aufgehalten, aber dafür 210 mal das Schlupfloch passiert. Die Henne ist folglich häufig nur für kurze Zeit draußen. Henne 6 verbringt 18 % der Zeit im Auslauf, passiert hierzu den Schlupf jedoch nur 35 mal. Vergleichsweise aktiv ist Henne 4, die 38 % im Auslauf verbringt und hierzu über 500 mal im Schlupfloch erkannt wurde.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Das vorgestellte Identifizierungssystem für Legehennen ermöglicht die automatisierte, individuelle Registrierung der Passage und Passagerichtung von Legehennen an definierten Übergängen zwischen Funktionsbereichen eines Stallsystems. Es stellt damit eine wichtige technische Entwicklung dar, mit der ausgewählte Verhaltensparameter von Legehennen in alternativen Haltungssystemen mit geringem Arbeitsaufwand erfasst werden können.

Die Variabilität, mit der die Hennen einen angebotenen Auslauf nutzen, unterstreicht die Bedeutung der individuellen Datenerhebung. Weitere vergleichende Untersuchungen an unterschiedlichen genetischen Herkunftsn unter Berücksichtigung externer Einflussfaktoren sind notwendig, um gezielte Aussagen zur Eignung dieser Herkunftsn für die neuen Haltungssysteme ableiten zu können, um so das Gesamtsystem weiter zu optimieren.

Ausgewählte Maßnahmen und ihre Bewertung zur Verbesserung der Auslaufnutzung bei der Freilandhaltung von Legehennen: Rasenschutzgitter und Leitelemente

Improvement of Layers Free Range Use: Selected Measures and Their Appraisal: Sward Protection Grids and Guiding Elements

ULRIKE ELBE, ANTJE ROß, GÜNTER STEFFENS

Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Fachbereich 3.17, Mars-la-Tour-Str. 9, 26121 Oldenburg

Schlüsselwörter: Legehennen, Freilandhaltung, Rasenschutzgitter, Leitelemente
Keywords: laying hens, free-range, sward protection grids, guiding elements

Zusammenfassung

Die Verbesserung der Auslaufnutzung bei der Freilandhaltung von Legehennen kann durch Maßnahmen im stark frequentierten Nahbereich der Ställe und durch Maßnahmen zur besseren Nutzung der weiter entfernt liegenden Auslaufbereiche erreicht werden. Es wurden daher in zwei getrennten Untersuchungen (2 Stallabteile mit jeweils 5 000 Hennen) Rasenschutzgitter (Nahbereichschutz) sowie speziell entwickelte Leitelemente (bessere Nutzung des Fernbereiches) auf ihre Praxistauglichkeit untersucht. Die **Rasenschutzgitter** erhalten die Grasnarbe; es halten sich signifikant mehr Hennen auf den Schutzgittern als auf der Kontrollfläche ohne Gitter (unbewachsener Boden) und Pfützenbildung vor dem Stall wird vermieden. Das verwendete Modell ist leicht zu verlegen und praxistauglich. Die erste Erprobung der **Leitelemente** führte zu einer häufigeren Nutzung von zuvor wenig frequentierten Auslaufabschnitten. Nach bisheriger Erfahrung stellen diese damit eine funktionierende, schnell realisierbare Strukturierungsmöglichkeit im Auslauf dar. Im Folgeversuch werden Abteile mit und ohne Leitelemente hinsichtlich des Tierverhaltens miteinander verglichen.

Summary

*High nutrient inputs and sward damage in the area next to the hen house are obstacles to an intensive use of runs in free range layer keeping. Measures to improve these conditions and to increase the use of areas more distant to the hen house are subject of the experiments described here. In two different experiments (2 housing sections with 5,000 layers each), sward protection grids (to protect the area next to the layer house) and specially designed guiding elements (for increased use of more distant areas) were tested for their suitability under practical conditions. **Sward protection grids** preserve the sward; the number of hens on the grid is slightly higher than on the bare soil, and there are no puddles in front of the house any more. The used model is easy to lay and handle. In the first investigation the **guiding elements** lead to a more frequent use of previously less used parts of the run. So far the guiding elements are After previous experience the guiding elements allowed to enrich the run in a short period of time. In a second investigation it is intended to measure behaviour of the laying hens both in the control treatment and in the experimental treatment.*

1 Einleitung und Zielsetzung

Bei der Freilandhaltung von Legehennen lassen sich zwei Ansätze zur Verbesserung der Auslaufnutzung unterscheiden: Maßnahmen im stark frequentierten Nahbereich der Ställe mit den Problembereichen erhöhter Nährstoffeintrag und Grasnarbenverlust (Verschlammung und Pfützenbildung) und Maßnahmen für eine Attraktivitätssteigerung der wenig frequentierten Auslaufbereiche. Ziel war daher, die Erprobung und Beurteilung von neu entwickelten Rasenschutzgittern (Nahbereichsschutz) sowie von speziell für diese Untersuchung entwickelten Leitelementen (Verbesserung der Auslaufnutzung).

2 Tiere, Material und Methode

Die Untersuchungen fanden in zwei Stallabteilen (Länge: jeweils 75m) mit 5 000 Hennen pro Abteil statt (LT, Kotgrube, Naturland-Richtlinien, Freilandzugang: ab 03/2002). Der Auslauf ist teilweise in 55 m Entfernung vom Stall eingezäunt (vgl. Abb. 1).

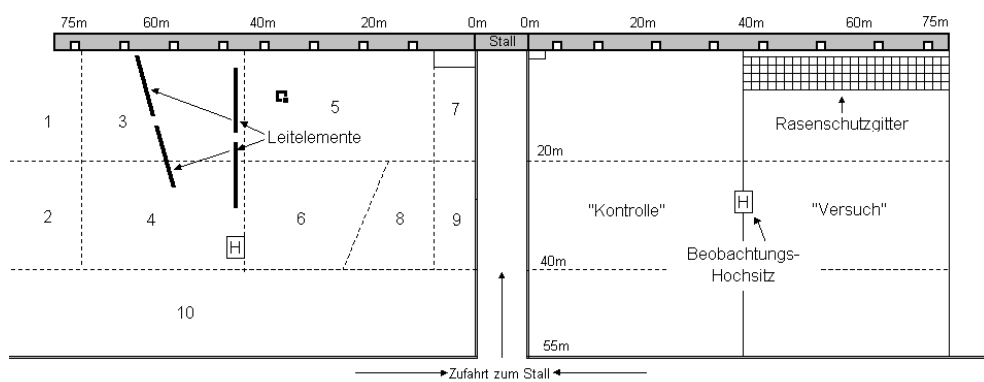


Abb. 1: Skizze der Stallanlage; linker Auslauf: Leitelemente, rechter Auslauf: Rasenschutzgitter (hier Hauptversuch)

Rasenschutzgitter: Im Auslauf (vgl. Abb. 1, rechter Auslauf) wurden von August bis November 2002 ein Versuch- und ein Kontrollabteil angelegt. Im Versuchsabteil wurden bis in 7 m Entfernung vom Stall Rasenschutzgitter der Firma Wiemer (kunststoffummanteltes, engmaschiges Wabengeflecht: 2,5 x 2,5 cm, Rahmenhöhe: 8 cm) ausgelegt. Die Erfassung der Anzahl Hennen im Auslauf erfolgte in Entfernungsabschnitten von 0–7 m und 7–20 m (Versuch und Kontrolle) sowie im Abschnitt 20–55 m. Der Gehalt an N_{ges} , P und K im Boden wurde im Herbst und Frühjahr bestimmt.

Leitelemente: Für einen ersten Praxistest wurden Leitelemente (Windschutznetze, jeweils 12 m lang, 1,20 m hoch, Firma Evers), die für die Hennen als Orientierungshilfe im Auslaufgelände sowie zum Schutz vor Wind dienen sollen, entworfen und im Mai 2002 entsprechend Abb. 1 (linker Auslauf) installiert. Die Erfassung der Anzahl Hennen im Auslauf erfolgte in Entfernungsabschnitten von 0–20, 20–40 und 40–55 m sowie in Parzellen von ca. 20 x 40 m. Im Folgeversuch sollen Abteile mit und ohne Leitelemente hinsichtlich des Tierverhaltens miteinander verglichen.

Erfassung des Tierverhaltens im Auslauf: Die Erfassung der Anzahl Hennen in den definierten Auslaufbereichen erfolgte im Abstand von 3 Wochen an 3–4 aufeinander folgenden Tagen für jeweils 3,5 h/Tag am Nachmittag, der Tageszeit mit hoher Tieraktivität (CHANNING et al 2001). Die Auslaufabschnitte wurden von einem Hochsitz aus (Standort siehe Abb. 1) mit einer Digitalkamera im scan-sampling-Verfahren alle 10 Minuten per Hand und Feststativ fotografiert, die Bilder anschließend am PC ausgewertet.

3 Erste Ergebnisse und Diskussion

Rasenschutzgitter: Zu den Beobachtungszeitpunkten befanden sich im Mittel 14 % (5 % bis 26 %) der gesamten Herde im Auslauf. Im Abschnitt 0–7m waren im Abteil mit Rasenschutzgittern signifikant ($p=0,1$; U-Test) mehr Hennen vorzufinden als im Kontrollabteil (vgl. Abb. 2). Der Abschnitt 7–20 m wurde annähernd gleichmäßig aufgesucht. Im Kontrollabteil sowie im Abschnitt 7–20 m (Versuch und Kontrolle) war keine Grasnarbe mehr vorhanden. Die Hennen im Versuchsabteil beschäftigten sich damit, Grasspitzen durch die Schutzgitter hindurch abzupicken. RAUCH (2000) konnte bei seinen Versuchen ähnliches beobachten. Der Aufwuchs unter den Gittern war dicht und beständig. Durch die verbesserte Bodenoberfläche bildeten sich keine Pfützen. Die Weideleistung der Hennen ist notwendig, um ein Überwuchern der Schutzgitter zu vermeiden. Weder Schutzgitter noch Aufwuchs wurden durch Kot verklebt. Der Einfluss auf den Nährstoffhaushalt des Bodens wird z. Zt. noch untersucht.

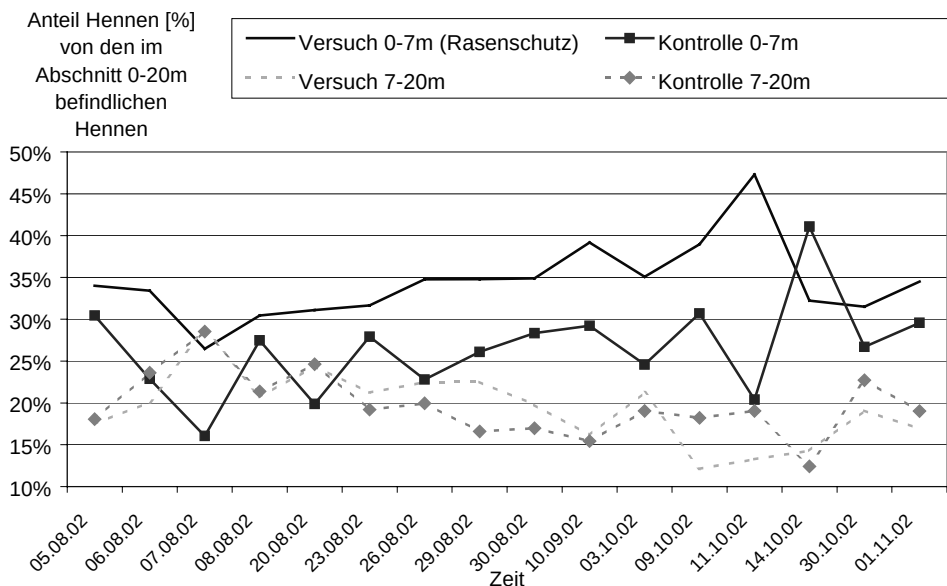


Abb. 2: Anteil Hennen in den Entfernungsabschnitten 0–7 und 7–20m von den sich insgesamt im Entfernungsabschnitt 0–20 m befindlichen Hennen

Ein Schutzgitter (24,80 €), wiegt 7,3 kg, wird ohne zusätzlichen Unterbau verlegt (100 m² in 40 Minuten) und ist begebar.

Leitelemente: Zu den Beobachtungszeitpunkten mit Leitelementen befanden sich im Mittel 11 % (4–15 %) der gesamten Herde im Auslauf (ohne Leitelemente 3 %). Im jahreszeitlichen Verlauf stieg der Anteil Hennen im Auslauf an. Nach Installation der Leitelemente (14.05.02) nahm der Anteil Hennen, die sich Auslauf im Bereich 0–20 m befanden, um 18 % ab, im Abschnitt 20–40 m um 18 % zu, der Abschnitt 40–55 m wurde nahezu gleich genutzt (vgl. Abb. 3). Die Zonen 5, 7, 9 (Auslaufrand, vgl. auch Abb. 1) wurden weniger aufgesucht, die Nutzung der Zonen 2, 3, 4 (nahe der Leitelemente) nahm zu.

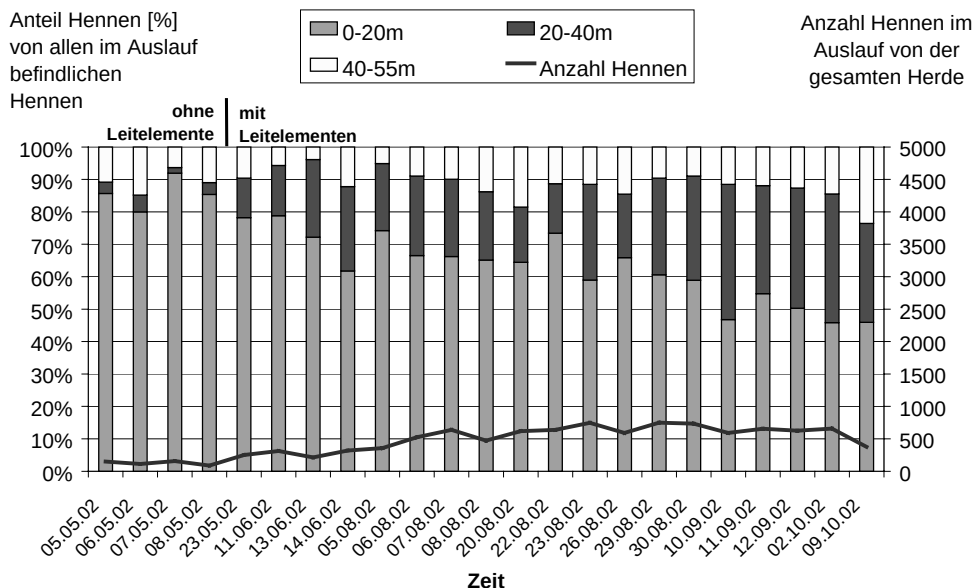


Abb. 3: Anteil Hennen in unterschiedlichen Entfernungsabschnitten sowie Anzahl Hennen insgesamt im Auslauf

Die Verlagerung der Nutzung könnte neben den Leitelementen auch auf die abnehmende Grasnarbe in den Zonen 5, 7 und 9 zurückzuführen sein. Nach den bisherigen Erfahrungen eignen sich die Leitelemente gut als „Überbrückungsmaßnahme“ bei Neuanlage eines Auslaufes oder um die Akzeptanz von schlecht angenommene Auslaufbereichen zu erhöhen. In einer geplanten zweiten Untersuchung soll zeitgleich in Versuch und Kontrolle der Einfluss der Leitelemente auf das Tierverhalten bestimmt werden.

Literatur

RAUCH, H.-W. (2000): Kann eine Rasenschutzmatte empfohlen werden? DGS Magazin 35 (2000): 21–24

CHANNING, C.E.; HUGHES, B.O.; WALKER, A.W. (2001): Spatial distribution and behavior of laying hens housed in an alternative system. Appl. Anim. Behav. Sci. 72 (2001): 335–345

Beton für Biogasanlagen

Concrete for Biogas Plants

THOMAS RICHTER

Bauberatung Zement Ost, Dohnanyistr. 28-30, 04103 Leipzig

Schlüsselwörter: Biogas, Beton, Fermenter
Keywords: biogas, concrete, process tanks

Zusammenfassung

Das Erneuerbare-Energie-Gesetz hat die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für landwirtschaftliche Biogasanlagen deutlich verbessert. Wirtschaftliche Lösungen für Lagerung und Vergärung werden oft mit Stahlbeton- oder Spannbetonbehältern realisiert. Gegenüber der Güllelagerung sind allerdings die Beanspruchungen an Bauteile und Baustoffe durch die Vergärungsprozesse wesentlich erhöht. Insbesondere enthält Biogas Schwefelwasserstoff H_2S . Schwefelwasserstoff verursacht Probleme bei der Arbeitssicherheit und Korrosion sowohl bei metallischen als auch mineralischen Baustoffen. Als notwendige Maßnahmen ergeben sich:

- Beton mit hohem Widerstand gegen chemisch mäßig oder stark angreifende Umgebung
- Einsatz sulfatbeständiger Zemente
- Beschränkung der zulässigen Rissbreite durch die Bewehrung und/oder betontechnologische und konstruktive Maßnahmen
- Schutz des Betons im Gasbereich durch Beschichtung oder Auskleidung
- Auswahl des Entschwefelungsverfahrens unter dem Aspekt der Dauerhaftigkeit der eingesetzten Baustoffe.

Summary

The Renewable Energy Act has improved the economic conditions for agricultural biogas plants. Storage tanks and Fermenters often made of reinforced or prestressed concrete. The chemical attack on construction elements and materials is significantly increased in biogas fermenters compared with the storage of liquid manure. Biogas contains hydrogen sulphide. Hydrogen sulphide causes difficulties for industrial safety and causes corrosion of metallic and mineral materials. A package of protective measures is necessary:

- *concrete with high resistance against severe chemical attacks*
- *use of sulphate resistant cement*
- *limitation of crack width by means of reinforcement and/or constructive measures and measures of concrete technology.*
- *surface protection of concrete in gas areas by lining or coating*
- *selection of desulphurization method seen from the angle of materials durability.*

1 Herkunft und Gewinnung von Biogas

Hauptbestandteil der zur Biogaserzeugung notwendigen Biomasse ist in der Landwirtschaft meist Gülle. Neben Gülle können

- Festmist,
- landwirtschaftliche Reststoffe (z. B. Grasschnitt, Stroh),
- Reststoffe der Lebensmittelindustrie (z. B. Fette, Biertreber, Trester, Melasse, Gemüseabfälle),
- Bioabfall sowie
- nachwachsende Rohstoffe, z. B. von Stilllegungsflächen (z. B. Silomais, Ackergras) eingesetzt werden.

Die in den organischen Substraten gespeicherte Energie wird durch mikrobielle Fermentation (Vorgärung, Ausfäulung) nutzbar gemacht, d. h. organische Stoffe (Fette, Kohlenhydrate, Eiweiße) werden durch spezielle Bakterienkulturen in niedermolekulare Bausteine zerlegt und methanreiches, energiereiches Biogas wird freigesetzt. Das Biogas kann in Blockheizkraftwerken verbrannt und verstromt werden. Je nach Gärsubstrat und Gärverfahren liegt der Methangehalt bei 55 bis 75%, der Schwefelwasserstoffgehalt bei 0,2 bis 0,6%. Ausführliche Erläuterungen zur Biogasproduktion enthält z. B. das Themenheft BIOGAS (2000).

In Biogasanlagen kommt Stahlbeton und Spannbeton vor allem für Behälter zum Einsatz:

- Vorlagerbehälter zum Sammeln von Gülle und nachwachsenden Rohstoffen und zum Einmischen von Kofermenten,
- Fermenter (Gärbehälter und Nachgärbehälter) mit Betondeckel oder als Gasspeicher mit Folienabdeckung,
- Lagerbehälter für die Biogasgülle (vergorene Gülle).

2 Beanspruchungen der Behälter

Die eigentliche Vergärung (Fermentation, Ausfäulung) erfolgt im Fermenter (Gärbehälter). Die mikrobiellen Abbauprozesse müssen

- unter Luftabschluss und
- ohne Lichteinfall stattfinden.

Die Speicherung des Biogases kann im Gasraum über dem Gärsubstrat erfolgen (gasdichte Folienabdeckung auf dem Behälter, evtl. mit Unterkonstruktion) oder separat geschehen. Dann werden oft die Gärbehälter mit einem Betondeckel abgedeckt.

Der Temperaturbereich der Vergärung liegt bei 25 bis 40 °C (mesophile Anlagen) oder bei 40 bis 55 °C (thermophile Anlagen). Zur Sicherung der Prozesstemperatur und zur Verminderung von Wärmeverlusten erhalten die Fermenter i.d.R. eine nagerfeste und feuchteunempfindliche Wärmedämmung (im Erdreich Perimeterdämmung) und eine Verkleidung.

Zur Sicherung der Prozesstemperatur besonders bei Anfahrvorgängen werden in das Gärsubstrat oder den Beton der Wand bzw. Bodenplatte Heizregister eingelegt.

Bei der Bemessung der Behälter sind folgende Beanspruchungen zu berücksichtigen:

- Eigenlasten des Betons,
- Lasten durch die maschinentechnische Ausrüstung,

- Lasten aus Gärsubstratfüllung,
- Erddruck bei Tiefbehältern oder Erdanschüttung,
- Zwangsspannungen aus Hydratation (Betonhärtung) und Temperaturschwankungen (z. B. durch in den Beton integrierte Heizschlangen),
- Auftriebskräfte,
- Rissbreitenbeschränkung
- chemische Angriffe durch Biogas und Gärsubstrat.

Behördlicherseits wird oft ein Leckerkennungssystem gefordert. Die Behältersohle steht dann meist in einem Wasserbad, da die Dichtungsbahnen für die Leckerkennung praktisch nicht dicht an die Behälterwand angeschlossen werden können und Regenwasser in die Leckerkennungsebene läuft. Dies ist besonders bei leeren Behältern im Winter (Frost) und bei in einen Hang gebauten Behältern zu beachten.

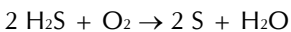
3 Beton für Biogasfermenter

Gülle übt einen schwachen chemischen Angriff auf Beton aus. Andere Gärsubstrate können bei den genannten Temperaturen einen mäßigen chemischen Angriff bewirken.

Das sich bildende Biogas im Gasraum über dem Substrat enthält Schwefelwasserstoff H_2S . Schwefelwasserstoff verursacht Probleme bei der Arbeitssicherheit und die Korrosion von Bau- und Werkstoffen. Insbesondere sinkt die Lebensdauer der Biogasmotoren bei höheren H_2S -Gehalten deutlich. Erhöhte Schwefelwasserstoffgehalte führen auch zu erhöhten Wartungskosten (spezielle Motorenöle mit hoher Basenzahl, häufiger Ölwechsel) sowie zu einem aus Umweltgründen unerwünschten höherem Schwefeldioxidgehalt im Abgas der Motoren. Schwefelwasserstoff ist giftig und kann bei höherer Konzentration lebensgefährlich und explosiv sein.

Auf den Oberflächen der Bauteile und der Ausrüstungstechnik können sich Schwefelbakterien ansiedeln, deren Ausscheidungsprodukte zu einem starken Säureangriff auf Zementmörtel, Beton und auf fast alle metallischen Werkstoffe führen. Ausführliche Erläuterungen zur Wirkungsweise dieses chemischen Angriffs können BAUBERATUNG (1999) entnommen werden. Eine Entschwefelung des Biogases ist daher unbedingt erforderlich.

Als preiswerte Entschwefelungsvariante hat sich eine Entschwefelung am Ort der Schwefelwasserstoffentwicklung, d. h. direkt im Fermenter erwiesen. Eingeblassen werden 3 bis 8 Vol.-% Frischluft der erzeugten Biogasmenge. Um das richtige Luftvolumen einzublasen, muss die erzeugte Gasmenge gemessen und der Schwefelwasserstoffgehalt im Gas bekannt sein. Dabei wird Schwefelwasserstoff zu unlöslichem Schwefel umgesetzt, der im Gärsubstrat verbleibt und damit der Düngung zur Verfügung steht:



Wird zuviel oder zu wenig Sauerstoff eingebracht bzw. ist die Homogenisierung der Frischluft im Gasraum unzureichend, kann es im Gasraum zu einem starken chemischen Angriff kommen.

Aufgrund der geschilderten Beanspruchung sind Fermenter aus einem Beton, der einen hohen Widerstand gegen starken chemischen Angriff aufweist und sulfatbeständigen Zement (HS-Zement) enthält, herzustellen. Im Gasraum sollte der Beton durch eine Beschichtung zusätzlich geschützt werden. Tabelle 1 enthält Anforderungen an Beton für Biogasfermenter und seine Verarbeitung.

Tab. 1: Anforderungen an Beton für Biogasbehälter
Demands for concrete in biogas plants

Anforderung	Fermenter, geschlossene Nachgärbehälter
Betondruckfestigkeitsklasse	≥ C 35/45
Expositionsklassen nach DIN EN 106-1/DIN 1045-2: 2001	innen XC2, außen XC3 oder XC4 je nach Lage der Dämmung, im Gärsubstrat XA1/XA2, im Gasraum XA3 mit Schutz des Betons hoher Sulfatwiderstand Gasdichtigkeit (erfüllt, wenn $w/z \leq 0,50$)
Zuschlag Größtkorn Kornzusammensetzung	16 mm oder 22 mm Sieblinie A/B bei Verwendung alkaliempfindlicher Gesteins- körnungen Alkalirichtlinie beachten
Konsistenz	F 3 oder weicher, mit Betonverflüssiger oder Fließmittel einstellen
Betondeckung der Bewehrung	innen/außen mit Wärmedämmung außen
Mindestmaß min c	2,0 cm 2,5 cm
Nennmaß nom c	3,5 cm 4,0 cm
Rechnerische Rissbreitenbeschränkung	$w_{cal} \leq 0,15$ mm (bei ausgekleidetem Gasraum $\leq 0,2$ mm)
Nachbehandlung	Mindestnachbehandlungszeiten verdoppeln
Qualitätssicherung	Überwachungsklasse 2

Werden im Gasraum Auskleidungen eingesetzt, so dass Tragfunktionen (Beton) und Schutzfunktion (Auskleidung) dauerhaft getrennt sind, muss der Beton nur eine geringere Mindestfestigkeitsklasse C 25/30, mit erhöhtem Wassereindringwiderstand, aufweisen.

Im Einzelfall kann geprüft werden, ob ein Schutz des Betons im Gasraum entfallen kann, wenn

- nur Gärsubstrate mit geringem löslichen Sulfidgehalt eingesetzt werden (Sulfidgehalt $\leq 1,5$ mg/l Gärsubstrat)
- kein Sauerstoff bei der Zugabe neuen Substrats zugeführt wird
- die Entschwefelung in einem vom Fermenter getrennten Anlagenteil erfolgt
- durch Zugabe von dreiwertigem Eisen (z.B. Eisen-III-Chlorid) zum Gärsubstrat eine Freisetzung von Schwefelwasserstoff aus dem Substrat unterbunden wird (Bildung von schwer löslichem Eisensulfid und elementarem Schwefel).

Literatur

BIOGAS (2000): Biogas, Zeitschrift Bauen für die Landwirtschaft, Heft 3

BAUBERATUNG ZEMENT (1999): Sulfide in Abwasseranlagen, Zement-Merkblatt Tiefbau

BAUBERATUNG ZEMENT (2001): Beton für Behälter in Biogasanlagen, Zement-Merkblatt Landwirtschaft LB 14

BAUBERATUNG ZEMENT (2000): Dichte Behälter für die Landwirtschaft, Zement-Merkblatt LB 13

NAWAROs in landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Wirtschaftlichkeitsvoraussetzungen

Field Products in Agricultural Biogas Arrangements – Economic Viability Presuppositions

GERD REINHOLD¹, MICHAEL MUSSLICK²

¹ Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

² Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Am Clausberg, 99439 Clausberg

Schlüsselwörter: Biogas, NAWARO, Kofermentate, Wirtschaftlichkeit
Keywords: biogas, field products, coferment, economic viability

Zusammenfassung

Die Mit-Vergärung von Mais in einer landwirtschaftlichen Biogasanlage erforderte eine begründete betriebswirtschaftliche Entscheidung. Neben den Mehrerlösen aus dem Elektroenergieverkauf sind mindestens folgende Kostenbestandteile zu berücksichtigen:

- Herstellungs- und Nutzungskosten der Maissilage
- Kapitalkosten für die zusätzliche Gasverwertungskapazität
- Wartungskosten der zusätzlichen Gasverwertungskapazität
- Ausbringungskosten für den aus den Feldfrüchten entstehenden Faulschlamm.

Methodisch ist die Ermittlung von Schwellenpreisen gut geeignet, um die Rentabilität des Einsatzes von Feldfrüchten abzuschätzen.

Die Mit-Vergärung von Mais in landwirtschaftlichen Biogasanlagen ist aus ökonomischer Sicht nur bei Realisierung anspruchsvoller verfahrenstechnischer Parameter in Verbindung mit den dargestellten Rahmenbedingungen rentabel. Wesentliche Voraussetzung für Rentabilität sind sehr hohe Gasausbeuten und hohe elektrische Wirkungsgrade des BHKW.

Summary

The co-fermentation of maize in an agricultural biogas plant needs to be assessed thoroughly in its economics. In addition to the surplus benefits from selling the electric power the following costs have to be considered:

- Production and utilization costs of maize silage
- Investment for the additional gas utilization capacity
- Operating costs for the additional gas utilization capacity
- Costs for application of the sludge derived from crops

The determination of threshold values is methodically appropriate to assess the viability of crop input.

The co-fermentation of maize in agricultural biogas plants is only viable if high-standard process engineering parameters are realized in conjunction with the basic conditions presented. Very high gas yields and high electrical efficiency of the co-generation are essential prerequisites for viability.

1 Problemstellung

Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen wie Feldfrüchten (z. B. Grüngut, Maissilage, Grassilage, Futterrüben, ...) ist eine interessante und gute Möglichkeit, die Gasproduktion einer landwirtschaftlichen Biogasanlage durch Erhöhung der Auslastung des Reaktorraums zu steigern. Dies gilt besonders, wenn das Potenzial der betrieblichen Reststoffe, wie Futterreste, Siloabdeckmaterial, ... bereits ausgeschöpft wurde [1].

Für den Landwirt ist es wichtig, möglichst vorab zu klären, ab welchem Ertragsniveau bzw. bei welcher Kostenstruktur ein Einsatz von zusätzlichen nachwachsenden Rohstoffen rentabel gestaltbar ist. Prinzipiell ist zu unterscheiden zwischen der Entscheidungslage bei der Planung und Errichtung einer Neuanlage bzw. der Betrachtungsweise des Betreibers einer bestehenden Biogasanlage, der zusätzliche Substrate einsetzen will.

In der landwirtschaftlichen Praxis ist oft nur eine ungenügende Bestimmung der verfahrenstechnischen Erfordernisse und der ökonomischen Ergebnisse für einen zusätzlichen Einsatz von Substraten festzustellen. Deshalb werden mit diesem Beitrag die methodischen Berechnungsgrundlagen zur Abschätzung der Effekte des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) dargestellt, die erreichbaren wirtschaftlichen Ergebnisse diskutiert und die Wirtschaftlichkeitsvoraussetzungen belegt [2].

2 Parameter der Modellunterstellungen

Die Effekte des Einsatzes von Feldfrüchten werden anhand einer Modellanlage mit den folgenden Unterstellungen kalkuliert:

- Verfahrenstechnik
 - 20.000 m³/a Milchviehgülle mit 8 % TM in 1.400 m³ Faulraum (35 °C)
 - 1.000 m³/d Biogaserzeugung (60 % CH₄) aus der Gülle in 90 kW Gas-Otto-BHKW
 - Personalaufwand 2 Arbeitskraftstunden/Tag bei 12 EUR/AK Stunde.
- Ökonomische Richtwerte
 - Investitionssumme Anlage ohne BHKW 320.000 EUR (Annuitätendarlehen mit 5 % Zinsansatz über die normative Anlagennutzungsdauer von 16 Jahren)
 - Investitionssumme BHKW 750 ERU/kW (Annuitätendarlehen mit 5 % Zinsansatz über die normative Nutzungsdauer des BHKW von 5 Jahren auf die um den Zuschuss von 205 EUR/kW verminderte Investitionssumme)
 - Instandhaltungskosten: 1,5 % der Investitionssumme Biogasanlage
 - Wartungskosten für das BHKW: 1,5 Cent/kWh_{elektrisch}
 - vollständiger Stromverkauf zu 7,5 Cent/kWh Stromzukaufspreis und Wärmenutzung von 18 kW zu 10 Cent/kWh.
- NAWARO-Einsatz
 - Personalmehraufwand 10 Arbeitskraftminuten pro t Silageeinsatz und Tag
 - Applikationskosten 2,5 EUR/m³.

Methodisch wird für die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung der Mit-Vergärung von Feldfrüchten in Biogasanlagen das ökonomische Ergebnis der allein auf Güllebasis arbeitenden Biogasanlage mit dem bei Feldfruchteinsatz verglichen. Der Wirtschaftlichkeitsunterschied mit und ohne Feldfruchteinsatz wird auf die Feldfruchteinsatzmenge bezogen. Die sich ergebenden Schwellenkosten (d. h. der maximal anrechenbare Preis für die Feldfrüchte frei

Biogasanlage) dienen als Beurteilungskriterium in wie weit der Anbau und der Einsatz rentabel sind.

3 Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit

Bei der unterstellten Anlagengröße ist aus Sicht der Reaktorbelastung ein Maiseinsatz in Einsatzmengen bis 11 t/d möglich. Dies entspricht einer Anbaufläche von maximal 100 ha. Folgende verfahrenstechnische Parameter werden dadurch beeinflusst:

- Erhöhung des TM-Gehaltes der Zuspeisung von 8 auf 12 %,
- geringfügige Verweilzeitverkürzung von 25,5 auf 21,4 Tage,
- Steigerung der Reaktorbelastung von 2,5 auf 4,8 kg /m³ d.

Bei einem geplanten Einsatz von Feldfrüchten in einer bestehenden Anlage sind prinzipiell folgende Mehraufwendungen zu beachten:

- Abschreibung und Kapitalverzinsung für die zusätzlich erforderliche Gasverwertungskapazität (ca. 1,5 kW BHKW Kapazität pro ha Anbaufläche bei Investitionsbedarf: 750 EUR/kW)
- Aufwendungen für Instandhaltung des BHKW (ca. 1,5 Cent/kWh Elektroenergie)
- Lagerungs- und Ausbringungskosten für den aus der Feldfruchtzuführung gebildeten Faulschlamm (2,5 EUR/m³).

Bedingt durch die Steigerung der Gaserzeugung ist im Modellbeispiel bei 100 ha Maiseinsatzfläche eine erhöhte Investition im BHKW-Bereich von 146 000 EUR erforderlich. Zusatzinvestitionen im Bereich der Anlagentechnik werden aus Gründen der Vereinfachung vernachlässigt.

Aus den ermittelbaren ökonomischen Ergebnissen ergeben sich vertretbare Schwellenpreise für Maissilage frei Biogasanlage von 2,0 EUR/dt (785 EUR/ha). Bei unterschiedlichem Ertragsniveau verändern sich die flächenbezogenen Schwellenpreise. Zu beachten ist, dass die mengenbezogenen Schwellenpreise konstant bleiben und somit die Ertragshöhe für den Landwirt von hoher Bedeutung ist..

Bei Applikation des Faulschlammes auf landwirtschaftlichen Nutzflächen entsteht eine Düngewirkung. Da auch mit den Feldfrüchten Nährstoffe zugeführt werden, ist die Düngewirkung der fermentierten Feldfrüchte ökonomisch relevant. Unter Berücksichtigung einer Stickstoffwirksamkeit von 50 % ergibt bei einem Ertragsniveau von 450 dt/ha eine Düngewirkung von 138 EUR/ha. Der ermittelte Schwellenpreis erhöht sich dadurch auf 2,36 EUR/dt FM.

Aus Sicht des Landwirtes entstehen bei Maisanbau je nach Ertragsstufe Herstellungskosten (ohne Zinsansatz) nach Saldierung mit den Direktzahlungen (386 EUR/ha) von 2,30 bis 2,19 EUR /dt Maissilage (743 bis 803 EUR/ha) [3]. Diese Kosten liegen in der Größenordnung der ermittelten Schwellenpreise des Maiseinsatzes in einer Biogasanlage.

Ausgehend von der in den Leitlinien der TLL niedergelegten Kostenstruktur [3] ergeben sich für den Maiseinsatz im gewählten Beispiel Nutzungskosten (entgangene Leistung abzüglich der Differenz in den variablen Kostenteilen zwischen Mais und der Alternativfrucht) von 2,90 EUR/dt bei 370 dt FM/ha Ertrag bzw. 2,68 EUR /dt bei 420 dt FM/ha.

Die Nutzungskosten von Maissilage sind um rund 0,55 EUR/dt höher als die Herstellungskosten. Sie spiegeln den wirtschaftlichen Vorteil der Alternativfruchtart Getreide aus betrieblicher Sicht wieder.

Bei Realisierung geänderter verfahrenstechnischer Parameter (BHKW Wirkungsgrad 28 ... 34 %, Gasausbeute 0,3 ... 0,5 m³ CH₄/kg oTS), der Beachtung der Düngewirkung bzw. einer Investförderung der Biogasanlage ohne BHKW (0 ... 30 %) werden die maximalen Produktionsschwellenkosten deutlich beeinflusst. Es zeigt sich, dass nur bei hohem verfahrenstechnischen Niveau bzw. sehr hohen Gasausbeuten beim Einsatz von Maissilage alle Aufwendungen abgedeckt werden können.

Neben dem Wirkungsgrad der BHKW-Anlage hat die mögliche Gasausbeute aus den Feldfrüchten einen dominanten Einfluss auf den maximalen Schwellenpreis. Die von Planungsbüros oft unterstellten Gasausbeuten von über 0,4 m³ CH₄/kg oTS können nur erreicht werden, wenn eine sehr gute Qualität der Silage vorliegt. Diese Werte werden bei Einsatz von Silagedeckschichten und Futterresten nicht erreicht.

Zusätzlich ist die Düngewirkung der vergärten Feldfrüchte (bei anschließender Applikation zusammen mit dem Wirtschaftsdünger) bei der Berechnung der Kosten zu beachten, sofern aus betrieblicher Sicht die Nährstoffe wirksam werden. Ebenso sind bei der betrieblichen Entscheidung eventuell erforderliche Investitionen z. B. für das Einmischen der Feldfrüchte zu berücksichtigen.

4 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Bei der Mit-Vergärung von Mais sind neben den Mehrerlösen aus dem Elektroenergieverkauf mindestens die Herstellungs- bzw. Nutzungskosten der Maissilage, die Kapitalkosten für die zusätzliche Gasverwertungskapazität, die Wartungskosten der zusätzlichen Gasverwertungskapazität und die Ausbringungskosten für den aus den vergärten Feldfrüchten entstehenden Faulschlamm zu beachten.

Methodisch ist die Ermittlung von Schwellenpreisen für die einzusetzenden Kosubstrate gut geeignet um die Rentabilität des Einsatzes von Feldfrüchten abzuschätzen.

Maissilage ist eine aussichtsreiche Feldfrucht für den Einsatz in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, da neben hohen Biomasseerträgen mit vertretbaren Produktionskosten verbunden. Die Mit-Vergärung von Mais in landwirtschaftlichen Biogasanlagen erfordert dennoch die Realisierung anspruchsvoller verfahrenstechnischer Parameter um rentabel zu sein. Die wesentliche Voraussetzung für Rentabilität sind neben einer vorhandenen schwach ausgelasteten Biogasanlage sehr hohe Gasausbeuten und hohe elektrische Wirkungsgrade des BHKW bei geringen Wartungskosten.

Literatur

- [1] Biogas effizient erzeugen, Sonderbeilage der Bauernzeitung 2/2000
- [2] Energetische Nutzung von Biogas, Gülzower Fachgespräch Band 15, 2001
- [3] Leitlinien zur effizienten und umweltverträglichen Produktion. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Jena, 1995 bis 2002

Autorenliste

Ade, K.	354	Brunsch, R.	103, 311
Adolph, J.	348	Busch, K.	498
Amon, B.	481, 527, 531	Büscher, W.	266
Amon, T.	481, 527, 531	Capdeville, J.	166
Andree, H.	278	Chadwick, D.	303
Artmann, R.	118, 212	Cielejewski, H.	284
Back, W.	171	Claes, S.	228
Bahr, C.	444	Clemens, J.	494
Balsdon, S.	303	Cordes, K.	155
Bauer, J.	161	Cuhls, C.	494
Baumeister, J.	422	Dämmgen, U.	273
Beck, J.	348	Diefenbach, H.	507, 511
Benz, B.	414	Döhler, H.	273
Berckmans, D.	228	Doluschitz, R.	206
Berg, W.	324	Drca, M.	354
Berger, N.	386	Elbe, U.	70, 539
Bergfeld, U.	448	Engels, H.	515
Bergschmidt, A.	273	Eurich-Menden, B. ..	273
Berk, J.	76, 82	Feldhaus, L.	76
Bilgery, E.	433	Frankena, K.	88
Bockisch, F.-J.	143, 200	Freiberger, F.	422
Böck, S.	535	Friedli, K.	46
Böhm, H.	247	Fröhlich, G.	223
Böhm, R.	354, 519, 523	Fröhlich, M.	531
Borell, E. von	26	Frosch, W.	266
Boussery, K.	461	Gartung, J.	194, 457
Boxberger, J.	531	Gebresenbet, G.	166
Braam, C. R.	171	Georg, H.	440
Brehme, G.	330	Gieschler, U.	401
Brehme, U.	444	Grimm, H.	436
Brinkmann, J.	93	Grimmer, A.	401

Gronauer, A.	260	Huschke, W.	113
Gundlach, H.	498	Jais, C.	57
Haake, K.-W.	200	Jungbluth, T.	234, 348
Habermann, B.	485	Jürgens, W. W.	511
Hackl, E.	481	Kaemmerer, M.	397
Hahne, J.	253	Kalk, W.-D.	103
Haidn, B.	386	Kallweit, E.	143
Harms, J.	422	Kamphues, B.	64
Hartman, E.	370	Kaufmann, O.	217
Hartmann, W.	422	Kiiman, H.	428
Hartung, E.	234	Kiuntke, M.	240
Hartung, J.	290	Klement, G.	40
Haumacher, R.	519, 523	Klimetschek, J.	113
Hauser, R.	109	Klindtworth, K.	531
Häuser, S.	178	Klindtworth, M.	223
Häußermann, A.	234	Köhler, S. D.	217
Heege, H.	143	Koitla, K.	428
Helffrich, D.	342	Krause, K.-H.	188
Hellmuth, U.	367	Kremp, H.	247
Henning, M.	143	Krentler, J.-G.	453
Herrmann, H.-J.	113, 178, 183	Kress, B. M.	393
Hesse, A.	143	Kryvoruchko, V.	481, 527
Hesse, D.	143	Küfmann, K.	93
Hessel, E. F.	51, 64, 155	Kuhlmann, T.	247
Hinz, T.	76, 82	Lehmann, B.	422
Holma, U.	166	Leola, A.	428
Hörnig, G.	311	Linke, S.	76, 82, 188
Hörning, B.	166, 498	Lohmeyer, M.	507
Houwers, W. J.	397	Lorenz, H.	354
Hoy, S.	161	Luettich, M.	273
Hügler, T.	278	Luger, K.	138
Huime, R.	370	Mack, A.	35

Maier, B.	260	Radivojevic, D.	296
Mannebeck, B.	40	Radmacher, M.	381
Marquart, R.	418	Ratschow, J.-P.	212, 284, 317
Martens, W.	519, 523	Reinecke, F.	134
Mayer, C.	405	Reinhold, G.	547
Mayer, M.	436	Rettenmaier, M.	523
Meier, T.	405	Richter, T.	543
Meisl, F.	57	Riegel, M.	376
Meissner, P.	473	Rieger, M. A.	361, 507, 511
Metz, J. H. M.	88, 171, 370	Römer, A.	138
Meyer, E.	26	Rose, M.	178
Moitz, G.	481	Roß, A.	70, 393, 539
Moriz, C.	206	Roth, E.	278
Müller, H.-J.	469	Rudovsky, A.	26
Müller, K.	183	Rudovsky, H.-J.	448
Musslick, M.	188, 547	Sanftleben, P.	418
Neser, S.	260	Schäffer, D.	26
Neuffer, I.	109	Schick, M.	376, 503
Noack, E.	57	Schicke, R.	253
Noordhuizen-Stassen, E. N.	88, 171	Schirz, S.	489
Nordbeck, F.	40	Schmitz, T.	35
Nosal, D.	433	Schulze Althoff, G.	35
Oechsner, H.	342	Schulze Westerath, H.	405
Ofner, E.	531	Schulze, U.	401
Ordolff, D.	130	Schwarz, H.-P.	381
Osterburg, B.	273	Seedorf, J.	290
Pache, S.	448	Sendig, S.	26
Petersen, B.	35	Seufert, H.	183, 381
Philipp, W.	354, 519	Sieber, E.	266
Plöchl, M.	477	Snell, H.	64, 148
Pöllinger, A.	465	Somers, J.	88
Pötsch, E.	527	Sonck, B.	461

Spilke, J.	26	Vranken, E.	228
Spuller, G.	138	Vrielink, H. O.	370
Steffens, G.	70, 539	Wagner-Alt, C.	481
Stenzel, P.	401	Waiblinger, S.	166
Strauß, D.-D.	143	Wandel, H.	414
Tober, O.	418	Wartemann, S.	76, 82
Tomson, I.	409	Webb, J.	303
Topisirovic, G.	296	Weber, M.	401
Tosi, M.	166	Weber, R.	46
Trimborn, M.	494	Wechsler, B.	46, 109
Tutsch, S.	57	Weijs, W. A.	171
Ude, G.	440	Weiland, P.	336
Uminski, K.	457	Wendl, G.	124, 223, 422, 535
Unrath, J.	485	Wiedemann, M.	124
Van den Weghe, H.	17, 51, 64, 148, 155, 240, 393, 473	Willen, S.	93
van der Tol, R. P. P. J.	171	Winckler, C.	93, 166, 393, 515
Viljasoo, V.	409	Zechmeister- Boltenstern, S.	481
Vogelauer, R.	138	Zerbe, F.	97
Vorlop, K.-D.	253	Zollitsch, W.	527
		Zwoll, M.	489

Chronik

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 16.03./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 14.03./15.03.1995
3	Christian-Albrecht-Universität Kiel Institut für Ldw. Verfahrenstechnik	68 Vorträge dreizügige Veranstaltung 225 Teilnehmer	Kiel 11.3./12.03.1997
4	Technische Universität München Institut und Bayer. Landesanstalt für Landtechnik Freising-Weihenstephan	70 Vorträge, 25 Poster, dreizügige Veranstaltung 315 Teilnehmer	Freising 09.03./10.03.1999
5	Universität Hohenheim Institut für Agrartechnik	65 Vorträge, 40 Poster, dreizügige Veranstaltung 331 Teilnehmer	Hohenheim 06.03./07.03.2001
6	Georg-August Universität Göttingen Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems	64 Vorträge, 42 Poster dreizügige Veranstaltung ca. 300 Teilnehmer	Vechta 25.03. Exkursion 26.03./27.03.2003